

Contenido

1.	INTRODUCCIÓN	19
1.1.	Algunos antecedentes sobre el Cambio climático y el ascenso pasado y futuro del nivel medio del mar.	19
1.2.	Preliminares sobre el impacto del ascenso futuro del nivel del mar durante el s. XXI en Antioquia	21
1.3.	Objetivo general- pregunta de investigación y objetivos específicos	22
1.3.1.	Objetivos específicos.....	22
2.	MARCO TEÓRICO.....	23
2.1.	Geomorfología costera.....	23
2.2.	El sistema costero: algunas definiciones espacio-temporales.....	23
2.2.1.	Línea de costa (coastline y shoreline)	26
2.2.2.	Acantilados marinos: consideraciones morfológicas y procesos erosivos.....	27
2.3.	Ascenso del nivel del mar y migración de la línea de costa	29
2.3.1.	Causas del cambio en el nivel del mar	29
2.3.2.	Predicciones del cambio en el NMM debido a CCG	30
2.3.3.	Migración de la línea de costa vinculada con ascenso del nivel del mar	30
2.3.1.	Modelo basado en procesos SCAPE (Walkden y Dickson, 2008).....	32
2.4.	Resumen Marco Teórico.....	33
3.	CONTEXTO FÍSICO GENERAL Y ESPECÍFICO.....	35
3.1.	Localización del área de estudio.....	35
3.2.	Marco geológico	36
3.3.	Marco climático	36
3.4.	Marco oceanográfico general – cambios históricos del nivel del mar.....	38

3.4.1.	Mareas y oleaje en la franja litoral de Antioquia.....	38
3.4.2.	Niveles del mar históricos en la parte sur del Mar Caribe.....	39
3.5.	Contexto físico de los sectores de acantilados blandos estudiados.....	40
3.5.1.	Sector Los Córdoba – desembocadura del río Jobo.....	40
3.5.2.	Sector El Tié (municipio de Turbo).....	42
3.6.	Resumen Contexto Físico.....	42
4.	METODOLOGÍA.....	49
4.1.	Inventario del cambio de la posición de la línea de costa de la parte oriental del Golfo de Urabá entre 1938 y 2009.....	49
4.1.1.	Cartografía de la línea de costa y posiciones futuras.....	49
4.2.	Predicción de las magnitudes de retroceso en algunos sectores de acantilados blandos ante escenarios de ascenso del nivel del mar.....	53
4.2.1.	Modelos de predicción de retroceso en acantilados blandos.....	53
4.2.2.	Valor de ascenso del NMM (S_1) para la franja litoral de Antioquia.....	53
4.3.	Resumen Metodología.....	57
5.	RESULTADOS.....	59
5.1.	Migración de la línea de costa entre Bahía Colombia y Punta Caribaná de 1938 a 2009.....	59
5.1.1.	Sector uno: Bahía Colombia – desembocadura ríos Guadualito.....	59
5.1.2.	Sector dos: Punta Las Vacas – desembocadura del río Caimán Nuevo.....	60
5.1.3.	Sector tres: Desembocadura río Caimán Nuevo – Necoclí.....	60
5.1.4.	Sector cuatro: Necoclí – Punta Caribaná.....	61
5.2.	Predicción del retroceso de sectores críticos de acantilados blandos en Antioquia ante escenarios de ascenso del NMM.....	66
5.2.1.	Los Córdoba – Puerto Rey.....	67
5.2.2.	Minuto de Dios.....	67
5.2.3.	Arboletes.....	67

5.2.4. El Tié	67
5.2.5. Valores medios de retroceso más probables a 2054 y 2059.....	72
5.3. Resumen Resultados.....	73
6. DISCUSIÓN.....	75
6.1. Estudios anteriores de migración histórica de la línea de costa entre Bahía Colombia y Punta Caribaná.....	75
6.2. Resultados de predicción en acantilados blandos en contexto de magnitudes obtenidas en otros sitios del mundo.....	77
6.3. Pertinencia del uso de ecuaciones simples para predecir el retroceso de acantilados blandos en Antioquia.....	78
6.4. Resumen Discusión.....	80
7. CONCLUSIONES	81
7.1. Inventario de migración de la línea de costa entre Bahía Colombia y Punta Caribaná	81
7.2. Predicción de las posiciones de la línea de costa para algunos sectores de acantilados blandos de Antioquia.....	81
8. REFERENCIAS.....	85

Lista de figuras

Figura 2.1. Delimitaciones espaciales del sistema costero (modificado de Masselink y Hughes, 2003).....	24
Figura 2.2. Esquema de los factores que intervienen en la evolución de las geoformas presentes en la franja litoral (modificado de Correa, 2006).	25
Figura 2.3. Nomenclatura de litorales depositacionales disipativos, que se basa en los procesos costeros cercanos a la línea de costa. Modificada de Bird, 2008.	25
Figura 2.4. Consideraciones sobre la selección de la línea de costa (tomado de Boak y Turner, 2005).....	26
Figura 2.5. Factores involucrados en la erosión basal de los acantilados litorales. (modificado de Sunamura, 1992)	28
Figura 2.6. Estados ideales en la historia geológica de un acantilado: Activo, <i>active</i> ; inactivo, <i>inactive</i> ; y pasado, <i>former</i> o <i>bluff</i> (tomado de Emery y Kuhn, 1982).	29
Figura 2.7. Esquema para la deducción de la ecuación de línea de costa de Exner. Tomada de Wolinsky, 2009.....	31
Figura 3.1. Localización geográfica de la franja litoral de Antioquia	35
Figura 3.2. Mapa geológico del sector noroccidental de Colombia, incluyendo el Golfo de Urabá y la franja litoral de Antioquia ubicada en “costa abierta”. Tomado de Prüssmann, 2012. ...	37
Figura 3.3. Diagrama de Davies y Hayes (1984) con los valores medios de altura de ola (eje horizontal) y rango mareal (eje vertical) para la franja litoral de Antioquia.....	38
Figura 3.4. Ubicación de los mareógrafos de Cartagena y Cristóbal en relación con el punto de datos de TOPEX/Poseidon, Jason-1 y Jason-2, utilizados en este estudio.....	39
Figura 3.5. Registros de niveles del mar en el sur del Mar Caribe (modificado de Andrade, 2008).....	40

Figura 3.6. Perfil de la terraza marina emergida desde la desembocadura del río San Juan, departamento de Antioquia, hasta Punta Brava, departamento de Córdoba (tomado de González y Guarín, 2003; modificado de Page, 1982).	41
Figura 3.7. Acantilados formados en rocas sedimentarias del Terciario pertenecientes al Relieve Costero de Antioquia	44
Figura 3.8. Expresiones de la acción de los procesos marinos en los escarpes.....	45
Figura 3.9. Esquema evolutivo temporal propuesto para sectores de acantilados blandos sin obras de defensa importantes. Tomado de González y Guarín, 2003.....	46
Figura 3.10. Agentes adicionales que afectan la resistencia de los acantilados ante los procesos marinos y subaéreos	47
Figura 3.11. Remanentes erosivos y afectación de viviendas presentes en los acantilados entre Puerto Rey y Arboletes.	48
Figura 4.1. Mosaico de aerofotografías de 1938, georreferenciadas y ortorrectificadas, del costado oriental del Golfo de Urabá	50
Figura 4.2. Mosaico de aerofotografías de 2009, georreferenciadas y ortorrectificadas, del costado oriental del Golfo de Urabá.	51
Figura 4.3. Ejemplo de visualización de los elementos del cálculo del valor EPR en DSAS.	52
Figura 4.4. Parámetros utilizados para la proyección de las posiciones futuras de la línea de costa.	54
Figura 4.5. Registros de nivel del mar de altimetría por satélite.....	56
Figura 4.6. Registros de nivel medio del mar históricos desde finales del s. XIX de mareógrafos (Church y White, 2011) y altimetría por satélite hasta 2012 (Nerem <i>et al.</i> , 2010)...	57
Figura 5.1. Tasas de migración de línea de costa entre 1938 y 2009 para los sectores uno (izquierda) y dos (derecha).	62
Figura 5.2. Tasas de migración de la línea de costa entre 1938 y 2009 (m/año) para los sectores tres (izquierda) y cuatro (derecha).	62
Figura 5.3. Mapas de áreas ganadas y perdidas entre 1938 y 2009 (en km ²) para los sectores uno y dos.	63

Figura 5.4. Mapas de áreas ganadas y pérdidas entre 1938 y 2009 en km ² , para los sectores tres y cuatro.	63
Figura 5.5. Escarpes ubicados en el corregimiento El Tié, municipio de Turbo	64
Figura 5.6. Evidencias de episodios erosivos recientes en el corregimiento Punta de Piedra, municipio de Turbo	65
Figura 5.7. Cambios estacionales de la cantidad de arena de playa al norte del estadero El Mirador, municipio de Necoclí, manteniendo prácticamente una línea de costa de vegetación estable constante	65
Figura 5.8. Líneas de costa sugeridas para 2054 en Los Córdoba a partir de los modelos SCAPE y Sunamura considerando escenarios de ascenso del nivel del mar	68
Figura 5.9. Líneas de costa en 2059 calculadas a partir de los modelos de Sunamura y SCAPE en el sector de Minuto de Dios, considerando varios escenarios de ascenso del nivel del mar en Antioquia	69
Figura 5.10. Ubicación predicha para la línea de costa de Arboletes en 2059 a partir de los modelos utilizados, y considerando diversos escenarios de ascenso del NMM, mostrando también las líneas de costa de 1975 y 2009	70
Figura 5.11. Líneas de costa del sector de El Tié en 2059, calculadas con los modelos de Sunamura y SCAPE para varios escenarios de ascenso del NMM.	71
Figura 6.1. Tasas de erosión litoral entre Punta Arboletes y Turbo (Correa y Vernet, 2004).	76
Figura 7.1. Ejemplo de zonificación de la franja litoral de acuerdo con la amenaza futura asociada al retroceso de la línea de costa (modificada de Dean y Dalrymple, 2004).	82

Lista de tablas

Tabla 2.1. Líneas de costa utilizadas en este estudio para migración en décadas (modificado de Boak y Turner, 2005).	27
Tabla 3.1. Estadísticos de tendencia central para los resultados del modelo de oleaje del Caribe (Posada <i>et al.</i> , en prensa) para finales de 2008 y el 2009.	39
Tabla 3.2. Factores naturales y antrópicos adicionales que afectan el retroceso de los escarpes entre Los Córdoba y Arboletes (tomado de González y Guarín, 2003).	43
Tabla 4.1. Características de la proyección de los mosaicos ortorrectificados utilizados en la cartografía de las líneas de costa de 1938 y 2009.	52
Tabla 4.2. Resumen de las ecuaciones utilizadas en el cálculo del retroceso futuro en sectores de acantilados de rocas blandas de Antioquia y Córdoba.	55
Tabla 4.3. Escenarios de ascenso del NMM para 2100 utilizados en los cálculos de la posición futura de la línea de costa.	55
Tabla 4.4. Resumen de los resultados tomados del modelo de oleaje para el sur del Mar Caribe de Colombia (franja litoral de Antioquia y Golfo de Urabá).	55
Tabla 5.1. Resumen de los valores estadísticos de tendencia central de las magnitudes de erosión predichas para el sector de Los Córdoba en el año 2054, teniendo en cuenta varios escenarios de ascenso del NMM en Antioquia.	69
Tabla 5.2. Valores promedio y desviaciones estándar para las magnitudes de retroceso de línea de costa predichas a 2059 en el sector de Minuto de Dios, considerando diferentes escenarios de ascenso del NMM.	71
Tabla 5.3. Estadísticos de tendencia central (promedio y desviación estándar) correspondientes al retroceso predicho en 2059 para Arboletes teniendo en cuenta varios escenarios de ascenso del NMM.	72
Tabla 5.4. Estadísticos de tendencia central (promedio y desviación estándar) de las magnitudes de erosión predichas para 2059 en el sector de El Tié, considerando varios escenarios de ascenso del NMM.	72

Tabla 5.5. Magnitudes promedio de retroceso más probable en los sitios considerados 73

Tabla 6.1. Magnitudes promedio de retroceso más probable y estadísticamente válidas de acuerdo con la información histórica..... 80