



## DATOS METEOROLÓGICOS EN LA CUENCA DEL CANAL DE PANAMÁ DURANTE EL SIGLO XIX Y SU APLICABILIDAD A LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y AL CAMBIO CLIMÁTICO.

Alfonso Pino<sup>1</sup>; Jorge Espinosa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Panamá; Departamento de Física; e-mail: apino@sinfo.net

<sup>2</sup>Autoridad del Canal; Departamento de Hidrometeorología;  
e-mail: eieh-je@pancanal.com

### RESUMEN

La temperatura media de la superficie del planeta ha aumentado de 0.3 °C a 0.6 °C en el último siglo. De continuar este calentamiento, toda la vida se verá afectada. Según el informe GIEC (1995), nuevos análisis de datos proxy para el Hemisferio Norte indican que es altamente probable que el incremento en la temperatura superficial media del planeta durante el siglo XX haya sido el más alto de cualquier siglo durante los últimos mil años. Es también altamente probable que, en el Hemisferio Norte, la década de 1990 haya sido la más cálida y que 1998 hubiese sido el año más cálido desde 1861. En años recientes se han combinado datos sobre la temperatura superficial de los océanos con datos sobre la temperatura en la superficie terrestre a fin de obtener una imagen más confiable de los cambios globales medios. La finalidad del presente trabajo es la de estudiar los posibles cambios del clima, a través del comportamiento de la precipitación en la Cuenca del Canal de Panamá. Con este fin se rescató la información de precipitación existente desde el siglo XIX para esta zona. Se presenta un análisis y discusión preliminar del comportamiento de la precipitación registrada en cuatro estaciones de la Cuenca del Canal de Panamá para los últimos veinte años del siglo XIX y todo el siglo XX. Las sequías registradas durante los últimos veinte años del siglo XIX, por las estaciones analizadas, parecen estar asociadas al fenómeno de El Niño. Estos episodios de sequía coinciden también con episodios similares registrados en el territorio mexicano.

## **PALABRAS CLAVES**

Calentamiento global, cambio climático, índice de oscilación del sur, anomalía.

## **INTRODUCCIÓN**

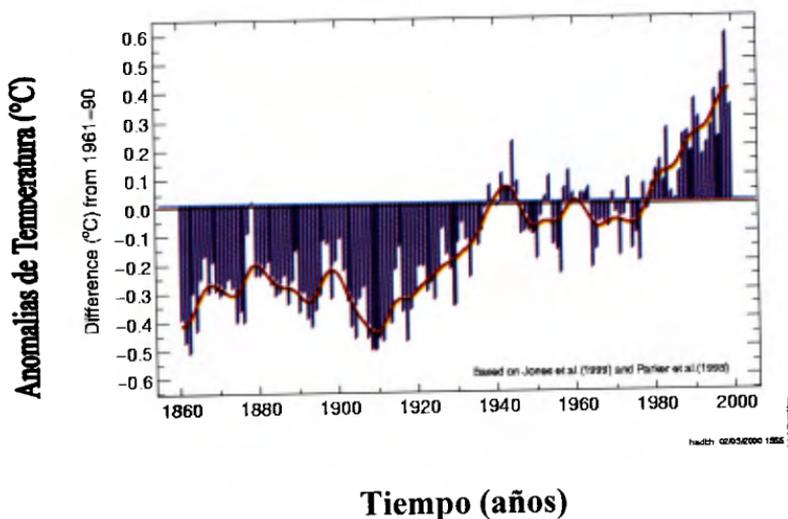
Se ha comprobado que la temperatura media de la superficie del planeta ha aumentado de  $0,3^{\circ}\text{C}$  a  $0,6^{\circ}\text{C}$  en los últimos cien años (GIEC, 1995). Según dicho reporte, nuevos análisis de datos proxy para el Hemisferio Norte indican que es altamente probable que el incremento en la temperatura superficial media del planeta durante el siglo XX haya sido el más alto de cualquier siglo durante los últimos mil años. Es también altamente probable que, en el Hemisferio Norte, la década de 1990 haya sido la más cálida y que 1998 hubiese sido el año más cálido desde 1861. También se señala en dicho informe que los registros de temperatura superficial media del planeta muestran una gran variabilidad, de forma tal que los episodios cálidos ocurridos durante el siglo XX, se suscitaron durante dos períodos comprendidos de 1910 a 1945 y de 1976 a 2000. Desde hace algunos años se ha estado colectando información relativa a la temperatura superficial de los océanos. Esta información ha sido combinada con datos sobre la temperatura en la superficie terrestre a fin de obtener una imagen más confiable de los cambios globales medios. Paralelamente a los hallazgos del Grupo de Expertos Intergubernamentales sobre la Evolución del Clima, otros investigadores de esta problemática han encontrado, al analizar los datos mencionados anteriormente, que la temperatura del aire próximo a la superficie terrestre ha aumentado aproximadamente en  $0,5^{\circ}\text{C}$  desde los últimos cien años (T.M.L. Wigley, *Geophysics Research Letters*, 14, 1135-1138, 1987). Los modelos matemáticos denominados "Grandes Modelos de Circulación", los cuales permiten simular matemáticamente los procesos físicos de la atmósfera y de los océanos, predicen que, si este calentamiento continúa, el planeta se vería, irrevocablemente, afectado por un cambio climático. Dicho cambio climático afectaría tanto a los patrones de viento en todo el globo como al ciclo hidrológico. William R. Peltier y A.M. Tushingham (1998), investigadores de la Universidad de Toronto,

encontraron que el nivel de los océanos, a escala global, ha estado aumentando a una tasa de 2 mm por año, a lo largo de las últimas décadas (David Schneider, Scientific American, Volumen 9, N° 3, 1998). Una confirmación adicional del aumento en la elevación de la superficie del océano, ha sido obtenida mediante el satélite TOPEX/Poseidón, el cual lleva consigo dos altímetros radar, orientados hacia el océano. El aumento en el nivel de los océanos mencionado anteriormente, es atribuible al aumento en la temperatura media del planeta.

La gráfica N° 1 muestra las anomalías en las temperaturas medias globales cerca de la superficie terrestre a partir del año 1861. En dicha gráfica se puede apreciar lo planteado en el Reporte del Grupo de Expertos Intergubernamentales sobre la Evolución del Clima en cuanto a que la década de 1990 ha sido la más cálida desde 1861.

### Anomalías de Temperatura Superficial Media del Océano vs Tiempo

Global Average Near-Surface Temperatures  
Annual anomalies, 1860 - 1999



Gráfica N° 1  
Instituto Goddard de la NASA para Estudios Espaciales

El Panel Internacional sobre Cambio Climático (IPCC) ha planteado que "un cambio discernible de influencia humana sobre el clima global ya se puede detectar entre las muchas variables naturales del clima". Según dicho panel, la temperatura de la superficie terrestre ha aumentado aproximadamente 0.6°C en el último siglo. Mientras que la media mundial anual de emisiones de dióxido de carbono se ha incrementado a 1,1 toneladas por habitante (GIEC, 1995). Se estima que los daños relacionados con desastres climáticos llegaron a 60 mil millones de US\$ en 1996.

De acuerdo a la IPCC, una duplicación de los gases de invernadero incrementaría la temperatura terrestre entre 1 y 3,5°C. Aunque no parezca mucho, esto sería equivalente a volver a la última glaciación, pero en la dirección inversa. El aumento de temperatura sería el más rápido en los últimos cien mil años, haciendo muy difícil que los ecosistemas del mundo se adapten al mismo.

Con el objeto de estudiar los posibles cambios del clima generados por el fenómeno del calentamiento global, se hace necesario el rescate de datos meteorológicos de carácter histórico, los cuales constituyen una importante herramienta de trabajo para establecer si se han producido variaciones estadísticamente significativas en el clima regional. Dentro de esta perspectiva, se han obtenido de la Sección de Meteorología e Hidrografía de la Autoridad del Canal de Panamá datos meteorológicos de 4 estaciones que operaron en lo que es hoy la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá. Dichas estaciones corresponden a tres períodos históricos panameños de la segunda mitad del siglo XIX, a saber: (a) etapa de construcción y operación del ferrocarril transístmico, (b) primera compañía del Canal Francés y (c) segunda compañía del Canal Francés. La mayoría de dichas estaciones recogían datos de precipitación pluvial, la cual era de suma importancia para los grandes proyectos que se ejecutaban en dicha área. Sin embargo, algunas estaciones también medían otros parámetros atmosféricos, tales como presión atmosférica y temperatura. En el presente trabajo se efectúa un análisis y

discusión del comportamiento de la precipitación registrada en dichas estaciones durante la segunda mitad del siglo XIX. Para la estación de Gamboa, se analizaron, además, los datos de precipitación del siglo XX con el objeto de establecer la ocurrencia de algún tipo de tendencia.

### **Situación Geográfica de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá.**

La Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá tiene una superficie de 3338 km<sup>2</sup>. Aproximadamente el treinta por ciento de la cuenca corresponde a la subcuenca de Alhajuela, la cual está ubicada en la porción noreste de ésta. En esta región se encuentra el Río Chagres, el cual es el principal de la Cuenca del Canal de Panamá. La subcuenca de Alhajuela se encuentra a una latitud entre los 8° 52' y 9° 26' Norte y entre la longitud 79° 29' 30" y 80° 00' Oeste. La misma limita al Norte con la Bahía de Limón en la vertiente atlántica y al Sur con la Bahía de Panamá, en la vertiente del Pacífico. En la entrada Sur del Canal de Panamá se encuentra ubicado el Puerto de Balboa, localizado a 23 millas, hacia el Este de la entrada Norte, próxima al puerto de Cristóbal.

El Istmo de Panamá fue considerado, desde su descubrimiento, como un punto focal para las expediciones que los conquistadores españoles efectuaron hacia el imperio incaico. Ya desde el siglo XVIII se iniciaron exploraciones hidrográficas litorales con miras a encontrar la ruta más factible para la construcción de un canal interoceánico. Estas exploraciones continuaron durante el siglo XIX y, al iniciarse la construcción del ferrocarril transístmico, se establecieron las primeras estaciones meteorológicas. La Compañía del Ferrocarril de Panamá estableció, en la ciudad de Colón, una estación para la medición de la precipitación pluvial, que comenzó a operar a fines del año 1862. Posteriormente, la Compañía del Canal Francés estableció varias estaciones para la medición de la precipitación pluvial a partir del año 1881, cuando iniciaron la construcción de un canal a nivel. Dichas estaciones se ubicaron en Balboa, Colón, Gamboa, Bohío y la isla de Naos. Las estaciones en cuestión fueron discontinuadas al producirse el

colapso económico de la Compañía antes citada. Al reorganizarse la Segunda Compañía del Canal Francés, a partir del año 1894, se establecieron nuevas estaciones. Los datos meteorológicos a cuyo análisis y discusión se encuentra orientado el presente capítulo, corresponden a las estaciones que operaron en Balboa, Colón, Gamboa y Bohío.

Si se sigue el esquema de clasificación climático de Köeppen, la estación de Balboa estaba ubicada en una zona climática **Awi** que corresponde a un clima tropical de sabana, con una precipitación anual inferior a 250 cm. Las estaciones de Gamboa y Bohío estaban situadas en una zona climática **Ari** que describe un clima tropical húmedo, con una precipitación anual superior a 250 cm. La estación de Colón estaba situada en una zona climática **Ali**, que corresponde a un clima tropical muy húmedo, con una precipitación copiosa todo el año.

## **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN**

Se obtuvieron datos de precipitación pluvial correspondientes a Balboa, en el litoral Pacífico para el período comprendido de 1879 a 1899. La zona climática a la que pertenece Balboa es la Awi, según la clasificación de Köeppen. La Tabla No. 1 muestra cómo varía la pluviosidad mensual (en cm) a lo largo de los diferentes meses del año.

Tabla N° 1

Precipitación Mensual en la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá (cm)

Estación de Balboa

	1879	1880	1881	1882	1899
Enero	0.09	4.86	0.42	0	14.37
Febrero	6.45	0.45	0.42	0.3	3
Marzo	14.64	0.42	0.96	0	6.18
Abril	14.1	4.14	8.28	2.52	0.78
Mayo	26.37	11.4	26.55	13.44	24.57
Junio	16.56	12.81	35.34	15.84	21.75
Julio	20.28	25.32	18.45	13.71	21.06
Agosto	18.57	29.37	11.52	10.38	22.05
Septiembre	23.28	20.28	22.92	10.38	15.78
Octubre	25.14	30.27	24.81	17.16	30.75
Noviembre	49.26	16.56	24.93	27.96	22.89
Diciembre	2.52	14.13	6.15	5.16	11.16
Total	217.26	170.01	180.75	116.85	194.34

Los mínimos de pluviosidad mensual se registraron durante los meses de enero, febrero, marzo y abril, los cuales constituyen la estación seca en el Istmo de Panamá (Espinosa, 1999). Los máximos de pluviosidad mensual se registraron durante los meses de septiembre, octubre y noviembre. El año más seco de este período lo constituyó 1882, con una precipitación anual de 116,85 cm. El año más lluvioso de este período fue 1879, con una precipitación anual de 217,26 cm.

En la Tabla N° 2 se observa el resumen de los datos de precipitación capturados desde el año 1879 hasta el año 1899 en la estación de Balboa.

Tabla No. 2	
Estación de Balboa	
Precipitación Media Mensual Durante el Período de 1879 a 1899	
Meses	Precipitación Media(cm)
Enero	3.95
Febrero	2.12
Marzo	4.44
Abril	5.96
Mayo	20.46
Junio	20.46
Julio	19.76
Agosto	18.38
Septiembre	18.53
Octubre	25.62
Noviembre	28.32
Diciembre	7.82
Total	175.82

En la Tabla No. 2 se observa claramente delimitado el período de estación seca que, en el Istmo de Panamá, se extiende de enero a abril. Tal como se observa en dicha Tabla, los meses de estación lluviosa se extienden de mayo a diciembre. No obstante, ya a partir del mes de diciembre se registra una disminución significativa de la precipitación pluvial. El mes más seco de este período fue el mes de febrero con una precipitación media de 2,12 cm, mientras que el más lluvioso fue el mes de noviembre con una precipitación media de 28,32 cm.

Se analizaron también los datos de precipitación anual registrados en las estaciones de Colón, Gamboa y Bohío para el período comprendido de 1863 a 1900. Estos datos proceden de tres fuentes: la Compañía del Ferrocarril (1863 a 1880); la Compañía del Canal Francés (1881 a 1889); la Segunda Compañía del Canal Francés (1896 a 1900). Las precipitaciones más altas se registraron en la estación de Colón, localizada en la costa atlántica. Esta situación se debe a la exposición que tiene esta zona a los vientos alisios que transportan la humedad del Océano Atlántico. Al entrar a tierra, los vientos Alisios son forzados a ascender debido a la interacción que se da entre las brisas de mar y de lago y la ligera orografía de la zona. Durante el período comprendido de 1863 a 1899, las precipitaciones promedio en las estaciones de Colón, Gamboa y Bohío ascendieron a 326,8 cm, 244,7 cm y 291 cm, respectivamente. Las desviaciones estándar correspondientes a las precipitaciones registradas en las estaciones antes mencionadas ascendieron a 55,7 cm, 42,4 cm y 47 cm, respectivamente.

Tomando en consideración aquellos años en los que se registraron pluviosidades bajas, con precipitaciones inferiores al promedio, en el orden de, por lo menos, una desviación estándar,  $\sigma$ , se obtienen las tablas siguientes que muestran los años con precipitaciones mínimas en cada una de las estaciones antes citadas:

Tabla N° 3		
Precipitaciones Mínimas - Estación de Colón		
Año	Precipitación(cm)	Anomalía(cm)
1871	255,4	-71,4
1873	223,3	-103,5
1875	242,8	-84,0
1878	222,3	-104,5
1884	221,8	-105,0

Tabla N° 4		
Precipitaciones Mínimas - Estación de Gamboa		
Año	Precipitación(cm)	Anomalía(cm)
1883	196,4	-48,3
1889	194,1	-50,6
1891	199,2	-45,5
1899	203,2	-41,5

Tabla N° 5		
Precipitaciones Mínimas - Estación de Bohío		
Año	Precipitación(cm)	Anomalía(cm)
1871	208	-83
1873	203	-88
1875	218	-73
1878	200	-91
1884	244	-47

Al comparar los datos de precipitación de la estación de Colón con los de la estación de Bohío, en ambas estaciones se registraron episodios de precipitaciones muy por debajo del promedio en los años 1871, 1873, 1875, 1878 y 1884, como se muestra en las Tablas No.3 y No.5. Todas las precipitaciones registradas durante los años citados fueron inferiores a la media en por lo menos una desviación estándar:  $\sigma$ . Tanto en la estación de Colón, como en la de Bohío, las precipitaciones más bajas de la serie se registraron en los años 1873 y 1878. La precipitación anual más baja de toda la serie fue registrada en la estación de Bohío durante el año 1878. Dicha precipitación ascendió a 200 cm, lo que corresponde a una desviación de  $-1,94 \sigma$ , con respecto al valor medio. En la estación de Gamboa se registraron episodios de precipitaciones inferiores al valor promedio durante los años 1883, 1889, 1891 y 1899. La precipitación más baja de esta serie se registró en el año 1889 y ascendió a 194,1 cm. Habría resultado interesante comparar la información de pluviosidad correspondiente al año 1899 entre las estaciones de Gamboa y Colón, pero la estación de Colón no tiene registro de la precipitación para el año 1889.

Un evento climático que se suscita periódicamente con graves efectos socioeconómicos, a nivel mundial, es el fenómeno de **El Niño**. Este fenómeno está asociado a oscilaciones en los patrones de presión atmosférica sobre el Océano Pacífico. Por esta razón, se le suele designar con las siglas **ENSO (El Niño / Southern Oscillation)**. En condiciones normales, la presión atmosférica es mayor sobre el Pacífico Oriental que sobre el Pacífico Occidental, de forma tal que los vientos alisios circulan de Este a Oeste en la parte ecuatorial del centro de alta presión del Pacífico Oriental. En este proceso, los vientos alisios fuerzan al agua de la superficie del mar a drenar hacia el Oeste cierta cantidad de agua fría que surgió a lo largo de las costas de Sudamérica. A medida que el agua fría se desplaza hacia el Oeste, la capa superficial de ésta es calentada por la radiación solar. Debido a este hecho, en la zona ecuatorial del Océano Pacífico el agua suele ser más fría hacia el Este y más cálida hacia el Oeste. Por otro lado, como consecuencia del proceso de

drenaje, el nivel del mar en el Pacífico Occidental es ligeramente mayor que en el Oriental. Debido a esta diferencia en la elevación del nivel del mar, normalmente se produce una leve contracorriente de agua cálida que fluye, en la zona tropical, desde el Oeste hacia las costas de Sudamérica. Para evaluar las alteraciones en los patrones de presión atmosférica que pudiesen estar asociados a un episodio ENSO, se han tomado dos puntos de referencia: **Darwin (Australia)** y **Tahití**. En condiciones normales, la presión en Tahití (T) es mayor que en Darwin (D). Para evaluar dichas alteraciones se ha introducido un índice denominado Índice de Oscilación del Sur (SOI), el cual se define como la diferencia de presión a nivel del mar entre Tahití y Darwin (T-D). Esto significa que, en condiciones normales, el **Índice de Oscilación del Sur (SOI)** es positivo. Cuando las presiones a nivel del mar en Darwin exceden a las de Tahití, el Índice de Oscilación del Sur (SOI) se hace negativo. **Se ha encontrado que los valores negativos extremos del SOI coinciden con el registro de un evento de El Niño, es decir, con la fase cálida de un evento ENSO (Kane, 1997).**

En promedio, cuando el SOI se hace negativo, se produce un refuerzo en la contracorriente que circula de Oeste a Este. Como consecuencia de este hecho, una onda de agua cálida, denominada onda Kelvin, se desplaza desde el Pacífico Occidental hacia las costas de Sudamérica, Centroamérica y parte de Norteamérica. Este fenómeno induce graves alteraciones en las condiciones climáticas, no sólo de estas regiones sino de casi todo el globo. En algunas zonas disminuye significativamente el nivel de precipitación con la consiguiente sequía y, en otras, se suscitan drásticos aumentos en los niveles de precipitación con su secuela de inundaciones (**Rasmuson y Carpenter, 1983; Waylen, et al, 1994; Kane, 1997**).

En el caso de Panamá, al igual que en el resto de Centroamérica y México, la fase cálida del evento ENSO está asociada a intensas sequías, cuya duración puede extenderse de 8 a 18 meses. Para establecer el nivel de intensidad de la fase cálida de los eventos ENSO, se ha introducido una nomenclatura en la que el nivel de

estos eventos se clasifica como **M (Moderado)**, **S (Fuerte)**, **VS (Muy Fuerte)**, o una combinación de las intensidades anteriores como, por ejemplo, **M-S**, **M-VS**, o bien, **S-VS**. El evento ENSO que tuvo una mayor severidad durante el siglo XIX se suscitó en el período **1877-1878** (CEPAL, 1998). Este hecho concuerda con los datos de precipitación registrados en las estaciones de Colón y de Bohío. Como fue planteado anteriormente, el nivel de precipitación registrado en dichas estaciones durante el año 1878, fue muy inferior al valor medio. En el caso de la estación de Bohío, la precipitación registrada en el año 1878 fue la más baja de todo el período de observación, que se extendió desde el año 1863 hasta el año 1900. En el caso de la estación de Colón, la precipitación registrada durante el año 1878 fue la segunda más baja de todo el período de registro. Otros eventos ENSO durante el siglo XIX, tuvieron lugar en los años 1873-1874, 1880-1881, 1884-1885, 1887-1889, 1899-1900. (Climate Data Library – Instituto de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Columbia, 1999).

La Tabla N° 6, (Contreras, 2000) presentada a continuación, muestra una distribución temporal de los eventos ENSO para todo el siglo XIX.

Tabla N° 6			
Eventos ENSO y El Niño Años de 1800-1900			
Años	Intensidad	Años	Intensidad
1802-1804	S	1854-1855	M-S
1806-1807	M	1857-1859	M
1810	M	1860	M
1812	M	1862	M
1814	S	1864	S
1817	M	1865-1866	M
1819	M	1867-1869	M-S
1821	M	1871	M-S
1824-1825	M-S	1873-1874	M
1827-1828	S-VS	1877-1878	VS
1830	M	1880-1881	M
1832-1833	M-S	1884-1885	M-S
1835-1836	M	1887-1889	S
1837-1839	M-S	1891	M-VS
1844-1846	VS	1896-1897	M
1850	S-M	1899-1900	S-VS
1852-1853	M		

Fuente: Díaz, Henry y Markgraf, Vera (1992). El Niño. Historical and Paleoclimatic aspects of the southern Oscillation. New York, Cambridge University Press, p. 122-132.

Si se comparan los datos de la Tabla anterior con los de las Tablas N° 3, y N°5, se puede concluir que las bajas precipitaciones registradas tanto en la estación de Colón como en la de Bohío durante los años 1871, 1873, 1878 y 1884 están asociadas a eventos ENSO que se suscitaron durante los años

antes citados. Del análisis de la Tabla N° 4 se puede inferir que las bajas precipitaciones registradas en la estación de Gamboa durante los años 1889, 1891 y 1899 se encuentran también asociadas a eventos ENSO, ocurridos durante estos años. Cabe señalar que varios de los episodios de sequía detectados por las estaciones que estuvieron ubicadas en la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá durante el siglo XIX, coinciden con episodios de sequías intensas que ocurrieron en el territorio mexicano (Contreras, 2000). En el Cuadro que se presenta a continuación, Contreras (2000) documenta los eventos de sequías severas que afectaron todo el territorio mexicano durante el siglo XIX.

Tabla N° 7	
Grandes Sequías en México. Siglo XIX	
Años	Area geográfica afectada
1808-1811	Todo el Virreinato de la Nueva España
1868	Estados de Chiapas, Coahuila, Guerrero, Nuevo León, Oaxaca, Aguascalientes, México y Distrito Federal
1877	La mayor parte del territorio nacional, especialmente el centro y norte del país
1884-1885	Todo el territorio del país, una de las sequías mejor documentadas
1892-1896	Todo el territorio del país, destaca el año de 1894, período en donde por lo menos 17 estados de la República registran promedios de lluvia por debajo del promedio anual de precipitación. Posiblemente se trata de la peor sequía del siglo XIX

Fuente: Enrique Florescano, Guillermo Padilla, Luis Rodríguez, op. cit. Carlos Contreras, a partir de registros meteorológicos.

Como se puede apreciar del análisis del Cuadro anterior, la sequía registrada en la mayor parte del territorio mexicano durante el año 1877 es casi coincidente con la registrada en las estaciones de Colón y de Bohío en el año 1878. La sequía registrada en todo el territorio mexicano durante el período 1884-1885 coincide con la registrada en las estaciones de Colón y de Bohío en el año 1884. La sequía registrada en todo el territorio mexicano durante el período 1892-1896 es casi coincidente con la registrada en la estación de Gamboa durante el año 1891.

Contreras (2000) hace referencia al nivel de intensidad de las sequías registradas en todo el territorio mexicano durante los períodos 1877 y 1884-1885:

“Las sequías también tuvieron repercusiones ambientales, entre los casos mejor documentados, se encuentran los efectos que tuvo la falta de lluvia, en relación con la desecación de los lagos cercanos a la Ciudad de México, ya que por ejemplo, durante la sequía de 1877, el vaso del lago de Texcoco casi se secó por completó (28); posteriormente, durante la sequía de 1884-1885, el mismo lago se volvió a secar, a tal grado, que un informe de Antonio Peñafiel menciona que a causa de la desecación del vaso de Texcoco, éste se había convertido en un pantano de aguas putrefactas, provocando que la atmósfera de la capital por esos años, se tornara irrespirable”.

Al concluir la fase cálida de un evento ENSO, usualmente los vientos alisios retornan a la normalidad. No obstante, en ocasiones, al terminar la fase cálida antes citada, los alisios alcanzan intensidades más altas que el promedio, de forma tal que drenan una gran parte del agua superficial fría de las costas de Sudamérica, desplazándolas hacia el Pacífico Occidental y Central. De este modo se suscita un episodio de agua superficial fría en las costas de Sudamérica, Centroamérica y parte de Norteamérica, opuesto a las condiciones que se dan en dichas zonas durante la fase cálida del evento ENSO o El Niño. A este

episodio en el que se presentan condiciones opuestas a las de los eventos El Niño se le ha denominado evento **La Niña** o **fase fría de un episodio ENSO**.

Las Tablas N°8, N°9 y N° 10 que se observan a continuación, muestran los registros de precipitaciones altas, superiores al valor medio en, por lo menos, una desviación estándar,  $\sigma$ , para las estaciones de Colón, Gamboa y Bohío.

Tabla N° 8		
Precipitaciones Máximas - Estación de Colón		
Año	Precipitación(cm)	Anomalía(cm)
1870	383,6	56,8
1872	432,0	105,2
1879	421,0	94,2
1887	397,2	70,4
1890	395,6	68,8
1894	394,0	67,2
1895	388,4	61,6

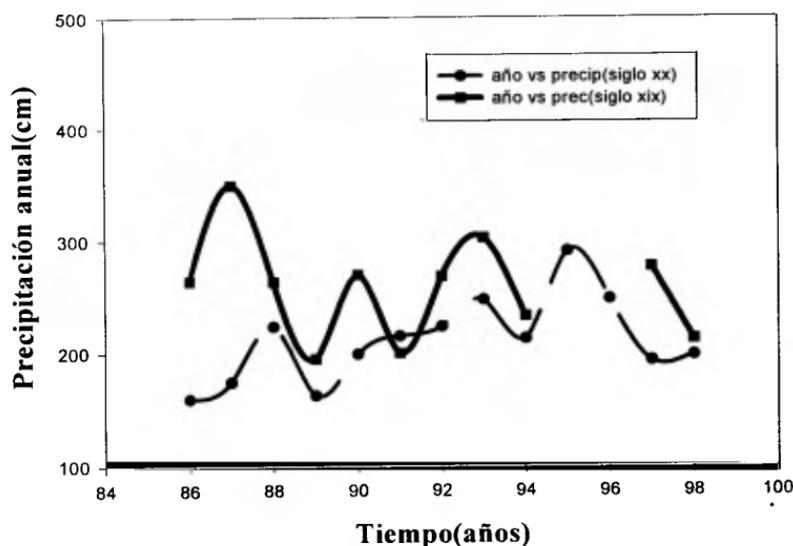
Tabla N° 9		
Precipitaciones Máximas - Estación de Gamboa		
Año	Precipitación(cm)	Anomalía(cm)
1887	349,2	104,5

Tabla N° 10		
Precipitaciones Máximas - Estación de Bohío		
Año	Precipitación(cm)	Anomalía(cm)
1870	338	47
1872	385	94
1879	333	42
1887	387	96
1890	349	58
1892	333	42
1893	333	42
1895	349	58

En las Tablas N°8, N°9 y N°10 se observa que las precipitaciones altas, superiores al valor medio, que se produjeron en los años 1870, 1872, 1879, 1887, 1890 y 1895 fueron registradas por las tres estaciones antes mencionadas. Es interesante el hecho de que las pluviosidades extremas registradas en los años 1870, 1872, 1879, 1890 y 1893 en las estaciones de Colón y de Bohío se suscitaron al terminar la fase cálida de un evento ENSO o El Niño. A la luz de lo que se conoce actualmente en relación a los eventos ENSO, existe la posibilidad de que tales períodos de pluviosidad extrema pudiesen estar asociados a la fase fría de un episodio ENSO, es decir, a un evento La Niña. No obstante, esta hipótesis deberá ser investigada más a fondo con posterioridad.

Al comparar el nivel de pluviosidad registrado en la estación de Gamboa durante el período comprendido entre 1886 y 1899 con el nivel de pluviosidad en esta misma estación entre 1986 y 1999, es decir, en las dos últimas décadas del siglo XX, se observó una disminución estadísticamente significativa en el régimen de lluvias de esta zona. La precipitación anual media en la estación de Gamboa para el período comprendido entre **1886 y 1899** fue de **257 cm**, aproximadamente, mientras que la precipitación anual media en dicha estación, para el mismo período del siglo **XX (1986 - 1999)** fue de **211 cm**. La gráfica N° 2 muestra el comportamiento antes mencionado.

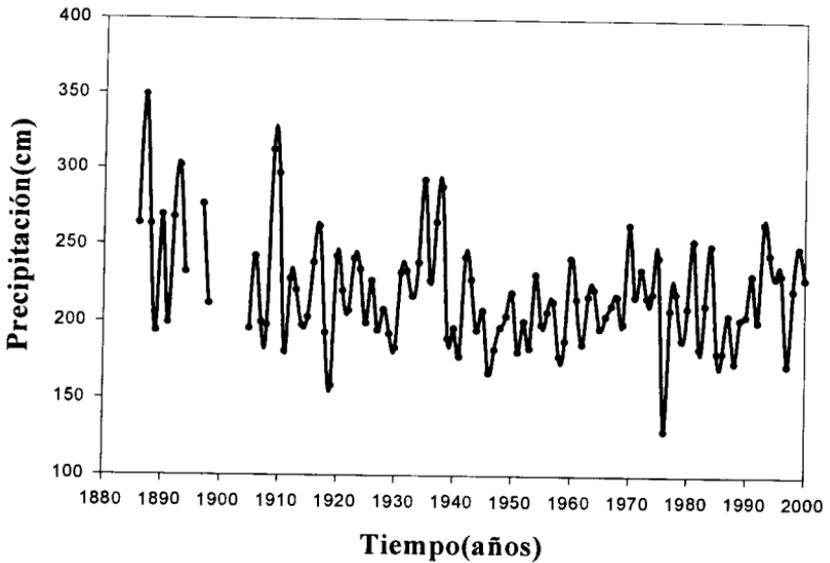
## Precipitación anual vs Tiempo



Gráfica N° 2

Con el objeto de determinar si la tendencia sugerida por la gráfica anterior es válida para todo el período comprendido entre la segunda mitad del siglo XIX y el siglo XX, se construyó la gráfica de Precipitación vs Tiempo correspondiente a la estación de Gamboa desde el año 1886 hasta el año 2000. No obstante, hay algunos años para los cuales no se pudo rescatar la información de precipitación. La gráfica N° 3 presenta esta información:

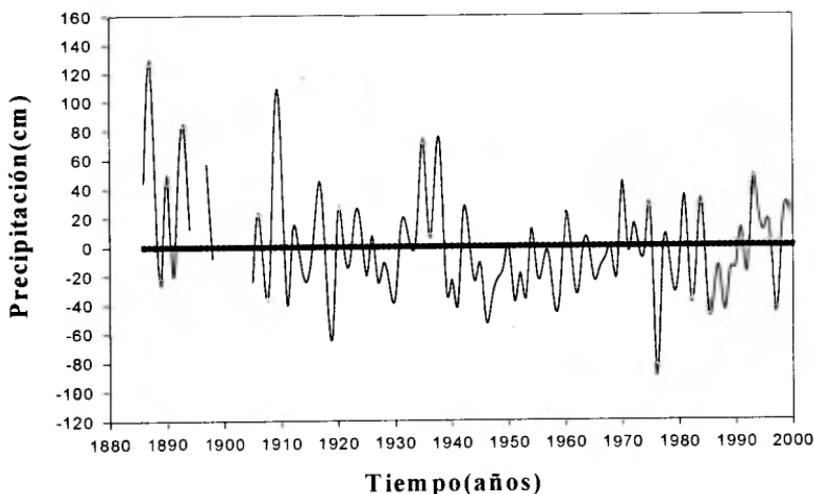
## Precipitación vs Tiempo Estación de Gamboa



Gráfica N° 3

De acuerdo con los datos registrados, la precipitación promedio para todo el período ascendió a 219,2 cm. La precipitación media para el período comprendido entre 1886 y 1899 ascendió a 257,2 cm mientras que la precipitación media para el período comprendido entre 1905 y 2000 correspondió a 215,3 cm. Con esta información se construyó una gráfica de las Anomalías de Precipitación vs Tiempo. Para construir la gráfica en cuestión se calcularon las desviaciones de precipitación para todo el período estudiado con respecto al valor medio de 219,2 cm. De este modo se obtuvo la gráfica N° 4, presentada a continuación.

## Anomalías de Precipitación vs Tiempo Estación de Gamboa



Gráfica N° 4

En la gráfica anterior se observa que, de todo el período estudiado, la mayor anomalía positiva se registró en el año 1887 con un valor de 129,6 cm. También se puede apreciar que la mayor anomalía negativa se registró en el año 1976 con un valor de -89,9 cm. Se destaca el hecho de que, durante el siglo XX, se observó un mayor número de anomalías negativas que de anomalías positivas. Esto indica que, durante el siglo en cuestión, se presentó un mayor número de episodios de sequía que de precipitaciones por encima del promedio.

En la gráfica N° 2, si se considera todo el período comprendido entre 1886 y 2000, se puede apreciar una leve disminución en los niveles de precipitación para todo el período objeto del presente estudio. Si se compara el nivel de precipitación media, en la estación de Gamboa, correspondiente al período del siglo XIX estudiado, con el nivel de precipitación media en dicha estación correspondiente al siglo XX, se puede establecer que la

disminución en el régimen de lluvias entre un siglo y otro es del orden del 17%, aproximadamente.

Este hecho sugiere la necesidad de efectuar, en futuros estudios, un seguimiento a todos los registros de precipitación en la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá, desde la segunda mitad del siglo XIX hasta finales del siglo XX con el objetivo de determinar si la tendencia sugerida tanto por la gráfica N° 2 como por la gráfica N° 3 es válida para toda esta área, o si se trata de condiciones particulares acontecidas en la estación de Gamboa.

## **CONCLUSIONES**

Las sequías registradas por todas las estaciones analizadas y que estaban ubicadas en lo que sería posteriormente la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá pueden atribuirse a eventos El Niño que se suscitaron durante tales años. Estos episodios de sequía coinciden con episodios similares registrados en el territorio mexicano, como fue planteado anteriormente.

Los datos de pluviosidad correspondientes a la estación de Gamboa para el período comprendido entre 1886 y 2000 se muestran una leve disminución, del orden del 17 %, en los niveles de precipitación pluvial durante el período estudiado. Sería necesario analizar los datos de precipitación de otras estaciones ubicadas en la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá desde la segunda mitad del siglo XIX hasta el año 2000 a fin de determinar si la tendencia observada en Gamboa es válida para toda el área.

## **ABSTRACT**

During the last century the earth's mean surface temperature has risen between 0.3 °C to 0.6 °C . If this rate of warming continues, all life on the planet will be affected. The GIEC reports based on the analysis of new proxy data for the Northern Hemisphere, that there is a high probability that the increase in surface temperature during the XX century is the largest in the last 1000 years. It is also probable that the 1990 decade has been the warmest and that 1998 has been the warmest year since 1861. In recent years, sea surface temperature has

been analyzed together with surface air temperature over land in order to have a better idea of the global changes that are taking place. The primary object of this study was to determine if a climatic change through the study of the rainfall behavior within the Panama Canal Watershed. For this purpose the rainfall record of four Panama Canal stations during the last twenty years of the XIX century and all of XX century were analyzed. A preliminary analysis and discussion of the rainfall behavior for four rainfall stations for the last twenty years of the XIX century in the Panama Canal is presented. The droughts registered by the analyzed stations during the last 20 years of the XIX century seem to be related to El Niño events. These droughts occurred almost at the same time in Mexico.

## REFERENCIAS

Abbot, H. L. 1915. Hidrology of the Isthmus of Panama. Published Bimonthly at the Engineer School, Washington Barracks, D.C. Vol. 7, N° 36.

Alvarado, A. 1963. Análisis histórico-geográfico del Canal. Trabajo de Graduación, Universidad de Panamá.

Alzamora, A., 1952. Participación de los franceses en la construcción del Canal Interoceánico. Trabajo de Graduación, Universidad de Panamá.

Anaya, M. 1950. La región de Gatún ante la construcción del Lago. Trabajo de Graduación, Universidad de Panamá.

Ahrens, C. D. Meteorology Today. Editorial West Publishing Company, 5ª edición, 1994.

Batista, J. M. 1982. La Universidad promueve la creación de un Servicio Meteorológico Nacional. Revista Tierra y Hombre.

Bulletin Du Canal Interoceanique. Troisième Année. Imprimerie de la Societé de Publications Periodiques. Paris, 1881, 1882, 1883, 1884, 1886 y 1887.

Cañizales, B. 1949. La Estructura Geográfica en Panamá durante el Siglo XIX. Trabajo de Graduación, Universidad de Panamá.

- Carrasco R. I. 1974. El Desarrollo de la Geología Contemporánea. Trabajo de Graduación, Universidad de Panamá.
- CEPAL, 1998. El Fenómeno del Niño: Su Naturaleza y Los Riesgos Asociados a su Presencia Recurrente.
- Contreras, C., Tesis Doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México, 2000.
- Espinosa, J. A. 1999. Causes of the Change of Seasons in the Panama Canal Watershed, Meteorology Section, Meteorological and Hydrographic Branch, Engineering Division, Panama Canal Commission, Balboa Heights, Panama. Website: [www.pancanal.com/esp/index.html](http://www.pancanal.com/esp/index.html).
- Groupe D'Experts Intergouvernemental Sur L'Evolution Du Climat. Deuxième Rapport d'évaluation du GIEC; Changements Climatiques, 1995.
- Kane, R. P. 1997. Relationship of El Niño-Southern Oscillation and Pacific Sea Surface Temperature with Rainfall in Various Regions of the Globe, Monthly Weathr Review, 125, 1792-1800.
- Kirk, P. 1924. Meteorology General and Isthmian. The Military Engineer Magazine.
- Molino, E. 1958. Tratado sobre las Observaciones Meteorológicas. Trabajo de Graduación, Universidad de Panamá.
- Quintero, L. R. 1990. Participación de Panamá dentro de la Organización Meteorológica Mundial. Trabajo de Graduación, Universidad de Panamá.
- Rasmusson, E. M. & T. H. Carpenter. 1983. The Relationship Between Eastern Equatorial Pacific Sea Surface Temperatures and Rainfall over India and Sri Lanka. Mon. Wea. Rev., 11, 517-528.

Ríos, D. 1949. Ensayo histórico crítico de la comunicación Interoceánica hasta 1903. Trabajo de Graduación, Universidad de Panamá.

Rubio, A. 1944. Estudios Geográficos y Geológicos del Istmo de Panamá.

Sánchez, E. 1949. Estudios Geográficos en Panamá, durante los siglos XVII, XVIII y XIX.

Schneider, D. The Rising Seas. Scientific American, Vol. 9, N° 3, P. 28 - 35, 1998.

Wigley, T.M.L. The effect of model structure on projections of greenhouse Gas induced climatic change. Geophysics Research Letters, 14, 1135-1138 (1987).

*Recibido abril del 2001, aceptado mayo del 2001.*