

# 1. INTRODUCCIÓN

Las franjas litorales han sido reconocidas entre los ambientes de mayor variabilidad geomorfológica del planeta, con ecosistemas clasificados como estratégicos por sus altas productividades biológicas, atributos paisajísticos y valores de uso, entre muchos otros criterios. Debido a sus numerosas posibilidades de uso y aprovechamiento, los terrenos litorales han estado desde finales del siglo XIX sujetos a modificaciones drásticas relacionadas con la construcción de infraestructuras habitacionales, industriales, portuarias, de comunicación, agroindustriales, turísticas, etc. En muchos litorales del mundo las intervenciones antrópicas han sido tan intensas que sus impactos han llegado a controlar su evolución, por encima de los procesos naturales presentes (*e.g.* Anfuso y Martínez Del Pozo, 2005; Hsu *et al.*, 2007).

Mirando hacia el futuro, en el cual las demandas de uso de las zonas costeras y franjas litorales se multiplicarán, la aceleración del ascenso del nivel del mar, asociada al cambio climático inducido en parte por el hombre, plantea retos de primera magnitud para el ordenamiento territorial y la gestión del desarrollo sostenible de los litorales (*e.g.* Nicholls y Cazenave, 2010).

## ***1.1. Algunos antecedentes sobre el Cambio climático y el ascenso pasado y futuro del nivel medio del mar.***

En el contexto histórico, el cambio climático global (CCG) ha inducido el ascenso eustático del nivel del mar (AENM) desde el s. XIX. Este ascenso es debido básicamente a la expansión térmica de las superficies de los océanos y al incremento de sus volúmenes de agua como resultado de la fusión de grandes áreas de hielo de los glaciares y casquetes polares. Las investigaciones más detalladas a la fecha proponen tasas históricas de ascenso del AENM con valores como los siguientes (*e.g.* Bindoff *et al.*, 2007):

- a) 1.7 mm/año durante el periodo 1870 - 2003.
- b) 1.8 mm/año durante el periodo 1965 - 2003.
- c) 3.0 mm/año durante el periodo 1993 - 2003.

Basados en estimaciones como las anteriores, algunos autores han propuesto diferentes escenarios futuros para las velocidades y magnitudes de ascenso del nivel medio del mar durante el s. XXI. Entre otras predicciones están:

- d) Tasas de acenso de 3.1 mm/año, para el caso de que se continúe la aceleración registrada en el s. XX, lo cual implicaría un nivel medio del mar es 0.31 m por encima del nivel registrado en 1990 (Church y White, 2006).
- e) Tasas de acenso de 3.9 mm/año, considerando el escenario “más amigable” de emisiones de gases invernadero para el s. XXI considerado por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático, IPCC (Meehl *et al.*, 2007).
- f) Tasas de ascenso de 9.7 mm/año para condiciones extremas de emisiones, lo cual ubicaría en el 2099 el nivel medio del mar 0.59 m por encima de su nivel en 1990 (IPCC, Meehl *et al.*, 2007).
- g) Ascenso entre 0.6 y 2.0 m para el periodo 1990 - 2100, con un valor más probable de 0.83 m (*e.g.* Pfeffer *et al.*, 2008 y Jevrejeva *et al.*, 2010).

En este contexto, las predicciones de ascenso del nivel del mar son valores promediados para todo el planeta. Se ha demostrado, sin embargo, que dependiendo del sitio geográfico puede esperarse hasta 30% más de ascenso con respecto al ascenso promedio global, teniendo en cuenta únicamente los aspectos físicos involucrados en la evolución del nivel del mar debido al derretimiento de casquetes polares (*e.g.* Mitrovica *et al.*, 2009). De todos modos, hay acuerdo generalizado en la comunidad científica en cuanto a que son de esperar modificaciones mayores en la morfología litoral, aun considerando los escenarios menores, *v.gr.* ascensos de 30 cm para el 2100 (*e.g.* Meehl *et al.*, 2007)

En el contexto regional del Caribe sur colombiano y panameño, muy poco estudiados, los registros mareográficos históricos de los cambios del nivel medio del mar muestran tendencias de ascenso similares a las globales, *v.gr.* de 4.5 mm/año entre 1951 y 2000 para Cartagena, y de 1.6 mm/año, entre 1907 y 1997 para Cristóbal, Panamá (Andrade, 2008). Dichas cifras deben tomarse como primeras aproximaciones y probablemente representan ascensos relativos del nivel del mar (no ascenso eustáticos) debido a la reconocida inestabilidad tectónica de la zona, afectada por fenómenos como la hidroisostacia y el diapirismo de lodos comunes en la esquina noroccidental de Suramérica (*e.g.* Page, 1982; Correa y Vernet, 2004; Correa y Morton, 2010).

## ***1.2. Preliminares sobre el impacto del ascenso futuro del nivel del mar durante el s. XXI en Antioquia***

Los impactos del ascenso futuro del nivel del mar en este siglo sobre el litoral antioqueño serán probablemente drásticos, considerando que su morfología está dominada por sectores acantilados con características geotécnicas muy pobres (acantilados “blandos”, con baja resistencia a la compresión, intensa meteorización física y química, fracturamiento denso), y por llanuras de muy poca elevación sobre el nivel del mar actual. Muy probablemente, dependiendo de la ubicación y características específicas de cada tipo de litoral, se enfrentarán (o acelerarán) los problemas actuales relacionados con la pérdida progresiva de playas, pantanos de manglar y terrenos de terrazas y colinas aledañas. También son de esperar impactos progresivos como la salinización de acuíferos, el aumento en la recurrencia y extensión de inundaciones en las planicies fluviales y fluvio-marinas, y la posible migración tierra adentro de playas, bosques de manglar y praderas de fanerógamas (*e.g.* Nicholls y Cazenave, 2010; Correa *et al.*, 2005).

Estas apreciaciones se sustentan también considerando los antecedentes de la erosión litoral en la zona, consignada en estudios semi-cuantitativos anteriores que reportan retrocesos históricos de decenas y centenas de metros en sectores como Arboletes, Zapata, Damaquiel, Necoclí y Turbo, a tasas que en algunos casos han alcanzado los m/año en promedio (Correa y Vernet, 2004; Posada y Henao, 2008). No obstante el vínculo entre el ascenso del nivel del mar y los impactos esperados en el litoral antioqueño, es preciso señalar que este agente es tan sólo uno entre muchos otros factores geológicos, biológicos, oceanográficos y antrópicos actuantes en el paisaje litoral, interrelacionados de forma compleja a escalas de tiempo entre segundos y miles de años (*e.g.* Correa *et al.*, en prensa)

Vinculando la erosión litoral histórica y el ascenso esperado del nivel medio del mar, Brooks y Spencer (2012) calcularon valores de retroceso de la línea de costa de ~600 m para el año 2100 en acantilados blandos del litoral de Suffolk, Reino Unido. En el caso del litoral antioqueño, es evidente que retrocesos de la línea de costa aún muy menores (80 a 100 m) requerirían de la evaluación y ejecución de proyectos de mitigación, *v.gr.* protección ingenieril, retrocesos planificados y/o relocalización de poblaciones, todas alternativas que deben decidirse con base en el mejor conocimiento científico posible sobre las modalidades de la erosión litoral en la zona en los contextos históricos, presente y futuro (*e.g.* Correa *et al.*, 2005; Addo *et al.*, 2008).

### ***1.3. Objetivo general – pregunta de investigación y objetivos específicos***

Dados los hechos y la justificación anteriores, esta investigación se plantea como objetivo general la **revisión y actualización de la información sobre las magnitudes y tasas de cambio históricas de la línea de costa antioqueña y la predicción de su comportamiento futuro en sitios críticos específicos, considerando los escenarios futuros de ascenso del nivel medio del mar para este siglo**. Como pregunta principal de investigación, este objetivo general se plantea como:

**¿Cuáles han sido las tasas de erosión históricas y cuáles serían las posiciones futuras de la línea de costa en Antioquia?**

#### ***1.3.1. Objetivos específicos***

De acuerdo con el objetivo general planteado, los objetivos específicos de este estudio son:

- a. Identificar-actualizar las tendencias históricas y magnitudes de cambio de la línea de costa del departamento de Antioquia.
- b. Predecir, para sectores críticos de acantilados blandos del litoral antioqueño, las posiciones futuras de la línea de costa en 2054 y 2059, en escenarios de ascenso del nivel del mar.