

DESCENSO Y ELEVACIÓN DEL NIVEL DEL MAR EN LAS COSTAS CUBANAS

Manuel A. Iturralde-Vinent

Resumen

Las predicciones del IPCC sobre la elevación del nivel del mar hasta el 2050 y el 2100, no se pueden utilizar, a efectos prácticos, sin tomar en cuenta el grado de incertidumbre de esos estimados y el comportamiento de ciertas variables locales. En este ensayo se analiza este tema para Cuba y se muestra que en diferentes tramos de la costa el comportamiento del nivel del mar es singular y varía con el transcurso del tiempo en períodos diario, anual e hiperanual, a menudo apartándose de los pronósticos del IPCC.

Palabras clave: *Elevación y descenso del nivel del mar, Cambio climático, variación de las mareas, Cuba*

DESCENT AND ELEVATION OF THE SEA LEVEL IN THE CUBAN COASTS

Abstract

The IPCC has estimated several scenarios of sea level rise until 2050 and 2100. But these values cannot be adopted directly to any coastal area, for practical purposes, without taking into account the degree of uncertainty and local factors. In this essay this thematic is analyzed to show that sea level changes (daily, annual and hyper-annual) in a singular manner for each segments of the coastal areas of Cuba, differing from IPCC estimates.

Keywords: *Sea level drop and rise, Climate change, tidal variations, Cuba*

Introducción

Son numerosas las evidencias de los procesos de erosión y del avance del mar tierra adentro en las costas de Cuba, que se habían reportado desde los años 40 (Palmer, 1940). Numerosos bosques de mangle costero están parcialmente desmantelados, con la pérdida de las fajas de mangle rojo y mangle prieto, cuyos troncos yacen en parte sumergidos en el agua; muchas playas muestran huellas de erosión y retroceso; los acantilados costeros rocosos presentan claras huellas de caída de bloques y retroceso de la línea de costa; y respecto a la infraestructura, no

pocos caminos, embarcaderos, cercas, muros, casas y otras construcciones están total o parcialmente destruidas y sumergidas. En hecho es que prácticamente todas las costas del territorio cubano están en un franco proceso de transformación, pérdida de terreno e inundación de los planicies bajas con todas sus consecuencias negativas (Iturralde-Vinent y Serrano Méndez 2015).

Este es un proceso que viene avanzando desde hace algunos miles de años, como lo demuestran la presencia de dos o tres terrazas marinas sumergidas en las costas rocosas y las bahías generalmente formadas por inundación del curso inferior de los ríos (Núñez Jiménez, 1959, 2012). Sin embargo, estas transformaciones pueden haber sido exacerbadas por la aceleración de la elevación del nivel del mar, vinculada al calentamiento global y el cambio climático, desde hace más de 150 años. En consecuencia, es necesario prepararse para enfrentar los peligros derivados de estos procesos, pues no hay razón para creer que puedan desacelerarse en lo que queda de siglo, ni reducir el impacto que están teniendo en los ecosistemas y la sociedad.

En las últimas décadas, a partir de que comenzaran los estudios relativos al cambio climático, muchas comunicaciones públicas sobre los posibles efectos de la elevación global del nivel medio del mar (*nmm*) a consecuencia del cambio climático, se afirma generalmente que hasta el 2050 el *nmm* alcanzará un incremento de 27 cm y hasta el 2100 unos 85 cm. Las cifras mencionadas corresponden al peor de los escenarios alternativos propuestos por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) en su informe del año 2007, y fueron recomendadas para Cuba por Salas et al. (2006) (Tabla 1). Estos valores se han utilizado para tomar decisiones sobre la adaptación al posible impacto de la elevación del nivel del mar y la consecuente inundación de las zonas costeras de Cuba (Iturralde-Vinent y Serrano Méndez 2015, Anexo 2).

Tabla 1. Proyecciones del ascenso del nivel medio del mar debido al cambio climático para el archipiélago cubano según Salas et al. (2006). T- incremento de la temperatura global en grados Celsius. Nivel del mar en centímetros. Los valores subrayados son los adoptados en las comunicaciones públicas en Cuba.

Escenarios, según el IPCC (2007)	Sensibilidad climática, según IPCC (2007)	Proyecciones de la posición del nivel del mar en Cuba (cm)			
		Año 2030	Año 2050	Año 2070	Año 2100
A1C	Baja (T1.5°)	4	8	14	22
	Media (T 2.6°)	9	17	30	49
	Alta (T 4.2°)	15	27	48	85

B2	Baja (T 1.5°)	4	7	10	15
	Media (T 2.6°)	10	16	13	35
	Alta (T 4.2°)	15	26	40	62

Sin embargo, como ha sido subrayado por Wahl et al. (2017), se ha vuelto costumbre internacionalmente aplicar estas cifras sin indicar el grado de incertidumbre que le es intrínseco a cada una, tal como el IPCC describe sus proyecciones. En otras palabras, estos valores son tratados como si fueran “constantes establecidas”, sin ningún grado de incertidumbre, creándose la falsa impresión de que son precisas y científicamente probadas, lo cual no es correcto. Sólo hay que estudiar el nuevo informe del IPCC en 2013, para notar que se introducen algunas modificaciones a los valores ofrecidos anteriormente, como era de esperar, a consecuencia del ajuste de los modelos a los nuevos datos obtenidos desde el 2007. Las nuevas cifras incluyen el promedio y el rango de valores más probables (incertidumbre) (Tabla 2).

Tabla 2. Escenarios climáticos y valores del incremento de la temperatura y del nivel medio del mar propuestos por el IPCC en su informe del 2013. Se han subrayado en **negrita** los valores más altos.

Variable	Escenarios climáticos	Años 2046–2065 Promedio y rango de valores más probables	Años 2081–2100 Rango de valores más probables
Cambio promedio global de la temperatura en la superficie terrestre (grados centígrados)	RCP 2.6	1.0 0.4 a 1.6	1.0 0.3 a 1.7
	RCP 4.5	1.4 0.9 a 2.0	1.8 1.1 a 2.6
	RCP 6.0	1.3 0.8 a 1.8	2.2 1.4 a 3.1
	RCP 8.5	2.0 1.4 a 2.6	3.7 2.6 a 4.8
Incremento promedio global del nivel del mar (metros)	RCP 2.6	0.24 0.17 a 0.32	0.40 0.26 a 0.55
	RCP 4.5	0.26 0.19 a 0.33	0.47 0.32 a 0.63
	RCP 6.0	0.25 0.18 a 0.32	0.48 0.33 a 0.63
	RCP 8.5	0.30 0.22 a 0.38	0.63 0.45 a 0.82

A los efectos prácticos, los nuevos valores extremos apenas se distinguen de los adoptados en el informe del 2007, pero lo importante es tener en cuenta que el valor más probable de incremento del nivel del mar para los años 2046–2065 es de 30 centímetros y para los años 2081–2100 es 63 cm. Quizás el mejor modo de apreciar la incertidumbre de los modelos de cálculo es la representación del incremento del nivel del mar en la figura 1, tomada del informe del IPCC (2013).

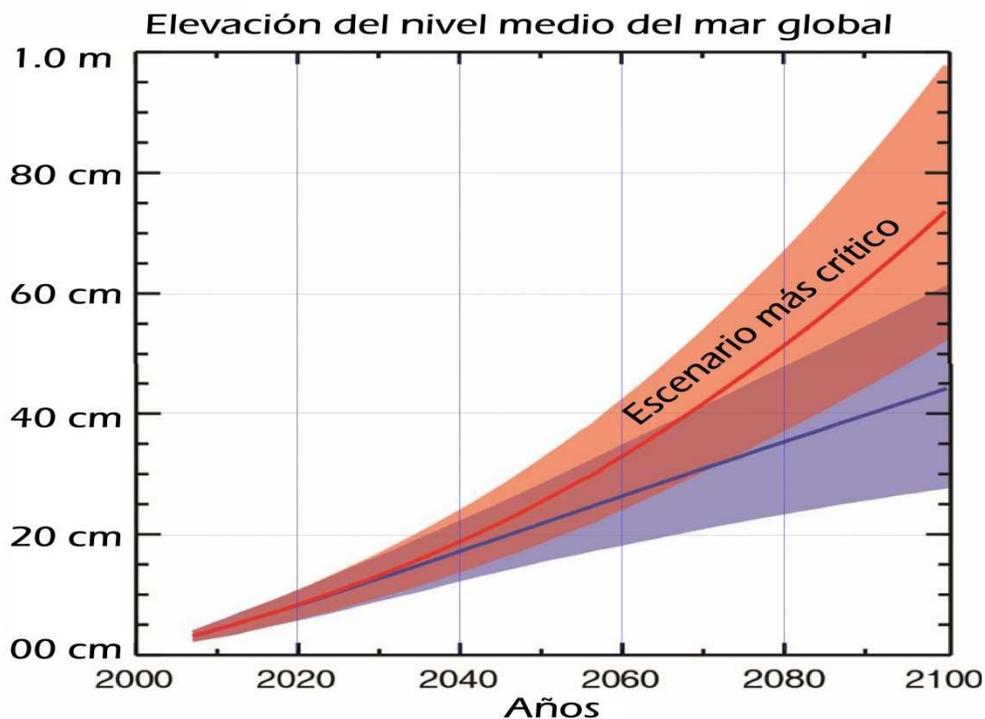


Fig. 1. Pronósticos de la elevación eustática del nivel medio del mar, a consecuencia del calentamiento global, mostrando el grado de incertidumbre de los dos escenarios preferidos (naranja y azul), donde se postula que el ascenso pudiera alcanzar hasta casi un metro en el 2100. Adaptado del IPCC (2013).

En esta figura la proyección para el escenario más crítico (naranja), estima una elevación del nivel medio del mar en el 2100 (línea roja), que puede alcanzar casi 1 m. Hay otros autores que proponen cifras más elevadas, que se alcanzarían si se derriten todos los hielos y nieves polares, pero este proceso puede tardar muchos más años.

En la actualidad, para determinar el valor absoluto de la altitud del nivel del mar en los mares y océanos del mundo, se aplica tecnología satelital, la cual ha demostrado que dicha altitud varía en el transcurso del año. Sin embargo, como tendencia, las mediciones realizadas durante varias décadas, muestran la elevación del nivel del mar. Así lo reporta la Organización Meteorológica Mundial, que el 2014 indicó que el promedio general de aumento eustático del nivel del mar en lo que va del siglo XXI, se aceleró a 3 milímetros anuales, casi el doble del promedio de 1.6 mm/año correspondiente al Siglo XX. Además, en el hemisferio norte, la tasa de ascenso eustático del nivel medio del mar medida por satélites arroja variaciones locales entre 2.4 ± 0.4 y 3.2 ± 0.4 mm/año. Estos datos demuestran que la altura del nivel del mar en el 2100 será diferente en distintas partes de los océanos, debido a las corrientes marinas, la distinta temperatura del agua, la atracción de la gravedad terrestre y lunar, entre otros factores que tienen su efecto localmente.

Es indispensable llamar la atención sobre estos hechos para enfatizar que no es recomendable aferrarse a los valores “establecidos” del incremento del nivel del mar, ya que se trata de promedios globales, derivados de modelos que seguramente seguirán sufriendo modificaciones en el futuro. Dicho en otras palabras, no es recomendable calcular el grado de inundación costera en Cuba, basado en las cifras que ofrecen los modelos globales del IPCC u otras fuentes.

Determinación del incremento del nivel del mar en las zonas costeras

En la práctica, no es lo mismo la elevación del nivel del mar global, antes mencionada, promediada para todos los océanos del mundo; que la elevación del nivel del mar en las costas. Esta distinción es extremadamente importante, pues la elevación costera del nivel del mar varía en los distintos tramos de costa del mundo; o en otras palabras, el *grado de inundación* por incremento del nivel medio del mar es totalmente diferente en cada costa. Este hecho está determinado por factores tales como la dirección y velocidad de las corrientes marinas que interactúan con las costas, la atracción de la gravedad, la profundidad del mar, y sobre todo, los movimientos del terreno o movimientos tectónicos.

Es bien conocido que la Tierra está en constante movimiento, tanto en sentido horizontal como vertical. En Cuba, los movimientos del terreno pueden alcanzar tasas desde -5 hasta +11 milímetros por año (Díaz et al. 2011), del mismo orden y hasta superando a la tasa de elevación del nivel del mar global (IPCC 2013). Esto quiere decir que en una costa determinada, los movimientos del terreno y del nivel del mar se pueden compensar o reforzar, según el caso.

Por ejemplo, en algunas zonas de la costa Atlántica de América del Norte, el mar está elevándose respecto al terreno, a mayor velocidad que la estimada con anterioridad (Sallenger et al., 2012, Meyssignac y Cazenave, 2012). También se ha establecido en las costas del Golfo de México, que la inundación costera está determinada más por el descenso del terreno (subsistencia) que por la elevación del nivel medio del mar (Ingebritsen y Galloway, 2004). Esta subsistencia puede estar condicionada por ajustes isostáticos de la corteza terrestre, pero principalmente, por la compactación de los terrenos de donde se extraen hidrocarburos o agua subterránea en medios porosos o higroscópicos, como por ejemplo, en los deltas de los ríos (Ingebritsen y Galloway, 2004). Este no es un problema tan grave en Cuba, pues la mayoría de los acuíferos costeros son de roca caliza, que no tienen tanta tendencia a compactarse al extraer el agua subterránea, con la excepción del curso inferior de los ríos Caunao, Zaza, Cuyaguaje, San Pedro, Nipe y en el valle del Cauto.

Lo más importante para los países que tienen costas, desde el punto de vista humano, es saber cómo, cuánto y cuándo sus territorios van a quedar inundados permanentemente por el mar, ya sea total o parcialmente. Para alcanzar estos pronósticos, un método bastante seguro es disponer de mediciones mareográficas

de larga data, de lo cual carecen muchos pequeños países insulares. En Cuba, con la sola excepción del mareógrafo de Guantánamo, activo entre 1937 y 1971, las observaciones de los restantes equipos son de corta duración, lo cual constituye una limitante para elaborar pronósticos confiables del comportamiento futuro del nivel del mar con respecto a las costas.

Las mediciones mediante mareógrafos tienen la característica de que nos informan de la elevación relativa del mar respecto al terreno costero donde está anclado el equipo, pues el registro constituye una suma algebraica del movimiento del terreno y de la superficie del mar. Los estudios de los registros mareográficos demuestran que el comportamiento del nivel del mar varía a lo largo de una misma línea costera, y de una costa a otra (Mitchum, 2011, Hernández-González et al. 2009). Por estas razones, al elaborar los planes de adaptación de la infraestructura social ante la elevación del nivel del mar y consecuente inundación costera, deben tomarse en consideración los datos concretos de cada tramo de costa. En la tabla 3 se presentan los datos obtenidos de los mareógrafos existentes en Cuba, con registro mayor de 10 años.

Tabla 3. Tasa de elevación del NMM calculada a partir de los registros de cada mareógrafo, ordenadas de mayor a menor y de positivo a negativo (Tomado de Hernández-González et al. 2009 y 2010).

Estaciones	Latitud N	Longitud W	Años de registro	Tasa de elevación del nmm (mm/año)
Siboney	23° 05,6'	82° 28.2'	1996-2005	+2.14
Cabo Cruz	19° 50,4'	77° 43,7'	1993-2013	+1.71
Guantánamo	19° 09,0'	75° 15,0'	1937 - 1971	+1.64
Gibara	21° 06,5'	76° 07,5'	1976-2013	+1.63
Estaciones	Latitud N	Longitud W	Años de registro	Tasa de elevación del nmm (mm/año)
Puerto Padre	21° 12,1'	76° 36,0'	2002-2010	+1.44
Bufadero	21 ° 33,6'	77° 14,2'	1992-2013	+1.23
Punta de Prácticos	21° 36,2'	77° 05,9'	1992-2013	+1.00
Los Morros	21° 54,0'	84° 54.4'	1973-2013	+0.52
La Isabela	22° 56,4'	80° 00.8'	1973-2013	+0.50
Casilda	21°45.2´	79°59.5´	1972-1995	+0.05

Cayo Loco	22°09.1´	80°27.3´	1992-2013	- 0.21
La Coloma	22°14,2´	83°34,3´	1991-2001	- 1.21
Santiago de Cuba	19°59.1´	75°52.5´	1993-2013	- 1.95

Al analizar los registros mareográficos históricos de Cuba, se constata que el incremento del nivel medio del mar, relativo a la costa, se ha estado manifestando de modo singular en cada estación mareográfica (Tabla 3). Algunas estaciones han detectado una tendencia promedio al descenso (tasas de -1.95, -1.21, -0.21 mm/año), otras ofrecen registros casi sin tendencia (tasas de -0.21, 0.05, 0.40, -0.52 mm/año), mientras algunas estaciones presentan tendencia promedio al ascenso (tasas de +1.00, +1.23, +1.44, +1.63, +1.64, +1.71, +2.14 mm/año)(Hernández-González et al. 2009 y 2010).

Es interesante que las tasas de incremento eustático del nivel medio del mar, establecidas mediante observaciones satélites en el hemisferio norte, y especialmente en el entorno de Cuba, oscilen entre 2.4 ± 0.4 y 3.2 ± 0.4 mm/año, en general mayores que las detectadas por los mareógrafos cubanos, lo cual evidencia que los factores locales determinan el comportamiento del nivel del mar respecto a la tierra (Meysignac y Cazenave, 2012).

Algunos de los muchos factores que controlan la inundación permanente de la costa son: la dirección e intensidad de las corrientes marinas superficiales, la presencia de corrientes de convección profunda, la temperatura de la columna de agua y los vientos estacionales. También la velocidad y orientación (ascenso o descenso) de los movimientos del terreno.

Sin embargo, para conocer correctamente el impacto de la elevación del nivel del mar en la inundación de las costas, no basta el valor medio del nivel del mar en cada punto. Además es necesario tomar en cuenta los desplazamientos verticales de la superficie del mar, como las oscilaciones normales del nivel medio del mar (marea y ciclo anual) y los eventos extremos (Hernández-González y Marzo, 2009; Iturralde-Vinent y Serrano Méndez, 2016). En consecuencia, para establecer un pronóstico aceptable del nivel de inundación costera en Cuba hasta el 2100, se deben tener en cuenta: el valor máximo histórico de la marea astronómica, la amplitud máxima histórica del ciclo anual del nivel del mar, la altitud máxima histórica de los eventos extremos y la tasa histórica de elevación local del nivel del mar en cada tramo de costa. También sería conveniente conocer la orientación y velocidad de los movimientos del terreno, pero todavía en Cuba no se dispone de datos totalmente confiables (Díaz et al. 2011).

Antes de seguir adelante, es importante dejar establecido que los valores históricos de las oscilaciones del nivel del mar, son apenas una aproximación a los valores que estas variables pudieran alcanzar en el futuro. Es muy probable que al

incrementarse la temperatura de la columna de agua de mar y de la atmósfera, se creen las condiciones para que se registren en el futuro, valores extremos mayores de los alcanzados históricamente, como ya se ha estado registrando en los últimos años.

Marea astronómica. La oscilación diaria de la marea astronómica en los mares que circundan a Cuba en la actualidad, de acuerdo a los registros mareográficos, alcanza amplitudes de 25, 50 y hasta 80 centímetros en distintos sectores (Rodríguez y Rodríguez, 1983; Hernández-González et al., 2009). No se conoce a ciencia cierta si estos valores se mantendrán sin modificación en el futuro, cuando haya cambiado el nivel medio del mar con respecto al nivel actual y esto provoque alteraciones en el contorno de las costas y cayos y en la profundidad del fondo marino de la plataforma insular. En cualquier caso, al calcular la cota de inundación costera, se deben tomar en cuenta los valores máximos de la marea astronómica en cada localidad.

Otro factor a considerar, es que durante un año cualquiera, según el registro histórico, el nivel medio del mar se eleva desde marzo hasta Octubre, con un máximo este último mes, y desciende desde Noviembre hasta febrero, con un mínimo entre enero y febrero. Entre ambos extremos del ciclo anual del nivel del mar hay una amplitud de 10 a 20 cm, como se observa en la figura 2. Esta misma gráfica ilustra que el comportamiento del ciclo anual es singular en cada mareógrafo, de manera que puede haber una diferencia de más de 10 centímetros entre los valores registrados en una u otra estación. Esto significa que para calcular la inundación costera hay que utilizar el valor máximo del nivel medio del mar, es decir, el valor medio que alcanza en Octubre.

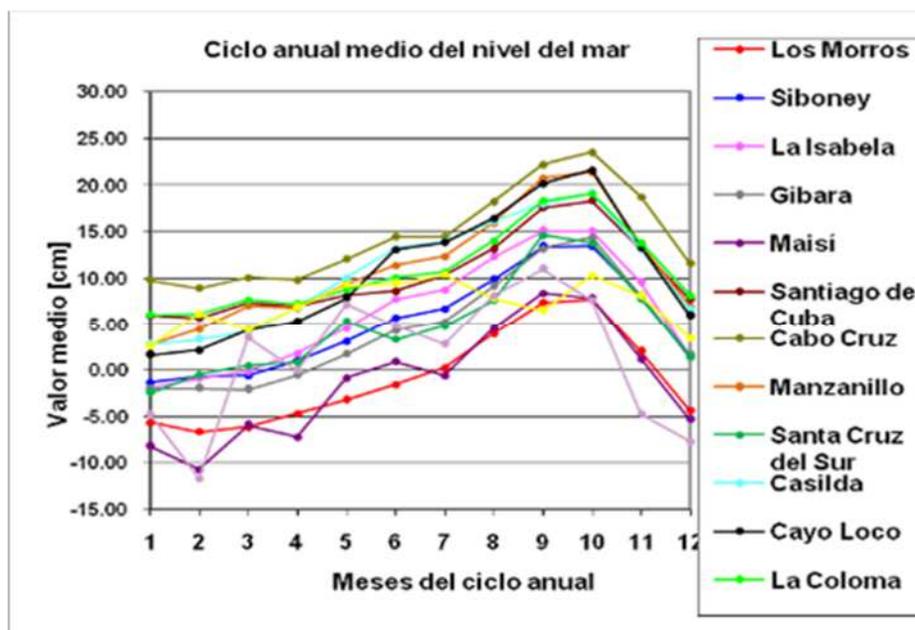


Fig. 2. Posición promedio mensual del nivel del mar durante varios años, de acuerdo al registro de los mareógrafos, donde se evidencian las características del ciclo anual del nivel del mar (Hernández-González en Iturralde-Vinent y Serrano Méndez, 2015).

Esta particularidad de las oscilaciones del nivel del mar tiene importantes consecuencias prácticas, por ejemplo, para determinar la altura de un punto situado sobre la costa, con respecto a la superficie marina, hay que registrar el mes, el día y la hora que se hizo la medición, pues la cifra puede variar (entre 10 a 20 cm) en dependencia del lugar geográfico donde se mide, debido al ciclo anual y altitud de la marea diaria. En muchas obras de geografía se ofrecen valores de la altura de las terrazas marinas, los nichos de marea y de los componentes de las playas (Ionin 1975; Núñez Jiménez, 2012), sin especificar, desafortunadamente, día y hora cuando se realizaron las medidas.

Eventos extremos. No menos interesante es destacar que los registros mareográficos han detectado eventos de altitud anómala temporal del nivel del mar, tanto positivos como negativos (Fig. 3), que han alcanzado picos históricos de elevación promedio mensual de 15 a 37 cm. Estos picos se han relacionado a la influencia de grandes oscilaciones climáticas como ENOS (Blázquez, 1989).

El comportamiento del nivel del mar en las costas cubanas evidencia la gran variabilidad de este parámetro entre un año y otro, ya que el promedio anual del nivel medio del mar va cambiando, con picos positivos y negativos, que provocan tanto inundaciones como retiradas temporales del mar (Fig. 3).

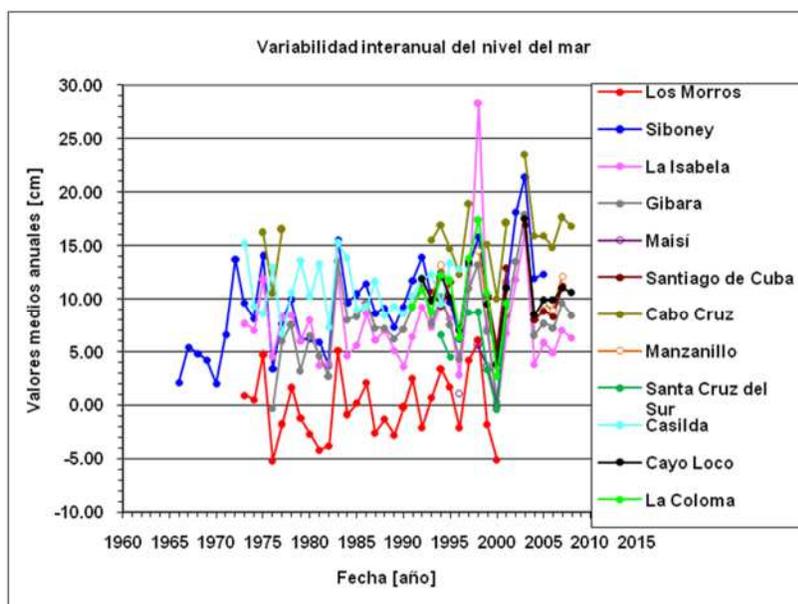


Fig. 3. Gráfico del valor promedio anual de la posición del nivel del mar entre 1965 y 2008, según los registros mareográficos. Observe los picos tanto positivos como negativos y la ausencia de una clara tendencia en la mayoría de estas curvas (según Hernández-González en Iturralde-Vinent y Serrano Méndez, 2015).

A los efectos prácticos, las anomalías de elevación del nivel del mar provocan penetraciones marinas e inundación en las zonas bajas costeras, que se acentúan si coinciden con la marea alta y oleaje fuerte. Es notable que durante algunos de estos eventos, la altitud del nivel del mar ha superado, durante varios meses, los pronósticos de elevación del IPCC (2013) para los años 2046-2065. Por tanto, para calcular el nivel de inundación costera se debe tener en cuenta el valor pico histórico de 37 cm.

Para concluir este acápite, es importante subrayar que los registros no denotan una tendencia clara a la elevación progresiva del nivel del mar entre 1965 y 2008; con la sola excepción de las estaciones Siboney, Cabo Cruz, Guantánamo, Gibara y Bufadero (Fig. 3). Esto es consecuencia de las condiciones locales de las costas donde están ancladas las estaciones mareográficas, pues como se evidencia en la tabla 2, cada una presenta distintas tendencias y orientaciones, ya sea positiva, negativa o relativamente estable. Estos datos reiteran la inconveniencia de utilizar los valores de elevación del nivel del mar global del IPCC para calcular la inundación de las costas cubanas hasta el 2100.

Oscilaciones del nivel del mar en las costas cubanas

El análisis que precede del comportamiento del nivel del mar como resultado de las oscilaciones de la marea, de los ciclos anuales y las anomalías estacionales nos sugiere que, para determinar el grado de inundación de las zonas bajas costeras, es necesario tomar en cuenta no solo la elevación relativa del nivel del mar (determinada mediante mareógrafos), sino también los valores máximos de los eventos antes relacionados, para cada tramo costero (Iturralde-Vinent y Serrano Méndez, Editores, 2015).

Como se ha indicado reiteradamente, el conocimiento del nivel de inundación costera en Cuba hay que enfocarlo no como un promedio, sino en particular para cada sector de la costa, de acuerdo a su comportamiento histórico y su geomorfología.

Para determinar la tasa de incremento futuro del nivel del mar en las zonas costeras cubanas, se deben realizar los cálculos por tramos, utilizando herramientas estadísticas adecuadas y modelos de pronóstico que tomen en consideración la tasa histórica determinada en cada mareógrafo, la expansión térmica de los océanos, el aumento de volumen de agua de los océanos por derretimiento de los hielos polares y glaciales de montaña, los máximos del ciclo anual de la marea y los máximos ocasionados por eventos climáticos extremos. Un ensayo de este tipo de cálculo se presentó en el mapa anexo 2 de Iturralde-Vinent y Serrano Méndez (Editores, 2015). Asimismo, para elaborar los pronósticos de inundación costera más precisos, sería conveniente disponer de datos sobre la velocidad y sentido de los movimientos del terreno en la línea de costa, de los cuales carecemos actualmente. Los resultados

de estos cálculos deben presentarse incluyendo el grado de incertidumbre y gráficamente al estilo de la figura 1.

El conocimiento del pronóstico del nivel de inundación costera en el resto de este siglo tiene una enorme trascendencia económica y social, pues de un buen estimado depende la toma de decisiones correctas y racionales, dirigidas a la adaptación ante los peligros asociados a la elevación del nivel del mar y la inundación permanente de las áreas costeras. Los pronósticos actuales aun deben perfeccionarse.

Referencias

1. Blázquez, E. L., (1989): Anomalías del Nivel del Mar en La Habana, Cuba, durante el evento Oscilación del Sur - El Niño (OSEN), de 1982-83. *Reporte de Investigación* 6 (11), 8 pp.
2. Díaz, I., Rueda, J., Bernal, C., Cabellos, J., Iturralde-Vinent, M.A., Castro, L., Rueda, M., Rodríguez, M., 2011. El movimiento vertical actual de las costas cubanas. CD-ROM, Memorias de la Convención de Informática, Palacio de Convenciones, La Habana.
3. Hernández-González, M. y O. Marzo, 2009. Variabilidad estacional del nivel del mar en el archipiélago cubano. *Serie Oceanológica*, 6, p. 1-15. ISSN: 2072-800X. Accesible en: <http://oceanologia.redciencia.cu/articulos/articulo61.pdf>
4. Hernández-González, M., O. Marzo y A. Acanda, 2010. Tendencia lineal del nivel medio del mar en algunas localidades del archipiélago cubano. *Serie Oceanológica*. 15 pág., La Habana. Accesible en: <https://www.oceandocs.org/bitstream/handle/1834/3666/articulo72.pdf>
5. Ionin, A.S., 1975. Geomorfología de las costas de Cuba. En: Plataformas insulares de la zona tropical del océano, Edición 1, Moscú, Instituto de Oceanología de la Academia de Ciencias de la URSS.
6. IPCC, 2007. Fourth Assessment Report. Synthesis Report. WMO. UNEP. Accesible en: <http://www.ipcc.ch/>
7. IPCC, 2013. Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers. 36 p.
8. Ingebritsen, S. E., Galloway, D. L., 2004. Coastal subsidence and relative sea level rise. *Environ. Res. Lett.* 9 (2014) 091002 (4 p) doi:10.1088/1748-9326/9/9/091002
9. Iturralde-Vinent, M., y Serrano Méndez, H., (Editores) 2016. Peligros y vulnerabilidades de la zona marino-costera de Cuba: Estado actual y perspectivas ante el cambio climático hasta el 2100. Editorial Academia, 72 p., La Habana.
10. Meyssignac, B., Cazenave, A., 2012. Sea level: A review of present-day and recent past changes and variability. *Journal of Geodynamics*, 58:96-109.
11. Mitchum, G.T., 2011. Sea Level Changes in the Southeastern United States. Past, Present and Future. University of South Florida, 16 p. Accesible en: http://coaps.fsu.edu/~mhannion/201108mitchum_sealevel.pdf
12. Mitrani Arenal, I., Pérez Parrado, R., Salas García, I., García Concepción, O., Ballester Pérez, M., Juantorena Allen, Y., Beauballet Padrón, P., Pérez Hernández, A.L., Rodríguez Otero, C. 2000. The coastal floods in the Cuban territory, the most sensitive areas and the possible impact of the climate change. Instituto de Meteorología, Reporte inédito.

13. Jiménez, A., 1959. Geografía de Cuba. Editorial Lex, La Habana, 545 pág.
14. Núñez Jiménez, A., 2012. Litorales y mares. Colección Cuba: la naturaleza y el hombre, Editorial Ciencias Sociales, 254 p.
15. Rodríguez, J. Rodríguez, y J.F., 1983. Las mareas en las costas cubanas. Instituto de Meteorología. Reporte de Investigación 6, enero, 34 pp.
16. Salas, I., Pérez-Parrado, R., Samper, S.T., Chávez, J.D., Pérez, A.L., Rodríguez, C., Pantaleón, B., Favier, L., Restivo, R., 2006. Impacto de la surgencia en el archipiélago cubano considerando los cambios climáticos. Informe de proyecto del Programa Nacional de Cambios Globales y Evolución del Medio Ambiente Cubano (Inédito). Archivo científico del Instituto de Meteorología de Cuba, 220 p y anexos, La Habana.
17. Sallenger Jr., A.H., Doran, K.S. y Howd, P.A., 2012. Hotspot of accelerated sea-level rise on the Atlantic coast of North America. Nature climate change. <https://www.nature.com/articles/nclimate1597>
18. Wahl, T., Haigh, I.D., Nicholls, R.J., Arns, A., Dangendorf, S., Hinkel, J., Slangen, A.B.A., 2017. Understanding extreme sea levels for broad-scale coastal impact and adaptation analysis. Nature Communications, Publicado Julio 7, 2017. DOI: 10.1038/ncomms16075

Autor:

Dr. Manuel Iturralde Vinent
Académico de Mérito
Academia de Ciencias de Cuba

Presentado: 2 de octubre de 2017
Aprobado para publicación: 9 de enero de 2018