



Revista Cubana de Meteorología

ISSN: 0864-151X

ISSN: 2664-0880

Instituto de Meteorología

Pérez-Parrado, Rafael

Ascenso del nivel del mar en Cuba por Cambio Climático

Revista Cubana de Meteorología, vol. 25, núm. 1, e06, 2019

Instituto de Meteorología

DOI: <https://doi.org/opn.to/a/pg1VI>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=701977488006>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

UAEH  
redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## Ascenso del nivel del mar en Cuba por Cambio Climático

### Climbing the sea level in Cuba due to Climate Change



Rafael Pérez-Parrado <sup>1 \*</sup>

<http://opn.to/a/pg1Vl>

<sup>1</sup>Centro de Meteorología Marina, Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba

**RESUMEN:** Se presenta un escenario futuro del ascenso del nivel del mar producto del cambio climático, para su elaboración se utilizó el generador de escenarios MAGICC/SCENGEN versión 5.3 ([Wigley T., 2008](#)) que permite realizar cálculos globales y las imágenes correspondientes a estos cálculos. El periodo de tiempo comprende de 1990 hasta el 2100. Los resultados actuales mayores que los obtenidos en el 2006, con la versión 4.1 ([Wigley T. 2004a](#)) del software anterior a la utilizada en este estudio, serán de utilidad para los organismos e instituciones nacionales que deben tener en cuenta el impacto de este ascenso del mar en Cuba por su condición insular.

**Palabras Clave:** cambio climático, nivel del mar, escenario.

**ABSTRACT:** A future sea level rise scenario due to climate change is presented, for its elaboration was used the MAGICC / SCENGEN climate scenario generator, version 5.3 ([Wigley T., 2008](#)), which allows you to perform global calculations and images corresponding to these calculations. The period of time comprises from 1990 to 2100. The current results higher than those obtained in 2006 with the 4.1 version ([Wigley T. 2004a](#)), will be useful for national agencies and institutions that must take into account the impact of these sea level rise in Cuba due to its island condition.

**Key Words:** climate change, sea level, scenario.

## INTRODUCCIÓN

El ascenso del nivel del mar debido al cambio climático es uno de los más graves problemas que debe enfrentar Cuba como estado insular. Es por eso que nuestra isla por la longitud de sus costas, sobre todo en las zonas de la plataforma con poca profundidad sufrirá inundaciones que ponen en peligro las poblaciones costeras y sus habitantes, reservorios hídricos de agua potable y varios ecosistemas sobre todo de grandes humedales. Desde principios de este siglo en el Instituto de Meteorología, se han realizado investigaciones sobre este problema, primero con

la llamada directiva uno para determinar los peligros actuales y después con el denominado Macroproyecto de la Agencia de Medio Ambiente para el estudio del cambio climático, peligros futuros y su impacto en Cuba.

En el proyecto 9 del mencionado Macroproyecto, realizaron las investigaciones para determinar el ascenso promedio del nivel del mar para Cuba, con el Soft MAGICC/SCENGEN versión 4.1 (IPCC 1990). y el peligro por la surgencia que acompaña a los ciclones tropicales teniendo en cuenta el ascenso futuro previamente calculado.

\*Autor para correspondencia: Rafael Pérez-Parrado. E-mail: [rafael.perez@insmet.cu](mailto:rafael.perez@insmet.cu)

Recibido: 13/11/2018

Aceptado: 23/01/2019

El MAGICC consiste de un grupo de modelos gas-ciclo, clima y derretimiento de hielo acoplados, integrados en un solo paquete de software. El software permite al usuario determinar los cambios en la concentración de los gases de efecto invernadero, la temperatura media global del aire y el nivel del mar resultante de las emisiones antropogénicas. El SCENGEN construye un rango de proyecciones de cambio climático geográficamente explícitas para el globo, utilizando los resultados del MAGICC junto con la información de los Modelos Globales Acoplados Océano Atmosfera.

Los estudios realizados mostraron un ascenso de 27 cm para el 2050 y de 85 cm para el 2100 (Pérez Parrado et al 2006, 2008, Salas et al 2006). Después de 10 años era necesario actualizar las proyecciones futuras y por tal motivo se han realizado los cálculos de nuevo con una versión más moderna del MAGICC/SCENGEN.

## MATERIALES Y MÉTODO

Para esta segunda etapa de trabajo se utilizó el modelo MAGICC-SCENGEN 5.3, en su segunda versión, (Wigley and Rapper, 2005) actualizado y mejorado, lo que justifica la utilización de la misma para actualizar los estimados realizados con la versión 4.1. En el nuevo SCENGEN, todos los datos de los modelos provienen del Proyecto de Ínter comparación de los Modelos Climáticos, se incluyen datos de 20 modelos, con datos de corrida de control y datos de experimentos de perturbaciones con un 1% de incremento en las concentraciones de CO<sub>2</sub>. El SCENGEN no solo

considera modelos individuales, sino que también puede considerar el promedio de todos los modelos seleccionados

Al correr el MAGICC/SCENGEN, el usuario puede intervenir en el diseño del escenario global o regional de cambio climático en las siguientes maneras:

Seleccionando y/o especificando los escenarios de emisión del gas de efecto invernadero y del dióxido de azufre.

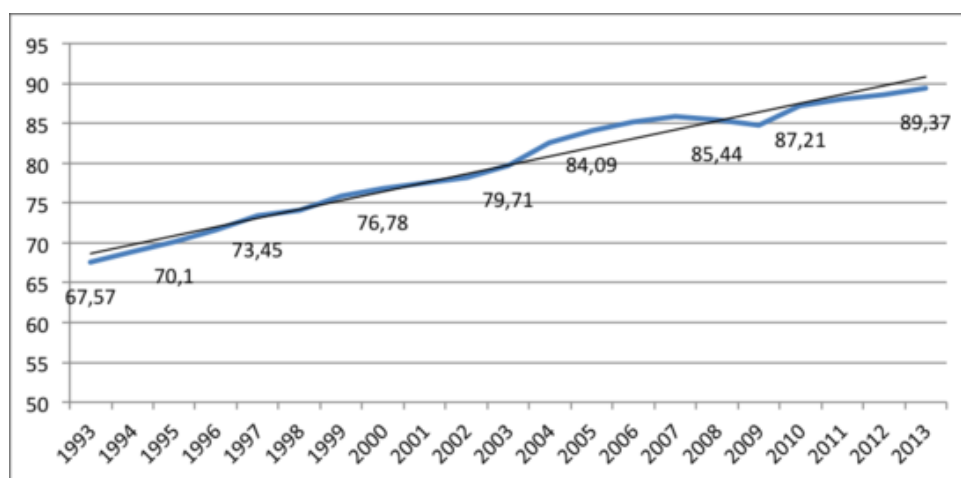
Definiendo los valores para un conjunto de parámetros del modelos en MAGICC que son importantes para determinar los efectos de la incertidumbres en el ciclo del carbono, la magnitud del forzamiento por aerosoles, la sensibilidad del sistema climático a los forzamientos externos y a la velocidad de mezcla del océano

Especificando el periodo de tiempo futuro para el cual serán mostrados los resultados

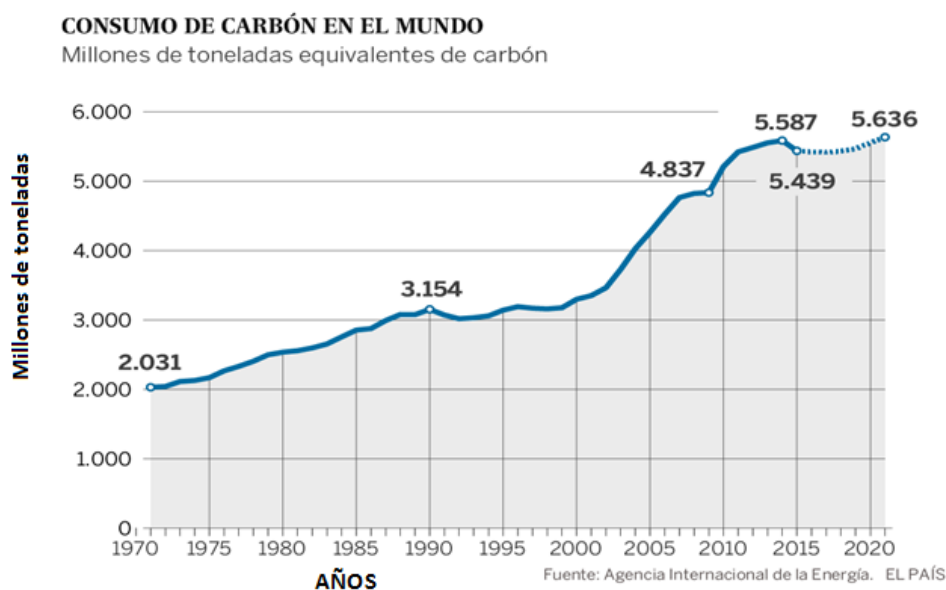
Especificando los modelos globales que serán promediados para producir la información de los patrones del cambio climático.

Seleccionando el área o región para promediar espacialmente los resultados del cambio climático.

Para las modelaciones del MAGICC se seleccionó la combinación A1CMI con el escenario A1C y el modelo MiniCamp, considerando el aumento mundial del consumo de combustibles fósiles, carbón, petróleo y gas (figura 1 y 2, tablas 1 y 2), y el crecimiento de la población, sobre todo de los grandes países como



**Figura 1.** Consumo mundial de barriles de petróleo (Millones de barriles por día en el periodo 1993-2013), Fuente EIA.



**Figura 2.** Consumo mundial del carbón

**Tabla 1.** Consumo Total de Petróleo (Miles de Barriles por países por día). Fuente: <http://www.ssecoconsulting.co>

| CONSUMO DE PETROLEO |                                   |        |        |        |        |        |
|---------------------|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                     | Miles barriles por día calendario | 2008   | 2009   | 2010   | 2011   | 2016   |
| 1                   | Estados Unidos N.A.               | 19,498 | 18,771 | 19,180 | 18,882 | 19,631 |
| 2                   | China                             | 7,937  | 8,212  | 9,251  | 9,578  | 12,381 |
| 3                   | India                             | 3,068  | 3,267  | 3,332  | 3,473  | 4,489  |
| 4                   | Japón                             | 4,846  | 4,387  | 4,442  | 4,442  | 4,037  |
| 5                   | Saudí Arabia                      | 2,338  | 2,555  | 2,748  | 2,856  | 3,906  |
| 6                   | Rusia                             | 2,779  | 2,710  | 2,804  | 2,961  | 3,203  |
| 7                   | Brasil                            | 2,395  | 2,415  | 2,629  | 2,653  | 3,018  |
| 8                   | Corea Sur                         | 2,308  | 2,339  | 2,392  | 2,397  | 2,763  |
| 9                   | Alemania                          | 2,502  | 2,409  | 2,445  | 2,362  | 2,394  |
| 10                  | Canadá                            | 2,288  | 2,179  | 2,298  | 2,293  | 2,343  |
| 11                  | México                            | 2,054  | 1,995  | 2,014  | 2,027  | 1,869  |
| 12                  | Irán                              | 1,906  | 1,923  | 1,887  | 1,824  | 1,848  |
| 13                  | Indonesia                         | 1,263  | 1,316  | 1,426  | 1,430  | 1,615  |
| 14                  | Francia                           | 1,889  | 1,822  | 1,761  | 1,724  | 1,602  |
| 15                  | Reino Unido                       | 1,683  | 1,610  | 1,588  | 1,542  | 1,597  |
| 18                  | España                            | 1,559  | 1,475  | 1,447  | 1,392  | 1,268  |
| 19                  | Italia                            | 1,661  | 1,563  | 1,532  | 1,486  | 1,232  |

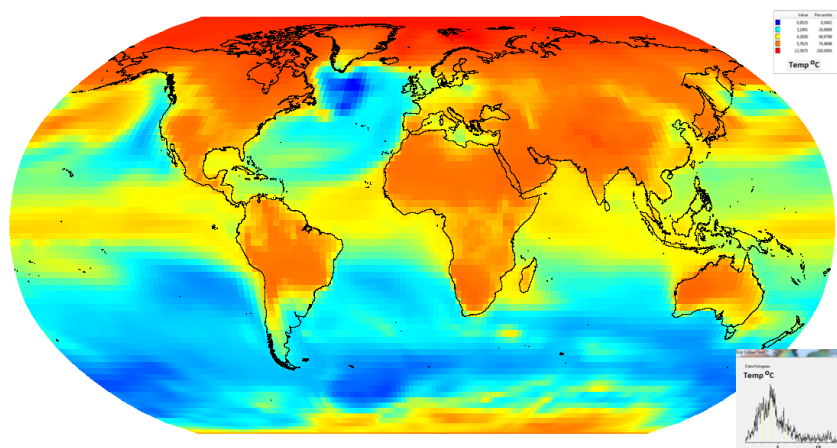
China, India y los Estados Unidos, tomando como datos de entrada la información de salida del MAGICC para el SCENGEN, se seleccionaron seis modelos globales (CCMS-30, GFDLCM20, GFDLCM21, GISS-GH, MPIECH5 y UKHADCM3, para promediar y suavizar los resultados, en los cálculos finales se utilizó el [MSGRIDDER \(2012\)](#) que permite la

salida de las modelaciones con una resolución de 0.5 x 0.5 grados ([Figura 3](#))

Se consideró además en los controles de forzamiento, la modelación de ciclo del Carbono media con su retroalimentación con el clima, sensibilidad climática de 3 °C, circulación termohalina variable y derretimiento del hielo medio.

**Tabla 2.** Consumo de Carbón miles de toneladas cortas 2014

| País                | Consumo de carbón, miles de toneladas cortas, 2014                                    |  |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--|
|                     | (mil toneladas cortas, Fuente: La Administración de Información de Energía de EE.UU.) |  |
| 1. China            | 4,539,682.00                                                                          |  |
| 2. Estados Unidos   | 917,731.00                                                                            |  |
| 3. India            | 880,177.00                                                                            |  |
| 4. Alemania         | 264,633.00                                                                            |  |
| 5. Rusia            | 242,891.00                                                                            |  |
| 6. Japón            | 210,608.00                                                                            |  |
| 7. Sudáfrica        | 201,202.00                                                                            |  |
| 8. Polonia          | 151,044.00                                                                            |  |
| 9. Corea del Sur    | 144,444.00                                                                            |  |
| 10. Australia       | 130,504.00                                                                            |  |
| 11. Indonesia       | 107,076.00                                                                            |  |
| 12. Turquía         | 100,404.00                                                                            |  |
| 13. Kazajstán       | 92,894.00                                                                             |  |
| 14. Taiwan          | 71,771.00                                                                             |  |
| 15. Ukraine         | 66,751.00                                                                             |  |
| 16. Grecia          | 57,502.00                                                                             |  |
| 17. Reino Unido     | 53,462.00                                                                             |  |
| 18. República Checa | 50,020.00                                                                             |  |
| 19. Canadá          | 48,513.00                                                                             |  |
| 20. Tailandia       | 39,683.00                                                                             |  |


**Figura 3.** Mapa de temperaturas futuras para el 2100 modeladas y representadas con el MAGICC-SCENGEN y MSGRIDDER

## RESULTADOS

Se obtiene la proyección 1990-2100 del ascenso del nivel medio del mar; los resultados alcanzados con el MAGICC/SCENGEN 5.3 son algo mayores que los obtenidos con la versión 4.1 y actualizan las estimaciones del ascenso del nivel del mar por cambio climático para Cuba.

En la [tabla 3](#) se expone la proyección para el escenario A1CMI máximo para Cuba y global, con los parámetros de forzamientos para la modelación ya especificados, se muestra también

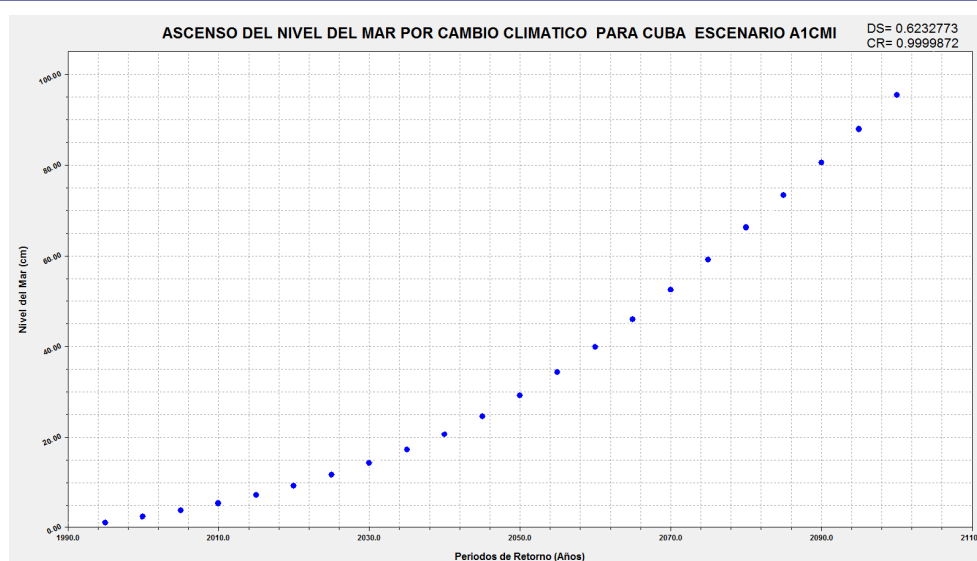
la proyección global del IPCC con el escenario RCP8.5.

En la [figura 3](#) se muestra la temperatura para el mundo modelada por el MAGICC-SCENGEN y llevada a una resolución mayor por el MSGRIDDER

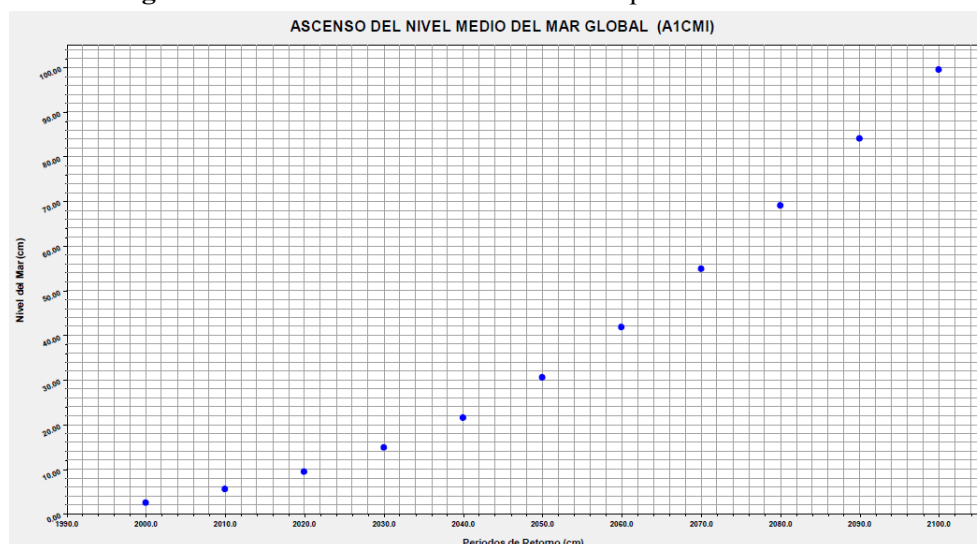
En las [figuras 4, 5 y 6](#) se presentan las imágenes de los diferentes escenarios correspondientes a la [tabla 3](#), A1CMI (Cuba y global) y RCP8.5 (global).

**Tabla 3.** Ascenso promedio del Nivel Medio del mar para Cuba, 1990-2100 (Escenario A1CMI) y Globales (Escenarios A1CMI y RCP8.5)

| Modelo                         | Año                          | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 2060 | 2070 | 2080 | 2090 | 2100 |
|--------------------------------|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Ascenso del Nivel del Mar (cm) | M/SC 4.1                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                                | A1CMI                        | 0    | 2.3  | 5.4  | 9.5  | 15   | 20   | 27   | 37   | 48   | 60   | 72   | 85   |
|                                | Cuba 2006                    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                                | M/SC 5.3                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                                | A1CMI                        | 0    | 2.4  | 5.5  | 9.2  | 14.5 | 20.7 | 29.3 | 39.8 | 52.4 | 66.0 | 80.4 | 95   |
|                                | Cuba Global                  | 0    | 2.4  | 5.5  | 9.4  | 14.8 | 21.5 | 30.5 | 41.8 | 54.8 | 69.1 | 84.1 | 99.5 |
|                                | MAGICC (IPCC) RCP 8.5 Global |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                                | 2013                         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                                |                              | 0    | 2.4  | 5.4  | 10   | 16   | 23.4 | 32   | 42.6 | 54   | 68   | 82   | 98   |



**Figura 4.** Ascenso del nivel medio del mar para Cuba 1990-2100



**Figura 5.** Ascenso del nivel extremo del mar global 1990-2100, (A1CMI) índice de sensibilidad, ciclo del carbono y derretimiento de hielo medios 1990-2100, (A1CMI)

En la [figura 7](#) se muestran los escenarios A1CMI (Cuba y global) y RCP8.5 (global) de forma conjunta para su comparación.

En las [figuras 8 y 9](#) se muestran las magnitudes del Ascenso del mar en Cuba para 65 localidades, y su variación con respecto al nivel del mar

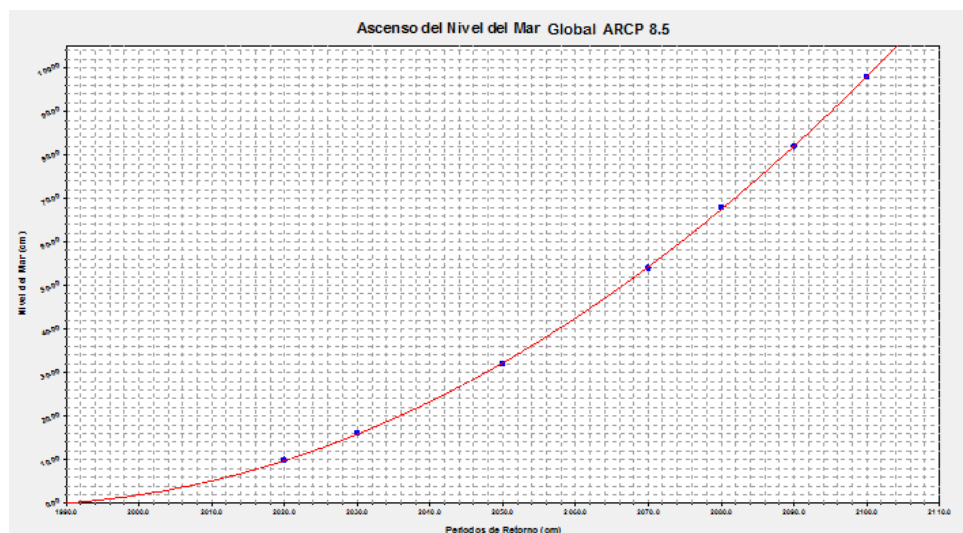


Figura 6. Ascenso del nivel extremo del mar global 1990-2100, (IPCC, RCP 8.5)

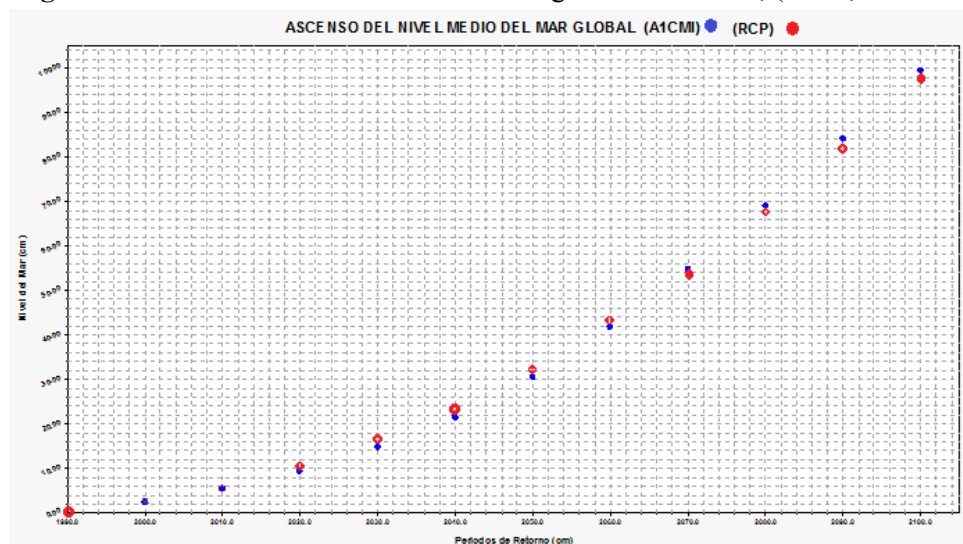


Figura 7. Ascenso del nivel medio del mar global para los escenarios A1CMI y RCP8.5

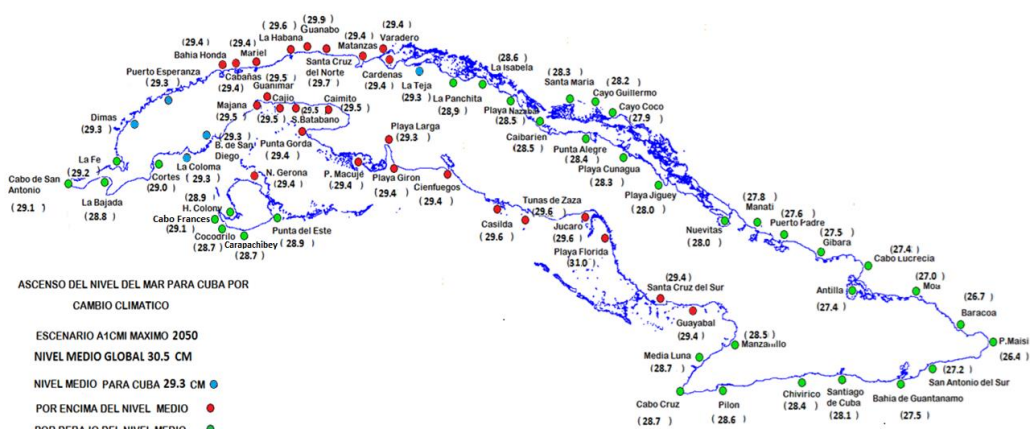
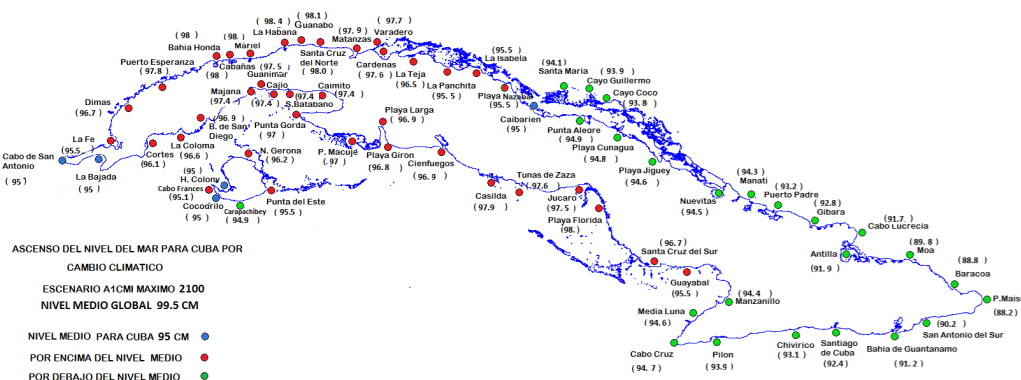


Figura 8. Ascenso del nivel del mar para 65 localidades costeras en el año 2050.



**Figura 9.** Ascenso del nivel del mar para 65 localidades costeras en el año 2100.

medio en 2050 y 2100 para todo el país. En color verde las localidades donde el ascenso del nivel será por debajo del promedio, en azul el ascenso estará igual al promedio y en rojo por encima del promedio.

## CONCLUSIONES

En la modelación actual del futuro escenario A1CMI y el modelo MiniCamp con la versión 5.3 del MAGICC/SCENGEN se obtienen resultados de ascenso del mar más altos (29.3cm en el 2050 y 95cm en 2100) que los calculados con la versión 4.1 en el 2006 (27 cm. en el 2050 y 85cm. en el 2100). Los nuevos valores están más acordes con los resultados ofrecidos por el IPCC en su último informe (V Informe, 2014) y otros autores y [Jevrejeva et al. \(2014\)](#), los mismos actualizan la información para Cuba y muestran que el impacto esperado debido al ascenso del nivel de mar en nuestro país debe ser superior a los estimados anteriores, principalmente en las zonas costeras bajas y los humedales.

Con los forzamientos medios, la elevación media del mar para Cuba en el 2100 será superior en 10 cm. a lo estimado en el 2006, lo cual indudablemente causará inundaciones en gran parte de la península de Zapata y de la costa norte de la región central (Villa clara-Ciego de Ávila-Camagüey) así como de la cuenca hidrográfica del Cauto y afectando gravemente los reservorios hídricos del sur de las provincias de Artemisa, Mayabeque y Ciego de Ávila.

Gran impacto tendrá también el aumento del nivel del mar en los ecosistemas de los

humedales y de las regiones de la isla donde la plataforma marina es ancha y de poca profundidad.

Es necesario señalar que al paso de huracanes por el territorio cubano, las surgencias asociadas a ellos, [Salas et al 2008](#), [Pérez Parrado et al 2010](#), serán más destructivas al penetrar más profundamente el mar e impactar más poblaciones, personas, viviendas, terrenos agrícolas y acuíferos.

## REFERENCIAS

- CAMBIO CLIMÁTICO (2013). Resumen para Responsables de Políticas, Bases Físicas. Grupo de Trabajo I, IPCC.
- <http://software.watts.net.nz/MAGICC/MSGrider> (Febrero 2012).
- Jevrejeva S, A Grinsted and J C Moorel. (2014). *Environ. Res. Lett.* 9\_104008.
- Pérez Parrado R., I Salas García, S. Samper Trimiño, J. Dole Chávez, A. Pérez Hernández, C. Rodríguez y B. Pantaleón Orozco (2006): Mapas de Peligro por surgencia para el archipiélago cubano. Escenario actual y previsto por Cambio Climático, Capítulo 3. Informe de resultado del Proyecto de Investigación No. 01309168 (Informe Final) "Impacto de la surgencia en el archipiélago cubano, considerando los Cambios Climáticos", perteneciente al Programa Nacional de Cambio Climático en Cuba. INSMET. La Habana, Cuba. 207 pp.
- Pérez Parrado, R., I. Salas García y J. Dole Chávez (2006): Proyecto de Investigación

- 01309168 (Informe Parcial) “Impacto de la surgencia en el archipiélago cubano, considerando los Cambios Climáticos”. Capítulo 2 “El Cambio Climático y su influencia sobre el régimen de la surgencia provocada por los ciclones tropicales en la cayería insular cubana” y Capítulo 3 “Metodologías y Bases de Datos”. INSMET. La Habana, Cuba .pp 79-133.
- Pérez Parrado, R ., I. Salas García , S. Samper y J. Dole Chávez (2008): Surgencia provocada por los ciclones tropicales en el Archipiélago Cubano. Escenarios previstos por Cambio Climático para los años 2050 y 2100. Informe final para el Macro proyecto, del CITMA (Proyecto no. 9). Instituto de Meteorología, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, 164 pp.
- Pérez Parrado, R ., I. Salas García , S. Samper y J. Dole Chávez (2010): Atlas Digital de Surgencias para Cuba. Instituto de Meteorología, Revista Cubana de Meteorología. Vol. 16, No.1, 2010
- Salas García, I., R. Pérez Parrado, S. Samper Trimiño, J. Dole Chávez (2008): Surgencia provocada por los ciclones tropicales. Archipiélago Cubano. Informe Técnico para la Directiva 1 en respuesta a una solicitud del CITMA. En AMA e INSMET. 92 pp.
- Wigley, T. 2004a. The MAGICC/SCENGEN 4.1: Technical Manual. 12 p.
- Wrigley T and S. Rapper [2]. March 2005 · *Geophysical Research Letters* · Impact Factor: 4.20.
- Wigley Tom M.L., NCAR, Boulder, CO. MAGICC/SCENGEN 5.3: USER MANUAL (version 2) September, 2008.

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)