

Modificación de la línea de costa a nivel mundial







Coastline modification at worldwide

Lucrecia Cristina Moreno Alcivar^{1, 2, *}; Paúl César Carrión Mero³; Carlos Alberto Deza Navarrete¹;
Mariela Muñoz Rosado⁴; Ana Mercedes Grijalva Endara^{1, 5}; Magnolia Yulissa Pincay Alejandro²

- 1 Universidad Nacional de Tumbes, Escuela de Posgrado. Ciudad Universitaria, Av. Universitaria S/N, Pampagrande – Tumbes, Perú.
- 2 Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE), Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Avda. principal La Libertad – Santa Elena, Ecuador.
- 3 Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)- Guayaquil, Ecuador.
- 4 Universidad de Guayaquil (UG), Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. Escuela de Posgrado – Guayaquil.
- 5 Universidad de Guayaquil (UG), Facultad de Ciencias Químicas, Avda. Delta, Guayas, Guayaquil, Ecuador.

*Autor corresponsal: lucremorenoa@hotmail.com (L. C. Moreno Alcivar).

ID ORCID de los autores

L. C. Moreno Alcivar:  <http://orcid.org/0000-0001-8928-9813> P. C. Carrión Mero:  <http://orcid.org/0000-0002-3581-5774>
C. A. Deza Navarrete:  <http://orcid.org/0000-0002-3324-3741> M. Muñoz Rosado:  <https://orcid.org/0000-0001-7292-0744>
A. M. Grijalva Endara:  <http://orcid.org/0000-0003-4143-5863> M. Y. Pincay Alejandro:  <http://orcid.org/0000-0002-6915-6199>

RESUMEN

La presente indagación bibliográfica pretende sintetizar información de las bases de reseñas de actividades científicas referente a la dinámica de la morfología de los acantilados a nivel mundial, mediante la recopilación de datos como: referencia bibliográfica, ubicación geográfica, método utilizado en la obtención de la tasa de retroceso, tipos de suelos que reflejan factores intrínsecos como las características físico-mecánicas, mineralógicas, geológicas y geomorfológicas, y factores extrínsecos entre los que podemos citar precipitaciones, clima, fuerza de los vientos, temperatura, acciones químicas del medio ambiente y en especial el cambio climático, que intervienen en la modificación de los acantilados de la línea de costa como consecuencias de erosiones sucesivas y deslizamientos. De la información recabada se obtuvo detalles de cinco países europeos, tres asiáticos, tres africanos, siete de América Latina y uno de Oceanía cuyos datos se encuentran plasmados en POWER ArcGIS. Concluyendo que el continente europeo tiene más información porque posee un sistema de satélites que es controlado por un programa de la Unión Europea de observación, monitorización de la Tierra, generando servicios de información.

Palabras clave: acantilado; deslizamiento de tierra; costa; erosión; tasa de recesión; geotecnia.

ABSTRACT

The present inquiry bibliographic aims to synthesize information on the basis of reviews of scientific activities relating to the dynamics of the morphology of the cliffs to the global level, through the collection of data: bibliographic reference, geographic location, the method used in obtaining the rate of recession, soil types that reflect intrinsic factors such as the physical-mechanical, mineralogical, geological and geomorphological, and extrinsic factors, among which we can cite rainfall, the weather, the force of the winds, temperature, chemical actions of the environment and specially climate change, which intervene in the modification of the cliffs of the coastline as consequences of successive erosions and landslides. From the information collected, details were obtained from five European countries, three Asian, three African, seven from Latin America and one from Oceania whose data are captured in POWER ArcGIS. Concluding that the European continent has more information because it has a satellite system that is controlled by a program of the European Union of observation, monitoring of the Earth, generating information services.

Keywords: cliff; landslide; coastal; erosion; recession rate; geotechnics.

Recibido: 16-08-2021.
Aceptado: 30-09-2021.



Esta obra está publicada bajo la licencia [CC BY-NC 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

INTRODUCCIÓN

A lo largo del tiempo, se ha evidenciado la prominente modificación de la línea de costa afectada por la erosión y deslizamientos (Tapete et al., 2013; Esposito et al., 2020) causados en ocasiones por el clima húmedo, el incremento del nivel del mar, dirección del oleaje (Budetta et al., 2008; Gerivani & Savari 2019) y las actividades humanas que amenazan a los asentamientos poblacionales situados inadecuadamente en los acantilados (Emery & Kuhn 1982; Wu, Zhang et al., 2018). La erosión en los acantilados costeros se ha definido como un proceso natural producido por el intemperismo, la acción marino y sub-marino que a través del tiempo ha originado un desgaste estructural (Earlie et al., 2018).

Los acantilados conforman la mayoría de las costas en los diferentes continentes y para entender su dinámica regresiva es indispensable conocer las tasas de erosión que pueden ser desde nulas hasta decenas de metros por año, siendo un verdadero desafío reconstruir su historia evolutiva (Stephenson et al., 2013). Las laderas costeras se encuentran en constantes procesos erosivos que alteran su morfología y estabilidad (Domenico & Valente, 2019) ocasionando riesgos naturales que impactan a una población y territorio de una nación (Andriani et al., 2005).

La recesión progresiva de los acantilados está en función de su estructura geológica (Costa et al., 2019; Allison 2020), propiedades físicas, mecánicas (Ayt Ougougdal et al., 2020) determinadas con los ensayos de campo y

laboratorio (Severo et al., 2016), mineralogía, estructura litológica (Boualla et al., 2019; Calista et al., 2019), discontinuidades del macizo rocoso (Margottini et al., 2015), historia y cambio climático (Jenkins et al., 2007, Corominas et al., 2017) y del incremento de humedad en el suelo causado por las precipitaciones disminuyendo la resistencia del esfuerzo cortante (Barbosa et al., 2020). Proponen que dentro del análisis experimental se debe investigar estas características en forma integral junto con la topografía (Hobbs et al., 2019) y para su efecto recomiendan utilizar los vehículos aéreos no tripulados (UAV) colocando puntos de control en tierra (Warrick et al., 2017; Koukouvelas et al., 2020).

El presente artículo está orientado a comprender y obtener un registro de la modificación de la línea costera a nivel mundial y los factores que inciden en la estabilidad de los acantilados con la finalidad de evitar catástrofes en zonas pobladas, motivar la ejecución de investigaciones para tomar acciones que mitiguen el retroceso del perfil costero y proteger estas zonas que por su geodiversidad algunos son considerados como geositios (Herrera-Franco et al., 2020).

El objetivo de esta investigación es la revisión de la literatura de fuente primaria para obtener un registro de datos en la que se pueda combinar todos los factores que influyen en la recesión de las laderas costeras identificando ubicaciones geográficas y su respectiva tasa de retroceso.

MATERIAL Y MÉTODOS

El presente artículo de revisión contempló una indagación de la literatura de documentos científicos relacionados con el área de estudio, se basó en la aplicación del método bibliométrico, que es una herramienta ampliamente utilizada y aplicada en el análisis de los límites, características y estructura de cualquier campo científico a partir de la medición de indicadores provenientes de los productos intelectuales (Rinia, Van Leeuwen et al. 1998). Estos indicadores estuvieron orientados a estudiar la actividad científica, el impacto generado y el vínculo entre la ciencia y la tecnología además en la coocurrencia de autores, publicaciones, citas y palabras (Sancho, 2001).

Los datos bibliográficos que fueron analizados en el artículo de revisión se tomaron de fuentes especializadas y con prestigio siendo necesario recurrir a otros tipos de información con las normas correspondientes que proporcionen datos relacionados con las palabras, el tipo de documentos y el número de citas (Costas et al., 2008), asegurando de esta manera la calidad y confiabilidad para su extracción bibliográfica.

En resumen, se realizó una investigación de tipo cuantitativa/descriptiva, desde la perspectiva documental se evaluó e interpretó los datos

recopilados, generando una contextualización y mayor análisis enriqueciendo los resultados obtenidos. Para efectuar este análisis se contemplan tres etapas de estudio con acciones concretas dentro de cada una de ellas (Figura 1).

Etapa I: Selección de las fuentes de análisis

Esta investigación se fundamentó en la búsqueda de publicaciones científicas relacionadas con el área de estudio en el periodo comprendido desde el año 2015 al 2020 almacenadas en la base de datos de la plataforma Scopus, reconocido por pares y Google Scholar, empleando palabras claves (Ab-Rahman et al., 2015; Matua & Van Der Wal, 2015).

No se consideró estudios ni informaciones que no se encuentren escritos en Inglés, hallados con la ayuda de herramientas que permitieron visualizar, analizar, controlar y buscar información aprovechando el lenguaje booleano que utiliza operadores de conjunción y negación (Stevenson & Cordy, 2015) con la finalidad de cumplir con la metodología de la investigación, predominando el análisis cualitativo (Salmon, 2017), descriptivo para avalar la credibilidad.

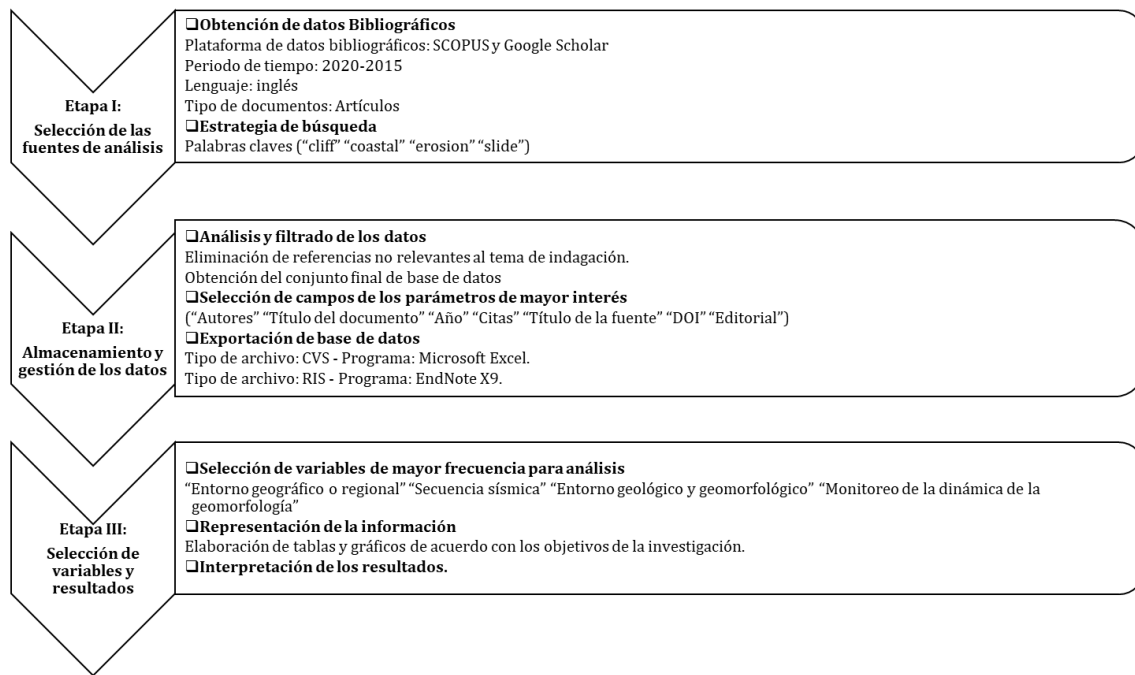


Figura 1. Diagrama de flujo del método desarrollado.

Para delimitar los resultados de la búsqueda al campo de estudio requerido, se optó por una estrategia de rastreo de publicaciones por medio de términos incluido en los campos título, resumen y palabras clave. Esta modalidad de búsqueda tiene la ventaja de permitir alcanzar una selección de fuentes de formas exhaustiva. La búsqueda en Scopus y la plataforma Taylor & Francis, se realizó incluyendo varias alternativas de códigos de campo: = TITLE-ABS-KEY (cliff AND slide), obteniendo 199 documentos científicos.

= (TITLE-ABS-KEY (coastal vulnerability AND shoreline change AND coast) AND TITLE-ABS-KEY (coastal vulnerability AND shoreline change AND coast erosion)) AND TITLE-ABS-KEY (shoreline change, coast erosion, cliff retreat) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR, 2020) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2018) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2017) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2016) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2015)) AND (LIMIT-TO (SRCTYPE, "j") OR LIMIT-TO (SRCTYPE, "p")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE, "English")), 110 resultados.

El resultado final fueron 30 artículos publicados que se emplearían en el análisis preestablecido.

Etapa II: Almacenamiento y gestión de los datos

Con la cantidad de fuentes seleccionadas se realizó de forma prolija la comprobación y cotejo de la información, con el fin de evitar inconsistencias en relación con el área de estudio. En la lista de fuentes guardadas en la plataforma Scopus y la plataforma Taylor & Francis, se analizó todos los campos de la base de datos, determinando al parámetro de mayor interés solo a la referencia bibliográfica y se suprimieron los restantes resultado; sin embargo, el resto de la información se obtuvo del cuerpo del artículo registrando los siguientes datos: ubicación, método de medición, variable de análisis y tasa de retroceso.

Etapa III: Selección de variables y resultados

En este artículo de revisión se empleó un conjunto de variables que con mayor frecuencia se repetían en la base bibliográfica, extraída con la finalidad de abordar, describir distintas dimensiones, aspectos cuantitativos y cualitativos de los deslizamientos en la línea de costa. Las variables utilizadas se basan en las características de Entorno geográfico o regional, secuencia sísmica, Entorno geológico y geomorfológico y el Monitoreo de la dinámica de la geomorfología.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La geomorfología es la ciencia que analiza los procesos que originaron la forma de la superficie terrestre y tales eventos se evidencian claramente en el parque "II Majjistral" situado al noroeste de Malta, que se encuentra rodeado por una serie de mesetas lineales de piedra caliza y por paisajes llenos de contrastes, valles y laderas de roca que emergen del mar Mediterráneo, formando parte del Patrimonio Natural Europeo (Rolé, 2019).

Entre los años 2010 al 2013, en dos acantilados de "Alta Normandía", de similares características lito

estratigráficas, pero con diferentes exposiciones externas (acciones subaéreas más la influencia marina), se realizaron levantamientos con barrido láser terrestre (TLS) con una periodicidad de 4 o 5 meses, identificando las características estructurales, geomorfológicas de las laderas y acantilados. Estos macizos rocosos están compuestos por tiza arcillosa, grisácea a blanquecina, que se caracterizan por sus valores bajos de resistencia al cortante (Letortu et al., 2015).

Los acantilados del monasterio de “Vardzia” situado en Georgia están formado por tobas volcánicas y fue modelado su estabilidad de taludes, teniendo en cuenta los entornos morfológicos y los datos obtenidos del análisis de mecánica de rocas, geología estructural e ingeniería geotécnica. El levantamiento geodésico fue realizado con el equipo escáner láser geodésico 3D, analizando la estructura geológica, entorno geomorfológico y un sistema de monitoreo con radar interferométrico terrestre (Margottini et al., 2015).

A través de un análisis integrado en la indagación de la Evolución geomorfológica y modelado numérico 3D de los acantilados del mar Adriático en Italia, los investigadores demostraron que la modificación de la línea de costa está relacionada directamente con las características mecánicas, geomorfológicas, geológicas y estructurales. El relevamiento topográfico con el método de fotos aéreas y la interpretación de las ortofotos les permitieron realizar un modelado numérico y con estas directrices analizaron dos grupos de acantilados de formación rocosa diferente; el de “Torre Muchia” y “Punta Lunga” constituido por estratos de areniscas y los segundos acantilados, “Punta Ferruccio” y “Punta Aderci” que corresponden a una formación de conglomerado e identificaron a este último macizo rocoso, que se degradó con mayor facilidad en el pie del talud debido a la fuerza del oleaje (Calista et al. 2019).

Entorno Geográfico

Los deslizamientos de las laderas están en función directa a su ubicación geográfica, la influencia del

entorno de la superficie de la tierra, su aspecto natural y físico, que aportan en la frecuencia y magnitud de los procesos erosivos. Al respecto se cita el estudio sobre los daños de la costa de “Gdansk Bay”, ubicado en Polonia, es una investigación que se realizó en la costa sur del mar “Báltico”, se analizó la erosión de los acantilados costeros (proceso natural), cuya esencia se atribuye a las propiedades geotécnicas del macizo rocoso, más la influencia del impacto de las olas del mar, convirtiéndose en una preocupación a nivel mundial (Venancio et al., 2020). Si los acantilados estuviesen alejados del mar y separados por una playa, disminuiría la influencia de la fuerza del oleaje, debido a que el agua se infiltra en el suelo (Mieloszyk & Wyroślak, 2018).

Los acantilados costeros al suroeste de Inglaterra es otro ejemplo, en que el entorno geográfico incide en las tasas de retroceso. Earlie, en el año 2017 observó que el acantilado “Godrevy” se encontraba frente a una playa disipativa con pendientes suaves, olas altas y por el contrario el acantilado “Porthleven” situada frente a una playa reflectante con pendientes fuertes y olas pequeñas concluyendo, que la tasa de erosión era mayor en el acantilado con la playa reflectante a pesar que ambos macizos rocosos tenían la misma estratigrafía (Earlie et al., 2018).

Los accidentes Geográficos de la costa rocosa se clasifican en dos tipos de plataforma: la plataforma costera y la plataforma hundida. La plataforma costera se subdivide en dos: el tipo A que son las inclinadas y el tipo B que son las horizontales (Tysiack et al., 2016). En la Figura 2 se muestra la clasificación de los accidentes geográficos.

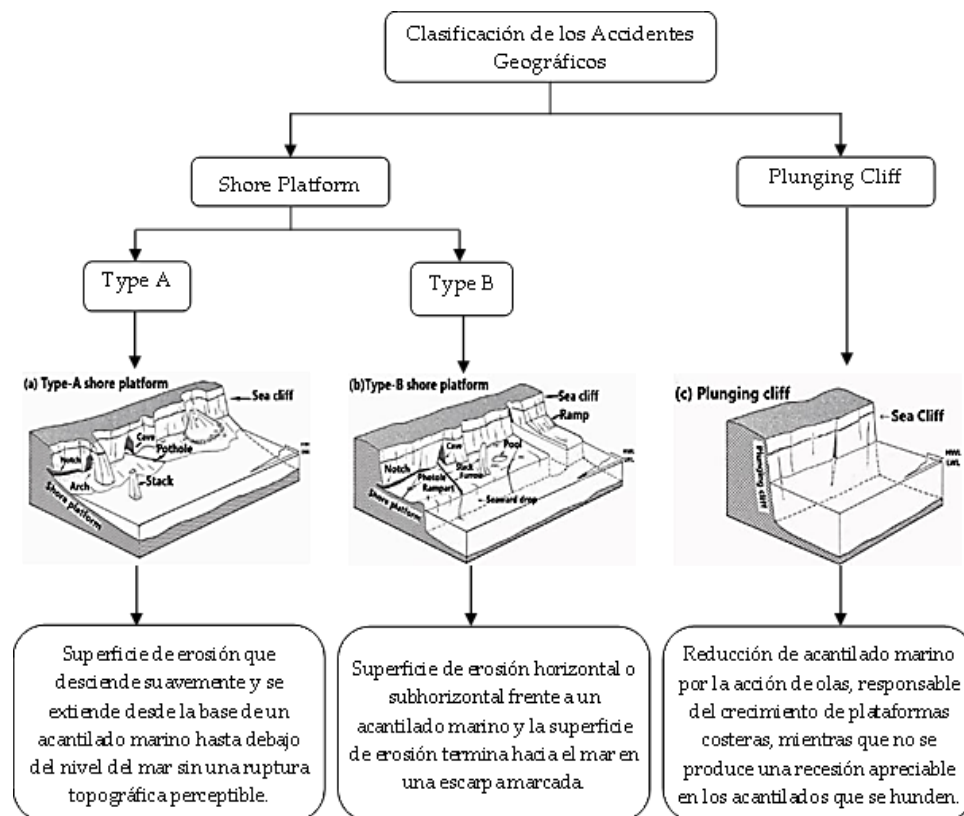


Figura 2. Mapa conceptual de costas rocosas (Sunamura, 1994).

El campo de investigación en geografía física corresponde a temas que se refieren a las condiciones del sitio, origen y formación del suelo, el desarrollo de la flora y fauna, el ciclo del agua, procesos de minería subterránea, uso de los recursos naturales y los eventos climáticos. Para que el hombre sobreviva y facilite su vida diaria, deberá contar con suficiente conocimiento sobre varios eventos físicos que se suscitan en la superficie de la Tierra (Yazici, 2020).

Secuencia Sísmica

La modificación del perfil costero depende de la magnitud y periodicidad de los deslizamientos de tierra, que en muchas ocasiones es inducido por una secuencia sísmica, tal como se documentó en el estudio de caso del “Cañón de Santa Rosa” al noreste de México, que como parte de su metodología de investigación se estableció la necesidad de recopilar los movimientos telúricos registrados en las estaciones sismológicas cercanas al área de estudio, detallando la fecha, hora, magnitud y ubicación del epicentro (Salinas-Jasso et al., 2018). Las características geológicas conjugadas con el efecto de los movimientos telúricos del suelo aumentan el riesgo de deslizamientos de tierra (Yamagishi & Yamazaki, 2018).

Entorno Geológico y Geomorfológico

Los deslizamientos de suelos revelaron un proceso erosivo de origen geomorfológico, que pone en peligro las zonas costeras (Ayt Ougougdal et al., 2020). El entorno geológico es otro parámetro que incide en los deslizamientos, su relevancia fue denotada en las investigaciones realizadas en “Knipe Point” al norte de Cayton Bay, donde se observó la existencia de sedimentos en la Formación Filey (origen glacial), se superponen a rocas jurásicas con fallas de la arena calcárea inferior y formaciones de arcilla de Oxford (Siddle et al., 2015).

En las investigaciones del proceso de la costa rocosa, Sunamura en el año 2015, concluyó que las morfologías frente del acantilado y la batimetría al pie de éste afectan al tamaño de las olas, que chocan con el macizo rocoso, las mismas que retiran los depósitos de masas de suelos producto del deslizamiento, eliminando los escombros en la base de los acantilados (Sunamura, 2015).

En la “Bahía de Vignanotica” al sur de Italia, Marsico en el año 2015 estudió el comportamiento de estos acantilados aplicando métodos geológicos clásicos, análisis estratigráfico-sedimentológico y con métodos digitales del levantamiento vertical 3D utilizando un escáner láser terrestre (TLS), procedimientos con lo que ilustró los rasgos lito estratigráficos del acantilado para obtener una explicación de su origen confirmando que este afloramiento se desarrolló en ambientes de aguas profundas (Marsico et al., 2016).

Young en su investigación de deslizamientos profundos en “San Onofre” en los acantilados “Torre Muchia” y “Punta Lunga” formados por areniscas y los acantilados de “Punta Ferruccio” y “Punta Aderci” confirma que la evolución de los

macizos rocosos se relacionan con procesos inducidos por la gravedad, rotura del macizo rocoso y deslizamiento de tierra controlados principalmente por su geometría y geología estructural (Young, 2015).

Monitoreo de la dinámica de la geomorfología

En la publicación de Wen en el 2018, referente a la vigilancia y evaluación del peligro de la costa, estableció que este proceso se lo puede realizar por dos métodos por técnicas terrestres y satelitales: el primero es el método convencional de vigilancia y evaluación, y el segundo monitoreo se basa en el uso de imágenes por teledetección, mediante la recopilación de datos en periodos diferentes y su procesamiento con los software ENVI o ERDAS, finalizando con el análisis de las variaciones de la línea de costa utilizando ArcGIS, y el cálculo de la tasa de erosión con el uso de la plataforma Shoreline analysis sistem (DSAS) (Wen et al., 2019).

En la actualidad estos estudios se programan conjuntamente con otros trabajos de campo como: perforaciones para el análisis de las características de los suelos en laboratorio, prospección geofísica y geología del sector a examinar con el uso de sensores remotos satelitales activos, radar de apertura sintáctica, empleados para detectar y monitorear deslizamiento de tierra (Tzouvaras, Danezis et al., 2020).

El escaneo láser terrestre (TLS), y varias metodologías numéricas para un modelado cuantitativo fueron combinadas en el análisis post falla del talud, técnica utilizada por Spreafico (Spreafico et al., 2016). Otro método integrado que fue utilizado en las evaluaciones de las estabildades de los macizos rocosos costeros fue la combinación de la técnica de la aero-fotogrametría con vehículos aéreos no tripulados (UAV), modelado geométrico tridimensional (Mancini et al., 2017). Los levanta-mientos de fotografías aéreas, Structurefrom-Motion (SfM), es una tecnología que incluyó estudios fotográficos y puntos de control terrestres. Las nubes de puntos topográficos fueron generados con algoritmos SfM, fotografías aéreas oblicuas (Warrick et al., 2017).

Desde el año 1991 se estableció que las mediciones del cambio costero son procedimientos fundamentales que contemplaron el cálculo de Tasas de Erosión Anual Promedio (AAER) a partir de mapas históricos y con una base de datos informáticos donde obtuvieron posibles magnitudes de erosión que modifican los paisajes costeros (Crowell et al., 1991), además utilizaron varias técnicas para medir los cambios en las playas y los acantilados, como son los levantamientos topográficos y batimétricos (Ruggiero et al., 2005).

El acantilado de Holderness tiene una longitud de 60 km de largo y litográficamente está constituido por arcillas glaciales, se encuentra situado al noreste de Inglaterra y se lo conoce como el acantilado que tiene mayor tasa de retroceso en las costas de Europa (Quinn et al., 2009).

La publicación de Venancio del 2020, mencionó que el 31% de las costas libres de hielo del mundo son arenosas y el 24% de estas están en

constantes procesos erosivos con tasas mayores de 0,5 m/año (Venancio et al., 2020), sin embargo Sunamura en el año 2016 indicó que los resultados de la tasa promedio de erosión a largo plazo en Covehithe es de 3,5 m/año y se redujo paulatinamente hacia el sur hasta aproximadamente 1 m/año en Dunwich, debido a las consideraciones de las variaciones temporales y espaciales en la obtención de la tasa de erosión para periodos de tiempos intermedios. Otro ejemplo de esta investigación fue la realizada en los acantilados de Seven Sisters, East Sussex, situados en Inglaterra en un largo periodo de 128 años se concluyó que la línea de costa retrocede 0,62 m/año (Sunamura, 2015).

En los estudios realizados por investigadores en las rocas clásticas de las costas del mar Abruzzo, Italia publicada en el año 2019, delinearon el mecanismo de regresión de los acantilados y concluyeron que tanto los macizos rocosos en conglomerados como para las areniscas tienen una tasa de retroceso de 0,15 m a 1 m/año (Miccadei et al., 2019).

Por su parte, Del Río realizó un análisis en el suroeste de España en dos acantilados de arenisca, El Almirante y Fuente del Gallo, en un estudio con una inspección detallada de campo que abarcó los análisis desde el año 1956 al 2010 se determinó un valor de recesión del macizo rocoso "El Almirante" de 0,8 a 1,6 m/año, destacando que en el periodo del año 2002 al 2010 en ciertos sectores aumentó a 4m/año - 4,5m/año (Del Río et al. 2016).

Rees en la investigación de la conservación de los acantilados en Inglaterra, concluyó que la variación de las tasas de erosión podría estar relacionada con el impacto del cambio climático, modificaciones de las mareas, sequías o incremento de las precipitaciones (Rees et al. 2015). Mientras que, Obanawa en el 2018 publicó en su estudio de Variaciones de las tasas de erosión, que estas no fueron constantes, sino que variaron de 2,5 a 36,5 cm/año de acuerdo con las estaciones climatológicas y que la fuerza del oleaje tiene mayor impacto que los terremotos, este resultado se basó en una comparación durante un tiempo de relativamente periodo corto (2 años) (Obanawa & Hayakawa 2018).

Costa en 2019 estableció, que la tasa de recesión en Normandía es de 20-30 cm/año y que además de las variaciones estratigráficas existen otros factores que inciden en la modificación de las tasas de regresión como son: la altura del macizo rocoso, el ancho de la playa al pie de los acantilados, intensidad de las fracturas en la roca, infiltraciones de agua, entre otros (Costa et al., 2019) y según Letortu en el año 2015 y 2018 (acantilados de Dieppe, Seine-Maritime), midió este retroceso y obtuvo el valor de 15 cm/año para ambas publicaciones (Letortu et al., 2015; Letortu et al., 2018), sin embargo luego presentó una tasa de 1,1 a 2,4 cm/año (Letortu, Costa et al., 2019).

En el artículo referente a la erosión de los acantilados de Birling Gap, Sussex, Reino Unido, Assoni en el 2018 concluyó que la tasa de

retroceso durante 50 años de prospección fue de 0,54 m/año, utilizó el software GIS y la analizó estadísticamente para obtener esta magnitud, sin embargo, observó que este valor no es constante en el periodo de análisis. Los investigadores calcularon 0,93 m/año en la década 1980 - 1990, siendo esta la mayor magnitud de tasa de recesión dentro del tiempo de estudio (Asoni et al., 2018). Al suroeste de Inglaterra, Earlie investigó la tasa de erosión en dos acantilados costeros que se caracterizan porque ambos están formados por rocas metasedimentarias fracturadas cubiertas de depósitos menos resistentes, pero con dos condiciones diferentes de playa. El acantilado Godrevy se encontró frente a una playa disipativa con pendientes suaves, olas altas y una tasa de erosión aproximada de 0,5 m/año, y el acantilado Porthleven estaba frente a una playa reflectante de pendientes fuertes, olas pequeñas y una tasa aproximada de erosión de 1,1 m/año (Earlie et al., 2018).

Esposito en el año 2018, evaluó las tasas de retroceso en tres periodos diferentes, desde el año 1956 hasta 1974 fueron de 1,2 m/año, del año 1974 al 2008 de 0,17 m/año, y del 2013 a 2016 de 0,003 m/año en el acantilado de Torrefumo, concluyendo que esta variación en la tasa se debía a las diferentes escalas temporales y a la evolución geomorfológica del macizo rocoso a través del tiempo (Esposito et al., 2020).

En los estudios realizados en Aldbrough, East Riding de Yorkshire, Reino Unido por Hobbs, publicado en el año 2019 estableció una recesión promedio equivalente a 1,8 m/año (Hobbs, Jones et al. 2019). Rohmer en su indagación de los acantilados de Mesnil-Val al norte de Francia dedujo que el retroceso promedio fue de 15 cm/año (Rohmer & Dewez, 2015). Koukouvelas en su estudio mencionó la tasa de recesión aproximada de 35 mm/año en los acantilados de la Isla de Lefkada en Grecia (Koukouvelas et al., 2020).

Tras estudios realizados en la Costa de Togo (Ensenada de Benin, margen de África occidental por Guerrero y otros autores se ha identificado que se presentan tasas máximas de retroceso del orden de 5 m/año (Guerrera et al., 2021). Por otra parte, Borkai Boye y Bani Fiadonu han estudiado el retroceso de las costas de Ghana donde se evidencio un promedio de 0,78 m/año durante un período de 31 años (Borkai Boye & Bani Fiadonu, 2020).

Se han evidenciado investigaciones en el continente asiático, como la de Parthasarathy publicada en el año 2020 donde evidencian una tasa de erosión máxima al sur de la costa del distrito de Cuddalore en India de 3,8 m/año (Parthasarathy et al., 2020). Nassar y otros autores han estudiado los cambios en la línea costera del norte del Sinaí, Egipto en donde se ha registrado una tasa de erosión promedio de 8,17 m/año durante un periodo de 27 años (Nassar et al., 2019). Niang en el año 2020, evaluó la costa de Yanbu en Arabia Saudita donde se determinó una tasa máxima de erosión de 2,92 m/año a 1,91 m/año (Niang, 2020).

El artículo realizado por Imam y otros autores evidencian un retroceso de 0,5 m/año en el tramo costero de Vishakhapatnam de Andhra Pradesh, India durante los años 1991-2018 (Imam Baig et al. 2020). La costa central de Ghana comprendida por Elmina, Cape Coast y Moree fue estudiada en el año 2016 por Jonah y otros autores en donde se obtuvo una tasa máxima de erosión de costa de 1,24 – 0,85 m/año (Jonah et al., 2016). En Blueskin Bay, Nueva Zelanda se han producido tasas de erosión promedio de 0,09 m/año entre los años 1978 al 2013 como lo muestra Hil en su investigación (Hil, 2020).

En las investigaciones realizadas en las islas hawaianas Huppert determinó que la magnitud de las tasas de retroceso variaban de 17 a 118 mm/año (Huppert et al., 2020). El retroceso de los acantilados de Fort Funston del centro de California osciló entre 50 a 130 cm/año en un periodo de 70 años, tal como lo mencionó Warrick en su publicación de Nuevas Técnicas para medir el cambio del acantilado (Warrick et al., 2017). Por otra parte Martínez, Ordaz y Garatachia evidenciaron a lo largo de la Península de Yucatán una tasa de retroceso de 0,49 m/año durante un período de 39 años (Martínez et al., 2020).



Figura 3. Ubicación geográfica de investigaciones de tasas de recesión en el continente europeo.



Figura 4. Ubicación geográfica de investigaciones de tasas de recesión en el continente africano y Asia Pacifico.



Figura 5. Ubicación geográfica de investigaciones de tasas de recesión en el continente americano.

Un estudio realizado por Ordaz y otros autores demuestra que en la playa de Bailén, costa sur del occidente de Cuba se presenta un retroceso de costa de 0,8 m/año durante un período de 7 años (Ordaz et al., 2016). En el borde costero al suroeste del Castillo de Araya, Estado Sucre, Venezuela se presentan retrocesos de acantilados en promedio de 1,31 m/año durante un período comprendido entre los años 2003, 2006, 2009 y 2011 (Nuñez, 2017).

En la región sur del continente americano, también se han presentado investigaciones de varios autores, entre ellos Bocanegra y Veneros que han estudiado Huanchaco, el principal balneario de Trujillo, Perú donde se ha presentado una recesión promedio equivalente a 1,92 m/año (Bocanegra & Veneros, 2020). Mientras tanto, estudios del retroceso realizados en costas ecuatorianas, entre ellos del retroceso en la costa de San Pedro, Santa Elena, Ecuador

oscilan entre 58 cm y 68 cm por año según lo mencionan Saltos y otros autores (Saltos et al., 2020); de la misma manera otro estudio realizado por Ramos y otros autores demuestran que el retroceso en la costa de la Entrada, Santa Elena, Ecuador se presenta con 0,72 m/año (Ramos et al., 2020). Las ubicaciones de los sitios analizados por los distintos investigadores de los artículos, cuyas conclusiones indicaron las tasas de recesión fueron implantadas en el mapa interactivo realizado con el software POWER BI, extensión ArcGIS, donde se evidencia investigaciones a lo largo del mundo (Figuras 3, 4 y 5).

A continuación, se tabula una base de datos de la información bibliográfica (Tabla 1) más relevante que fue recopilada de los artículos científicos, en la que se detalló: Autor y año de publicación, ubicación del área de estudio, factores de incidencia, métodos de medición, y resultados (tasa de retroceso).

Tabla 1
Información bibliográfica relevante recopilada de artículos científicos

Autor	Ubicación	Factores de incidencia		Método de medición	Resultados - tasa de retroceso
		sismo	oleaje lluvia suelo		
Asoni S.G., et al. (2018)	Birling Gap, Sussex, Reino Unido		x Piedra Caliza	Plataforma SIG (Sistema de Información Geográfica)	0.54 m/año
Bocanegra C.A., et al. (2020)	Litoral de Huanchaco, Trujillo, Perú	X	Arcillas arenosas.	Diseño etnográfico	1,92 m/año
Borkai Boye C. & Bani Fiadonu E. (2020)	Costa de Ghana	x	Granitos, granitoides, lutitas, areniscas	DSAS extensión de Arc-GIS	0,78 m/año
Calista M., et al. (2019)	Mar Adriático, Italia Torre Mucchia, Punta Lunga Punta Ferruccio, Punta Aderci	x	Arcillas Arenosas Areniscas	LIDAR y análisis fotogeológicos con modelos de simulación 3D (Flac3D)	0,63 m/año Torre Mucchia 0,76 m/año Punta Lunga 0,85 m/año Punta Ferruccio 0,15 m/año Punta Aderci

Costa S., et al. (2019)	Acantilados de Normandía, Francia	x		Piedra caliza Formaciones Arcillosa y margosa	Análisis diacrónico	0,20 – 0,30 m/año
Del Río L., et al. (2016)	Fuente del Gallo y El Almirante, Golfo de Cádiz (SO de España)	x		Arenisca	Plataforma SIG (Sistema de Información Geográfica)	0,8 y 1,6 m/año El Almirante 0,3 m/año Fuente del Gallo
Earlie C., et al. (2018)	Godrevy, Norte de Cornualles Porthleven, Sur de Cornualles, Reino Unido	x		Areniscas y Lutitas	Plataforma SIG (Sistema de Información Geográfica)	1,1 m/año Porthleven 0,5 m/año Godrevy
Esposito G., et al. (2020)	Acantilado costero de Torrefumo, Italia	x		Tobas amarillas estratificadas Rocas piroclásticas rojizas	Escáner láser terrestre	0,003 m/año.
Guerrera F., et al. (2021)	Coast of Togo (Bight of Benin, West Africa Margin)	x		Arenas y calizas	Observaciones geomorfológicas	5,0 m/año
Hil, Greg. (2019)	Blueskin Bay, Nueva Zelanda	x		Ammophila arenaria	Unidades GPS portátiles (Garmin GPSMAP 64s)	0,09 m/año
Hobbs P.R.N., et al. (2019)	Aldbrough, East Riding de Yorkshire, Reino Unido	x		Limoso Arcilloso	LiDAR TLS	1,8 m/año
Huppert K.L., et al. (2020)	Isla Grande, Maui, Kahoolawe, Hawaii	x		Rocas volcánicas	Topo-Batimetría	0,017 a 0,118 m/año
Imam Baig M.R., et al. (2020)	Costa de Vishakhapatnam de Andhra Pradesh, India	x		suelos arcillosos	Sistemas satelitales y herramienta DSAS	0,5 m/año
Jonah F.E., et al. (2016)	Costa central de Ghana	x	x	Granitoides, areniscas, filita y esquisto	ArcGIS y el Sistema de análisis digital de la línea costera (DSAS)	1,24 - 0,85 m/año
Koukouvelas I.K., et al. (2020)	Isla de Lefkada, Grecia	x		Rocas carbonatadas con intercalación capas de esquisto negro	Fotogramétrica	0,035 m/año
Letortu P., et al. (2015)	Veules les Roses a Le Treport (Alta Normandía), Francia	x		Caliza	Análisis empíricos y estadísticos multivariados	0,15 m/año
Letortu P., et al. (2019)	Terminación noroeste de la cuenca sedimentaria de París, Normandía, Francia	x		Sedimentos blandos y roca arcillolita de fácil ripabilidad	Análisis diacrónico	1,1 a 2,4 m/año
Letortu P., et al. (2018)	Dieppe, Seine-Maritime (Normandía) noroeste de Francia	x		Sedimentos de arcilla y arena	Escaneo Láser terrestre (TLS) fotogrametría terrestre (TP) fotogrametría aéreos no tripulados (UAVP)	0,15 m/año
Martínez W., et al. (2020)	Península de Yucatán, México.	x		Playas acumulativas y erosivas de arenas finas.	Plataforma SIG (Sistema de Información Geográfica)	0,49 m/año
Nassar K., et al. (2019)	Costa del Norte del Sinaí, Egipto	x		Sedimentos de arena	Imágenes satelitales, técnicas geoespaciales y código de cálculo satelital (DSAS)	2,9 m/año
Niang A. (2020)	Costa de Yanbu, Reino de Arabia Saudita	x		Basalto	DSAS y Métodos estadísticos: EPR, LRR, WLR y NSM.	2,2 - 1,91 m/año
Núñez Ravelo F.A. (2017)	Borde costero al suroeste del Castillo de Araya, Estado Sucre, Venezuela	x		Franco-Limoso	Análisis empíricos y estadísticos multivariados	1,31 m/año
Obanawa H. & Hayakawa Y.S. (2018)	Cabo Taitosaki, Chiba, Japón	x		Alternancia de areniscas y lodos neógenos	Escaneo Láser terrestre (TLS)	1,0 m/año
Ordaz A., et al. (2016)	Playa Bailén, costa sur del occidente de Cuba	x		Arenas gruesas o gravas finas	Análisis empíricos y	0,8 m/año

			estadísticos multivariados		
Parthasarathy K.S.S., et al. (2020)	Costa del distrito de Cuddalore, costa del Este de India	x	Arenas y materiales limosos	CVI Parameters	3,8 m/año
Ramos I., et al. (2020)	La Entrada, Santa Elena, Ecuador.	x	gravas y arenas	Módulo numérico CEDAS	0,72 m/año
Rohmer J., Dewez T. (2015)	Acantilados de Mesnil-Val, Francia	x	Rocas calcáreas	Escaneo Láser terrestre (TLS)	0,15 m/año
Salto I., et al. (2020)	San Pedro, Santa Elena, Ecuador.	x	Conglomerados y areniscas	Sensores remotos y herramientas tecnológicas	0,58 – 0,68 m/año
Sunamura T. (2015)	Costa de Seven Sisters	x	Rocas Arcillosas y Limosas	Modelos matemáticos	1,0 m/año
Warrick J.A., et al. (2017)	Fort Funston, centro de California	x	Rocas sedimentarias	Fotogrametría ALGORITMOS SFM	0,5 y 1,3 m/año

La inestabilidad de los macizos rocosos ubicados frente al mar es un tema de relevancia para todos los países que tienen costas, es decir aquellos que la fuerza del oleaje golpea en los afloramientos causando socavaciones en el pie de las laderas. Las laderas adyacentes al mar se llaman acantilado, estos están sometidos a acciones atmosféricas externas y la influencia de la ola ocasionan un proceso de erosión.

El comportamiento de los macizos rocosos se define por las propiedades intrínsecas del mismo, determinadas por sus características físico-mecánicas, mineralogía, origen, geología estructural, y geomorfología, es decir, que es el resultado de factores como litografía, presencia, frecuencia y orientación de discontinuidades, fallas, diaclasas, rumbo, buzamientos y pendientes de los mismos. Estos comportamientos son modificados por factores extrínsecos entre los que podemos citar precipitaciones, clima, fuerza de los vientos, temperatura, acciones químicas del medio ambiente y en especial el cambio climático.

Se recopiló información de tasas de retroceso a lo largo de las costas del mundo, en donde se obtuvo un rango máximo y mínimo, concluyendo que, en Europa de 2,4 m/año a 0,035 m/año, Asia de 3,8 m/año a 0,5 m/año, África de 5 m/año a 0,78 m/año, América de 1,92 m/año a 0,12 m/año, y finalmente Oceanía de 0,09 m/año. Estos acantilados presentan problemas de estabilidad

cuyos deslizamientos se activan debido a las características intrínsecas y extrínsecas detalladas en los párrafos anteriores, además por las probables fuerzas externas como los sismos y la fuerza del oleaje, ocasionando problemas de gran impacto en las naciones, debido a que se produce un retroceso de la línea de costa cuyas tasas de retroceso son variadas. No existe una conclusión que asevere cual es el factor que genere mayores deslizamientos.

La implementación de las nuevas tecnologías en los levantamientos topográficos ha permitido realizar monitoreos en las dinámicas de la morfología de los acantilados, sin embargo, de acuerdo con la revisión bibliográfica estos estudios se concentran en su mayoría en el continente europeo. Algunos autores describen que la erosión es un proceso natural, finalmente se concluye en este análisis bibliográfico con una invitación a diversos profesionales, técnicos, profesores de las diversas especialidades junto a los estudiantes, desarrollen investigaciones multidisciplinarias que abarquen todas las áreas para diagnosticar las causas que generan la modificación de la línea de costa, y en aquellos casos que se encuentre un tipo de solución, emitirla al órgano regulador y mitigar la velocidad del retroceso de la costa para abrir una nueva área de investigación en aquellos países que carecen de estos diagnósticos.

CONCLUSIONES

La implementación de las nuevas tecnologías en los levantamientos topográficos ha permitido realizar monitoreos en las dinámicas de la morfología de los acantilados, sin embargo, de acuerdo con la revisión bibliográfica estos estudios se concentran en su mayoría en el continente europeo. Algunos autores describen que la erosión es un proceso natural, finalmente se concluye en este análisis bibliográfico con una invitación a diversos profesionales, técnicos, profesores de las diversas

especialidades junto a los estudiantes, desarrollen investigaciones multidisciplinarias que abarquen todas las áreas para diagnosticar las causas que generan la modificación de la línea de costa, y en aquellos casos que se encuentre un tipo de solución, emitirla al órgano regulador y mitigar la velocidad del retroceso de la costa para abrir una nueva área de investigación en aquellos países que carecen de estos diagnósticos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ab-Rahman, M. S., Sain, S., Nor, M., Ihsan, A., Zaharim, A., et al. (2015). Achieving quality in research through stimulated publication technique. *Asian Social Science*, 11(3), 14-25.

Allison, R. J. (2020). *The Landslides of East Devon and West Dorset*. *World Geomorphological Landscapes*, Springer: 201-213.

Andriani, G. F., Walsh, N., & Pagliarulo, R. (2005). The influence of the geological setting on the morphogenetic evolution of the Tremiti Archipelago (Apulia, Southeastern Italy). *Natural Hazards and Earth System Science*, 5(1), 29-41.

Asoni, S. G., Satvrou, A., Lawrence, J., & Preece, J. (2018). *Erosion of the chalk coastal cliffs at Birling Gap, Sussex, UK. Correlation*

- between rate of coastal retreat, geotechnical rocks properties and precipitation, ICE Publishing.
- Ayt Ougougdal, M., Chaibi, M., Mercier, D., Maquaire, O., Maanan, M. et al. (2020). The typology of slope slides of the cliff coast of Safi-Morocco, and the role of the clay layer in triggering failure. *Journal of African Earth Sciences*, 168, 103878.
- Barbosa, N., Taquez, D., Santos, O., Neto, O., & Scudeleri, A. (2020). The Effect of Basal Erosion on Sea Cliff Stability. *Journal of Coastal Research*, 95(sp1), 362-366.
- Bocanegra, C., & Veneros, B. (2020). La variación de la línea de costa causa de impacto en el ámbito ambiental, social y económico en la pesca del caballito de totora. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(4), 218-222.
- Borkai Boye, C., & E. Bani Fiadoun (2020). Lithological effects on rocky coastline stability. *Heliyon*, 6(3), e03539.
- Boualla, O., Mehdi, K., Fadili, A., Makan, A. & Zourarah, B. (2019). GIS-based landslide susceptibility mapping in the Safi region, West Morocco. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 78(3), 2009-2026.
- Budetta, P., Santo, A., & Vivencio, F. (2008). Landslide hazard mapping along the coastline of the Cilento region (Italy) by means of a GIS-based parameter rating approach. *Geomorphology*, 94(3-4), 340-352.
- Calista, M., Mascioli, F., Menna, V., Miccadei, E., & Piacentini, T. (2019). Recent geomorphological evolution and 3d numerical modelling of soft clastic rock cliffs in the mid-western adriatic sea (Abruzzo, Italy). *Geosciences (Switzerland)*, 9(7), 1-26.
- Corominas, J., Mateos, R., & Remondo, J. (2017). Review of landslide occurrence in Spain and its relation to climate. *Slope Safety Preparedness for Impact of Climate Change*, CRC Press: 351-378.
- Costa, S., Olivier, M., Letortu, P., & Thirard, G. (2019). Sedimentary Coastal Cliffs of Normandy: Modalities and Quantification of Retreat. *Journal of Coastal Research*, 88(sp1), 46-60.
- Costas, R., Moreno, L., & Bordons, M. (2008). Overlapping and singularity of MEDLINE, WoS and IME for the analysis of the scientific activity of a region in Health Sciences. *Revista Espanola de Documentacion Cientifica*, 31(3), 327-343.
- Crowell, M., Leatherman, S. P., & Buckley, K. (1991). Historical shoreline change: error analysis and mapping accuracy. *Journal of Coastal Research*, 7(3), 839-852.
- Del Río, L., Gracias, F., & Benavente, J. (2016). Multiple-source cliff erosion in Southern Spain: Current risk and future perspectives. *Journal of Coastal Research S.I.*, 75(2), 1071-1076.
- Domenico, G., & Valente, A. (2019). Terrestrial and marine landforms along the Cilento coastland (Southern Italy): A framework for landslide hazard assessment and environmental conservation. *Water (Switzerland)*, 11(12), 1-25.
- Earlie, C., Masselink, G., & Russell, P. (2018). The role of beach morphology on coastal cliff erosion under extreme waves. *Earth Surface Processes and Landforms*, 43(6), 1213-1228.
- Emery, K. O., & Kuhn, G. G. (1982). Sea cliffs: their processes, profiles, and classification. *Geological Society of America Bulletin*, 93(7), 644-654.
- Esposito, G., Matano, F., Sacchi, M., & Salvini, R. (2020). Mechanisms and frequency-size statistics of failures characterizing a coastal cliff partially protected from the wave erosive action. *Rendiconti Lincei*, 31(2), 337-351.
- Gerivani, H., & Savari, S. (2019). Influence of wave force direction on cliff profiles: formulation and observation in a case of horizontally layered cliffs in the northern coast of Gulf of Oman. *Arabian Journal of Geosciences*, 12(16), 498.
- Guerrera, F., Martín-Martín, M., Tramontana, M., Nimon, B., & Essotina Kpémoua, K. (2021). Shoreline changes and coastal erosion: The case study of the coast of togo (bight of benin, west africa margin). *Geosciences (Switzerland)* 11(2), 1-21.
- Herrera-Franco, G. A., Carrión-Mero, P., Mora-Frank, C., & Caicedo-Potosí, J. (2020). Comparative analysis of methodologies for the evaluation of geosites in the context of the Santa Elena-Ancón geopark project. *International Journal of Design and Nature and Ecodynamics*, 15(2), 183-188.
- Hil, G. (2020). Better Management Through Measurement: Integrating Archaeological Site Features into a GIS-Based Erosion and Sea Level Rise Impact Assessment—Blueskin Bay, New Zealand. *The Journal of Island and Coastal Archaeology*, 15(1), 104-126.
- Hobbs, P. R. N., Jones, L. D., Kirkham, M. P., Pennington, C. V. L., Morgan, D. J. R., & Dashwood, C. (2019). Coastal landslide monitoring at aldbrough, east riding of Yorkshire, UK. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 53(1), 101-116.
- Huppert, K. L., Perron, J., & Ashton, A. (2020). The influence of wave power on bedrock sea-cliff erosion in the Hawaiian islands. *Geology*, 48(5), 499-503.
- Imam Baig, M. R., Ahmad, I., Tayyab, M., & Rahman, A. (2020). Analysis of shoreline changes in Vishakhapatnam coastal tract of Andhra Pradesh, India: an application of digital shoreline analysis system (DSAS). *Annals of GIS*, 26(4), 361-376
- Jenkins, G. O., et al. (2007). *Climate change and evolution of landslide hazard at Nefyn Bay*, North Wales.
- Jonah, F. E., Mensah, E., Edziyie, R., Agbo, N., & Adjei-Boateng, D. (2016). Coastal Erosion in Ghana: Causes, Policies, and Management. *Coastal Management*, 44(2), 116-130.
- Koukouvelas, I. K., et al. (2020). Post-seismic monitoring of cliff mass wasting using an unmanned aerial vehicle and field data at Egremni, Lefkada Island, Greece. *Geomorphology*, 367.
- Letortu, P., Costa, S., Maquaire, O., & Davidson, R. (2019). Marine and subaerial controls of coastal chalk cliff erosion in Normandy (France) based on a 7-year laser scanner monitoring. *Geomorphology*, 335, 76-91.
- Letortu, P., Costa, S., Maquaire, O., Delacourt, C., et al. (2015). Retreat rates, modalities and agents responsible for erosion along the coastal chalk cliffs of Upper Normandy: The contribution of terrestrial laser scanning. *Geomorphology*, 245, 3-14.
- Letortu, P., Jaud, M., Grandjean, P., Ammann, J., Costa, S., & Maquaire, O. (2018). Examining high-resolution survey methods for monitoring cliff erosion at an operational scale. *GIScience and Remote Sensing*, 55(4), 457-476.
- Mancini, F., Castagnetti, C., Rossi, P., Dubbini, M., Fazio, N., et al. (2017). An integrated procedure to assess the stability of coastal rocky cliffs: From UAV close-range photogrammetry to geomechanical finite element modeling. *Remote Sensing*, 9(12), 1235.
- Margottini, C., Antidze, N., Corominas, J. et al. (2015). Landslide hazard assessment, monitoring and conservation of vardzia monastery complex. *Engineering Geology for Society and Territory - Volume 8: Preservation of Cultural Heritage*, Springer International Publishing: 293-298.
- Marsico, A., Sabato, L., Spalluto, L., Infante, M., & Nitti, A. (2016). Integrated Geological and Digital Surveys to Know, Preserve and Promote a Geoheritage: the Sea Cliff of Vignanotica Bay (Gargano Promontory, Southern Italy). *Geoheritage*, 8(4), 371-380.
- Martínez, W., Ordaz-Hernández, A., & Garatachia-Ramírez, J. (2020). Coastline evolution of the Yucatan peninsula between 1980 and 2019: potential source of socio-natural risk. *Myning and Geology*, 36(4), 404-427.
- Matua, G. A., & Van Der Wal, D. M. (2015). Differentiating between descriptive and interpretive phenomenological research approaches. *Nurse Researcher*, 22(6), 22-27.
- Miccadei, E., Mascioli, F., Ricci, F., & Piacentini, T. (2019). Geomorphology of soft clastic rock coasts in the mid-western Adriatic Sea (Abruzzo, Italy). *Geomorphology*, 324, 72-94.
- Mieloszyk, E., & Wyroślak, M. (2018). Influence of Geotechnical Conditions on Damage States of Gdansk Bay Coast Cliff Formations. *Polish Maritime Research*, 25(3), 137-142.
- Nassar, K., Mahmod, W. E., Fath, H., Masria, A., Nadaoka, K., & Negm, A. (2018). Shoreline change detection using DSAS technique: Case of North Sinai coast, Egypt. *Marine Georesources & Geotechnology*, 37(1), 81-95.
- Niang, A. J. (2020). Monitoring long-term shoreline changes along Yanbu, Kingdom of Saudi Arabia using remote sensing and GIS techniques. *Journal of Taibah University for Science*, 14(1), 762-776.
- Núñez, F. A. (2017). Geomorphology and sedimentology of badlands system in the southwest coastline of Castle Araya, Sucre State, Venezuela. *Geographic Investigations*, 92, 3-20.
- Obanawa, H., & Hayakawa, Y. S. (2018). Variations in volumetric erosion rates of bedrock cliffs on a small inaccessible coastal island determined using measurements by an unmanned aerial vehicle with structure-from-motion and terrestrial laser scanning. *Progress in Earth and Planetary Science*, 5(1).
- Ordaz, A., Hernández, J., Estevez, E., & Méndez, A. (2016). Coastal morphodynamics at Bailén beach, south coast western Cuba, between the years 2003-2013. *Geographic Investigation*, 91, 56-69.
- Parthasarathy, K. S. S., Saravanan, S., Deka, P. C., & Devanatham, A. (2020). Assessment of potentially vulnerable zones using geospatial approach along the coast of Cuddalore district, East coast of India. *ISH Journal of Hydraulic Engineering*: 1-11.
- Quinn, J. D., Philip, L. K., & Murphy, W. (2009). Understanding the recession of the Holderness coast, East Yorkshire, UK: A new presentation of temporal and spatial patterns. *Quarterly*

- Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 42(2), 165-178
- Ramos, I., et al. (2020). Evaluation and Design of Coastal Structures for Beach Generation, through the use of Numerical Models. Case Study: La Entrada, Santa Elena, Ecuador. *18th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology*. Buenos Aires, Argentina: 8.
- Rees, S., Curson, J., & Evans, D. (2015). Conservation of coastal soft cliffs in England 2002–2013. *Journal of Coastal Conservation*, 19(6), 761-769.
- Rinia, E., van Leeuwen, T., van Vuren, H., & van Raan, A. F. (1998). Comparative analysis of a set of bibliometric indicators and central peer review criteria Evaluation of condensed matter physics in the Netherlands. *Research Policy*, 27(1), 95-107.
- Rohmer, J. & Dewez, T. (2015). Analysing the spatial patterns of erosion scars using point process theory at the coastal chalk cliff of Mesnil-Val, Normandy, northern France. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 15(2), 349-362.
- Rolé, A. (2019). Landforms and processes at Il-majjistral park and its environs. *World Geomorphological Landscapes*, Springer: 305-316.
- Ruggiero, P., Kaminsky, G. M., Gelfenbaum, G., & Voigt, B. (2005). Seasonal to interannual morphodynamics along a high-energy dissipative littoral cell. *Journal of Coastal Research*, 21(3), 553-578.
- Salinas-Jasso, J. A., Montalvo-Arrieta, J. & Reinoso-Angulo, E. (2018). Landslides induced by a low magnitude seismic sequence at continental interiors: a case study of the Santa Rosa Canyon, northeastern Mexico. *Landslides*, 15(4), 783-795.
- Salmon, J. (2017). Quantitative or qualitative research: Methods, ethical issues and future directions. *Data Collection: Methods, Ethical Issues and Future Directions*, Nova Science Publishers, Inc.: 3-14.
- Saltos, I., et al. (2020). Evaluation of Coastal Protection Alternatives Classics and Green Engineering, using Models Numeric. Case Study: San Pedro, Ecuador. *18th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology*. Buenos Aires, Argentina: 8.
- Sancho, R. (2001). Medición de las actividades de ciencia y tecnología. Estadísticas e indicadores empleados. *Revista española de Documentación Científica*, 24(4): 382-404.
- Severo, R. N. F., Coutinho, R. Q., Santos Jr., O. F., & Ribeiro, J. R. C. (2016). Stability analysis of the cliffs of Ponta Pirambu, Northeastern Brazil, *Taylor and Francis Inc*.
- Siddle, R. P., Rowe, S., & Moore, R. (2015). Adaptation to Coastal Cliff instability and erosion and property loss: Case study into the knife point cliff retreat pathfinder project, *ICE Publishing*.
- Spreafico, M. C., et al. (2016). Back analysis of the 2014 san leo landslide using combined terrestrial laser scanning and 3D distinct element modelling. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 49(6), 2235-2251.
- Spreafico, M. C., Francioni, M., Cervi, F., Stead, D., Bitelli, G., Ghirotti, M., et al. (2013). 10.11 Rock Coasts. *Treatise on Geomorphology*. J. F. Shroder. San Diego, Academic Press: 289-307.
- Stevenson, A., & Cordy, J. R. (2015). Parse views with Boolean grammars. *Science of Computer Programming*, 97(P1), 59-63.
- Sunamura, T. (1994). Rock control in coastal geomorphic processes. *Transactions - Japanese Geomorphological Union*, 15(3), 253-272.
- Sunamura, T. (2015). Rocky coast processes: With special reference to the recession of soft rock cliffs. *Proceedings of the Japan Academy Series B: Physical and Biological Sciences*, 91(9), 481-500.
- Tapete, D., Bromhead, E., Ibsen, M-L., & Casagli, N. (2013). Coastal erosion and landsliding impact on historic sites in SE Britain, *Springer Berlin Heidelberg*, 451-458.
- Tysiak, P., Wojtowicz, A., & Szulwic, J. (2016). Coastal Cliffs Monitoring and Prediction of Displacements Using Terrestrial Laser Scanning, *Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc*.
- Tzouvaras, M., Danezis, C., & Hadjimitsis, D. G. (2020). Small scale landslide detection using Sentinel-1 interferometric SAR coherence. *Remote Sensing*, 12(10), 1-33.
- Venancio, K. K., Garcia, P. D., Gireli, T. Z., & Corrêa, T. B. (2020). Hydrodynamic modeling with scenario approach in the evaluation of dredging impacts on coastal erosion in Santos (Brazil). *Ocean and Coastal Management*, 195.
- Warrick, J. A., Ritchie, A. C., Adelman, G., Adelman, K., & Limber, P. W. (2017). New Techniques to Measure Cliff Change from Historical Oblique Aerial Photographs and Structure-from-Motion Photogrammetry. *Journal of Coastal Research*, 33(1), 39-55.
- Wen, S., Zhang, F., Wang, Z., Li, F., Jing, X., & Zhao, J. (2019). Coastal Erosion Monitoring and Hazard Degree Assessment at Penglai Sandy Coast Based on Remote Sensing. *Institute of Physics Publishing*, 234.
- Wu, R. A., Zhang, Y., Guo, C., Yang, Z., et al. (2018). Reactivation characteristics and hazard prediction of Shangyaogou ancient landslide in Songpan County of Sichuan Province. *Yantu Gongcheng Xuebao/Chinese Journal of Geotechnical Engineering*, 40(9), 1659-1667.
- Yamagishi, H., & Yamazaki, K. (2018). Landslides by the 2018 Hokkaido Iburi-Tobu Earthquake on September 6. *Landslides*, 15(12), 2521-2524.
- Yazici, O. (2020). Physical geography education: The postgraduate research trends in Turkey. *Review of International Geographical Education Online*, 10(2), 205-245.
- Young, A. P. (2015). Recent deep-seated coastal landsliding at San Onofre State Beach, California. *Geomorphology*, 228, 200-212.