

FLUCTUACIONES BIMENSUALES Y DECADALES EN LA PRECIPITACIÓN DE SAN JOSÉ, COSTA RICA

Marvin E. Quesada Quesada*

Peter R. Waylen**

Recepción: 7 de setiembre de 2007 • Aprobación: 6 de junio de 2008

RESUMEN

Se hace un análisis del registro histórico de precipitación de la estación meteorológica de San José, Costa Rica durante un periodo de ciento quince años. Con la idea de obtener un análisis exhaustivo se dividió el período lluvioso en tres series bimensuales que incluye los meses de mayo-junio, julio-agosto y septiembre-octubre con el fin de distinguir los meses más lluviosos o los meses más propensos a sufrir cambios, encontrándose que cada uno de éstos representa un 28 %, 24 % y un 34 % de las lluvias promedio anuales, respectivamente. Los promedios más altos de precipitación se repiten aproximadamente cada 6 – 7 años durante el periodo anterior a la recesión de lluvias de julio y agosto (periodo al cual se le llama veranillos), situación que también se observa en las series anuales. Por consiguiente, esos aumentos están casi ausentes de las series bimensuales de julio-agosto. Dichos incrementos cada 6 -7 años no son visibles en las series de septiembre-octubre dado el estrecho vínculo con EL ENOS (El Niño-La Niña Oscilación del Sur). Las fluctuaciones estacionales a nivel de décadas, muestran cambios en el patrón de lluvias al comienzo de los años de la década de 1970, así como al iniciar la década de 1980. Asimismo, las series estacionales muestran un cambio en el patrón de lluvias a partir de 1912 hasta 1917 y en 1944, lo cual aparentemente esta muy vinculado con los cambios en las temperaturas superficiales del mar (TSM), dado que éstas, tanto en el océano Atlántico Norte (OATN) como el Pacífico ecuatorial (OPE) han mostrado tener una fuerte influencia sobre la fluctuaciones estacionales de la precipitación.

Palabras clave: Fluctuaciones estacionales, precipitación, ENOS, océano Atlántico Tropical Norte, océano Pacífico, análisis decadal, San José, Costa Rica.

ABSTRACT

The historical precipitation record of the rainy season in San Jose Costa Rica during a period of one hundred and fifteen years is analyzed. In order to obtain an exhaustive analysis of this period, the entire record was divided in three bi-monthly series

* Profesor en la Sede de Occidente de la Universidad de Costa Rica
[marvin.quesada@ucr.ac.cr]

** Profesor en la University of Florida, Gainesville, Florida, EE.UU.
[prwaylen@geog.ufl.edu]

which include the months of May-June, July-August and September-October showing the rainiest months or the months with the intraseasonal strongest changes. It was found that each one of these represents 28 %, 24 % and 34 % of the average annual rains respectively. The highest averages of precipitation repeat every 6 - 7 years in average during the previous period to the rain recession of July and August (period called small summer), this was also observed in the annual series. Therefore, these increases are almost absent in the two-month series of July-August. Similarly, the increases each 6 - 7 years are not very clear in the series of September-October because its link to ENSO (El Niño-La Niña-southern Oscillation). The seasonal fluctuations at level of decades, show changes in precipitation patrons at the beginning of the 1970, as well as when it was started the decade of the 1980. Also, the seasonal series show changes in the rainfall patron from 1912 to 1917 and also in 1944, which apparently is closely linked to the changes in the sea surface temperatures (SST), since these ones, in both in the North Atlantic Ocean and the Equatorial Pacific have shown to have a strong influence on the seasonal fluctuations of the precipitation.

Key words: seasonal fluctuations, precipitation, ENOS, Tropical North Atlantic Ocean, pacific ocean, decadal analysis, San Jose, Costa Rica.

1. Introducción

San José, Costa Rica, reviste características esenciales desde el punto de vista climatológico para su estudio. Esto por cuanto a nivel local se ubica sobre una depresión tectónica amplia, a una altitud promedio de 1000 m.s.n.m, con la presencia de colinas, rodeada de cerros de diversa altitud y con varios ríos que varían ampliamente en cuanto a sus extensiones, con diversas irregularidades topográficas producto de dicha densidad de drenaje. Similarmente, a nivel regional la configuración y orientación de la línea costera, la angosta faja de tierra que conforma el istmo centroamericano y por ende a varios sistemas de vientos que influyen en forma estacional sobre San José juegan un papel muy importante en la distribución y en la variación en la precipitación.

El extenso registro histórico de precipitación en la estación meteorológica de San José, que ha logrado acopiar el Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica (IMN-CR), es sumamente valioso para hacer un estudio climatológico, siendo uno de los más extensos a nivel Centroamericano. Dichos registros de precipitación han contribuido a la realización de varias investigaciones de carácter climático, (por ejemplo: Rogers, 1988; Hasteranth, 1976, 1978, 1984; Waylen *et al*, 1996; Magaña y otros, 1999; Enfield y Alfaro, 1999; Giannini, 2000; Amador y otros, 2006). En la mayoría de los países del tercer mundo es difícil encontrar estaciones meteorológicas con buenos y extensos registros, dada la escasa disponibilidad de recursos económicos para la recolección de los datos. Por lo tanto, la estación meteorológica de San José, reviste características idóneas para llevar a cabo un estudio, tanto bimensual

como decadal en la distribución de la precipitación.

Por lo tanto, en esta investigación se pretende detectar posibles cambios estacionales entre las décadas en todo el registro histórico de precipitación de San José. Es imperativo considerar las variaciones en los periodos de precipitación, tanto anuales como estacionales de San José y las posibles causas.

Es sabido que Costa Rica está influenciada por los cambios en las temperaturas superficiales de los océanos Atlántico Tropical Norte y Pacífico ecuatorial (Enfield y Alfaro, 1999; Magaña y otros, 1999; Waylen y Quesada, 2002). Varios de estos estudios utilizan las TSM y otros el campo de presión atmosférico (CPA). Por consiguiente, algunos investigadores (Hastenrath, 1976,1978; Ropelewski and Halpert, 1987; Enfield y Alfaro, 1999; Giannini *et al*, 2000) consideran que los cambios en las temperaturas de los océanos se deben a las altas presiones del Atlántico Norte y en el Pacífico al evento de El Niño o La Niña (ENOS). Estos cambios pueden repercutir a nivel de macro escala (secas en Brasil), meso escala (intensas lluvias en Perú) y micro escala (sequías en algunos sectores de Guanacaste), lo cual también depende de factores geográficos, tales como el relieve, las masas de agua, la latitud, la exposición, la ístmicidad, entre otros.

Dada la ubicación ístmica de Costa Rica y a pesar de que San José se localiza en el centro del país, está influenciado por patrones de circulación que ingresan tanto por el Caribe como por el Pacífico, tanto de masas de aire anuales como estacionales. A parte de las fluctuaciones que se dan en los flujos anuales y estacionales (Waylen *et al*, 1996), posiblemente también existen cambios decadales en la

precipitación, de ahí la importancia de su estudio y sobre todo, si se considera que son pocos los estudios que existen a este nivel en el ámbito latinoamericano.

El océano Atlántico Tropical Norte (OATN) al encontrarse a una latitud superior a los 20°N se caracteriza por presentar un enfriamiento de las aguas durante el invierno del hemisferio norte y se mantiene durante parte de la primavera, el resto de las estaciones, las aguas se mantienen cálidas. Las aguas frías son aquellas que son influenciadas por las corrientes frías provenientes del polo norte y las cálidas, aquellas corrientes que vienen del Golfo de México. Sin embargo, durante ciertos años las condiciones cambian e incluso podrían mantenerse por algunos años, ya sea frías o cálidas (Hastenrath, 1976). En tanto, las aguas del Pacífico Ecuatorial muestran una señal contraria desde el punto de vista estacional, es precisamente durante el verano del hemisferio sur cuando logran incrementar la temperatura de las aguas. Estas temperaturas cálidas se mantienen por varios meses e incluso en algunos años se han mantenido por cerca de dieciocho meses (Caviedes, 1984). Pareciera que existe un efecto isostático entre ambos océanos, cuando en el Pacífico Ecuatorial se manifiestan TSM superiores al promedio, en el océano Atlántico Tropical Norte están ocurriendo TSM inferiores al promedio. Esta condición atmosférica podría influir en la merma de las lluvias durante la época húmeda en la vertiente Pacífica de Costa Rica, precisamente donde se ubica la ciudad de San José. Similarmente, podrían estar ocurriendo mermas en la precipitación que son más marcada durante ciertas décadas. Por ello, varios investigadores han sugerido que las temperaturas superficiales de las

aguas el Atlántico Tropical Norte pueden amplificar o disminuir dicha respuesta del evento ENOS (Vargas y Trejos, 1994; Magaña y otros, 1999; Enfield y Alfaro (1999), Giannini y otros, 2000, Waylen y Quesada, 2002).

Por consiguiente, en este estudio se pretende examinar todo el registro histórico de precipitación de la estación climatológica ubicada en el Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica en San José. En vista de que es un registro histórico muy largo (superior a cien años), es posible analizar no solamente fluctuaciones bimensuales sino que también decadales.

2. Ubicación

La estación climatológica de San José, se ubica a una altitud de 1172 m.s.n.m., a una Latitud Norte de 9° 56' 00" y a una Longitud Oeste de 84° 05' 08". Desde el punto de vista regional su ubicación es en la Depresión Tectónica Central de Costa Rica, la cual se encuentra rodeada

de montañas. Por el lado Norte se ubica la sección montañosa denominada Cordillera Volcánica Central, al Sur la sección de la Cordillera de Talamanca, al Este los Cerros de La Carpintera y por el Oeste está más abierta hacia el Océano Pacífico, aunque en una parte de este flanco, se encuentran las estribaciones de los Cerros del Aguacate. Su ubicación dentro de la Vertiente Pacífica le dan aún más relevancia por el hecho de que es sabido que las señales del evento ENOS (El Niño-La Niña-Oscilación de Sur) son muy marcados en esta región del país (Waylen y otros, 1996) como se puede apreciar en la Figura 1.

3. Registro y periodo en estudio

Las observaciones históricas de precipitación de San José abarcan un período que va desde 1866 a 2000. El Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica publicó una memoria de datos que van desde 1881 hasta 1988 (Instituto

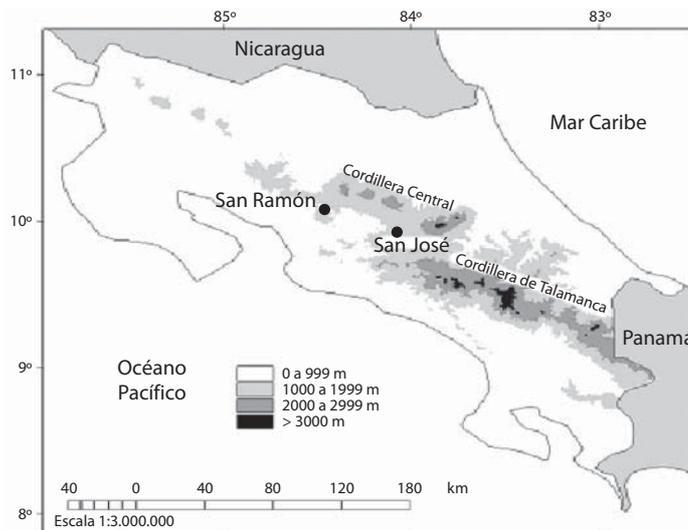


Figura 1. Ubicación de San José dentro de la Depresión Tectónica Central.

Meteorológico Nacional, 1988) La información de los años restantes (1989-2000) se adquirió directamente de las bases de datos que cuenta dicho instituto. No existen registros de datos desde el año 1881 hasta 1888. Por consiguiente, la investigación abarca desde 1889 hasta el año 2000, para tener una continuidad y poder hacer comparaciones bimensuales y decadales.

4. Métodos

Al registro histórico de datos de precipitación se le aplicó la prueba de normalidad modificada de Kolmogorov-Smirnov, prueba de mejor ajuste (Lilliefors, 1967) a un 0.20 de confianza con el objetivo de minimizar la posibilidad de cometer error tipo II. Con ésta se prueba la hipótesis nula de que no hay diferencia significativa entre los valores de la distribución ajustados y los observados. Se realizó también un análisis de correlación entre la precipitación mensual de San José y los valores del Índice de Oscilación del Sur (IOS), los cuales permitieron analizar las posibles teleconexiones existentes entre los cambios en la presión atmosférica en

el Océano Pacífico Ecuatorial y la precipitación en San José con un nivel de confianza del 0.05 (Filliben, 1975).

Por último, se aplicó la prueba Mann Whitney para detectar diferencias estadísticas significativas entre las series temporales de precipitación, para ello se emplearon series de diez años. Se utilizó una hipótesis nula que asume que las observaciones en décadas próximas no son significativamente diferentes de la década en análisis. Estas pruebas se hicieron con un nivel de confianza del 95 % y con dos colas.

5. Fluctuaciones estacionales en la precipitación

En la figura 2 se muestran las distribuciones bimensuales y anuales de los totales de precipitación, las cuales se ajustan a una distribución de probabilidad normal. Al aplicar la prueba modificada de una muestra de Kolmogorov-Smirnov (Crutcher, 1975) a un nivel de 0.20 de confianza se ve que la hipótesis nula no indica una diferencia significativa entre los valores de la distribución, tanto ajustados como los observados. De esta forma

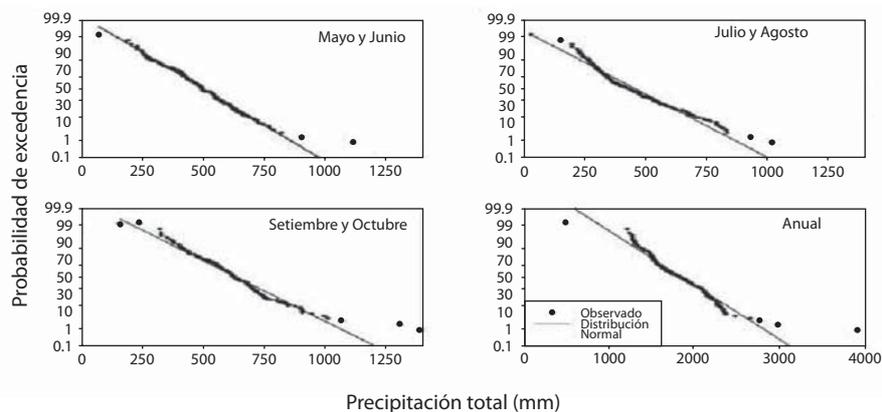


Figura 2. Ajuste a una distribución normal en las distribuciones bimensuales y anuales de los totales de precipitación de San José.

dicha hipótesis se podría rechazar al considerar los totales de precipitación bimensuales en los meses de julio-agosto y septiembre-octubre. Sin embargo, la cola de la distribución se desvía, particularmente, del patrón esperado de la distribución normal (Waylen y otros, 1994).

Es conocido en el medio científico de los climatólogos y meteorólogos que la fase cálida del ENOS produce condiciones menos lluviosas que el promedio a lo largo de la costa pacífica de América Central y la fase opuesta La Niña produce condiciones más lluviosas que el promedio (Hastenrath, 1976; Ropelewski

y Halpert, 1989; Waylen y otros, 1996; Enfield y Alfaro, 1999; Giannini y otros, 2000). Al emplear el Índice de Oscilación del Sur desde 1889 hasta 2000 (NOAA, <http://www.nnic.noaa.gov/data/indices>), el cual es un indicador de la actividad del ENOS expresado en la gráfica de densidad espectral (Statsoft Inc, 1995), se encontró que hay dos máximos de 3 a 4 y de 6 a 7 años.

La figura 3 muestra comportamientos similares para cada una de las series de precipitación, las cuales muestran picos aproximadamente en los mismos periodos, aunque su relevancia pareciera variar

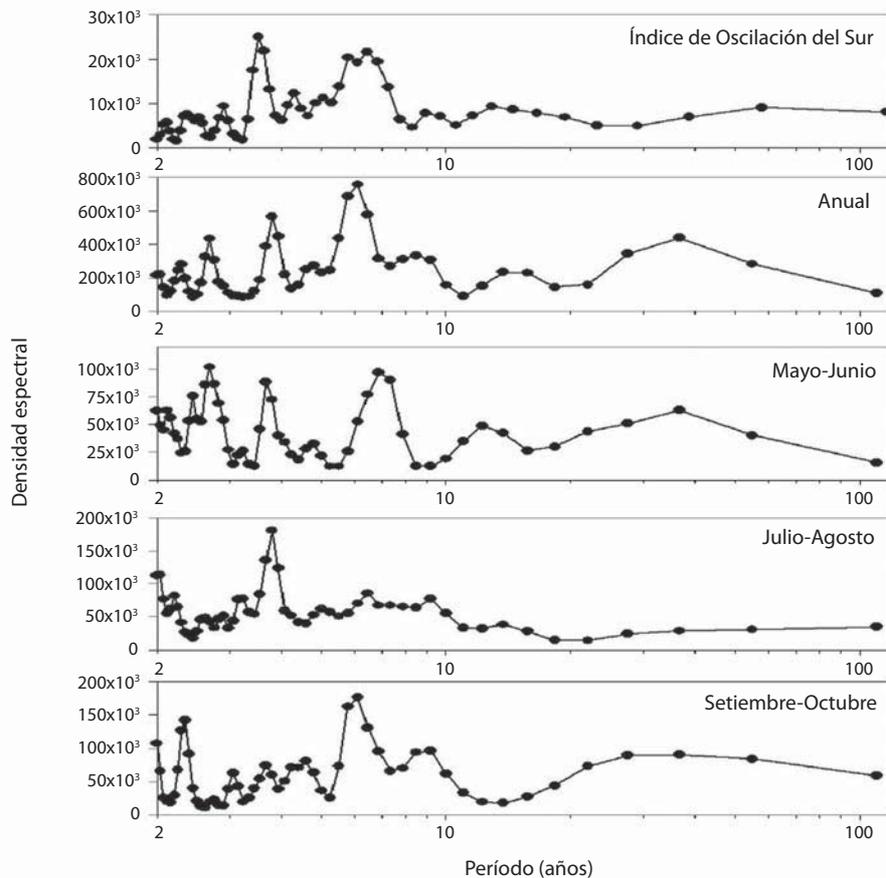


Figura 3. Densidades espectrales de las series del IOS y la precipitación anual y bimensual.

en cada una de las series. En el análisis espectral las densidades más altas ocurren entre los años 3-4 y 6-7 para las series de ambos periodos, o sea las series bimensuales de mayo-junio y las de septiembre-octubre, así como la serie anual, mientras que esos picos están casi ausentes de las series bimensuales de julio-agosto.

Similarmente, los máximos de precipitación entre 3-4 años están presentes en la serie de mayo-junio, pero casi ausentes de las series de septiembre-octubre, dada la marcada asociación con el ENOS. Es razonable asumir que las series muestran algunos elementos identificables en los totales de precipitación que se asocian con los cambios identificados con la fuerte señal del ENOS (Waylen *et al.*, 1996; Trenberth, 1990; Enfield y Alfaro, 1999; Giannini y otros, 2000; Waylen y otros, 2000) (figura 3).

Similarmente, tanto las densidades espectrales, como la relación con la influencia máxima con el evento ENOS en las series anuales y los periodos bimensuales de mayo-junio (y en mucho menor grado julio-agosto) muestran máximos en los periodos cercanos a los 15 años; mientras que la serie anual y en la bimensual de mayo-junio se vuelve a tener un incremento al igual que el de septiembre-octubre en los periodos entre los 30 y 40 años.

6. Detección de cambios decadales

En vista que el registro histórico de San José es tan extenso permite aplicar una prueba no paramétrica Mann Whitney para detectar diferencias estadísticas significativas entre las secciones de las series interanuales, empleándose lapsos de diez años. Se escogió este periodo por ser más largo que la frecuencia de las características de la oscilación con el evento en forma individual

del ENOS, el cual es ideal para detectar cambios climáticos tales como los observados en el Océano Atlántico Tropical Norte (Giannini y otros, 2000; Hoerling y otros, 2001).

Se asumió que las observaciones en décadas próximas no son significativamente diferentes de la década en análisis. Por lo tanto, la prueba se realizó con un nivel de confiabilidad del 95 % y con dos colas. La serie anual muestra dos interrupciones, o sea dos cambios en el patrón de precipitación, una al comienzo de la década de 1970 y la otra al inicio de la década de 1980. El promedio de precipitación anual en las décadas en estudio es cerca de 250 mm más grande que la década inmediatamente anterior o posterior (figura 4).

Las series interanuales muestran cambios en el patrón de precipitación desde 1912 a 1917 y en 1944. El promedio de precipitación estacional en la década anterior a 1912 es de 300 mm más bajo que en la década siguiente de 1917, mientras que en la década de los años 40, a mediados, es cerca de 125 mm más lluvioso que la de 1950.

Los cambios en el patrón de lluvias a comienzos de la década de 1970 se presenta también en julio-agosto, en la década anterior se muestra un promedio superior a los 100 mm más grande que la primera década. Un cambio o desfase en las lluvias similar se visualiza en las series de mayo-junio, pero sólo cuando se usa un nivel de confianza del 90 %. El cambio en el patrón de precipitación más notable se observa en la serie de mayo-junio en la década de 1920 y se distingue de los años de la década de 1930 por ser 130 mm más lluvioso que en la década de 1910. El segundo cambio en el patrón de precipitación significativo separa el

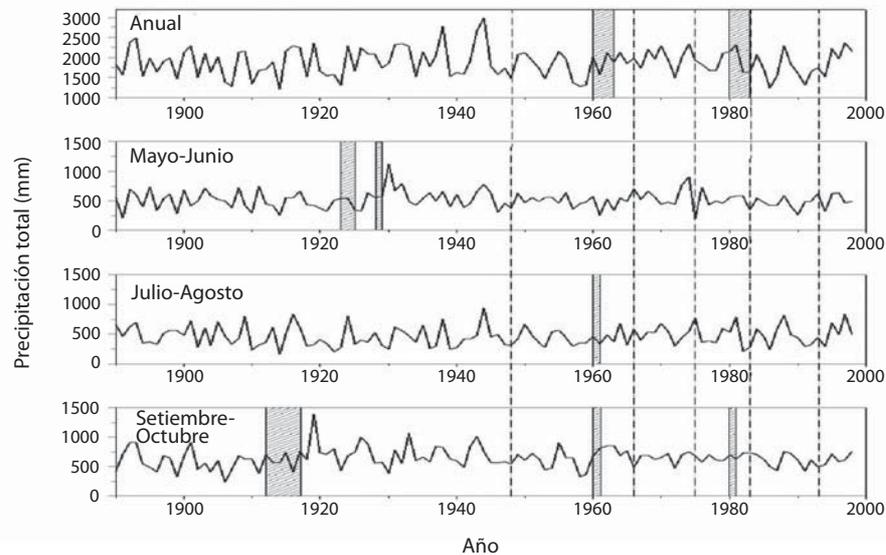


Figura 4. Series de precipitación anuales y bimensuales (Las líneas discontinuas verticales indican la reubicación de la estación climatológica, Mientras que los sectores sombreados indican cambios en el patrón de lluvias).

periodo durante los años de la década de 1970, de la década de 1980 y la de 1990. Durante el primer periodo ambos océanos mostraron anomalías similares, pero hubo un cambio significativo de una anomalía negativa a otra positiva a mediados de la década de 1980.

Las estaciones meteorológicas con largas series de registros de lluvia normalmente muestran cambios abruptos como resultado de las reubicaciones. La estación de San José ha sido reubicada en varias oportunidades dentro de la ciudad que lleva el mismo nombre (Comunicación Personal, Alfredo Erak, 2007). Sin embargo, los años en que fue reubicada la estación climatológica no coinciden con los cambios en el patrón de precipitación de todo el registro histórico de precipitación (figura 4), lo que indica que dichos desfases significativos en el registro de lluvia se deben a otras

causas ajenas y no a cambios en su ubicación. Dentro de estas causas, se tienen las variaciones en las oscilaciones oceánicas en las TSM, tanto del Pacífico Ecuatorial como del Atlántico Tropical Norte.

Algunos científicos como Enfield y Alfaro (1999) y Giannini y otros (2000), consideran que las anomalías de las temperaturas superficiales del océano Atlántico Tropical Norte y el Pacífico Ecuatorial en la zona del Niño 3.4 (combinación de las zonas El Niño 3 y 4 ubicadas en el Océano Pacífico) influyen en la distribución interanual de la precipitación. Para determinar tal situación, se promedia los datos de precipitación y el año calendario con la idea de producir una anomalía anual durante el periodo de registro disponible. Una forma de evitar el efecto individual del de la fase cálida del evento ENOS y su periodicidad característica de 3 a 7 años, se promedia

cada cinco años con una de las anomalías anuales (figura 5).

A finales de la década de los años cincuenta se da un calentamiento en el océano Pacífico (lo cual esta asociado con el evento de El Niño de 1957-58). A inicios de la década de 1960, las TSM bajan por debajo del promedio, produciéndose un desfase, mientras que el Atlántico Tropical Norte estuvo más caliente de lo normal. En tanto, en la década siguiente del desfase, ambos océanos mostraron una anomalía positiva.

Otro desfase significativo se da en el periodo de los años de la década de 1970, así como de la década de 1980 y la de 1990. Durante el primer periodo ambos océanos mostraron anomalías similares, pero hubo un cambio significativo de una

anomalía negativa a otra positiva a mediados de la década de los años setenta.

Los análisis estadísticos efectuados demuestran que cuando se da un desfase en el Atlántico Tropical Norte con señales de anomalías negativas, se dan condiciones opuestas en el Océano Pacífico Ecuatorial, o sea se manifiestan anomalías positivas. Lo anterior también ha sido citado en otras investigaciones científicas (Vargas y Trejos, 1994; Magaña y otros, 1999; Enfield y Alfaro (1999), Giannini y otros, 2000, Waylen y Quesada, 2002).

El hecho de que en la vertiente Pacífica y específicamente en San José se manifiesten condiciones más secas que el promedio, podrían darse cuando el flujo Alisio del Noreste se intensifica durante aquellos periodos en los cuales el océano

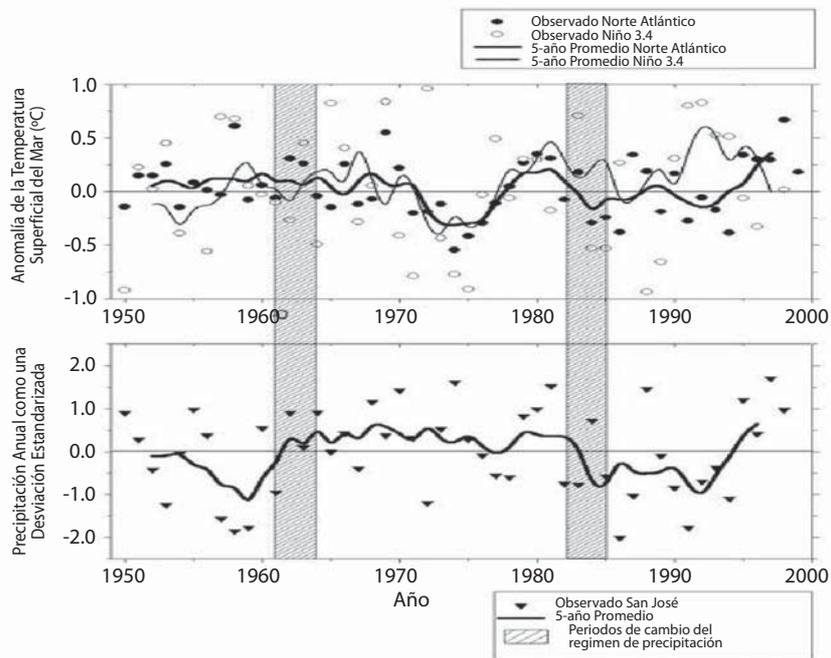


Figura 5. Comparación de las anomalías de las TSM en los océanos Pacífico Ecuatorial y Atlántico Tropical Norte y la precipitación anual durante el periodo de 1949-2000. (Para el Océano Atlántico Tropical Norte se usó datos de TSM)

Atlántico Tropical Norte muestra TSM más bajas que el promedio, mientras que en el océano Pacífico Ecuatorial se registran TSM más altas de lo normal. Esto pareciera ser correcto, especialmente si se visualiza el periodo de la década de 1980 e inicios de 1990 en San José.

Una situación contraria, o sea de mucha precipitación se podría encontrar en esta ciudad cuando las temperaturas superficiales en ambos océanos muestren temperaturas similares, lo cual fue muy consistente al final de la década de 1960 y en toda la década de 1970. Lo cual es indicativo de la existencia de teleconexiones entre las presiones a nivel del mar que se registran en el océano Pacífico (IOS), el océano Atlántico Tropical Norte y la precipitación que se registra en San José.

Durante la década de los años cincuenta, las observaciones anuales de los primeros cinco años muestran valores más altos de lo normal. No obstante, se dan valores inferiores al promedio de precipitación durante los años 1957-58, los cuales produjeron anomalías negativas y que definitivamente están asociadas con la fase cálida del ENOS, lo cual explica estadística y científicamente el desfase de la serie a inicios de la década de 1970.

7. Discusión y conclusiones

Las causas de las fluctuaciones estacionales entre décadas han sido analizadas, encontrándose condiciones como la regular influencia de patrones de circulación a nivel estacional y elementos como las diferencias en las temperaturas superficiales de las aguas de los océanos Atlántico Tropical Norte y Pacífico Ecuatorial. A pesar de que esta señal es muy clara al nivel bimensual y anual en las series de precipitación, las fluctuacio-

nes a largo plazo (con frecuencia entre 15 y 40 años) podrían ser responsables de la falta de consistencia y simple respuesta a la precipitación anual hacia el ENOS a través de todo el registro histórico. Esto podría corresponder a los cambios de baja frecuencia en las temperaturas superficiales en el océano Atlántico Norte.

Los desfases que son estadísticamente significativos en las series de precipitación no se deben a los cambios de ubicación de la estación. Los máximos de precipitación tienen lugar cuando se debilitan los vientos Alisios del Noreste e incursionan como más intensidad los vientos Oestes que ingresan por la costa pacífica de Costa Rica y como resultado las TSM son más bajas que el promedio en el océano Pacífico Ecuatorial y más altas que el promedio en el Atlántico Tropical Norte. Sin embargo, con la excepción de los años de la década de 1950, la disminución en las cantidades de precipitación dadas las fluctuaciones es casi independiente de las TSM en los dos océanos, situación que también es identificada a inicios de la estación lluviosa, lo cual ya había sido propuesto por Enfield y Alfaro (1999), quienes también visualizaron la conexión con el OATN. Este es un factor de peso que parece tener cierta validez como la causa potencial de la variabilidad que se encontró en el registro histórico de la estación de la ciudad de San José.

Las diferencias estacionales e incluso entre décadas podría deberse a altas (bajas) presiones atmosféricas con respecto a su promedio en el océano Atlántico Norte, lo cual se asocia directamente con fuertes (débiles) vientos Alisios, los cuales enfrían (calientan) las aguas de la superficie oceánica que eventualmente influiría sobre movimientos convectivos al inicio de la época lluviosa.

Por el contrario, las altas (bajas) temperaturas superficiales por arriba (abajo) del promedio en el océano Pacífico son un indicativo de la presencia de la fase cálida (fría) del ENOS. Bajo la presencia de la fase cálida se debilitan los vientos Oestes Ecuatoriales y durante la fase fría se incrementa su flujo, produciendo lluvias sobre San José.

En síntesis, existe una relación intrínseca entre las aguas oceánicas del Atlántico Tropical Norte y el Pacífico Ecuatorial y las fluctuaciones estacionales a nivel bimensual y decadal en las precipitaciones de la ciudad de San José.

8. Agradecimientos

Los autores de esta investigación agradecen toda la colaboración brindada por el Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica al permitir por medio de un contrato por escrito utilizar parte de los registros de precipitación de la estación climatológica de San José para su estudio. Similarmente, se agradece al funcionario de dicho instituto, señor Alfredo Erack, por la información acerca de los cambios de reubicación de la estación en el transcurso de toda su existencia.

9. Referencias

- Amador y otros. 2006. Atmospheric forcing in the Eastern Tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography*, 69, 101-142.
- Crutcher, H.L. 1975. A Note of the Possible Misuse of the Kolmogorov-Smirnov Test. *Journal of Applied Meteorology*, 14, 1600-1603.
- Enfield, D.B., Alfaro E.J. 1999. The Dependence of Caribbean rainfall on the Interaction of the Tropical Atlantic and Pacific Oceans. *Journal of Climate*, 12, 2093-2103.
- Erak A. 2007. Comunicación personal sobre las ubicaciones de la Estación Meteorológica de San José. Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica, San José.
- Giannini, A *et al*, 2000. Interannual Variability of Caribbean rainfall, ENSO and the Atlantic Ocean. En: *Journal of Climate*, 13, 297-311.
- Hastenrath, S. 1967. Rainfall Distribution and Regime in Central America. En: *Archiv fur Meteorologie, Geophysik, und Bioclimatologie, Serie B.*, 15, 201-241.
- Hastenrath, S. 1976. Variations in low-altitude Circulation and Extreme Events in the Tropical Americas. *Journal of Atmospheric Sciences*, 25, 2222-2231.
- Hastenrath, S. 1988. *Climate and Circulation in the Tropics*. Reidel, Dordrecht.
- Hoerling, M.P. *et al*. 2001. Tropical Origins for Recent North Atlantic Climate Change. *Science*, 292, 90-92.
- MAGAÑA, *et al* 1999. The Midsummer Drought over Mexico and Central America. *Journal of Climate*, 12, 1577-1588.
- INSTITUTO METEOROLÓGICO NACIONAL. 1988. Año del Centenario, 1888-1988. Catastro de las Series de Precipitaciones Medidas en Costa Rica. MINAE. San José, Costa Rica.
- Rogers, J.C. 1988. Precipitation Variability over the Caribbean and Tropical Americas Associated with the Southern Oscillation. *Journal of Climate*, 1, 172-182.
- Ropelewski, C.F., Halpert, M.S. 1987. Global and Regional Precipitation Patterns Associated with the El Niño/Southern Oscillation. *Monthly Weather Review*, 115, 1606-1626.
- Trenberth, K. E., 1990. Recent Observed Interdecadal Climate Changes in the Northern Hemisphere. *Bulletin of American Meteorological Society*, 71, 988-993.

- Vargas A. B., Tejos, VHF. 1994. Changes in the General Circulation and its Influence on Precipitation Trends in Central America, Costa Rica. *Navío*, 23, 87-90.
- Waylen, P, *et al.* 1994. The Effects of El Niño-Southern Oscillation on Precipitation in San José, Costa Rica. *International Journal of Climatology*, 14, 559-568.
- Waylen, P. *et al.*, 1996. Interannual Variability of Monthly Precipitation in Costa Rica. *Journal of Climate*, 9, 2606-2613.
- Waylen P., *et al.* 2000. Interannual and Interdecadal Variability of Streamflow from the Argentine Andes. *Physical Geography*, 21, 452-465.