

*Revista científica CENTROS*  
15 de marzo de 2016 – Vol. 5 No.1  
ISSN: **2304-604X** pp. 9-21

*Recibido: 15/10/15; Aceptado: 06/12/15*

Se autoriza la reproducción total o parcial de este artículo, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica.

<http://www.revistacentros.com>

indexada en



[http://www.latindex.unam.mx/buscador/ficPais.html?opcion=1&clave\\_pais=33](http://www.latindex.unam.mx/buscador/ficPais.html?opcion=1&clave_pais=33)



## **Perspectivas del Cambio Climático en el Caribe Panameño: Impacto del Aumento del Nivel del Mar en la Ciudad de Colón**

Ursula Vargas Cusatti<sup>1</sup>, Yanilka Palacios<sup>2</sup> y Victoria Francis<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Colón, Departamento de Biología Ambiental. Correo Electrónico: [ucusatti22@gmail.com](mailto:ucusatti22@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Colón. Escuela de Biología. Correo Electrónico: [julieth\\_palacios30@hotmail.com](mailto:julieth_palacios30@hotmail.com) , [sierva19@hotmail.com](mailto:sierva19@hotmail.com)

### **RESUMEN**

El presente estudio evalúa las variaciones del nivel de mar en los últimos quince años en las costas de Colón. Mediante el análisis de la base de datos que registra el Programa de Monitoreo Físico-Ambiental, ubicado en el Paisaje Protegido de Isla Galeta, provincia de Colón, a partir del año 1997 a 2011, se observa un aumento gradual del nivel del mar, con una media de incremento 4-6 cm/anales. Las predicciones realizadas a través de simulaciones muestran incrementos a corto plazo para la ciudad de Colón, estimando que en diez años el nivel del mar podría alcanzar unos 40 a 60 cm, poniendo en riesgo la Ciudad de Colón, tanto a nivel de infraestructura como vidas humanas, concordando con estudios realizados en otros lugares de la costa Caribe de Panamá.

**PALABRAS CLAVE:** Aumento del Nivel del Mar, Cambio Climático, Impacto Costero, Ciudad de Colón

## **ABSTRACT**

This research aimed to evaluate sea level rise, for the last fifteen years in the Colon. We analyzed database recording by Physical Environmental Monitoring Program, located at Paisaje Protegido de Isla Galeta, Colón, from 1997 to 2011, we observed that sea level has gradually increased, with an average increase of 4-6cm / year. Predictions made through simulations show short term sea level increases for City of Colon, estimating that in ten years the sea level could reach about 40 to 60cm, jeopardizing the city of Colon, at both the infrastructure and human lives, agreeing with studies in other parts of the Caribbean coast of Panama.

**KEYWORDS:** Sea Level Rise, Climate Change, Coastal Impact, City of Colon

## **INTRODUCCION**

El cambio climático es el tema más escuchado en la actualidad, por su impacto directo sobre el ambiente y la sociedad; definido por la Convención de las Naciones Unidas como un cambio significativo y duradero de los patrones locales o globales del clima, cuyas causas pueden ser naturales o por influencia antrópica que causan, finalmente, un calentamiento global” (Solomon *et al.*, 2007).

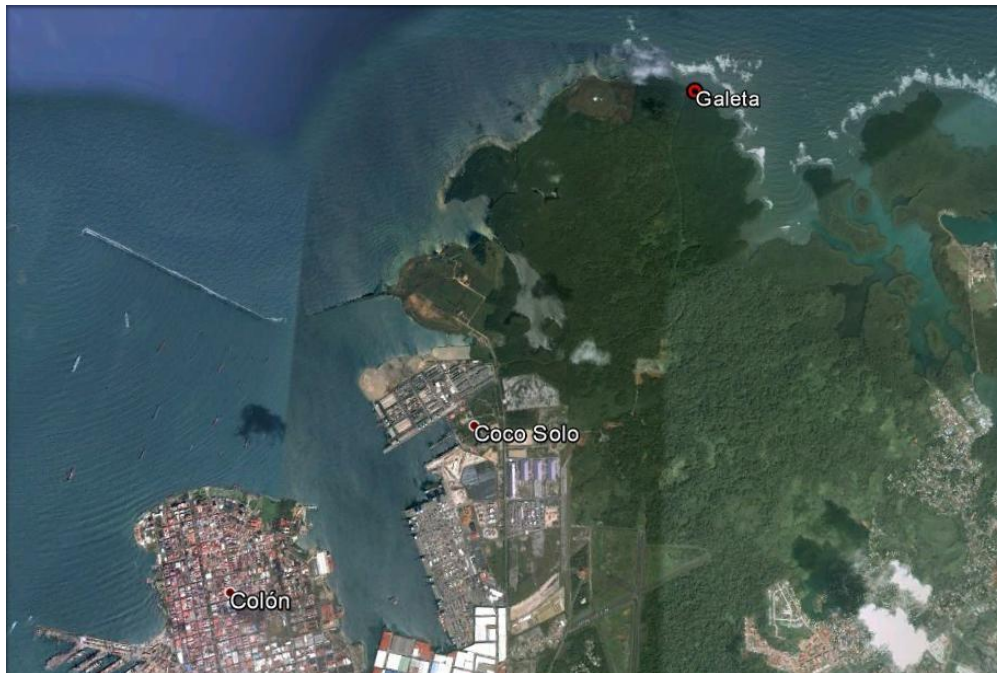
Uno de los principales factores ambientales que evidencian los efectos del cambio climático es el nivel de mar. Los registros históricos indican que la tasa media global del nivel del mar durante el siglo XX era de 0.17 cm/año, durante el período comprendido entre los años 1993 y 2003, la media global del nivel del mar aumentó alrededor de 0.31 cm/año y desde 2003 la tasa de aumento ha sido de alrededor de 0.25 cm/año (Solomon *et al.*, 2007; McMullen y Jabbour, 2009). La Republica de Panamá, un país marítimo por excelencia, con extensas costas en dos océanos y costas de bajo relieve en gran parte del país, por sus características físico/naturales y por las múltiples actividades de índole antropogénico que se desarrollan en ellas, son altamente vulnerables a los impactos adversos de fenómenos asociados al cambio climático como el

aumento de las mareas, no solo desde este punto de vista, sino también en su efecto sobre actividades como la agricultura y el ecoturismo (ANAM, 2000).

Esta investigación evalúa las variaciones del nivel del mar en los últimos quince años en el Mar Caribe y contrastar los resultados obtenidos con evidencia local así como estudios especializados para establecer las perspectivas futuras de la Ciudad de Colón respecto al cambio climático.

## **MATERIALES Y METODOS**

Los datos utilizados para esta investigación fueron obtenidos del Programa de Monitoreo Físico ubicado en la Estación de Investigación Marina de Punta Galeta del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales y comprenden los registros desde 1997 a 2011 (**Figura 1**). Estos datos fueron compilados por el mareógrafo instalado en el arrecife de Galeta, el área de Bahía Las Minas y las costas de Isla Grande-La Guaira. La información suministrada por el programa se encuentra procesada de forma horaria, cada 15 minutos los sensores envían información a un procesador de datos lo que permite ver datos de cada parámetro por hora y minutos, sin embargo para efectos de esta investigación los datos fueron compilado de forma diaria para luego ser ordenados mensual y anualmente, esto con la finalidad de mostrar las posibles tendencias de variabilidad existentes de cada uno de los parámetros medidos, procesándose quince años de datos de nivel de marea.



**Figura 1.** Mapa de localización del Laboratorio Marino de Punta Galeta. Nótese también el área de Isla Margarita, Bahía Limón, la ciudad de Colón y La zona libre y Áreas portuarias (CocoSolo)

### **Análisis Estadístico**

Una vez ordenados los datos, se realizó una prueba contraste de normalidad, por medio de la prueba de Shapiro-Wilk, Los datos utilizados en esta investigación presentaron una condición no paramétrica por ende, se seleccionó la prueba de Correlación de Spearman para establecer las relaciones entre los diferentes parámetros, ambas pruebas fueron realizadas utilizando el paquete estadístico Statistica 7.0 (Statsoft Inc., 2004). Este mismo análisis estadístico, nos permite establecer las posibles relaciones entre los diferentes parámetros medidos y así determinar su potencial efecto de forma aislada o conjunta en los procesos de cambio climático. Para eliminar el grado de sesgo de los datos se procedió a excluir los datos extremos (outlayers), permitiendo obtener resultados más ajustados a lo esperado.

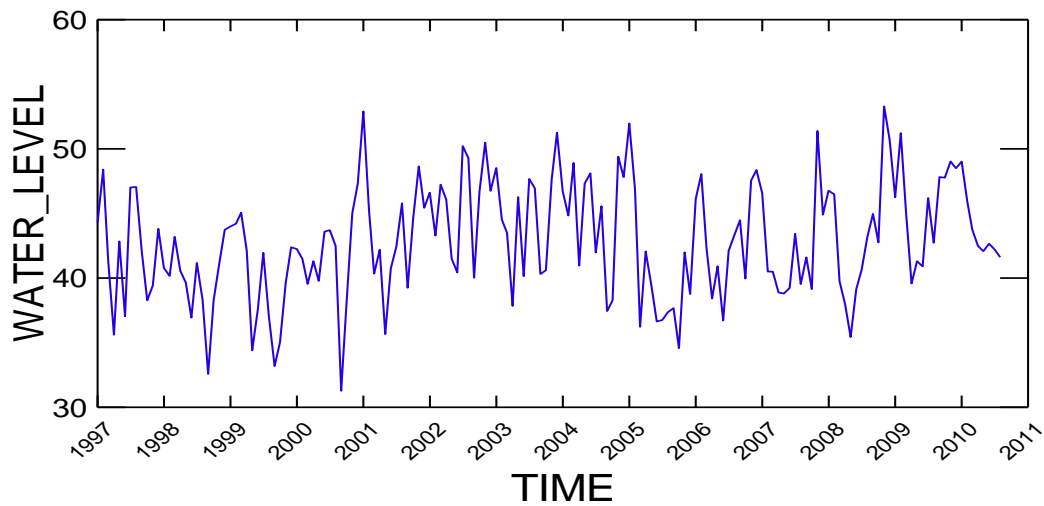
Una vez determinadas las relaciones entre los parámetros medidos y el tiempo transcurrido, se procedió a graficar estadísticamente las posibles tendencias arrojadas por el coeficiente de

Correlación de Spearman por medio de un análisis de series de tiempo. Este análisis permite la observación secuenciada de datos medidos en determinados momentos del tiempo, ordenados cronológicamente y, espaciados entre sí de manera uniforme, así los datos usualmente son dependientes entre sí, siendo su principal objetivo el crear modelos que permitan establecer escenarios de tendencias de una variable, estos modelos se realizaron utilizando el paquete estadístico MYSTAT (Systat Software Inc. 2007).

## **RESULTADOS**

### **Proyecciones del Aumento del Nivel del mar**

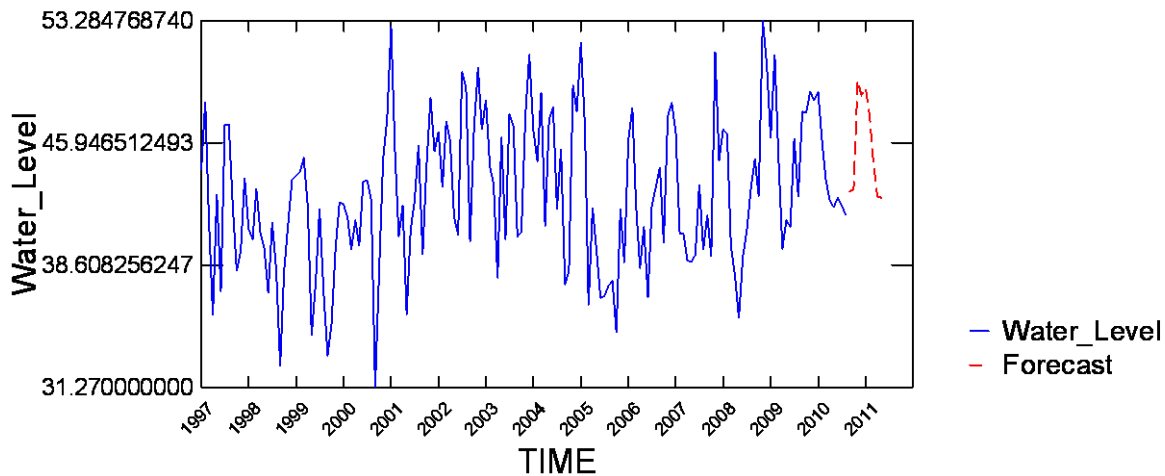
Los niveles del mar están en constante flujo, sujetos a la influencia de las fuerzas astronómicas, así como fenómenos meteorológicos como el Fenómeno del Niño. Los datos capturados por el mareógrafo analizados por el estadístico indican que existe una relación directa entre los años y los valores obtenidos, los niveles de mar en el área de Galeta promedian 42.28 cm/anuales (16.65 pulg/año) ( $n= 164$ ,  $\sigma^2 = 6.445$ ) ( $p= 0.196758$ ;  $p< 0.05$ ). Se observa que el nivel del agua anterior al año 2001 no superaba los 43 a 48 cm (16.92-18.89 pulg), para el año 2001 se da una subida del nivel del mar siendo el mes de enero de dicho año el mayor con 52 cm (**Figura 2**), equivalente a 6 cm (2.36 pulg) en los últimos quince años, siendo los años con una mayor subida del nivel del mar 2001 y 2009 respectivamente.



**Figura 2.** Simulación del incremento de los niveles del mar durante los años 1997 a 2011. Nótese que a partir del año 2001, el nivel del mar se incrementó alrededor de 6.4 cm/anales respecto a los años anteriores.

### **Predicciones del Aumento del Nivel del Mar en la Ciudad de Colón**

Las simulaciones y modelos realizados a través del análisis de series de tiempo muestran incrementos importantes para cada parámetro considerado a corto plazo (Figura 2 y 3) aun cuando estos incrementos no sean evidentes y presenten estabilidad cíclica, evidencian que situaciones a la elevación del nivel de mareas serán cada vez más palpables en los próximos diez años. Ante este escenario, la pregunta que se plantea es ¿Qué sucedería si este incremento continúa, en una ciudad costera a nivel del mar como lo es Colón?



**Figura 3.** Patrones de los datos observados y del modelo para estimar las perspectivas futuras para el nivel del mar (Galeta, Bahía las Minas, Isla Grande). Las perspectivas del modelo (rojo) indican incrementos corto plazo para cada uno de los parámetros observados. En el nivel del mar se observa un ligero incremento anual, aunque se observe una constante en el patrón del modelo.

## DISCUSION

En la actualidad los cambios que se registran en la mayoría de las zonas costeras a nivel mundial presentan algún grado de vulnerabilidad ante un aumento del nivel del mar. Descoteaux y Grout-Brown (2013) indican que los niveles del mar se han incrementado por dos procesos principales relacionados con el cambio climático, primeramente un calentamiento atmosférico que contribuye al derretimiento de los hielos de las zonas polares y contribuye al aumento del agua en los océanos y el calentamiento de las superficies de las aguas que permite la expansión térmica del derretimiento del hielo, lo que conlleva que las masas oceánicas necesiten más espacio.

Para el nivel de mar las proyecciones indican incrementos a corto plazo; es importante mencionar, que el comportamiento de estos parámetros durante el periodo en mención puede deberse primordialmente a aspectos cíclicos que se dan dentro de periodos de tiempo naturales, lo que dificulta llegar a conclusiones robustas al respecto. Sin embargo, la información obtenida por

Cubit y colaboradores (1987) en Galeta y Kauffman y Thompson (2005) en Bocas del Toro, demuestran que los niveles de marea y precipitación pluvial se han incrementado en lapsos de 5 años respectivamente, concordando con las observaciones realizadas en otras regiones del Caribe (Bardach, 1989; Hulme y Viner, 1998; Decortaux y Grout-Brown, 2013) lo que sin duda repercutiría sobre la biodiversidad y los modos de vida de los pobladores de la región (SICA, 2010; Gonzáles *et al* 2012)

Por su parte Cubit (1985), recabó información histórica del nivel del Mar Caribe desde 1909 a 1984, indicando que el aumento del nivel del mar presentaba una tasa promedio de ascenso de 0.13 cm/año, sin embargo la información colectada en este estudio muestra que si bien la tendencia de ascenso del nivel del mar es gradual, en los últimos años la tasa promedio en los últimos quince años es mayor a la establecida en su investigación. Por su parte Kwiecinski y D’Croz (2008) y González *et al.* (2012), realizaron proyecciones del fenómeno a largo plazo, encontrando aumentos significativos en el nivel del mar en los últimos 100 años, siendo las proyecciones a futuro muy alarmantes (hasta 80 cm en el 2120), concordando con las proyecciones futuras generadas por el modelo estadístico utilizado en este estudio. Ahora, los cambios observados en las zonas costeras del Caribe de Panamá, en especial Colón por efecto del aumento del nivel del mar, indiscutiblemente, las consecuencias serán significativas, sin embargo, ¿Cuáles son las perspectivas a futuro sobre los efectos del cambio climático sobre la Ciudad de Colón?

### **Perspectivas Futuras y Recomendaciones ante el Cambio Climático y el Nivel del Mar para la Ciudad de Colón**

De acuerdo al modelo utilizado, las predicciones indican que el nivel del mar en unos 10 años podría alcanzar niveles alarmantes para la Ciudad de Colón, con afectaciones importantes tanto en



su infraestructura, su económica y su población. Desde el punto de vista histórico, para Cortes y Ayarza (2014), la subida de los niveles del mar tendrá importantes efectos sobre los complejos históricos de la ciudad de Colón, conjuntamente con problemas como la disposición de los desechos y la pérdida de ecosistemas importantes como corales y bosques de manglares, por otro lado González *et al* (2012), exponen un factor ecológico importante, que tendría efectos en actividades económicas como la pesca y el ecoturismo, el nivel de vulnerabilidad de las playas y costas de la provincia. La subida de las mareas en la región caribeña, combinada con lluvias fuertes y frecuentes en cabeceras de cuencas, el peligro de inundaciones en la ciudad de Colón es inminente (CONADES, 2007).

Basados en estos resultados, se puede decir que los efectos a nivel biológico, social y económico serán devastadores en los próximos años, entre ellos aumentará la frecuencia de inundaciones de las zonas costeras y el desbordamiento de la playa de calle 1 paseo Washington en la ciudad de Colón así como la erosión de las costas, este aumento también incidirá directamente sobre el blanqueamiento de corales y migración de especies costeras, además de los impactos sobre el turismo, los asentamientos humanos, la pesquería y productividad agrícola adyacentes a zonas vulnerables (CONADES, 2007).

Lo que sí es indiscutible es que ante las proyecciones propuestas en este artículo, el futuro de la Ciudad de Colón y las áreas costeras a nivel mar de la provincia es poco alentador. Por lo tanto este problema demanda la atención, la formulación y ejecución de una estrategia de adaptación a corto, mediano y largo plazo por parte de las autoridades competentes, estableciendo criterios para la conservación del patrimonio histórico de la ciudad así como mejoramiento urbano y servicios a la población (electricidad, agua, entre otros) para enfrentar potenciales riesgos. Es importante

señalar que CONADES (2007) así como el Plan Estratégico Nacional (2014) recomiendan establecer un plan de reducción de la densidad poblacional en las construcciones en zonas costeras, adecuando los programas de planificación humana evitando asentamientos humanos de cualquier índole en áreas de manglares y humedales; por otra parte la ciudad de Colón como la Zona Libre y áreas portuarias de Manzanillo International Terminal, Panama Ports Company y Colon Container Terminal deben prever la subida de las mareas y mejorar y adecuar toda la actividad productiva tomando en cuenta los potenciales efectos de la subida de los niveles del mar en la región Caribe.

## **CONCLUSIÓN**

Consideramos el aumento del nivel del mar como uno de los impactos más significativos del cambio climático para la Ciudad de Colón. Durante los últimos quince años, el nivel del mar ha aumentado 4-6 cm a lo largo de la costa y las proyecciones planteadas por los escenarios modelo sugieren aumentos sustanciales en el nivel del mar debido al cambio climático en los próximos diez años. El impacto sobre la Ciudad de Colón, será importante, por lo que se sugiere tomar medidas pertinentes a fin de proteger la infraestructura histórica, así como salvaguardar a las personas que habitan en la ciudad.

## **AGRADECIMIENTOS**

Este estudio no habría sido posible sin el aporte de las siguientes personas e instituciones. Queremos agradecer a al Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, Laboratorio Marino de Punta Galeta, en especial al licenciado Jorge Morales y al Dr. Sergio Dos Santos por facilitar los datos con los cuales se realizó este trabajo, También queremos agradecer a Alfredo Lanuza-Garay (CRU Colón) por su colaboración con el análisis de los datos así como a Francisco Farnum

y Yolanda Moreno de Niño (CRU Colón) quienes brindaron sus recomendaciones al manuscrito y su visión crítica en muchos aspectos relevantes en el desarrollo de este artículo.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM), 2011. **Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático**, 2ª edición. 170 p. Panamá, Panamá.

Bardach, J.E. 1989. Global Warning and the Coastal Zone. Some Effects on Sites and Activities. **Climatic Change** 15: 117-150.

Consejo Nacional Para el Desarrollo Sostenible (CONADES). 2007. **Plan Indicativo de Ordenamiento Territorial Funcional (PIOTF) para la provincia de Colón**. Panamá. 185 pp.

Cortez, D. y A. Ayarza. 2014. “**Peligra Sector Colonial de Colón por Subida del Mar**” Diario Panamá América, Panamá. 1 de septiembre de 2014. (Noticias del Dia).

Cubit, J. D., R. C. Thompson, H. M. Caffey y D.M. Windsor. 1989. Meteorology and Hydrography of a Shoaling Reef Flat on the Caribbean Coast of Panamá. **Coral Reefs** 8 (2): 59-66.

Decortaux, H. y F. Grout-Brown. 2013. **An Oral History of Sea Level Rise In Costa Abajo. Local Perception of Coastline Change and Future Implications**. McGill University and Smithsonian Tropical Research Institute. 50 pp.

Garcés, P. 2005. Garachiné: Un pueblo que se Sumerge en el Fondo del Mar. **Tecnociencia**, Vol. 7 (1): 101-112.

Gobierno de la Republica de Panamá. 2014. Plan Estratégico Nacional 2015-2019. 138 pp.

González, L. M., D' Cruz, L. y Gómez, J. A., 2012. Vulnerabilidad de las playas arenosas del Caribe de Panamá a la elevación en el nivel del mar. **Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela**, 51 (2): 187-191 (2012).

Hulme, M. y D. Viner. 1998. A Climate Change Scenario of the Tropics. **Climatic Change** 39: 145-176.

Kaufmann, K.W. y R. C. Thompson. 2005. Water Temperature Variation and the Meteorological and Hydrographic Environment of Bocas del Toro, Panamá. **Caribbean Journal of Science**, Vol. 41(3): 392-413.

Kwiecinski, B. y L. D' Cruz. 2008. El Cambio Climático y su Proyección sobre el Nivel del Mar en la Costa del Pacifico de Panamá. **Tecnociencia**, Vol. 10 (2): 95-101.

Mann, M.E. 2002. Medieval Climate Optimum. En: MacCracken, M.C. y Perry, J. S. 2002. (Ed). **Encyclopedia of Global Environmental Change, Volume 1. The Earth System: Physical and Chemical Dimensions of Global Environmental Change**: 514-516.

McMullen, C.; J. Jabbour. 2009. **Climate Change Science Compendium 2009**. United Nations Environment Program, Nairobi, Ed. UNEP. ISBN: 9280730347, 9789280730340 Earthprint 68 páginas.

Solomon, S.; D. Qin; M. Manning; Z. Enhen; M. Marquis; K. B. Averyt; M. Tignor y H. L. Miller (eds.), 2007. IPCC: **Summary for Policymakers**. 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. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 153 páginas.