



**Tecnociencia 2008, Vol. 10, N° 2.**

## **EL CAMBIO CLIMATICO Y SU PROYECCIÓN SOBRE EL NIVEL DEL MAR EN LA COSTA DEL PACÍFICO DE PANAMÁ**

**Bogdan Kwiecinski y Luis D’Croz**

Departamento de Biología Marina y Limnología

Universidad de Panamá, Estafeta Universitaria, República de Panamá

E-mail: [bawjecin@cwpanama.net](mailto:bawjecin@cwpanama.net)

### **RESUMEN**

Para poder proyectar el aumento del nivel del mar en Panamá para el final del siglo XXI, se procesó información, de más de noventa años de datos mensuales, del nivel del mar registrado diariamente en el Puerto de Balboa entre 1909 y 1998. Se determinaron las tendencias y las regresiones para este período. En adición, se calcularon las tendencias de anomalías mensuales del nivel del mar a intervalos de veinte años, hasta el presente, para el Puerto de Balboa (Pacífico). Los resultados revelan que el aumento del nivel del mar durante el siglo XX fue de aproximadamente 20 cm para el Pacífico (Puerto de Balboa). Mas aún, el análisis estadístico indica que para la costa pacífica de Panamá el aumento de nivel del mar para cada período de veinte años fue cada vez mayor, variando desde 1.70 cm en los primeros veinte años (1909-1929), hasta cerca de 8 cm en los últimos diez años (1988-1999). Como conclusión, el análisis estadístico proyecta el aumento del nivel del mar en la costa pacífica de Panamá en más de cincuenta centímetros, desde el presente hasta el final del siglo XXI. En la escala global el aumento del volumen de agua de los océanos debido al calentamiento climático fue más de 15 cm en los últimos cien años. Se predice que el cambio climático causará un aumento del nivel del mar de cerca 30 cm para el año 2050, debido al deshielo de los glaciales y por la expansión térmica de la capa superficial del océano.

### **PALABRAS CLAVES**

Nivel del mar, anomalías del nivel del mar, calentamiento global, cambio climático.

## **ABSTRACT**

In order to predict the future sea level increase in the Pacific coast of Panama, the monthly data on sea level of Balboa (Republic of Panamá) from 1909 to 1998 has been examined to define the trend and the rise of the sea-level of the past century. In addition, the data from Balboa has been divided into five periods of twenty years each to be able to estimate the expected rate of change of the trend and total rise of the sea-level by the end of the current century. The sea-level at Balboa has risen about 20 centimeters in the past 100 years. But moreover, the rate of change for Balboa sea level has constantly increased for each 20 years period indicating 1.70 cm at the beginning of the past century, while gradually increasing to nearly 8 cm at the end of the XX century. Predictions are made that this trend is likely to cause above a 50 cm sea level increase by the end of the XXI century. The global mean sea level has risen globally more than 15 centimeters in the past 100 years, and the climate change is expected to cause a further rise of about 30 centimeters by the year 2050. This warming would cause the sea to rise in two ways: through thermal expansion of ocean water and through discharges of freshwater from melting ice caps and mountain glaciers.

## **KEYWORDS**

Sea level, sea level anomalies, global warming, climate change.

## **INTRODUCCIÓN**

Existen proyecciones que indican que según las políticas energéticas adoptadas, la temperatura promedio de la atmósfera terrestre al final de este siglo aumentará entre 2°C y 4°C. Este calentamiento causaría que el nivel de los océanos se elevara en dos formas, primero a través de la expansión térmica y segundo a través del derretimiento de los glaciares (WMO, 1986). El aumento global del nivel del mar tendría un profundo efecto sobre millones de kilómetros cuadrados de la superficie terrestre de poca elevación. También serían perjudicadas las fuentes del agua del subsuelo, la ganadería costera encontraría una amenaza de inundación, se produciría escasez de agua fresca y salinización. La agricultura en los deltas de los ríos estaría en riesgo y la elevación del nivel del mar aumentaría los efectos devastadores de las inundaciones que tienden a desarrollarse durante las mareas altas (WMO, 1991).

La futura elevación del nivel del mar tiene relevancia para la República de Panamá, un país marítimo por excelencia, con extensas costas en

dos océanos y con gran parte del litoral de bajo relieve. Por todo lo anterior, es necesaria una proyección del aumento del nivel del mar para el futuro.

### **Objetivos de Trabajo**

- 1.- Definir las tendencias de las tasas de los cambios del nivel del mar en el Pacífico panameño a intervalos escogidos.
- 2.- Estimar los escenarios de los futuros cambios del nivel del mar.

### **METODOLOGÍA**

Los datos utilizados fueron obtenidos del Departamento de Meteorología e Hidrología de la Autoridad del Canal de Panamá y comprenden los registros desde 1909-1998. Los registros del nivel del mar corresponden a la estación meteorológica de Balboa que mide el nivel del mar de forma continua, siendo sus coordenadas: 8° 58'N y 79° 34' W.

El nivel del mar en Balboa es medido en pies desde el nivel cero, lo que es 12.00 pies por debajo del nivel de referencia del Canal de Panamá y el promedio mensual del nivel del mar se deriva de la tabulación de las alturas medidas a intervalos de 15 minutos.

Se procesaron cerca de 90 años de datos promedios mensuales del nivel del mar utilizando registros diarios del Puerto Balboa, entre 1909 hasta 1998. Se determinaron las tendencias y los modelos de regresión lineal para los valores de las anomalías del nivel del mar para el período investigado (Brown et al., 1975). Adicionalmente, se determinaron las tendencias de las anomalías mensuales a intervalos de 20 años siendo los valores expresados en centímetros. Los valores de anomalías fueron estimados al sustraer los valores absolutos desde 1909 hasta 1998 del valor promedio mensual del nivel del mar estimado a base de los años 1951-1968, según (Forsbergh, 1969), estos promedios fueron escogidos al corresponder a la mitad del periodo estudiado.

Para trazar los periódicos en las tendencias de Balboa se dividió el periodo en cinco secciones, de veinte años de duración para cada uno, excepto el último que consta de tan solo diez años de duración (1989-1989). Se estimaron las tasas de incremento de nivel del mar para los

cinco periodos contemplados. El modelo de regresión indica las ecuaciones correspondientes y los incrementos del nivel del mar para cada periodo.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El análisis del nivel del mar revela la tendencia alcista para el Pacífico panameño para el periodo comprendido entre 1909 y 1998. Se estima que el aumento del nivel del mar en Balboa durante el período investigado es de aproximadamente 20 cm. El modelo de regresión indica las ecuaciones correspondientes y los incrementos del nivel del mar para cada período.

El análisis de datos para Balboa revela que tanto las tendencias de las tasas de incremento del nivel del mar, así como sus pendientes, presentan variaciones considerables por orden de magnitud. Se estima que el incremento en el nivel del mar fue menor al inicio comienzos del Siglo XX cuando fue de aproximadamente 1.70 cm. La mayor tasa de incremento del nivel del mar ocurre al final del Siglo XX y se estima en aproximadamente 8 cm para el período final considerado en este estudio.

Las tasas de aumento del nivel del mar del siglo XX fueron sometidas al modelo de regresión lineal para definir la pendiente, con la cual se puede calcular el nivel del mar para cada período del siglo XXI y por ende pronosticar la magnitud del aumento del nivel del mar al final del presente siglo. La ecuación de la línea así elaborada indica que  $Y = 0.0683 X - 129.67$ . El valor de  $R^2 = 0.89$  con una probabilidad estadística de  $p < 0.01$ . Donde  $Y$  es el aumento de la tasa del nivel del mar expresado en centímetros y  $X$  es el número de años contemplados en el análisis. Los resultados de este modelo se presentan en el Cuadro 1.

La estimación para el aumento del nivel del mar según los parciales arriba indicados sugiere 55 centímetros para finales del Siglo XXI, contando desde el comienzo del siglo XXI. Los valores acumulativos del aumento de la anomalía del nivel del mar del Siglo XX, más los

valores del proyectado aumento de la anomalía del nivel del mar para el Siglo XXI (Cuadro 1), se presentan gráficamente en la Figura 1.

Cuadro 1. Incremento calculado y acumulativo del nivel del mar en la costa del Pacífico de Panamá para períodos comprendidos entre 1909 y 2100.

Período	Aumento	Acumulativo
1909-1928	1.70 cm	1.70 cm
1929-1948	2.81 cm	4.51 cm
1949-1968	4.50 cm	9.01 cm
1969-1988	4.09 cm	13.10 cm
1989-1998	7.89 cm	20.99 cm
2000-2020	8.2 cm	29.19 cm
2020-2040	9.6 cm	38,79 cm
2060-2060	11.0 cm	49.79 cm
2060-2080	12.4 cm	62.19 cm
2080-2100	13.8 cm	75.99 cm

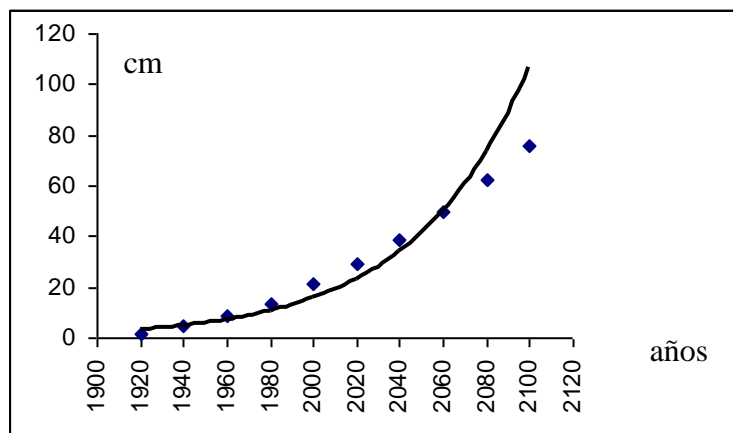


Fig. 1. Tasa estimada del aumento del nivel del mar en Balboa, Panamá para el período comprendido entre el año 1920 y el año 2100.

Dentro de estas consideraciones es justamente la tasa de aumento del nivel del mar lo que resulta especialmente interesante y quien tiene mayor relevancia para la realidad nacional a largo plazo. Un aumento de ésta magnitud, grave por sí mismo, se torna aun más cuando se

*Tecnociencia, Vol. 10, N° 2* 99

consideran eventos extremos como las mareas excepcionalmente altas y los efectos climatológicos de “El Fenómeno de El Niño” que aumentan significativamente el nivel del mar. Bajo estas circunstancias el nivel del mar podría incrementarse en aproximadamente 1 metro, lo que tendría graves efectos en las costas del Pacífico de Panamá. La influencia del “Fenómeno de El Niño” sobre el nivel del mar en el Pacífico de Panamá, ha sido sugerida previamente (Kwieceński & Chial, 1987), al confirmarse que la anomalía del nivel del mar en Balboa está altamente correlacionada con la anomalía de la temperatura superficial del mar en el Perú ( $r = 0.6$ ;  $p < 0.01$ ).

## **CONCLUSIONES**

En conclusión podemos señalar:

Que el nivel del mar en el Pacífico panameño aumentó en el último siglo en aproximadamente 20 cm.

Que el modelo de regresión proyecta el aumento del nivel del mar en las costas del Pacífico de Panamá a cerca de 55 centímetros para el final del Siglo XXI.

## **REFERENCIAS**

Bindoff, N.L., Willebrand, V. Artale, A., Cezanave, J. Gregory, S. Gulev, K. Hanava, C. LeQuere, S. Levitus, Y. Nojri, C.K. Shum, L.D. Talley & A. Unnikrishnan. 2007. Observations: Oceanic Climate Change and Sea Level. In *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor & H.L. Miller). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Brown, F.L., J.R. Amos & O.G. Mink. 1975. *Statistical Concepts: A Basic Program*. Harper Row Publishers.

Forsbergh, E.D. 1969. On the Climatology, Oceanography and Fisheries of the Panama Bight. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 14 (2): 49-110.

Kwecinski, B. & B. Chial. 1987. Manifestations of “El Niño” in the Gulf of Panamá. Tropical Oceans - Atmosphere Newsletter. November.

W.M.O. 1987. The Global Climate System. Autumn 1984 - Spring 1986. World Meteorological Organization. CSM R84/86.

W.M.O. 1991. Climate System Monitoring. The Global Climate System. June 1986 - November 1988. World Meteorological Organization. CSM R84.

*Recibido abril de 2008, aceptado julio de 2008.*