

PASADO, PRESENTE Y FUTURO DEL NIVEL DEL MAR EN EL PAÍS VASCO

Autora: Elisa Sainz de Murieta

1. Cambios en el nivel del mar en el pasado

A lo largo de la historia de la Tierra han ocurrido numerosos cambios climáticos. Precisamente, el periodo Cuaternario en el que vivimos actualmente y que abarca los últimos 2.6 millones de años de la historia de la Tierra, se caracteriza por la ocurrencia de un gran número de oscilaciones climáticas entre fases glaciares frías e intervalos interglaciares más templados. Durante las fases glaciares, se registran grandes acumulaciones de hielo sobre los continentes, cuya extensión se reduce de manera importante en las fases interglaciares. Estas oscilaciones climáticas han generado cambios importantes en el nivel del mar, que han alcanzado las cotas más altas durante las fases cálidas y mínimas durante los periodos glaciares. Estas diferencias en el nivel del mar en periodos glaciares e interglaciares ha llegado a superar los 100 m, tal y como puede observarse en la Figura 1.

Durante el periodo interglacial anterior al que estamos viviendo actualmente (Last Interglacial stage, LIG), la temperatura era entre 1-2°C superior a la actual y de acuerdo a diferentes registros paleontológicos se conoce que el nivel del mar estaba entre 4 y 6 m por encima del nivel actual⁽¹⁾. Un estudio reciente llevado a cabo conjuntamente por científicos de la Universidad del País Vasco, Basque Centre for Climate Change (BC3) y la

Factores clave

- *El nivel del mar ha tenido grandes variaciones a lo largo de la historia de la Tierra.*
- *En el periodo interglacial anterior, hace ~120.000 años, el nivel del mar estaba 4,5 m por encima del nivel medio actual en Bilbao.*
- *La tasa de aumento del nivel del mar en la costa vasca durante el siglo XX se ha medido en 2 mm al año, 4 veces más rápido que durante los últimos 7.000 años.*
- *A finales de siglo el nivel medio del mar global podría alcanzar 53-98 cm en el escenario más desfavorable (RCP8.5).*
- *En la costa vasca, las últimas proyecciones regionalizadas muestran valores de 41-57 cm (para las proyecciones RCP4.5 y 8.5 respectivamente).*

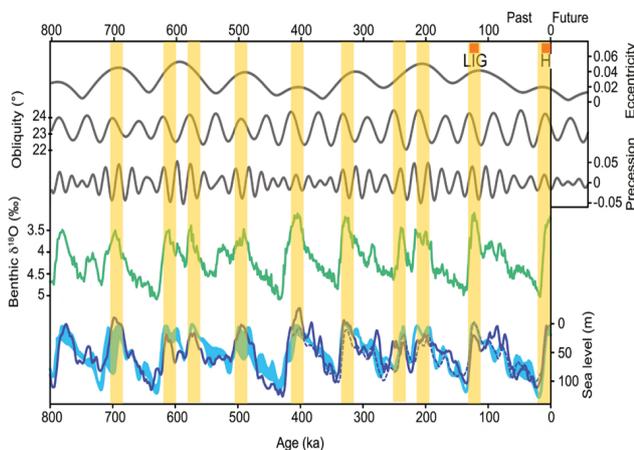


Figura 1: Alternancia de ciclos glaciares e interglaciares durante los últimos 800.000 años. Las franjas amarillas identifican las fases tem-

Universidad de Coimbra han podido determinar que en la cornisa cantábrica el nivel del mar durante el LIG llegó a alcanzar 4,5 m por encima del nivel medio actual, desplazando la línea de costa hacia el interior.

El LIG que alcanzó su máximo hace aproximadamente 125.000 años BP dio paso al último periodo glacial, cuyo máximo se registró hace aproximadamente 20.000 años BP. En este momento el nivel del mar se encontraba 120-130 m por debajo del nivel actual⁽²⁾.

PASADO, PRESENTE Y FUTURO DEL NIVEL DEL MAR EN EL PAÍS VASCO

Debido al retroceso de los glaciares que pusieron fin a la última edad de hielo hace aproximadamente 11.000 años, el nivel del mar volvió a ascender hasta alcanzar el nivel actual, aunque la velocidad de ascenso no ha sido constante durante todo el periodo, sino que se han podido identificar dos fases: en la primera, se dio un aumento del nivel del mar rápido, cuya velocidad media fue de 10 mm al año, con máximos de hasta 40 mm al año. Durante la segunda fase, hace 7.000 años BP, la velocidad se reduce drásticamente⁽¹⁾ (Figura 2).

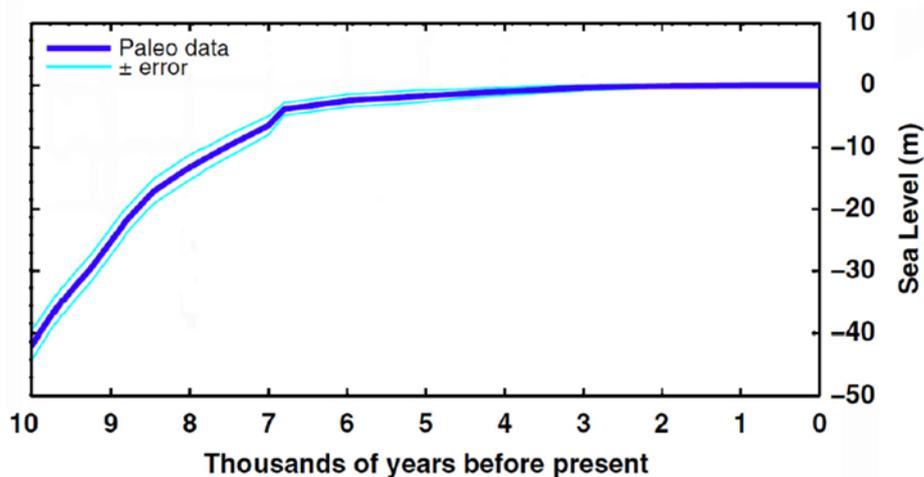


Figura 2: Cambios globales en el nivel del mar desde hace 10.000 años BP aproximadamente (época Holocena) (Church *et al.*, 2008).

Investigadores de la Universidad del País Vasco han podido observar este mismo proceso de ascenso del nivel del mar en la costa vasca a partir del registro sedimentario en marismas de la costa vasca. Además, se han identificado también dos fases claramente diferenciadas y coetáneas: un primer ascenso rápido del nivel del mar al finalizar el último periodo glacial, que pasó de aproximadamente 27 m hace 10.000 años BP a 5 m hace 7.000 años BP. La velocidad de ascenso medida durante dicho periodo varió entre 9 y 12 mm al año, con una velocidad media de 10 mm al año, es decir, 1 m por siglo. A partir del 7.000 BP, se da una estabilización del nivel del mar y la velocidad de ascenso se reduce a medio milímetro al año (unas 20 veces inferior al periodo anterior)^(3,4) (ver Figura 3).

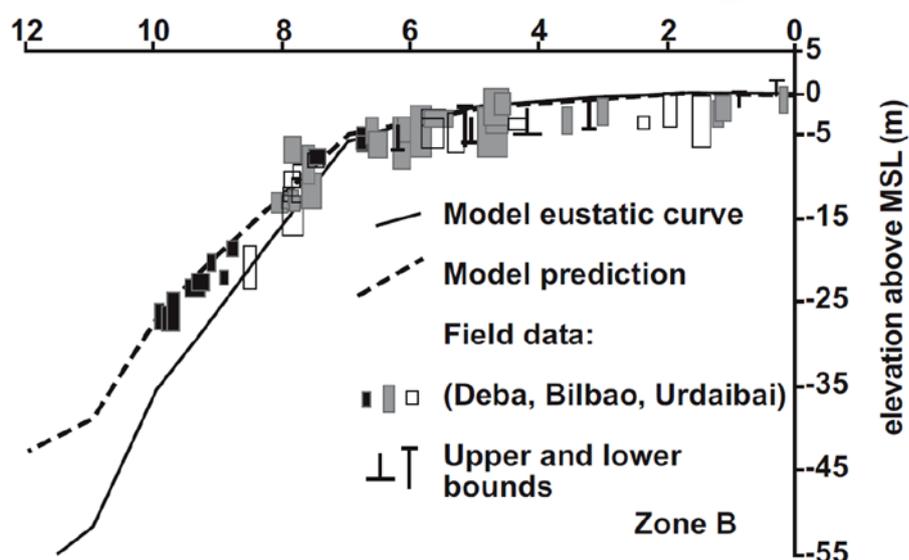


Figura 3. Cambios en el nivel del mar en la costa vasca durante los últimos 12.000 años (época Holocena) (Leorri *et al.* (2012).

2. El nivel del mar durante el siglo XX

Si bien los últimos cientos de miles de años se han caracterizado por una gran variabilidad climática, que ha estado acompañada por cambios importantes en el nivel del mar, el fenómeno de cambio climático actual es de otra naturaleza. El último informe del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) publicado en 2014 afirma que el calentamiento del planeta es inequívoco y que está causado por la actividad humana. Algunos de los efectos de estos cambios están siendo ya observados: desde 1880 hasta 2012 la temperatura media de la Tierra ha aumentado en 0,85°C, a la vez que la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera crecía desde 285 ppm durante la época preindustrial, hasta 402 ppm registradas en enero de 2016. Como consecuencia de este calentamiento, el nivel del mar está aumentando y se han registrado importantes daños asociados eventos extremos. Además, se espera que algunos de estos efectos se acentúen en el futuro. De hecho, aunque a corto plazo hubiera una reducción drástica de emisiones, la propia inercia del sistema climático generará impactos a los que el ser humano deberá enfrentarse, y entre ellos se encuentra el aumento del nivel del mar.

Veámos que el ascenso del nivel del mar se había estabilizado durante los últimos 7.000 años BP. Sin embargo, a partir del siglo XX se ha observado una aceleración global en el ascenso del nivel del mar. En varias marismas de la costa vasca la velocidad a la que está aumentando el nivel del mar durante el siglo XX se ha medido en 2 mm al año, 4 veces más rápido que en los 7.000 años anteriores. Estas observaciones basadas en el registro geológico reciente de las marismas coincide con las mediciones del registro instrumental, concretamente, con los datos obtenidos por los mareógrafos de Bretaña y Santander (Figura 4).

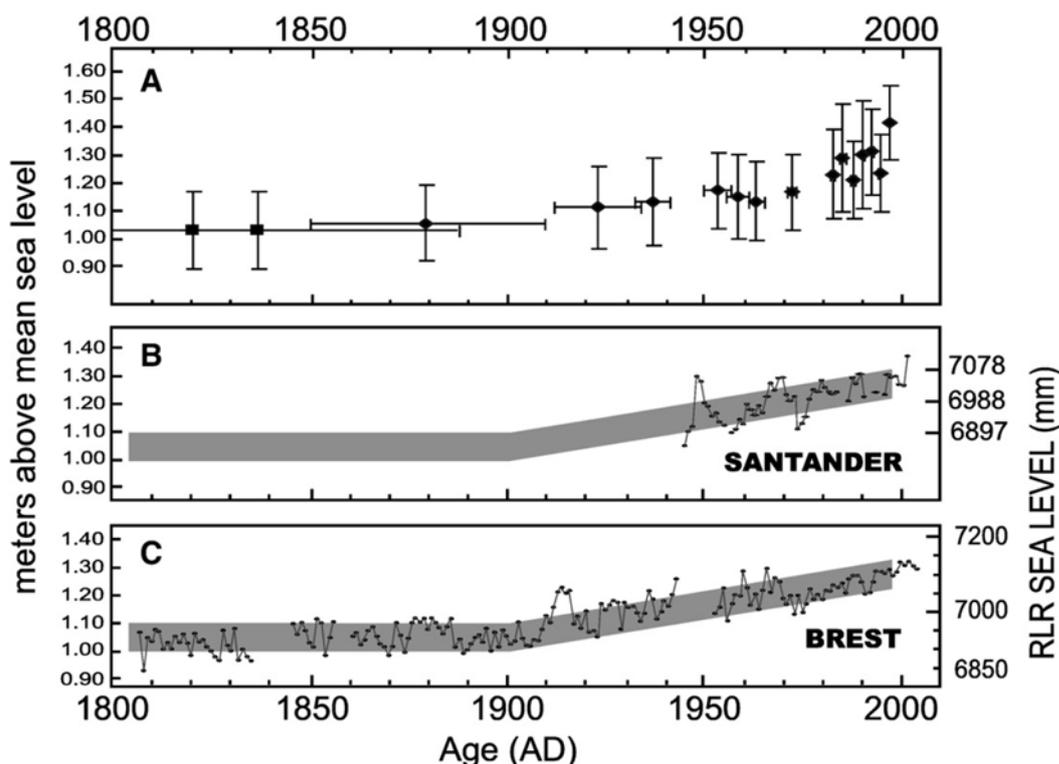


Figura 4. Ascenso del nivel del mar desde 1800 hasta la actualidad. La figura superior (A) muestra los resultados obtenidos a partir del registro sedimentario de la marisma de Ostrada (Plentzia, Bizkaia). Las figuras inferiores representan la línea de tendencia obtenida en ostrada (zona sombreada) comparada con las mediciones del mareógrafo de Santander (B) y Bretaña (C)⁽⁵⁾.

PASADO, PRESENTE Y FUTURO DEL NIVEL DEL MAR EN EL PAÍS VASCO

A partir de 1993, se dispone de datos de altimetría de alta resolución vía satélite, que para el periodo 1993-2012 muestran una velocidad de ascenso del nivel del mar global de $3,2 \pm 0,4$ mm al año. Los datos apuntan, por tanto, a que se está dando una aceleración en el aumento del nivel del mar mayor que la estimada a partir del registro geológico e instrumental a principios del siglo XX.

3. ¿Cómo cambiará el nivel del mar en el futuro?

Proyecciones globales

El último informe del IPCC prevé una aceleración en el ascenso del nivel del mar durante este siglo, en línea con las observaciones durante el siglo XX. Este aumento varía en función de diferentes escenarios obtenidos a partir de modelos basados en procesos, que divergen especialmente a partir de mediados de siglo. En el escenario global más moderado (RCP 2.6), el rango probable de aumento sería 21-61 cm en 2100, mientras que el escenario más pesimista estima un rango de 53-98 cm, tal y como muestra la Figura 5⁶.

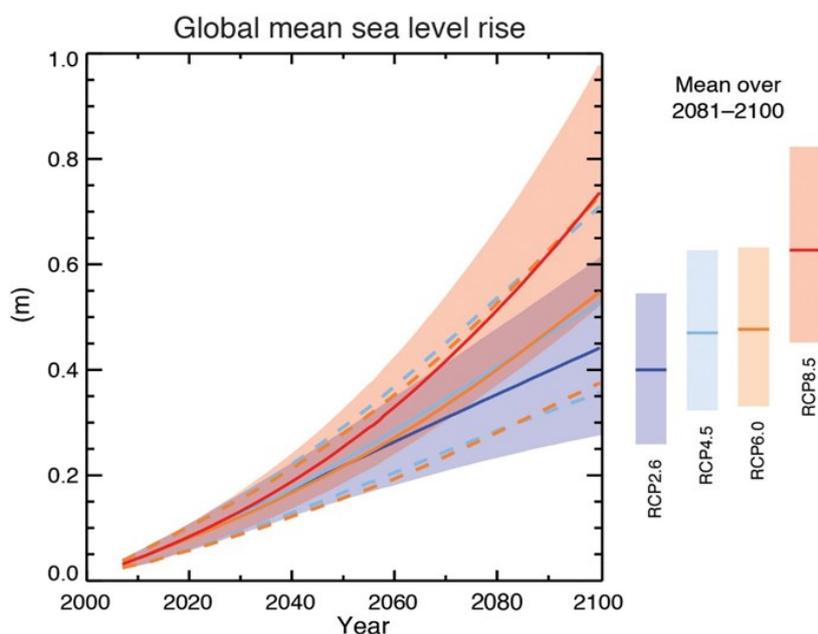


Figura 5. Proyecciones de modelos basados en procesos de la elevación del nivel medio global del mar en relación con el periodo 1986-2005 para los cuatro escenarios RCP. Las líneas continuas muestran las proyecciones de la mediana, las líneas discontinuas son los rangos probables para RCP4.5 y RCP6.0 y las tramas sombreadas los rangos probables para RCP2.6 y RCP8.5. Las medias temporales para 2081-2100 se mues-

Hasta el momento, el aumento del nivel del mar registrado ha sido mayor que el estimado en las proyecciones anteriores del IPCC, que se estiman a partir de modelos basados en procesos⁽⁸⁾. Los modelos semiempíricos han reproducido hasta el momento los cambios registrados de una forma más precisa y estos mismos modelos estiman aumentos superiores a final de siglo (entre 75 y 190 cm)⁽⁹⁾. Sin embargo, no existe certeza de que la relación entre el aumento del nivel del mar y la temperatura que reproducen los modelos semiempíricos vaya a permanecer igual en el futuro y esta es, precisamente, la principal limitación de estos modelos⁽¹⁰⁾. El IPCC da preferencia a los resultados de los modelos basados en procesos mostrados en la Figura 4⁽¹¹⁾. En cualquier caso, existe un consenso creciente en la comunidad científica de que a finales de siglo se puede alcanzar la previsión más desfavorable del IPCC, e incluso un aumento de entre 1 y 1,5 m no puede ser descartado⁽¹²⁾.

Proyecciones en la costa vasca

En la costa vasca, las primeras proyecciones de aumento del nivel del mar en el futuro fueron desarrolladas por investigadores de AZTI tomando como referencia los escenarios del 4º Informe del IPCC⁽¹³⁾, concretamente los escenarios A1B y A2. Los resultados mostraron un ascenso probable de entre 28,5 y 48,7 cm en 2100⁽¹⁴⁾, en línea con las proyecciones globales que estimaban un aumento global de entre 18 y 59 cm a finales de siglo.

El último informe del IPCC⁽¹⁵⁾ muestra estimaciones significativamente superiores, como hemos visto, por lo que parece razonable pensar que el aumento regional sea también mayor del calculado previamente. Sin embargo, los datos regionalizados disponibles actualmente estiman aumentos sólo ligeramente superiores: 41 cm en el escenario intermedio (RCP4.5) y 57 cm en el más desfavorable (RCP8.5)⁽¹²⁾.

4. Conclusiones

El nivel del mar ha variado de forma importante a lo largo de toda la historia de la Tierra, y especialmente durante el periodo Cuaternario en el que vivimos actualmente. Sin embargo, los cambios que están ocurriendo en la actualidad son de otra naturaleza y la actividad humana es la principal responsable de los mismos. Existe una gran incertidumbre sobre la velocidad e intensidad de los cambios que se esperan, también en lo relativo al aumento del nivel del mar. El IPCC ha desarrollado cuatro escenarios de ascenso del nivel del mar en el siglo XXI, que muestran un amplio rango de variación a nivel global, aunque existe un consenso científico de que es posible que el aumento sea próximo a la proyección más desfavorable (RCP8.5). Bajo esta proyección en la costa vasca se esperan valores que superan medio metro a finales de siglo.

REFERENCIAS

- (1) Church, J. A. et al. Understanding global sea levels: past, present and future. *Sustain. Sci.* 3, 9–22 (2008).
- (2) Lambeck, K., Esat, T. M. & Potter, E.-K. Links between climate and sea levels for the past three million years. *Nature* 419, 199–206 (2002).
- (3) Leorri, E. & Cearreta, A. Anthropocene versus Holocene relative sea-level rise rates in the southern Bay of Biscay. *Geogaceta* 46, 127–130 (2009).
- (4) Leorri, E., Cearreta, A. & Milne, G. Field observations and modelling of Holocene sea-level changes in the southern Bay of Biscay: implication for understanding current rates of relative sea-level change and vertical land motion along the Atlantic coast of SW Europe. *Quat. Sci. Rev.* 42, 59–73 (2012).
- (5) Leorri, E., Horton, B. P. & Cearreta, A. Development of a foraminifera-based transfer function in the Basque marshes, N. Spain: Implications for sea-level studies in the Bay of Biscay. *Mar. Geol.* 251, 60–74 (2008).
- (6) Church, J. A. et al. in *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (eds. Stocker, T. F. et al.) 1137–1216 (Cambridge University Press, 2013).
- (7) Stocker, T. F. et al. in *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (eds. Stocker, T. F. et al.) 33–115 (Cambridge University Press, 2013).
- (8) Rahmstorf, S. A Semi-Empirical Approach to Projecting Future Sea-Level Rise. *Science* 315, 368–370 (2007).
- (9) Vermeer, M. & Rahmstorf, S. Global sea level linked to global temperature. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 106, 21527–21532 (2009).
- (10) Rahmstorf, S. A new view on sea level rise. *Nat. Rep. Clim. Change* 44–45 (2010). doi:10.1038/climate.2010.29.
- (11) Hansen, J. et al. Ice melt, sea level rise and superstorms: evidence from paleoclimate data, climate modeling, and modern observations that 2 °C global warming could be dangerous. *Atmospheric Chem. Phys.* 16, 3761–3812 (2016).
- (12) Losada, I. J., Izaguirre, C. & Díaz, P. Cambio climático en la costa española. 133 (Oficina Española de Cambio Climático, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2014).
- (13) IPCC. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* (Cambridge University Press, 2007).
- (14) Chust, G. et al. Regional scenarios of sea level rise and impacts on Basque (Bay of Biscay) coastal habitats, throughout the 21st century. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 87, 113–124 (2010).
- (15) IPCC. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* (Cambridge University Press, 2013).