

## CIUDAD Y TERRITORIO

## ESTUDIOS TERRITORIALES

ISSN(P): 1133-4762; ISSN(E): 2659-3254

Vol. LII, Nº 205, otoño 2020

Págs. 575-590

<https://doi.org/10.37230/CyTET.2020.205.09>

CC BY-NC 4.0



# Previsiones del impacto sobre el cambio climático. Archipiélago de San Blas (Panamá)

Juan Manuel Ros-GARCÍA<sup>(1)</sup>Luis IRASTORZA-RUIGÓMEZ<sup>(2)</sup>Roberto Alonso GONZÁLEZ-LEZCANO<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup>Doctor Arquitecto, Profesor Titular de Proyectos Arquitectónicos, Departamento de Arquitectura y Diseño. Universidad CEU San Pablo

<sup>(2)</sup>Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos y Licenciado en Ciencias Empresariales. Director General de TECNOPEN

<sup>(3)</sup>Doctor Ingeniero Industrial, Profesor Titular de Construcciones Arquitectónicas. Departamento de Arquitectura y Diseño. Universidad CEU San Pablo.

**RESUMEN:** El Archipiélago San Blas, localizado en el Caribe, junto a la costa de Panamá, es uno de los lugares habitados más amenazados de la Tierra por el aumento inexorable del nivel del mar. En él vive la comunidad indígena ancestral Kuna, que habita 45 de las 365 islas que lo componen. En este artículo se analiza el impacto de la elevación del nivel del mar sobre dichas islas, concluyendo que supone una amenaza muy seria para el hábitat de esta población, que podría llegar incluso a desaparecer a finales de este siglo. En concreto, en el escenario del IPCC RCP4.5, de emisiones moderadas, dicha elevación alcanzaría los 55 cm hacia el año 2090, con una probabilidad del 50% de ser superado, y de 75 cm si se quiere reducir esta probabilidad al 10%. Se propone realizar estudios específicos de dinámica costera y de impacto con el objeto de buscar alternativas razonables y consensuadas con la población Kuna.

**PALABRAS CLAVE:** Cambio climático; Vulnerabilidad Ambiental; Indígenas kuna; Desigualdades territoriales; Archipiélago de San Blas.

Recibido: 07.02.2019; Revisado: 13.09.2019

Correo electrónico: [jmros.eps@ceu.es](mailto:jmros.eps@ceu.es) N° ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8994-3141>;

Correo electrónico: [rgonzalezlezcانو@ceu.es](mailto:rgonzalezlezcانو@ceu.es) N° ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6185-4929>;

Correo electrónico: [lirastorza@tecnopen.es](mailto:lirastorza@tecnopen.es); N° ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4174-5095>

Los autores agradecen los comentarios y sugerencias realizados por los evaluadores anónimos, que han contribuido a mejorar y enriquecer el manuscrito original.

## Forecasts on climate change impact. San Blas Archipelago (Panama)

**ABSTRACT:** The San Blas Archipelago, located in the Caribbean Sea, off the coast of Panama, is one of the most threatened inhabited places on Earth due to the inexorable rise in the mean sea level. It is the home of the ancestral indigenous Kuna community, which inhabits 45 of the 365 islands that make up the archipelago. This article analyses the impact of the mean sea level rise on these islands, concluding that it supposes a very serious threat to the habitat of this population, which could even disappear by the end of this century. Specifically, in the IPCC RCP4.5 scenario of moderate emissions, this rise would reach 55 cm by 2090 (with a 50% probability of being exceeded) or even 75 cm (if this probability were reduced to 10%). It is proposed to carry out specific studies on the coastal dynamics in order to find a reasonable alternative to this problem always provided that it can be agreed with the Kuna population.

**KEYWORDS:** Climate change; Environmental vulnerability; Kuna Indians; Territorial inequalities; San Blas Archipelago.

### 1. Introducción

Los avances tecnológicos, las relaciones y el comercio internacionales, la globalización de un planeta constituido por una pluralidad de culturas diferenciadas marcan la evolución de las sociedades que habitan el siglo XXI, dirigidas por el autodenominado primer mundo, de claras tendencias capitalistas y consumistas.

En este marco global, las naciones liman sus diferencias aproximándose unas a otras mientras intentan conservar los rasgos diferenciadores que las convierten en únicas y las hacen destacar dirigidas por el autodenominado sistema capitalista y consumista.

En los últimos años, el mundo occidental ha fijado su atención en los indios Kuna y sus territorios en el archipiélago de San Blas al convertirse en un destino de ecoturismo de gran popularidad, tanto por la belleza del entorno natural como por la posibilidad de sumergirse en una cultura que ha mantenido prácticamente intactos sus conocimientos y costumbres durante siglos.

Su organización política vela por asegurar la supervivencia de sus tradiciones y raíces mientras regula las relaciones con la sociedad nacional e internacional, apoyada en dos organismos colectivos que se responsabilizan de estas tareas.

El Congreso General Kuna representa al pueblo Kuna en el contexto político de los estados-nación, confecciona la legislación que garantiza su autonomía y administra proyectos sociales, educativos, históricos y ambientales. Por otro lado, el Congreso de la Cultura Kuna gestiona la vida tradicional y espiritual, conservando la sabiduría sobre la forma Kuna de hacer las cosas y sobre la cosmología Kuna.

En nuestros días, el pueblo Kuna es posiblemente uno de los grupos indígenas con mayor

autonomía en América Latina, estatus que ha conseguido mediante una constante lucha contra diferentes clases de oponentes a lo largo de los siglos y que continúa ahora contra nuevos agentes agresores que ponen en peligro esta ancestral cultura.

En la época de su descubrimiento por parte de los conquistadores españoles, se estima que la población Kuna superaba los 600.000 individuos y ocupaba el Golfo de Urabá y las faldas del Cerro Dagarkunyala en el Darién, tierras que hoy se sitúan en Colombia, desde donde emigraron hacia la actual Panamá.

Actualmente ocupan 4 regiones en Panamá: Comarca Kuna de Kuna Yala, Comarca Kuna de Madungandi, comarca Kuna de Wargandi y en la provincia del Darién (comunidades de Paya y Púcuru); y tres asentamientos en el interior del Golfo de Urabá en Colombia. Tras siglos de enfrentamientos y convivencia con otras culturas, desde los conquistadores españoles hasta las naciones modernas centroamericanas, se contabilizan alrededor de 80.000 habitantes Kuna en Panamá en 2010 (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSO, 2010)

Un rasgo que les caracteriza es haber conservado durante estas etapas las principales directrices de su cultura y forma de vida basada en un estrecho vínculo con la naturaleza con la que conviven, buscando un modelo sostenible que compatibilice tanto su evolución social como el respeto al entorno natural en el que habitan, dirigiéndoles a un modo de vida basado en la supervivencia mediante el uso controlado de recursos y la integración de sus actividades productivas en la madre naturaleza sin grandes repercusiones dañinas al medio ambiente. Más allá de la sostenibilidad ambiental persiguen una sostenibilidad cultural global que asegure la continuidad de sus tradiciones, de su modo de vida y estilo de sociedad, para que las siguientes generaciones

las protejan y defiendan como han hecho durante siglos. Reivindican una relación equilibrada y armoniosa entre cultura y medio ambiente, revalorizando y fortaleciendo su identidad cultural, que emana desde la Madre Tierra, habiendo en ella una educación tradicional que aún no se ha dado a conocer.

La Comarca Kuna Yala tiene una superficie de unos 3260 km<sup>2</sup>, configurando un corredor de 226 km de largo que incluye el Archipiélago de San Blas, formado por 365 islas que, siguiendo la línea costera, presenta un amplio espectro de tamaños, formas y recursos que la población Kuna ha ocupado de diferentes maneras. Sólo 45 de las islas se encuentran habitadas por la comunidad indígena, algunas se utilizan para la pequeña ganadería o para plantaciones y otras se han adaptado para el turismo internacional.

Para comprender el modo de vida de los asentamientos insulares Kuna es importante entender que se basan en un modelo residencial matrilocal, siendo los hombres quienes se mudan a vivir a la casa de los familiares de su esposa. De esta forma, el grupo residencial puede estar formado por varios núcleos familiares emparentados a través de los padres o abuelos. Para acoger estos grupos familiares, las viviendas son grandes construcciones de unos 20 o 30 m de largo y 10 m de ancho construidos con materiales naturales renovables de rápido crecimiento. El suelo se construye ligeramente elevado con arena compacta, las paredes de caña y los techos con entrelazado artístico de hojas de palmera, amarrando todo con las hamacas y se divide en un gran espacio para dormir (*nega tumat*) y un espacio para la preparación de alimentos y para los quehaceres domésticos (*soenga*), formando en ocasiones un único espacio dentro de la vivienda compartido por todos los miembros de los diferentes núcleos familiares que residen en ella.

Los asentamientos insulares se muestran como conjuntos abarrotados de construcciones de caña y palma prácticamente flotando sobre el agua salada. A lo largo de las décadas, el crecimiento demográfico de la comunidad Kuna ha conducido al hacinamiento indígena en estas islas de reducidas dimensiones que a primera vista presentan cierto grado de aleatoriedad y disparidad. En un análisis más profundo se aprecian similitudes de orden organizativo en la disposición de las construcciones que ocupan las diferentes poblaciones, compartiendo directrices compositivas comunes de este urbanismo insular. Las viviendas, de marcada planta rectangular, se organizan en su mayoría con su eje longitudinal perpendicular a las líneas de costa, permitiendo al mayor número posible de ellas situarse próximas

a la orilla y tener acceso a pequeños atracaderos donde descansan las canoas que utilizan diariamente para desplazarse a realizar sus actividades en el continente o en otras islas (ALVARADO & al., 2001; CAZENAVE & NEREM, 2004; NICHOLLS & al., 1999; VENTOCILLA & al. 1995; CASTILLO DÍAZ, 2005; CARAVACA, 2014).

Este estilo de vida basado en una estrecha relación de sostenibilidad con la naturaleza es causa de importantes confrontaciones con las "sociedades desarrolladas" contemporáneas, que buscan persistentemente el progreso basándose en modelos evolutivos amparados en un aprovechamiento de recursos a veces desmesurado y un insuficiente control de las secuelas nocivas y destructivas que los procesos productivos y tecnológicos acarrearán.

En un orden estatal, la relación de los Kuna con el estado de Panamá ha sido siempre complicada, reivindicando desde un principio la autodeterminación en los territorios que ocupaban, hasta que se constituyeron las Comarcas que permitieron el grado de autonomía política y administrativa que ahora ostentan. Aunque las problemáticas actuales abarcan un amplio espectro de materias, la mayoría derivan de la dificultad implícita en preservar el modelo Kuna sostenible, tanto a nivel ambiental como a nivel cultural. La explotación de recursos por parte de empresas privadas y administraciones públicas ha dado lugar a conflictos, resultado de esta relación intercultural.

En una escala más global, el desarrollo a nivel internacional que comenzó con la era industrial ha provocado cambios a nivel planetario que cada vez son más patentes y de complejas consecuencias. Los grupos indígenas se enfrentan ahora a problemas derivados de esta industrialización, base del progreso tecnológico planetario. Algunas regiones Kuna ya están sufriendo consecuencias directas del denominado cambio climático. Sus asentamientos en la Comarca de Kuna Yala, en el archipiélago de San Blas, se distribuyen entre zonas continentales, tanto costeras como interiores, e insulares, ocupando unas 45 de las 365 islas que lo forman. Las comunidades Kuna asentadas en las islas presentan una gran vulnerabilidad frente a algunos de los efectos relacionados con las tendencias climáticas actuales. Algunas de estas formaciones insulares apenas se elevan sobre el nivel del mar, de modo que el aumento del nivel de los océanos que lleva produciéndose desde hace algún tiempo y que se prevé continuará, puede inundarlas a corto y medio plazo obligando a sus habitantes a mudarse a territorios interiores, lo que implicaría una modificación profunda de sus hábitos y medios de vida (BALLESTERO & al. 2011; BINDOFF & al. 2007; INAKELIGINIA & al. 2011; GLYNN & al 1990; DISPLACEMENT SOLUTIONS, 2014).

Pero la subida del nivel marítimo no es un efecto aislado. En los últimos años se han producido fenómenos climatológicos de importantes magnitudes con negativas consecuencias sobre estas islas, fuertes vientos que inundaron temporalmente islas como Mulatupu, inundaciones de Camgandi, Mandi Yala o Ukupa debidas a las lluvias, alteraciones climatológicas fuera de la época de vientos y lluvias que generan tornados y provocan inundaciones.

La Comunidad Kuna lleva varios años reclamando una actuación global para mitigar los efectos del cambio climático, considerando que su contribución a este fenómeno es mínima o nula, a pesar de lo cual es una de las regiones que más afectadas se ve por sus consecuencias (FISH & al. 2005; FITZGERALD & al. 2008; IMBACH & al. 2012; GLYNN & al. 1990; HAWKES & al. 2009)

## 2. Previsiones climáticas en el área donde viven los Kuna

Las principales modificaciones climáticas en las islas del Caribe donde actualmente tienen su hábitat los kuna dependen del escenario de emisiones contemplado o RCP y consisten en una variación de la temperatura y de la precipitación, en un aumento del nivel del mar y en una acidificación del océano.

El escenario de emisiones RCP (“Representative Concentration Pathway”) viene definido por el forzamiento radiativo sobre la época preindustrial derivado de las emisiones de gases de efecto invernadero y del cambio de uso de la tierra. Por ejemplo, el escenario RCP 4.5 significa que, a finales de este siglo, el forzamiento radiativo será de 4,5 W/m<sup>2</sup> superior a la época preindustrial. A su vez, cada escenario de emisiones tiene una determinada evolución a lo largo de este siglo.

### 2.1. Variación de temperatura

En cuanto a la variación de la temperatura, las previsiones para el escenario RCP 4,5 son de un incremento gradual de la misma a lo largo del siglo. En concreto, la variación de temperatura anual media con respecto a la temperatura media en el periodo comprendido entre 1986 y 2005 para dicho escenario -y para el percentil del 50% en la distribución probabilística de temperaturas previstas- es de 0,5°C a 1°C en el periodo 2016 a 2035, de 1°C a 1,5°C en el periodo 2046 a 2065 y de alrededor de 1,5°C a 2°C para el periodo 2081 a 2100.

Estas variaciones no son homogéneas a lo largo del año, pero no se alejan mucho de la variación anual media para los tres periodos analizados (Fig 1.1 A y 1.1.B, 1.2, 1.3 y 1.4).

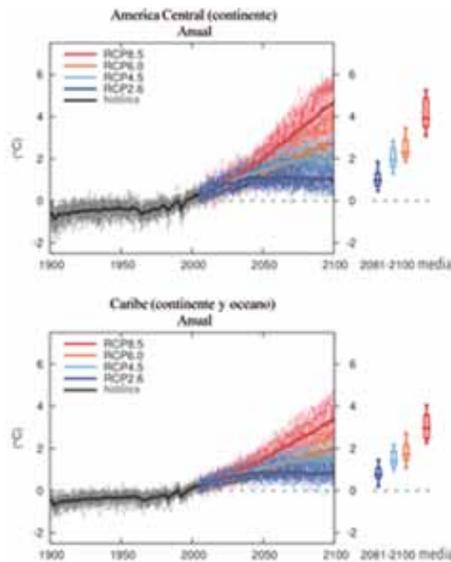


Fig. 1.1 A y 1.1.B/ Variación de temperatura anual RCP 4.5 en América Central y Caribe respecto de 1986-2005.

Fuente: AR5 IPCC WGII

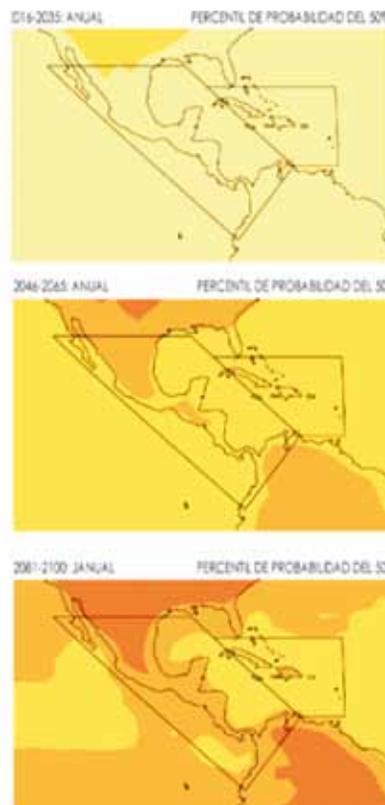


Fig. 1.2/ Variación de temperatura anual RCP 4.5 en América Central y Caribe respecto de 1986-2005.

Fuente: AR5 IPCC WGII

Asimismo, los incrementos de temperatura anual previstos como media del periodo 2081 a 2100 con respecto a su valor medio entre 1986 y 2005 son de 1 a 1,5°C para el escenario RCP2,6, de 1,5°C a 2,0°C para RCP6,0 y de 3°C a 4°C para RCP 8,5.

## 2.2. Variación de precipitaciones

Con respecto a la precipitación prevista a lo largo de este siglo, los modelos climáticos prevén una ligera disminución de la precipitación anual, creciente conforme aumentan las emisiones. La disminución prevista en la precipitación anual en 2100 con respecto a la del periodo entre 1986 y

2005 es del 0%, 5%, 7% y 15% para los escenarios RCP 2,6, RCP 4,5, RCP 6,0 y RCP 8,5, respectivamente. Hay que tener en cuenta que dicha disminución es únicamente significativa desde un punto de vista estadístico para el escenario RCP 8,5 puesto que es el único en el que en 2100 las diferencias de los resultados sobre la situación actual son mayores que la desviación estándar debida a la variabilidad actual en un periodo de 20 años. En el resto de escenarios de emisiones (RCP 2,6, RCP 4,5 y RCP 6,0) las variaciones previstas sobre la situación actual dentro de los márgenes de la variabilidad existente en un periodo de 20 años, por lo que no son estadísticamente significativas (Fig. 2).

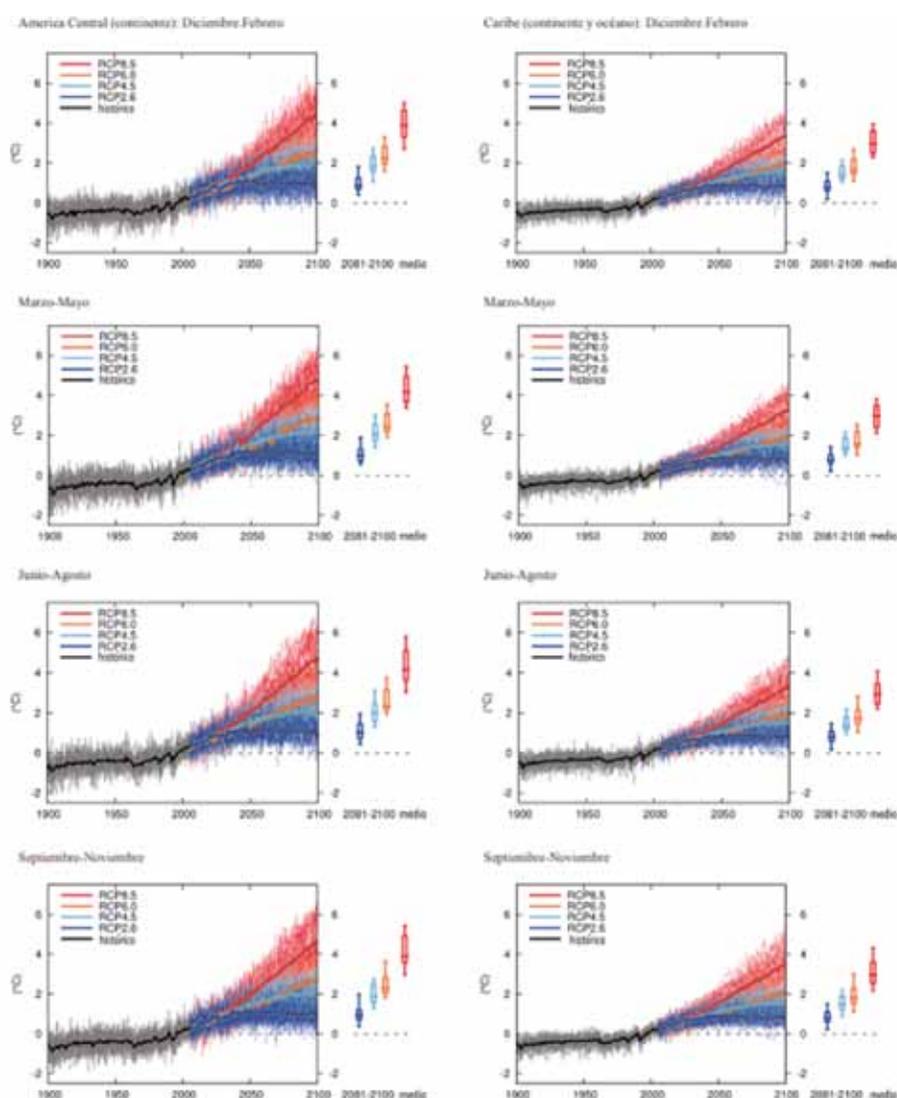


Fig. 1.3/ Variación de temperatura trimestral RCP 4.5 en América Central y Caribe respecto de 1986-2005.

Fuente: AR5 IPCC WGL

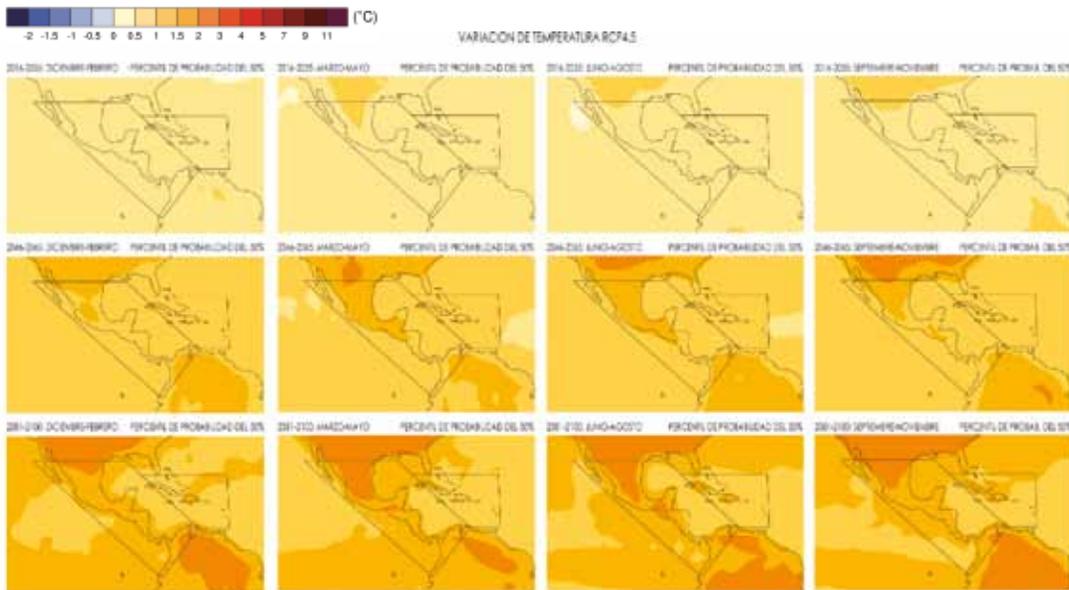


Fig. 1.4/ Variación de temperatura trimestral RCP 4.5 en América Central y Caribe respecto de 1986-2005.

Fuente: AR5 IPCC WGII

Las disminuciones de precipitación son insignificantes a lo largo del siglo XXI para el 6,0 y del 25% para RCP 8,5). Sin embargo, dicha disminución de precipitación entre abril y septiembre es únicamente significativa desde un punto de vista estadístico para el escenario RCP 8,5 al ser superior a la propia variabilidad natural.

### 2.3. Variación del nivel del mar

De los efectos que va a producir el calentamiento global, el que sin duda va a tener las consecuencias más graves para los kuna es el derivado del aumento del nivel del mar, que ha sido de alrededor de 19 centímetros desde 1900 hasta hoy y que puede tener impactos muy graves para algunas de estas comunidades. Para considerar los efectos del incremento del nivel del mar sobre una zona costera, es necesario considerar los tres siguientes aspectos: 1) el aumento medio del nivel del mar; 2) los cambios locales del nivel del mar; y 3) los cambios en los fenómenos extremos del nivel del mar y del oleaje.

El aumento medio del nivel del mar se obtiene mediante la suma de los siguientes componentes: 1) la expansión térmica, debida al incremento de temperatura del océano; 2) el deshielo de los glaciares; 3) el deshielo de Groenlandia; 4) los fenómenos dinámicos de la placa de hielo de Groenlandia; 5) los fenómenos dinámicos de la placa de hielo de la Antártida; 6) la pérdida de

hielo de la Antártida (en todos los escenarios contemplados, se produce un pequeño aumento de la placa de hielo de la Antártida al producirse un incremento de la precipitación en la misma), y 7) debe tenerse en cuenta el agua embalsada en superficie, así como la obtenida de la extracción de los acuíferos (THE IPCC SCIENTIFIC ASSESSMENT, 1990).

Las previsiones del aumento del nivel medio del mar en la Tierra por los modelos climáticos y para los diferentes escenarios en el año 2100 con respecto al nivel medio entre los años 1986 y 2005 oscilan entre 0,44 (0,28 a 0,61) metros para el escenario RCP 2,6 y 0,74 (0,52 a 0,98) metros para RCP 8,5 (FIG. 2.2). Asimismo, las variaciones entre 2081-2100 y 1986-2005 previstas son de 0,40 (0,26 a 0,55) metros para RCP 2,6, 0,47 (0,32 a 0,63) metros para RCP 4,5, 0,48 (0,33 a 0,63) metros para RCP 6,0 y 0,63 (0,45 a 0,82) metros para RCP 8,5 (FIG. 2.2). Las cifras entre paréntesis representan el intervalo para el que existe una probabilidad del 66% de que el aumento del nivel del mar se encuentre dentro del mismo en el plazo para el que se realiza la estimación.

Asimismo, en los gráficos adjuntos puede verse el incremento del nivel medio del mar a lo largo de este siglo con respecto al correspondiente al del periodo 1986 a 2005 para los diferentes escenarios de emisiones y las contribuciones de los diferentes factores al mismo (FIG. 3.1) así como la evolución de la tasa de aumento anual a lo largo del tiempo (FIG. 3.2).

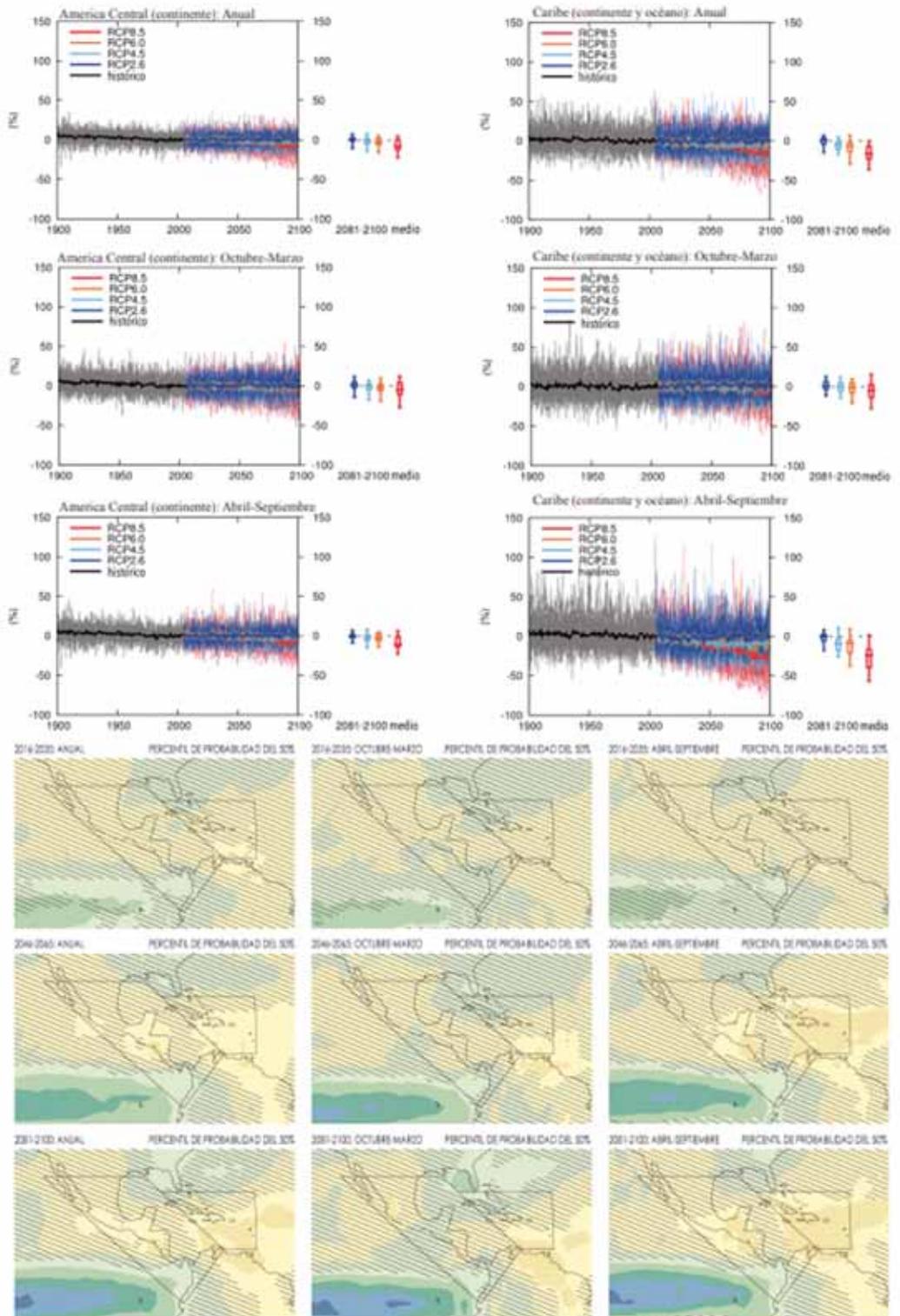


Fig. 2.1/ Variación de precipitaciones RCP 4.5 en América Central y Caribe respecto de 1986-2005.

Fuente: AR5 IPCC.

	SRES	RCP2.6	RCP4.5	RCP6.0	RCP8.5
Expansión térmica	0.21 [0.16 to 0.26]	0.14 [0.10 to 0.18]	0.19 [0.14 to 0.23]	0.19 [0.15 to 0.24]	0.27 [0.21 to 0.33]
Glaciares <sup>a</sup>	0.14 [0.08 to 0.21]	0.10 [0.04 to 0.16]	0.12 [0.06 to 0.19]	0.12 [0.06 to 0.19]	0.16 [0.09 to 0.23]
Placa de hielo de Groenlandia (BMS) <sup>b</sup>	0.05 [0.02 to 0.12]	0.03 [0.01 to 0.07]	0.04 [0.01 to 0.09]	0.04 [0.01 to 0.09]	0.07 [0.03 to 0.16]
Placa de hielo de Antártida (BMS) <sup>c</sup>	-0.03 [-0.06 to -0.01]	-0.02 [-0.04 to -0.00]	-0.02 [-0.05 to -0.01]	-0.02 [-0.05 to -0.01]	-0.04 [-0.07 to -0.01]
Fenómenos dinámicos rápidos. Placa de hielo de Groenlandia	0.04 [0.01 to 0.06]	0.05 [0.02 to 0.07]			
Fenómenos dinámicos rápidos. Placa de hielo de Antártida	0.07 [-0.01 to 0.16]				
Almacenamiento de agua en continente	0.04 [-0.01 to 0.09]				
Elevación media del nivel del mar en 2081-2100	<b>0.52 [0.37 to 0.69]</b>	<b>0.40 [0.26 to 0.55]</b>	<b>0.47 [0.32 to 0.63]</b>	<b>0.48 [0.33 to 0.63]</b>	<b>0.63 [0.45 to 0.82]</b>
Placa de hielo de Groenlandia	0.09 [0.05 to 0.15]	0.06 [0.04 to 0.10]	0.08 [0.04 to 0.13]	0.08 [0.04 to 0.13]	0.12 [0.07 to 0.21]
Placa de hielo de Antártida	0.04 [-0.05 to 0.13]	0.05 [-0.03 to 0.14]	0.05 [-0.04 to 0.13]	0.05 [-0.04 to 0.13]	0.04 [-0.06 to 0.12]
Fenómenos dinámicos rápidos de las placas de hielo	0.10 [0.03 to 0.19]	0.12 [0.03 to 0.20]			
Tasa de elevación media del nivel del mar (mm/año)	<b>8.1 [5.1 to 11.4]</b>	<b>4.4 [2.0 to 6.8]</b>	<b>6.1 [3.5 to 8.8]</b>	<b>7.4 [4.7 to 10.3]</b>	<b>11.2 [7.5 to 15.7]</b>
Elevación global media del nivel de mar 2046-2065	0.27 [0.19 to 0.34]	0.24 [0.17 to 0.32]	0.26 [0.19 to 0.33]	0.25 [0.18 to 0.32]	0.30 [0.22 to 0.38]
Elevación media del nivel del mar en 2100	<b>0.60 [0.42 to 0.80]</b>	<b>0.44 [0.28 to 6.8]</b>	<b>0.53 [0.36 to 0.71]</b>	<b>0.55 [0.38 to 0.73]</b>	<b>0.74 [0.52 to 0.98]</b>

Únicamente el colapso de los sectores marinos de la placa Antártica en caso de iniciarse podría causar que la elevación global media del nivel del mar se incrementase considerablemente por encima del intervalo indicado durante el siglo XXI. Esta contribución adicional potencial no puede ser cuantificada con precisión, pero existe un grado de confianza medio de que no incrementaría el nivel del mar por encima de varios decímetros.

- a. Descartando glaciares en la Antártida, pero incluyendo glaciares periféricos a la placa de hielo de Groenlandia.  
b. Incluyendo la retroalimentación de altura BMS  
c. Incluyendo la interacción entre el cambio BMS y el fijo de salida  
BMS: "Balance de Masas de la Superficie".

FIG. 2.2/ Estimación del incremento del nivel del mar en 2081-2100 respecto a 1986-2005.

Fuente: AR5 IPCC.

En concreto, la tasa anual media de aumento del nivel del mar en el periodo entre 1993 y 2010 ha sido de 3,2 mm/año mientras que la tasa proyectada de elevación del mismo para el escenario RCP 2,6, de 4,5 mm/año, permanece aproximadamente constante hasta 2050 y, después, se hace ligeramente decreciente. La tasa llega a ser aproximadamente constante a finales del siglo XXI en los escenarios RCP 4,5 (6 mm/año) y RCP 6,0 (7 mm/año), mientras que en el escenario RCP 8,5 el aumento del nivel se acelera con el tiempo, no llegando a estabilizarse para final de siglo y alcanzando los 11 mm/año en el periodo 2081-2100 (FIG. 3.2).

Todas las estimaciones anteriores provienen de proyecciones basadas en los procesos físicos, existiendo un nivel de confianza medio en los mismos.

En los gráficos de la FIG.4 se muestra también la mediana (línea negra gruesa) y el intervalo probable (zona gris, con una probabilidad del 66%) obtenidos de las proyecciones basadas en los fenómenos físicos.

Existen otros tres métodos para estimar la elevación del nivel del mar, que son los siguientes: 1) métodos semiempíricos; 2) utilización de registros paleoclimáticos; y 3) contribución del cambio dinámico de la placa de hielo.

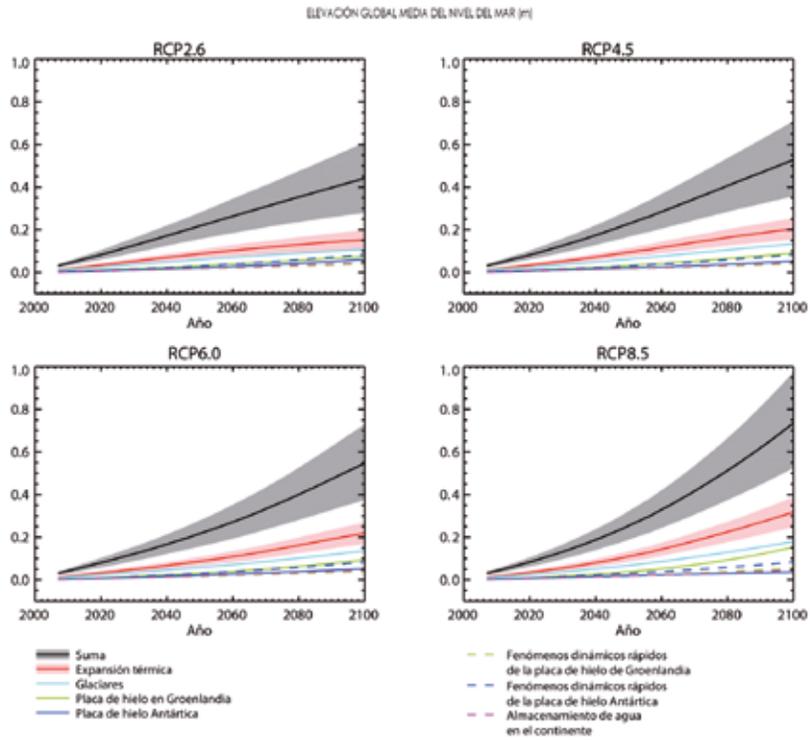


Fig. 3.1/ Evaluación global media del mar en varios escenarios de emisión (m).

Fuente: AR5 IPCC WGL.

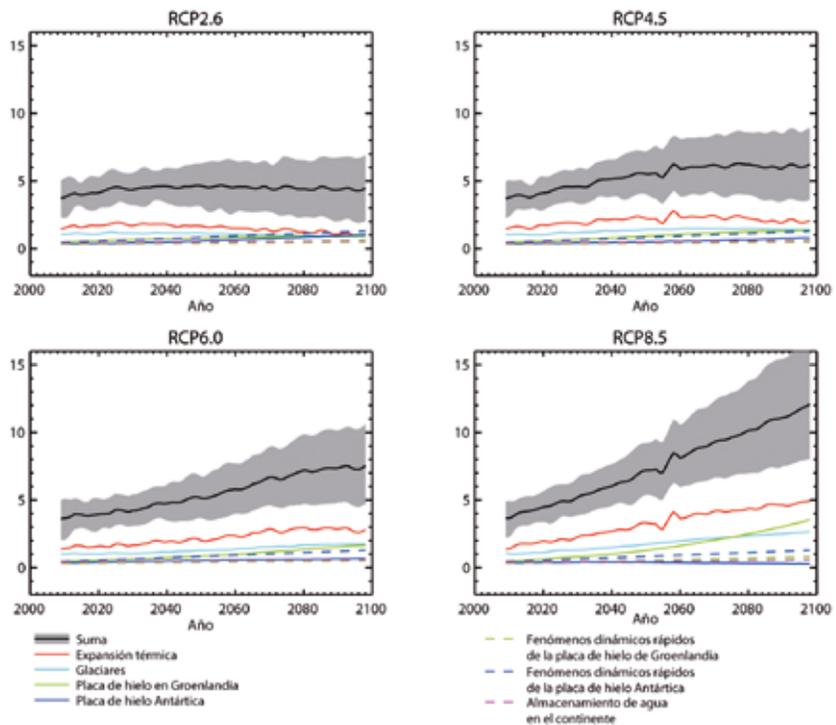


Fig. 3.2/ Tasa de elevación global media del mar en varios escenarios de emisión (mm/año).

Fuente: AR5 IPCC WGL.

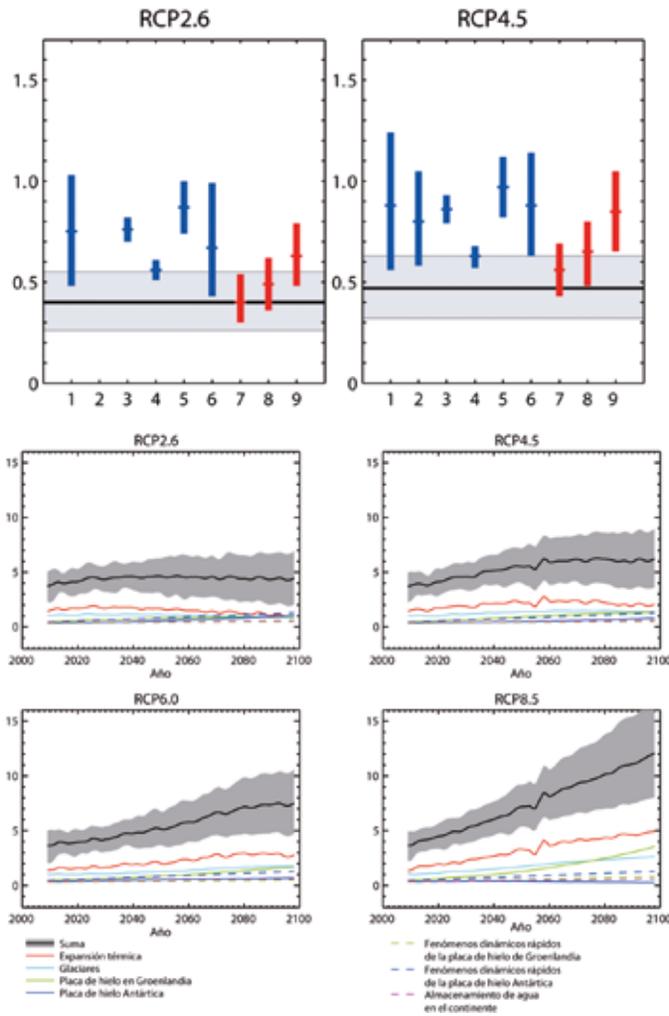


Fig. 4/ Estimación de la elevación del mar en 2081-2100 respecto a 1986-2005 mediante modelos semiempíricos (m).

Fuente: AR5 IPCC WGII.

Los métodos semiempíricos para estimar el incremento del nivel del mar se empezaron a utilizar para resolver dos problemas: 1) cuando se publicó el 4º Informe de Evaluación del IPCC en 2007, los modelos basados en los procesos físicos eran incompletos por la falta de disponibilidad de los modelos dinámicos de hielo que fueran capaces de simular con solvencia las recientes aceleraciones en el flujo del hielo; y 2) en los informes anteriores del IPCC, había una gran diferencia entre la elevación del nivel del mar observada y la derivada de la expansión térmica, los glaciares y las placas de hielo. Los métodos semiempíricos se crearon con el objeto de poder reproducir la evolución del nivel del mar a lo largo del periodo de calibración. Las previsiones de incremento del nivel del mar estimadas por estos modelos presentan una gran

dispersión y son considerablemente superiores a las obtenidas en las proyecciones basadas en los modelos físicos, habiendo poco nivel de acuerdo y ningún consenso en la comunidad científica sobre la fiabilidad de dichas proyecciones (Fig. 4).

Un tercer método consiste en la utilización de los registros paleoclimáticos, que muestran que ha habido aumentos rápidos del nivel del mar al final de las glaciaciones, llegando a tasas de alrededor de 10 mm/año durante siglos. Durante el último periodo interglaciar, hace alrededor de 120.000 años, existe un gran nivel de confianza en que la tasa media máxima en un periodo de 1000 años estuvo entre 2 metros/año y 7 metros/año. En todo caso, es necesario tener en cuenta que las variaciones climáticas que

tuvieron lugar durante los periodos interglaciares tuvieron forzamientos muy diferentes a los actuales, que son de naturaleza antropogénica, por lo que no es razonable que las tasas observadas en dichos periodos proporcionen límites superiores a los que eventualmente se pudieran producir en este siglo (SOLOMON & al. 2007).

Un cuarto método tiene en cuenta la contribución del cambio dinámico de las placas de hielo de Groenlandia y de la Antártida, para lo que hay que considerar los límites cinemáticos. Alguno de estos modelos estima que la contribución de la Antártida al aumento del nivel del mar podría llegar a ser del orden de 0,5 metros a final del siglo XXI. En todo caso, aunque los autores de estos modelos los consideran como físicamente posibles, no son capaces de estimar su probabilidad.

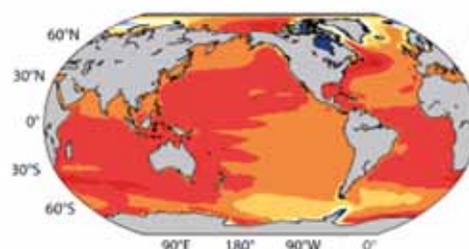
En síntesis, los métodos que mayor nivel de confianza producen son los basados en los procesos físicos. Para el escenario RCP 8,5, el rango probable (66% de probabilidad) alcanza un incremento de 0,98 metros sobre el periodo 1986-2005. En dicha estimación, los modelos climáticos prevén un aumento de la precipitación en la Antártida, algo que no ha sido observado hasta ahora. Si eliminamos dicho incremento de lluvia, el rango probable de aumento para el escenario RCP 8,5 llega a los 1,03 metros en 2100.

Asimismo, únicamente el colapso de sectores marinos de la placa de hielo de la Antártida podría producir un incremento sustancial del nivel del mar en el siglo XXI. Aunque no hay consenso científico sobre la probabilidad de que se produzca dicho colapso, existe un nivel de confianza medio de que, si se iniciara el mismo, el aumento del nivel del mar no sería superior a varios decímetros durante el siglo XXI.

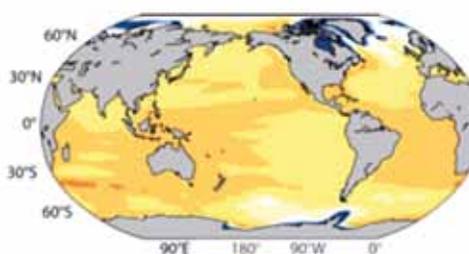
Por otra parte, los cambios del nivel del mar regionales pueden diferir de una forma sustancial con respecto a la media global. Es, por tanto, necesario tomar en consideración dichos cambios, que son consecuencia de los siguientes factores: 1) procesos dinámicos del océano; 2) movimientos del fondo marino; 3) cambios en la gravedad derivados de la redistribución de la masa del agua; 4) respuesta a variaciones de la presión atmosférica; y 5) respuesta dinámica a la aportación de agua dulce desde los glaciares y las placas de hielo (AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY, 2016; INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2015).

Teniendo en cuenta todos estos factores, el aumento del nivel del mar previsto presenta importantes variaciones regionales. Por ejemplo, para el escenario RCP 4,5, mientras la variación prevista del nivel del mar entre 1986-2005 y 2081-2100 es de 0,47 metros, el rango total para dicha elevación en todos los océanos oscila entre -1,74 y +0,71 metros. En la zona de los kuna y para

Valor medio (1) de Elevación del mar entre 1986-2005 y 2081-2100 para el escenario RCP 4.5 teniendo en cuenta factores locales (2) y evaluada a partir de 21 modelos



Valor del límite inferior de incertidumbre del 90% (P=0,05)



(1) La media global es de 0,48 m, con un intervalo total entre -1,74 y 0,71 m, (2) considera los siguientes factores: presión atmosférica, hielo continental, ajuste glacial isostático y fuentes de agua terrestre.

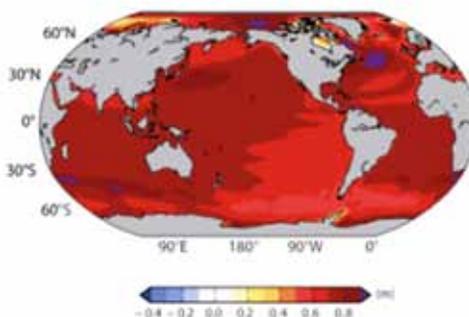


Fig. 5/ Elevación del mar entre 1986-2005 y 2081-2100 para el escenario RCP 4.5.

Fuente: AR5 IPCC WGII

dicho escenario RCP 4,5, el aumento del nivel del mar teniendo en cuenta las variaciones regionales alcanza 0,55 metros para una probabilidad del 50%, llegando a los 0,75 metros para el percentil del 90% en la curva de distribución de probabilidad (FIG. 5).

Por último, también es necesario considerar los niveles extremos del mar debidos al oleaje y a los vientos asociados a los fenómenos meteorológicos. A este respecto, hay que tener en cuenta que existe unas condiciones futuras de las tormentas y, por tanto, en las proyecciones regionales de oleaje (Fig. 6 y 7).

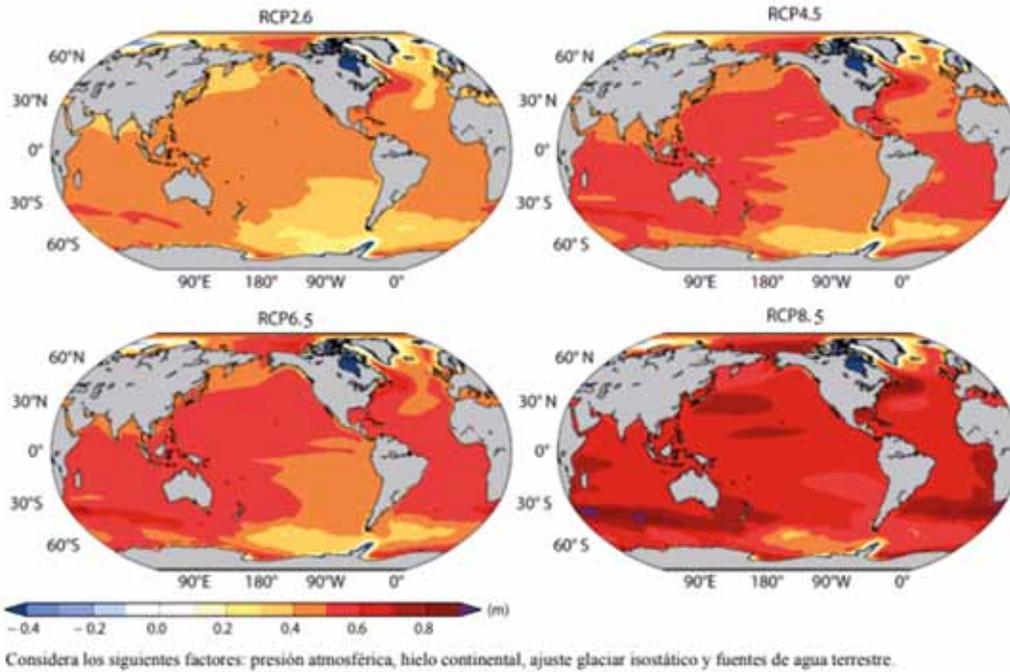
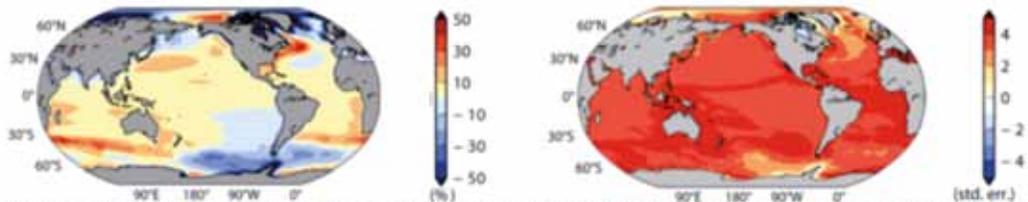


Fig. 6/ Elevación del nivel del mar entre 1986-2005 y 2081-2100 para diferentes escenarios teniendo en cuenta factores locales y evaluada a partir de 21 modelos.

Fuente: AR5 IPCC.



Asimismo, el porcentaje de desviación sobre la elevación media del mar entre 1986-2005 y 2081-2100 derivado de los factores regionales es de alrededor del 10%

A la izquierda porcentaje de desviación del cambio del nivel del mar entre 1986-2005 y 2081-2100 del conjunto regional con respecto al valor de la media global para el escenario RCP4.5, a la derecha cambio del nivel del mar (incluyendo todos los componentes) dividido por el error estándar de todos los componentes para el escenario RCP4.5.

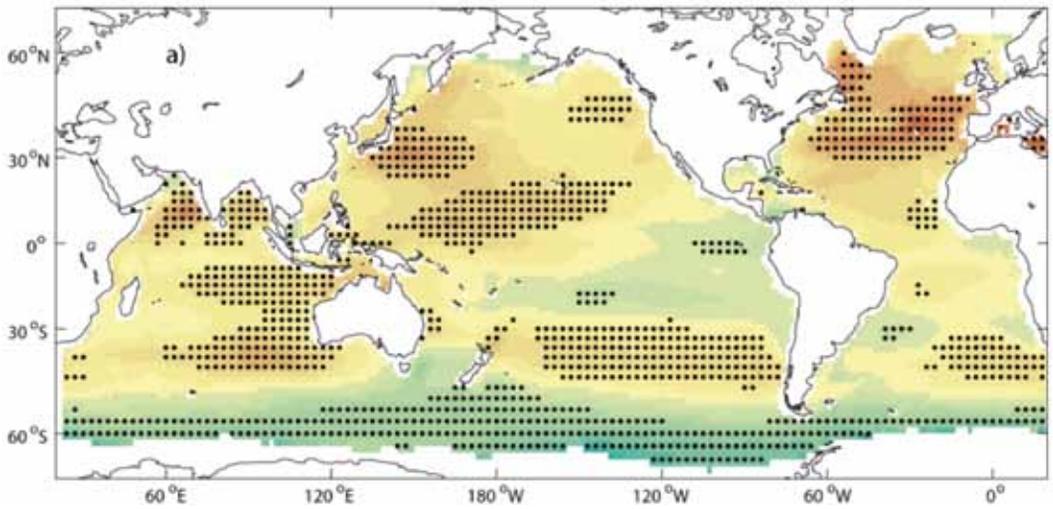
Fig. 7/ Cambio del nivel del mar.

Fuente: AR5 IPCC.

El proyecto “Coordinated Ocean Wave Climate Project (COWCLIP)” ha realizado un análisis de la altura significativa de ola (como la media del tercio más alto de las olas) y llega a la conclusión de que en la zona donde viven los kuna está previsto que aumente la altura significativa de ola en un porcentaje inferior al 5% entre los periodos 1980-2009 y 2075-2100 (Fig. 8).

### 2.4. Variación del pH

Otro efecto derivado del calentamiento global puede ser la reducción del pH en la superficie del océano, que puede tener una influencia considerable sobre la pesca. La variación de la acidez prevista entre 1986-2005 y 2081-2100 es de una disminución del pH de 0,06 para RCP 2,6, 0,14 para RCP 4,5, de 0,20 para RCP 6,0 y de 0,31 para RCP 8,5 (Fig. 10).



La zona punteada indica que el cambio previsto es mayor que la desviación estándar del conjunto de los modelos empleados.

Fig. 8/ **Cambio del nivel del mar**

Fuente: AR5 IPCC.



Emisiones de CO<sub>2</sub> absolutas por regiones en 2015



Emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita por regiones en 2015

Fig. 9.1 y 9.2/ **Cambio del nivel del mar.**

Fuente: AR5 IPCC.



- El fenómeno dinámico del colapso de sectores marinos de la placa de hielo de la Antártida, en el que hay bastante incertidumbre sobre su efecto en la elevación del nivel del mar, aunque existe un nivel de confianza medio de que no sería superior a varios decímetros a lo largo del siglo XXI.
- Las diferencias regionales a nivel del mar debidas a fenómenos de alcance local, como son los procesos dinámicos del océano, los movimientos del fondo marino, los cambios en la gravedad derivados de la redistribución de la masa del agua, la respuesta a las variaciones de presión atmosférica o la respuesta dinámica a la aportación de agua dulce desde los glaciares y las placas de hielo. Por ejemplo, para el escenario de emisiones RCP 4.5, el aumento del nivel del mar con una probabilidad del 50% es de 55 cm (por encima de los 47 cm previstos si no se consideran los factores regionales), pero alcanza 75 cm si queremos conseguir un nivel de confianza del 90% que no será superado.
- Los niveles extremos debidos al oleaje, aunque con los conocimientos actuales existe un bajo nivel de confianza sobre las proyecciones regionales de oleaje en función del escenario de emisiones, por lo que no es posible realizar una cuantificación de este efecto

En síntesis, la elevación del nivel del mar en el Archipiélago San Blas ocupado por la población kuna depende, por un lado, de las emisiones futuras de gases de efecto invernadero y, por otro, del comportamiento del sistema atmósfera – océano – biosfera, de una complejidad muy grande y que no permite en estos momentos acotar la elevación del nivel del mar en mayor medida de lo que se detalla anteriormente.

En todo caso, es claro que el problema derivado de la inexorable elevación del nivel del mar se incrementa de forma exponencial conforme aumentan las emisiones y que la exigencia recogida en el Acuerdo Climático de París de 2015 de que la comunidad internacional haga los mayores esfuerzos para limitar el aumento de temperatura en 1,5 ° C respecto a los niveles preindustriales se debe a las poblaciones más afectadas por el calentamiento global, entre las que indudablemente se encuentra la población kuna.

No tendría sentido alguno esperar a actuar en estrategias de adaptación hasta tener una mayor certidumbre en una cuantificación más precisa de cuál va a ser la elevación del nivel del mar, dado que, en esencia, depende tanto de las emisiones antropogénicas futuras como del conocimiento científico, ninguno de los cuales puede llegar a ser determinístico.

Por tanto, lo que se propone es abordar estrategias de adaptación para la población kuna a partir del conocimiento existente en la actualidad sobre la previsión de elevación del nivel del mar en diferentes escenarios.

En primer lugar, es imprescindible llevar a cabo estudios de dinámica costera con el objeto de estimar la evolución de las islas a medida que se eleve el nivel del mar para diferentes velocidades de aumento del mismo, entre 3 mm/año y 12 mm/año, rango que está en función de los diferentes escenarios de emisión.

Para ello es necesario estudiar las corrientes marinas en el entorno de las islas y los materiales de aportación que transportan, así como el comportamiento de éstas a medida que se incrementa el nivel del mar. Porque no hay que olvidar que las islas son arenosas, por lo que pudiera ocurrir que una parte del aumento del nivel del mar –o, incluso, su totalidad– fuera compensado por el aumento del nivel de las islas por la aportación de material por el océano.

Hay dos maneras de abordar este análisis una vez conocidas las corrientes marinas y los materiales que aportan: mediante un estudio teórico a partir de modelos de simulación o bien a partir de ensayos a escala reducida en un laboratorio de costas, algo en lo que existe una dilatada experiencia en nuestro país. Este estudio podría realizarse, con mucha solvencia, en el Centro de Estudios de Puertos y Costas (CEPYC), del CEDEX, dado que tiene una amplia experiencia en este tipo de estudios, o bien en el Instituto Hidrográfico de Cantabria.

El estudio anterior debe arrojar mucha luz sobre la magnitud del problema al que se enfrenta la población kuna, no pudiendo ser determinísticos los resultados. Pero nos debe dar una idea aproximada del ritmo de acrecimiento de las islas del Archipiélago San Blas motivado por el aumento del nivel del mar.

En segundo lugar, y a partir de modelos regionales anidados en modelos globales, sería necesario analizar los dos siguientes aspectos: por un lado, la posible elevación del nivel del mar a escala regional y local; y, por otro, la realización de un estudio sobre la previsible evolución de las tormentas y de la altura significativa de ola, con el fin de determinar la magnitud de su aumento en los diferentes escenarios.

De los dos estudios anteriores, así como de las previsiones generales de elevación del nivel del mar, tendríamos una información más precisa y acotada de su elevación en condiciones normales y del debido a los fenómenos meteorológicos extremos.

A partir de este momento, estaríamos en condiciones de analizar el impacto de diferentes escenarios del aumento del nivel del mar en condiciones del mar en calma, así como cuando eventualmente se produzcan fenómenos extremos, con vientos fuertes y oleaje. Habría que considerar adicionalmente y en todos los casos la acidificación del océano que previsiblemente va a ocurrir debido a las emisiones y analizar el impacto sobre la pesca.

Por último, sería necesario analizar el impacto derivado del calentamiento global en los escenarios que se determinen para cada una de las islas donde haya asentamientos humanos, prestando obviamente mayor atención a aquellas islas con las mayores poblaciones, así como a las que eventualmente pudieran tener un impacto más negativo. A partir de lo anterior, habría que definir un Plan de Actuación detallado donde se recogieran las acciones a realizar, así como las responsabilidades y compromisos de cada uno de los organismos e instituciones en llevarlas a cabo. Hay que tener en cuenta que toda esta información, así los resultados obtenidos pueden variar con el tiempo, por lo que deberían actualizarse los escenarios cada no más de cinco años. Resultaría de gran relevancia que un solo organismo se encargara de mantener los estudios, escenarios y previsiones actualizados.

## Bibliografía

- ALVARADO, E. (2001): Perfil de los pueblos indígenas de Panamá, p. 196, Panamá: Unidad Regional de Asistencia Técnica (RUTA) y Ministerio de Gobierno y Justicia (MGJ).
- AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY (2016): State of the Climate in 2015, The National Oceanic and Atmospheric Administration, U.S. Department of Commerce: Special Supplement to the Bulletin of the American Meteorological Society Vol. 97, No. 8, August 2016.
- BALLESTERO D. & al. (2011): *Variabilidad y cambio del nivel del mar en el Golfo de Honduras*. Informe Técnico preparado por el Laboratorio de Oceanografía y Manejo Costero de la Universidad Nacional. Septiembre 2011. 20 p.
- BINDOFF N.L., & al (2007): *Observations: Oceanic Climate Change and Sea Level*. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis.
- CARAVACA BARROSO, I. (2014): "Los territorios en la crisis". *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales CyTET XLVI* (nº 182) p. 607-624.
- CASTILLO DÍAZ B. D. (2005): *La autonomía indígena en Kuna Yala frente al impacto de la globalización: un análisis de los retos del autogobierno indígena*, p. 305, Costa Rica: Universidad de Costa Rica Facultad, de Ciencias Sociales, Escuela de Antropología.
- CAZENAVE A, NEREM R.S. (2004): Present-day sea level change: Observations and causes, *Rev. Geophys.*, 42, RG3001, doi:10.1029/2003RG000139
- DISPLACEMENT SOLUTIONS (2014): *Los principios de península en acción cambio climático y desplazamiento en la región autónoma de Gunayala*, Panamá, p. 106, Arteria Studio.
- FISH M., & al (2005): *Predicting the impact of sea-level rise on Caribbean Sea turtle nesting habitat*. *Conservation Biology* 19: p.482– 491.
- FITZGERALD, D.M. & al (2008): *Coastal impacts due to sea level rise*. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 36: p.601–647.
- GLYNN P, & al (1990): *Experimental evidence for high temperature stress as the cause of El Niño coincident coral mortality*. *Coral Reefs* 8: 181–191.
- GÓMEZ VALLARINO, M. & GÓMEZ VALLARINO, T. & GÓMEZ GÓMEZ OREA D. (2013): "El paisaje urbano: una aproximación a sus componentes básicos para su inserción en planes y proyectos" *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales CyTET XLV* (175). p. 9–25.
- HAWKES L, & al. (2009): Climate Change and marine turtles. *Endangered Species Research* 7: p.137–154.
- IMBACH P & al. (2012): "Modeling potential equilibrium states of vegetation and terrestrial water cycle of Mesoamerica under climate change scenarios". *Journal of Hydrometeorology* 13: 665–680.
- INAKELIGINIA & AIBAN WAGUA & OLOGUIDI (2007): Así lo vi y así me lo contaron: datos de la Revolución Kuna de 1925, p. 174, Panamá: Onmaked Dummad Sunmaked; Onmaked Dummad Namaked, Nan Garburba Oduloged Igar = *Congreso General Kuna; Congreso General de la Cultura Kuna*, Educación Bilingüe Intercultural.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSO. (2010): XI Censo Nacional de Población y VII de Vivienda 2010, Panamá: *Instituto Nacional de Estadística y Censo*. Contraloría General de la República de Panamá.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (2015): World energy outlook special report, energy and climate change. — (2016): *World energy outlook*.
- NACIONES UNIDAS (2015): «Acuerdo de París 2015, de la Convención marco sobre el cambio climático».
- NICHOLLS R.J., & al (1999): "Increasing flood risk and wetland losses due to global sea-level rise: regional and global analyses". *Global Environmental Change* 9, Supplem: p. S69–S87.
- SOLOMON S & al. (2007): *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [SOLOMON S & al, HL Miller (eds.)]. Cambridge University Press.
- THE IPCC SCIENTIFIC ASSESSMENT (1990): *Climate Change*, New York: Press Syndicate of the University of Cambridge
- VENTOCILLA, J & al (1995): Los indígenas kunas y la conservación ambiental, p. 95-124, Mesoamérica: Centro de Investigaciones Regionales de Mesoamérica.