



III Congreso de la Sociedad de Análisis de
Riesgos Latino Americana
IPT, São Paulo, Brasil – del 10 al 13 de
Mayo de 2016
“Desarrollo y Riesgos en el contexto
Latinoamericano”



Influencia de los parámetros que definen eventos de alta energía en la costa y su influencia en la erosión de playas. El caso del complejo playa-cordón dunar de Oyambre (Cantabria)

Hélio Vasco Nganhane¹. Julio Garrote Revilla²

1. Departamento de Ciencias Naturais e Matemática, Universidade Pedagógica, Moçambique, nganhanehelio@gmail.com
2. Departamento de Geodinámica, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, España, juliog@ucm.es

RESUMO

Existe un consenso entre los expertos de varias aéreas de que el nivel de mar sigue subiendo (IPCC.2013). Mientras, debido al crecimiento de la población (con la ocupación y destrucción de dunas, la vegetación costera, la sustitución por especies exóticas y de cultivos propios de la zona) y el desarrollo del turismo la costa va convirtiéndose en una franja cada vez más estrecha, con aumento de tasas de erosión en la mayoría de las costas. El análisis de la evolución de la línea de costa de la playa de Oyambre entre los años 1946 y 2014 muestra un retroceso general hacia tierra de dicha línea. Este retroceso no es homogéneo a lo largo de toda la playa, observándose que en general el retroceso es menor en la mitad occidental de la playa, donde esta presenta un límite interno conformado por un talud margo-arcilloso. Esta playa se tomará como ejemplo para el desarrollo de una metodología de análisis de la evolución de la línea de costa a lo largo del tiempo, con más de 70 años. Se considera que la estructura metodológica desarrollada en este trabajo, puede constituir una base para el desarrollo de estudios y análisis de tipología similar en la costa de Mozambique.

Palabras clave: eventos de alta energía, erosión costera

ABSTRACT

There is a consensus among experts from various airlines that sea level continues to rise (IPCC.2013). Meanwhile, due to the population growth (with the occupation and destruction of dunes, coastal vegetation, substitution by alien species and cultivations in the area) and the development of tourism, the coast is becoming an increasingly narrow strip with the increasing of rates of erosion in most of the coasts. The evolution analysis of Oyambre beach coastline between 1946 and 2014 shows a general retreat line landward. This decline is not uniform along the entire beach, noting that the decline is generally lower in the western half of the beach, where this has an inner boundary formed by a margo-loamy slope. This beach is taken as an example for the development of a methodology for the coastline evolution analysis along the time, with more than 70 years. It is considered that the methodological framework developed in this study may provide with a basis for the development of the studies and analysis of a similar type on the coast of Mozambique.

Keywords: high-energy events, coastal erosion

1. INTRODUCCIÓN

Existe un consenso entre los expertos de varias aéreas de que el nivel de mar sigue subiendo (IPCC.2013). Mientras, debido al crecimiento de la población (con la ocupación y destrucción de dunas, la vegetación costera, la sustitución por especies exóticas y de cultivos propios de la zona) y el desarrollo del turismo la costa va convirtiéndose en una franja cada vez más estrecha; lo que ocasiona el aumento en las tasas de erosión en la mayoría de las costas. En Cantabria, concretamente en la playa de Oyambre este fenómeno de colonización de la franja litoral se ha producido a lo largo de muchos años ocasionando un conflicto continuo entre los que preservan la naturaleza (Ecologistas, Geólogos, Biólogos, etc), los políticos y los empresarios del área turística, sin embargo no tiene un impacto tan importante si se compara con otras playas de la península.

En la playa de Oyambre la erosión costera ha sido originada mayormente por los fenómenos naturales de la dinámica costera, sin embargo la alteración antrópica ha tenido un impacto sobre la desembocadura de las rías. La erosión se hace más notable en eventos de tormenta motivados por factores como el clima, afectando al balance de sedimentos; procesos costeros; actividades humanas y nivel relativo del mar. Estudiar todos estos factores no es una tarea fácil y por eso este trabajo solo se centra en fenómenos de alta energía, pertenecientes a procesos costeros (oleaje) y nivel relativo del mar.

Garrote y Garzón (2003) llevaron a cabo un análisis del retroceso del frente de costa usando fotografías aéreas, donde se observaba que la playa de Oyambre presenta una variabilidad interanual muy alta frente a procesos de erosión y sedimentación, siendo necesario un muestreo de varios años sucesivos para establecer unas tasas medias. Por eso en este trabajo se hace un análisis ampliado de la posición de la línea de costa usando las fotografías aéreas de diferentes fechas (1946, 1956, 1984, 1999, 2001/2/5/10/14) cubriendo un rango temporal mayor, de 68 años.

El objetivo principal de este trabajo fue hacer la descripción del evento de 2014 por magnitud y frecuencia frente al grado de erosión que ha ocasionado, para lograr este objetivo, se plantearan otros de naturaleza específica que ayudaran a entender la dinámica y el proceso erosivo de la costa, como es el caso de la tendencia evolutiva de la línea de costa y la comparación del evento de 2014 dentro de la tendencia evolutiva de la línea de costa en los últimos 68 años en la zona del complejo playa-cordón dunar de Oyambre (Cantabria). Para ello se ha empleado un SIG y el software DSAS con el fin de analizar la evolución de la línea de costa, a partir de los datos estadísticos generados por estos programas.

Se ha hecho un análisis estadístico de altura significativa del oleaje usando Minitab (programa gratuito de análisis estadístico) a partir de los datos brutos obtenidos de la información de las boyas instaladas en la red por Puertos del Estado del Gobierno de España y comparando con los resultados generados con Ameva (Programa de análisis estadísticos de parámetros ambientales desarrollados por Instituto Hidrográfico de Cantabria, IHC). Usar estos dos modelos estadísticos parece un trabajo que no tiene mucho interés pero es muy significativo para el autor pues es una forma de aprendizaje de métodos de análisis de oleaje para su posterior aplicación en una región como Mozambique, en la que no hay Institutos que desarrollen programas o modelos de investigación como es el caso de IHC y Puertos del Estado del Gobierno Español. Por lo tanto, esto constituirá también un de los objetivos del trabajo, establecer una dinámica metodológica para aplicación en caso específico en Mozambique.

2.0. METODOLOGIA

Como en cualquier sistema de información complejo y de cierta entidad, los procesos de producción y obtención de la información y el de su posterior explotación persiguen, de cierta forma, objetivos diferentes (Ojeda *et al.*, 2010). En esta investigación se han planteado tres métodos de análisis enfocados a la caracterización de la erosión costera que se complementan para un mejor estudio y llegar a unas conclusiones por más que estas sean mínimas pero significativas: el primer (1) análisis, el estudio estadístico de los datos de oleaje en donde se hacen las correlaciones de series temporales basándose en datos oficiales; el segundo (2), la Geo-referenciación de fotogramas aéreos de vuelos antiguos (1946, 1956, 1984 e 1999), basándose en fotogramas recientes geo-referenciados (2014) usando el software ArcGIS 10. El

tercero (3), el análisis de la evolución de la línea de costa basándose en software DSAS 4.2 (Digital Shoreline Analysis System) que es una extensión de ArcGIS 10. A continuación se presentará de forma resumida los trabajos que se han llevado a cabo en cada parte del análisis.

2.1. Análisis estadístico de los datos de oleaje.

Para esta investigación se ha recopilado y procesado los valores de altura significativa de oleaje tomando en consideración el Documento de Referencia para Procesos litorales (2000) de la Universidad de Cantabria pues dicen que la altura de la ola significativa, H_s es el parámetro más extendido a la hora de describir el estado de mar, una vez que establece una relación entre las alturas de ola obtenidas en el registro instrumental del oleaje y las establecidas a través del observación visual de un estado de mar.

Debido a que no hay una boya de registro en las proximidades de la playa de Oyambre, se han utilizado los datos históricos de altura significativa del oleaje, de las dos boyas más próximas a la playa. La primera la de punto SIMAR (3124034) abarcando un rango temporal de 10 años, la segunda boya considerada fue de la punto SIMAR (3120048) que está en funcionamiento desde enero de 1958 hasta febrero de 2015.

A partir de estos datos se procedió a realizar una correlación entre los valores registrados en las dos boyas, con el objetivo de generar una serie sintética para la boya más próxima a la playa en función de la información que ofrecía aquella más alejada basándose en técnicas estadísticas combinando con el software AMEVA del Instituto Hidrográfico de Cantabria; software formado por un conjunto de herramientas, que contienen diversas metodologías de análisis estadístico, cuyo objetivo principal se basa en el estudio y la caracterización de diversas variables medioambientales.

2.2. Geo-referenciación de fotogramas aéreos.

Para el presente estudio se ha basado en la interpretación de diferentes fotografías aéreas, de los años 1946, 1956, 1984, 1999, 2001, 2002, 2005, 2010 y 2014. El sistema de referencia de coordenadas utilizado ha sido ETRS89 UTM 30N para respetar el Sistema de Referencia de Coordenadas de la fuente original de mayor resolución espacial, siendo además el oficial en España desde 2007. Se ha usado la foto de 2014 que estaba georeferenciada como foto base, para georeferenciar las fotos de 1946, 1956, 1984, 1999. Para este proceso de georeferenciamento de las fotos se ha usado el Modulo de Georeferencing de ArcMap 10¹. Fueron identificados en cada una de las fotografías puntos de control respetando los criterios establecidos por Moore (2000) y Hughes et al. (2006), y distribuidos lo más uniformemente posible en el área cubierta por la fotografía; en su mayoría situados sobre formas del paisaje asociadas a la actividad humana, como forma de garantizar una disminución del grado de error en la localización de los puntos de control sobre distintos fotogramas.

2.3.- Análisis de la evolución de la línea de costa.

Para llevar a cabo el análisis del comportamiento de la línea de costa en la playa de Oyambre, se han dibujado 9 líneas de costa (correspondientes a las nueve imágenes disponibles) desde la zona del talud hasta la zona del cordón dunar, bordeando la zona del desembocadura de la ría. Para la toma de decisión sobre que forma del terreno o que criterios había que seguir para cartografiar la línea de costa se han revisado distintas definiciones de línea de costa que son muy usados por varios expertos, valorándose también los criterios usados por geomorfólogos.

Los estudios enfocados al análisis de la movilidad de la línea de costa generalmente se hace necesario emplear un indicador de la posición de la línea de costa (*shoreline proxy*) que refleje adecuadamente las tendencias del litoral, y que garantice que sus posibles variaciones son consecuencia de cambios costeros reales. Las características geomorfológicas locales influyen mucho en la elección del *proxy* idóneo para una determinada zona (Genz et al, 2007).A menudo

¹ ArcMap 10 está incorporado en ArcGIS que es un “software” de Sistema de Información Geográfica diseñado por la empresa californiana Environmental Systems Research Institute (**ESRI**) para trabajar a nivel multiusuario. Representa la evolución constante de estos productos, incorporando los avances tecnológicos experimentados en la última década en el área de la informática y telecomunicaciones para capturar, editar, analizar, diseñar, publicar en la web e imprimir información geográfica (Juan y Nino, 2014).

se hace necesario contar con un indicador independiente de la energía del oleaje o de la morfología de la playa.

En costas acantiladas la evaluación de los cambios costeros se suele realizar a partir de distintos elementos morfológicos como el borde superior en el caso de escarpes verticales, y la base en el caso de acantilados de baja pendiente, con el borde redondeado o con alta ocupación antrópica o abundante vegetación, donde no es posible delimitar el borde superior. La naturaleza de los acantilados hace que únicamente puedan registrar retroceso, excepto en el caso de avances relativos de la base por acumulación de materiales por deslizamientos o caídas de bloques. En la foto 2A se presenta un ejemplo de la línea usada en este trabajo a pie de la duna y en la foto 2B al borde de acantilados.



Foto 1A. Línea de costa a pie de la duna.



Foto 2B. Línea de costa a borde de acantilados.

La integración de los datos geo-referenciados y fotogramas aéreos utilizando el software ArcGIS 10.0, ha proporcionado el cálculo de las tasas de avance y retroceso de la línea de costa en el área de investigación entre los 9 años distintos considerados (1946, 1956, 1984, 1999, 2001, 2002, 2010, 2005 y 2014) que están dentro del rango temporal de 68 años comprendido de 1946 a 2014. Las tasas referenciadas fueron obtenidas utilizando el DSAS versión 4.2 (Thieler et al., 2009) que es un aplicación gratuita de software que funciona dentro del Environmental Systems Research Institute (ESRI) software Sistema de Información Geográfica (ArcGIS).

3.0 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

A partir del análisis de los datos de altura máxima del oleaje para los diferentes periodos se ha constatado que la altura del oleaje presenta un comportamiento oscilatorio, pudiendo asignarse una cierta frecuencia en sus valores. Los años 1966, 1990, 2009 y 2014 se han registrado los valores máximos de altura de oleaje, alcanzándose hasta 13 metros. También se repite un proceso oscilatorio con una cierta periodicidad en los años 1958, 1962, 1966, 1969, 1972, 1976, 1980, etc, con valores de altura del oleaje próximos a 10 metros.

En base a la variación temporal de las alturas significativas de olas observadas en los gráficos de los promedios mensuales en la playa de Oyambre, se observa como estos valores máximos suelen alcanzarse en los primeros meses del año (considerado de manera natural, no hidrológica). Siendo por tanto también estos meses aquellos en los que se produce un mayor transporte sedimentario debido a la acción del oleaje.

Cuando sobre una playa actúa un temporal, se produce, por consiguiente, una variación del perfil de equilibrio, al ser las olas del temporal mucho mayores que las del oleaje medio que había configurado el perfil de la playa, la rotura de las olas se produce a mayores profundidades, mientras que el extremo del está, avanza hacia tierra.

Medina (1998) y Garaté et al (2000) consideran los temporales responsables del retroceso y erosión pues modifican el perfil de equilibrio de la playa trasladándose parte de los áridos del fondo de una zona otra. Ellos consideran que esta variación del perfil es reversible, y, al desaparecer el temporal el oleaje ordinario reconstruye el perfil primitivo, o puede ser irreversible. La misma teso es sustentada por Anfuso (2004) & Muñoz (1996) En su estudio sobre la morfodinámica de las playas yadas en plataformas rocosas, afirma que éstas se ven afectadas principalmente por olas originadas por los fuertes temporales.

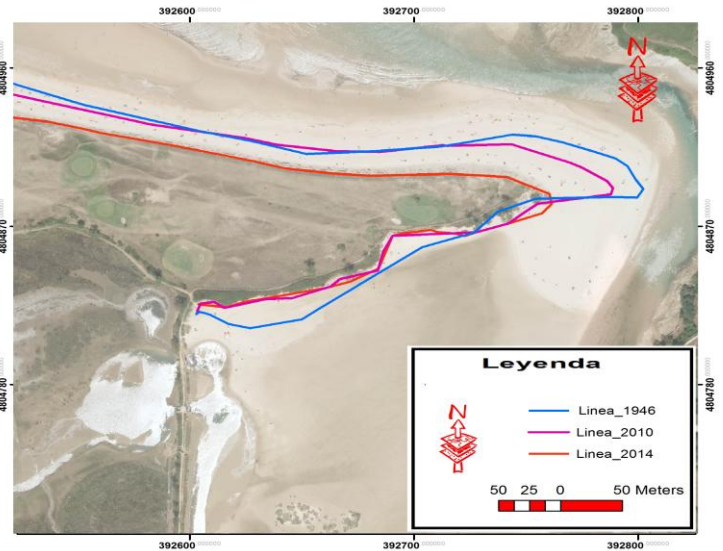


Figura 3. Líneas de Costa de años críticos

Tanto los datos obtenidos del software DSAS como las observaciones realizadas en campo muestran un muy importante evento erosivo en la zona del cordón dunar, asociado al evento climatológico de alta energía de principios de marzo de 2014. El análisis estadístico de la serie de datos de máximos anuales arroja un valor de periodo de retorno asociado a la altura registrada para el evento de 2014, de casi 15 años (figura 4). Esta recurrencia en el valor de la altura del oleaje contrasta con los daños observados para dicho evento, los mayores registrados a partir del análisis seriado de los fotogramas aéreos disponibles.

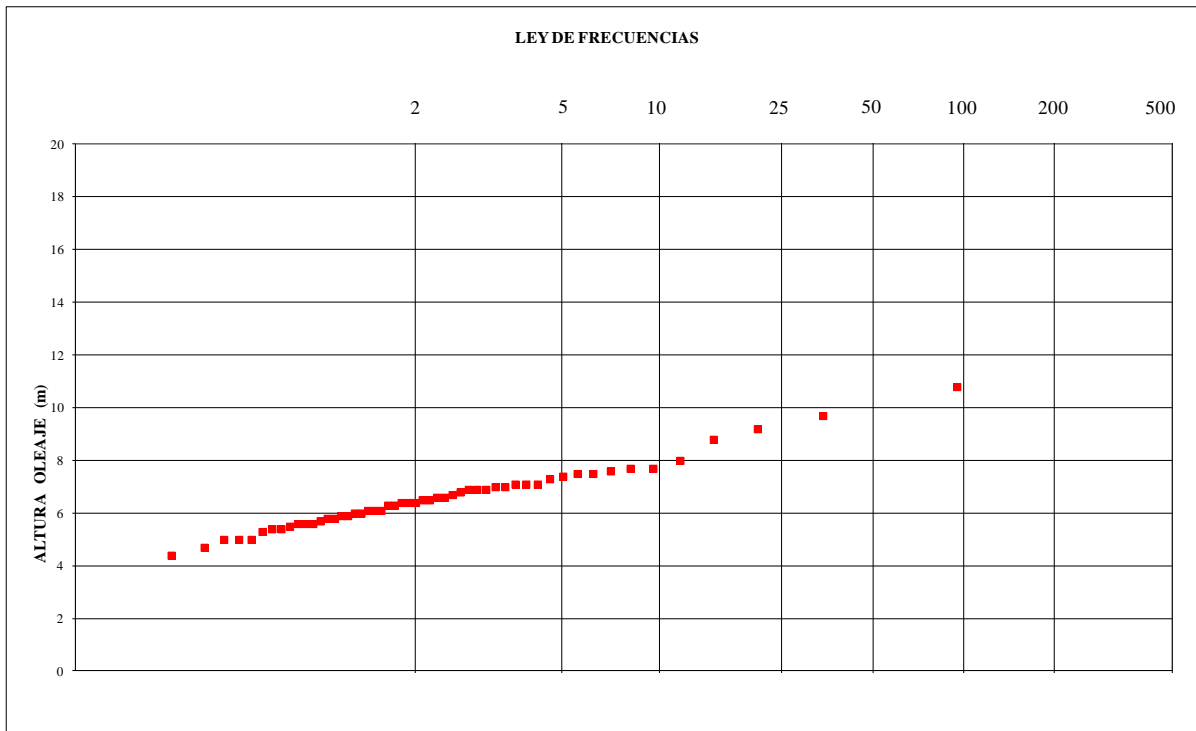


Figura de 4. Período de Retorno del Oleaje en años. Obtenido a partir del ajuste de métodos paramétricos y no paramétricos sobre la serie de valores máximos anuales para el punto SIMAR 3124034.

En general la playa ha sufrido un proceso de erosión a lo largo del tiempo considerado, que se refleja en un retroceso en toda su línea de costa, habiendo puntos o zonas críticas y otros en que su erosión es más suave. Con los resultados se ha verificado que la zona A, en que la playa finaliza tierra adentro en contando con el talud margo-arcilloso se erosiona con una tasa media

interanual de - 0,15 m/año; que para el rango temporal de 68 años estudiado (1946 a 2014) ha provocado un retroceso medio 7,24 m.

Los valores de erosión se incrementan significativamente en esta parte de la playa, cuando analizamos la Zona B, en la que se sitúa la obra de defensa del dique de escollera. La influencia de esta estructura ha provocado erosiones máximas aguas abajo del dique, afectando a la localización del monumento al "Pájaro Amarillo". Zona esta última en la que se miden retrocesos de la línea de costa superior a los 20 metros.

4. CONCLUSIONES

Dos conclusiones generales se figuran en este trabajo. En primer lugar, que a la hora de utilizar estos resultados en futuros trabajos, es necesario tener en cuenta que la posición de la línea de costa varía continuamente a lo largo del tiempo como consecuencia del movimiento de los sedimentos en la zona litoral y especialmente, debido a la naturaleza dinámica del nivel del mar en los límites costeros (olas, mareas, tormentas, etc). Por esta razón, este límite debe ser considerado como una franja dinámica y como tal, sería aconsejable continuar su revisión y actualización con el fin de mantener la precisión de la misma.

Y en segundo lugar, se considera que la estructura metodológica desarrollada en este trabajo (y que puede ser retocada y mejorada con trabajos futuros), puede constituir una base perfecta para el desarrollo de estudios y análisis de tipología similar en la costa de Mozambique. Donde la existencia de trabajos encaminados a analizar la evolución de la costa mozambiqueña es prácticamente inexistente, y que constituye el lugar de residencia y ámbito de actuación profesional del autor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albuquerque, M.G.; Pinheiro, L.S.; Morais, J.O.; Frota, F.V.; Lima, A.M. (2006): As características morfodinâmicas das praias da Barra do Ceará, Futuro e Cpongá – Ceará. *Anais do VI Simpósio Nacional de Geomorfologia* (ISBN: 85-904082-9-9), p. 01-10, Goiânia, GO, Brasil. Disponible en: <http://www.labogef.iesa.ufg.br/links/sinageo/fscommand/web/articles/248.pdf>
- Anfuso, G., Martínez del Pozo, J.A., Gracia, F.J. y López- Aguayo, F. (2003): Longshore distribution of morphodynamic beach states in an apparently homogeneous coast (Chipiona - Rota, SW Spain). *Journal of Coastal Conservation*, 9: 49 - 56.
- IPCC (2013) - Relatório do IPCC/ONU – Novos Cenários Climáticos. Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática. In: <http://www.ecolatina.com.br/pdf>
- Garrote, J. y Garzón, G. (2003): Análisis del retroceso del frente de costa usando fotogramas aéreos, Oyambre (Cantabria). *2ª Reunión de Geomorfología Litoral*, Serv. Publ. Univ. Santiagode Compostela.
- Garrote, J., Garzón, G. y Alcantara-Carrio, J. (2002): Influencia de los temporales sobre el transporte de sedimentos en la playa de Oyambre (Cantabria). Ponencias VI Congreso Nacional de Geomorfología.
- Garrote, J., Page, J. y Garzón, G. (2001 b): Morfodinámica en un complejo playa-ría bajo condicionantes antrópicos. Oyambre, Cantabria. *Geogaceta*, 30: 53-56.
- Himmelstoss, E.A. 2009. "DSAS 4.0 Installation Instructions and User Guide" in: Thieler, E.R., Himmelstoss, E.A., Zichichi, J.L., and Ergul, Ayhan. (2009): Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0 _ An ArcGIS extension for calculating shoreline change: U.S. *Geological Survey Open-File Report 2008-1278*. *updated for version 4.3.
- Houston, J.R. (2008): "The economic value of beaches-A 2008 update". *Shore and Beach*,78:22-28.
- Moore, L.J., (2000): Shoreline mapping techniques. *Journal of Coastal Research*, 16: 111–124.
- Viles, E. (2004): guía de minitab 14. Escuela superior de ingenieros de san sebastián universidad de navarra. Disponible en: http://www.tecnun.es/asignaturas/estad_ii/archivos/practica/manualdemininitab.pdf>
- VV.AA. (1997); Plan Especial de Protección ambiental Y ordenación de las Zonas de Montaña (Memoria). Febrero 1997. Diputación Regional de Cantabria. Agencia Regional de Medioambiente. Dirección Regional de Vivienda y Ordenación del Territorio. ITSEMAP (Instituto Tecnológico de seguridad MAPFRE).