

A mi madre, mi “sponsor oficial”

A mi padre, quien inspira mi crecimiento personal

A Julio, con quien disfruto mi paso por la vida y me rio a carcajadas

A Milo y Migue, mis hermanos “menores” que me enseñan todos los días

A Moni, con todo mi ser

Agradecimientos

Este trabajo no hubiese sido posible en su concepción y ejecución sin los aportes de las siguientes personas:

Profesor Iván Darío Correa, Director del Grupo de Investigación Área de Ciencias del Mar de la Universidad EAFIT, Mi Profe, quien me invitó al mundo de la geomorfología de costas. Él es la cabeza de la pregunta de investigación, quien la inspiró y vislumbró su respuesta.

Profesor Juan Darío Restrepo, coordinador de la Maestría en Ciencias de la Tierra de EAFIT. Su acompañamiento fue clave en asuntos metodológicos y administrativos. Ha sido el otro faro de inspiración para mi carrera como científico del mar.

Profesor “Almirante” Michel Hermelin, Departamento de Geología de EAFIT. Sus aportes en campo, como docente y su sentido del humor siempre impecables.

Profesor Geovany Bedoya Sanmiguel, Jefe del Departamento de Geología de EAFIT. Mi agradecimiento sincero por su apoyo, desde la consecución de la beca al inicio, hasta los asuntos administrativos al finalizar el proceso.

Ingeniera Liliana Velásquez, docente del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad EAFIT, compañera de “chocoaventuras” durante el desarrollo de mis estudios y sueños a futuro.

Compañeros de la Maestría, Fede, Hebersito, Jorge “Competencia” y “La Chiqui”. Pa’ delante y muchas gracias por compartir conmigo en campo y tomando tinto.

Las “Monas”: Anita Yepes, María Uribe, Cata, Caro, Martis, Ana Zapata. Mis cómplices y amigas durante estos años como asistente de investigación.

Dirección de Investigación y Docencia de EAFIT: Dr. Félix Londoño, Ángela, Richie, Gio. Su apoyo fue siempre incondicional.

Laboratorio de Geología EAFIT: María y Will, que nos prestaron su apoyo logístico en temas de instrumentos y fotografías aéreas.

Laboratorio de Suelos, Concretos y Pavimentos EAFIT: Vladdo, Orlo, Wilmar, Johnsy, Nelson, Jorge, Alex.

Laboratorio de SIG: Susana y Uli, nos prestaron su apoyo logístico con nuestros mapas e información sobre proyectos pasados.

Admisiones y Registros: Ángela, Claudia, Diana y Milena.

Resumen

El estudio de los impactos asociados a los cambios del nivel del mar es necesario para la gestión litoral, especialmente en costas tectónicamente activas y con ecosistemas estratégicos (playas, manglares, arrecifes coralinos) como las del Caribe sur colombiano. Considerando escenarios de ascenso acelerado del nivel del mar que lo ubicarían hasta 2 m por encima de su nivel actual para finales de este siglo, la predicción de las magnitudes de erosión de los acantilados del litoral antioqueño (con tasas actuales de erosión hasta de 3.7 m/año) es uno de los elementos básicos para la planificación a mediano-largo plazo del desarrollo de esta región.

Con estos precedentes, se planteó como primer objetivo de este trabajo la actualización de las magnitudes históricas de migración de la línea de costa de Antioquia entre Punta Caribaná (municipio de Necoclí) y Bahía Colombia, municipio de Turbo. Con respecto a la migración entre 1938 y 2009, sobresale la ganancia de terrenos (+12.8 km² contra -9.7 km² de erosión) que se concentra en los depocentros deltaicos, con tasas de avance promedio asociadas entre +15.2 y +16.4 m/año en las desembocaduras de los ríos Turbo, Guadualito y Currulao. En promedio, las tasas de retroceso no superan los -3.2 m/año (El Tié), y se ubican en las franjas litorales entre los deltas de ríos donde hay avance.

A partir de estas magnitudes de retroceso históricas, se calcularon las posiciones futuras de la línea de costa para cuatro sitios de acantilados blandos (*soft cliffs*) en Antioquia ante escenarios de ascenso del nivel del mar. Para esto se utilizaron dos modelos matemáticos que consideran escalas espacio-temporales de décadas a centurias: el planteado por Sunamura y la ecuación simplificada del modelo SCAPE. Estos modelos predicen el retroceso futuro con base en valores históricos de erosión y en las tasas esperadas de ascenso del nivel del mar. Las predicciones realizadas para un mismo sitio utilizando ambas ecuaciones son diferentes (nivel de confianza del 95%), dándosele mayor credibilidad a los resultados de SCAPE por su concepción y aplicación exclusiva para acantilados blandos. En este caso, y si se tiene en cuenta la tasa de ascenso del nivel del mar más probable de +8.33 mm/año según la literatura científica, se predicen distancias promedio de retroceso entre Los Córdoba y Puerto Rey de -350.1 m (año 2054), -154.9 m en Minuto de Dios (2059), -121.9 m en Arboletes (2059) y -286.4 m en El Tié (2059). Estas magnitudes están asociadas con tasas de erosión de -7.0, -3.1, -2.4 y -5.7 m/año, respectivamente.

Los valores aquí presentados son similares a resultados validados para la costa de Suffolk, Reino Unido, considerando tasas históricas de retroceso y escenarios de ascenso del nivel medio del mar. No obstante, en tanto que no existen mediciones sistemáticas de los procesos presentes en el litoral antioqueño para construir series de tiempo estadísticamente robustas que permitan verificar las predicciones, el cuestionamiento a la utilización de este tipo de resultados en aplicaciones concretas de gestión litoral en Colombia es, sino obligatoria, necesaria.

Palabras clave: evolución de la línea de costa, ascenso del nivel del mar, predicción de retroceso litoral, Costa Caribe de Colombia, acantilados litorales de Antioquia, Golfo de Urabá.

Abstract

Research regarding sea level changes and associated impacts is required for coastal management, especially within tectonically active coasts and with presence of strategic ecosystems (beaches, mangroves, coral reefs), likewise Colombian southern Caribbean. Considering accelerated sea-level rise scenarios, which could locate sea level even 2 m above present level up to 2100, erosion magnitudes prediction of littoral cliffs of Antioquia (with current retreat rates of 3.7 m/yr) is a primary element for its medium-long term regional planning.

Within this context, it was proposed to actualize historical shoreline retreat magnitudes for the littoral fringe of Antioquia between Punta Caribaná (Necoclí town) and Bahía Colombia (Turbo) as the first objective of this work. For shoreline migration from 1938 to 2009, terrain gaining occurred mostly in the river deltas, with total values of +12.8 km² (over -9.7 km² of erosion) and associated mean retreat rates between +15.2 and +16.4 m/yr on Turbo, Guadualito and Currulao rivers mouths. Mean retreat rates are less than -3.2 m/yr (El Tié) and they are located on sites between major deltas (Turbo, Currulao, Guadualito, León, Caimán Viejo and Caimán Nuevo rivers).

As a second topic, future soft cliffs shoreline positions were calculated on four sites in Antioquia regarding proposed sea level rise scenarios. To do this, two mathematical models considering long-term spatial and temporal scales were used: equations of Sunamura and SCAPE. These models predict future shoreline retreat based on historical shoreline retreat values and expected sea level rise rates. Predictions for a same site using both equations are different (95% of statistical confidence); however, due to SCAPE equation is exclusively used for soft cliffs, more reliability is given to its results. In this case, considering the more probable sea level rise rate of 8.33 mm/yr according to scientific literature, predicted distances are: -350.1 m (year 2054) between Los Córdoba and Puerto Rey, -154.9 m in Minuto de Dios (2059), -121.9 m in Arboletes town (2059) and -286.4 m in El Tié (2059). These magnitudes are associated with retreat rates of -7.0, -3.1, -2.4 and -5.7 m/yr, respectively.

Values presented herein are similar to validated results for Suffolk Coast, UK, regarding historical shoreline retreat rates and sea-level rise scenarios. Nonetheless, due to there are not systematic measurements of coastal processes acting on the littoral of Antioquia for a construction of statistically robust time series in order to verifying predictions, question regarding coastal management application of this sort of results is, whether not obligated, necessary.

Keywords: shoreline evolution, sea-level rise, shoreline retreat prediction, Caribbean Coast of Colombia, littoral cliffs of Antioquia, Urabá Gulf.

