

VARIACIÓN DE LA LÍNEA DE LITORAL ENTRE PUERTO CHICAMA Y PUÉMAPE, LA LIBERTAD, PERÚ (1961-2006)

*Carlos Tavares Corrêa**

*Fabian Drenkhan***

RESUMEN

Mediante el empleo de material cartográfico y sistema de información geográfica (SIG), se realizó un análisis espacio-temporal, donde se comparó el comportamiento de la línea de litoral de un sector costero mínimamente afectado por la ocupación humana (Puémape–Puerto Chicama) con otros sectores costeros con ocupación moderada (La Chira–Lurín) a fuertemente modificada (Salaverry–Las Delicias y la bahía de Miraflores). Durante el período comprendido entre 1961 y 2006 para el sector Puémape–Puerto Chicama, se identificó el predominio del avance o estabilidad de la línea de costa. El sector La Chira–Lurín presentó un comportamiento similar, con tendencia a la estabilidad y los sectores fuertemente intervenidos presentaron un comportamiento netamente erosivo. Al contrario de lo esperado, la elevación del nivel del mar debido al calentamiento global no parece ser la causa principal de la erosión de playas en el Perú. Esta se debe principalmente a la fuerte intervención en costa ya que en sectores no alterados el predominio es de estabilidad o avance de la línea de litoral.

Palabras clave: levantamiento costero, línea litoral, erosión de playas.

Shoreline Variation between Puerto Chicama and Puémape, La Libertad, Perú (1961-2006)

ABSTRACT

A spatial-temporal analysis was made by using cartographic material and Geographic Information Systems techniques. Here we compared the setting of the littoral line of a sector minimally affected by human occupation (Puémape–Puerto Chicama) with other sectors with moderate occupation (La Chira–Lurín) to strongly modified (Salaverry–Las Delicias and the Miraflores Bay). During the period 1961-2006 in the sector Puémape – Puerto Chicama, we identified the predominance of the advance or stability of the coastal line. The sector La Chira – Lurín

* Doctor en Estudios Ambientales. Centro de Investigación en Geografía Aplicada – CIGA; Profesor de Geografía, Pontificia Universidad Católica del Perú. Correo electrónico: ctavare@pucep.edu.pe

** Estudiante de intercambio, Instituto de Geografía Universidad de Stuttgart, Alemania

presented a setting similar, with the tendency to stability and, the sectors strongly intervened showed a setting openly erosive. To the contrary as expected, the rising of sea level due to global warming doesn't seem to be the principal cause of beach erosion in Perú. This is mainly due to the strong human intervention in the coast because at undisturbed sectors the predominance is stability or advance of the littoral line.

Key words: Coastal uprising, Littoral line, Beach erosion.

INTRODUCCIÓN

La erosión de la línea de costa es un problema global. Por lo menos, el 70% de las playas arenosas del planeta están sufriendo este proceso (Bird 1985). En la costa Este de los Estados Unidos, la erosión alcanza el 86% de las playas arenosas (Galgano, Leatherman y Douglas 2004). En menor magnitud, también se observan tendencias erosivas en la costa oeste de los Estados Unidos (Moore, Benumof y Griggs 1999) y golfo de México (Morton y McKenna 1999). En los estados costeros de Europa, los problemas erosivos afectan a más de veinte mil kilómetros de litoral (el 20% del total) entre los cuales se incluyen 2900 km de litoral con algún tipo de estructura de protección (European Commission, 2004). En Sudamérica, Brasil es un importante ejemplo, dado que a lo largo de los 8500 km de línea de costa el 40% se encuentra expuesta a un fuerte proceso erosivo (Muehe 2006).

Zhang, Douglas y Leatherman (2004), plantean que estos fenómenos erosivos se deben a causas como la elevación del nivel del mar, la intensificación de las tormentas oceánicas o a la presencia de obras de ingeniería construidas en la costa. En este último caso, las alteraciones de la línea de costa tienen un impacto local y no pueden ser consideradas de carácter global. Entre las causas mencionadas, la elevación del nivel del mar aparece como una posible explicación para este fenómeno mundial (Leatherman 1991). Basados en registros de mareas de diferentes puertos del planeta y en datos proporcionados por satélites, Church y White (2006) han observado que el nivel del mar se eleva a escala global de forma progresiva. Por ejemplo, la tasa de elevación durante el siglo XX fue estimada en $1,7 \pm 0,5$ mm/año, mientras que para los períodos entre 1961 a 2003 y 1993 a 2003, las tasas alcanzaron a $1,8 \pm 0,5$ mm/año y a $3,1 \pm 0,7$ mm/año, respectivamente.

Este aumento en 0,18 m al nivel del mar durante el último siglo puede explicar, en parte, las tendencias erosivas en más del 70% de las playas arenosas a escala global. En la costa peruana, Quispe Arce (2002) estimó que el nivel del mar en el puerto del Callao se elevó en 0,05 m durante el período comprendido entre 1942 y 2001. Por otra parte, los ejemplos de erosión de playas identificados en la costa peruana hasta la fecha se relacionan, principalmente, a sectores costeros directamente modificados

por obras de ingeniería (León y Tavares Corrêa 2006; Leceta 2009; Grández 2010; Tavares Corrêa 2010) y no pueden ser atribuidos a un fenómeno de carácter global.

Se acepta que cualquier elevación del nivel del mar provocará el retroceso de la línea de costa y, en particular, la erosión de playas desprovistas de estructuras de protección. Las playas son depósitos de sedimentos, principalmente arenosos, ubicados en el contacto entre la tierra y el mar (Muehe 2004). Se forman a partir de la acción constructiva de las olas y de la disponibilidad de sedimentos. Así, el desarrollo de la playa es el producto de un balance positivo de sedimentos en la costa, administrado por el comportamiento de las olas y a partir de las corrientes generadas por estas. A partir de un análisis bidimensional, la playa se representa mediante un perfil transversal, o perfil de playa, que identifica las unidades geomorfológicas desde la playa posterior (*backshore*) hasta más allá de la zona de rompientes (*offshore*). Por otra parte, se denomina *perfil de equilibrio* al estado modal o más frecuente del perfil de playa (González, Medina y Losada 1997). Según Larson (1991), el perfil de equilibrio se desarrolla cuando una playa compuesta por un tamaño de partícula determinado y expuesta a condiciones constantes de oleaje desarrolla una forma del perfil transversal que no presenta ningún cambio neto con el tiempo.

En términos generales, la línea de costa se adapta a una elevación del nivel del mar, tal como propuso Bruun (1954, 1962), mediante la migración del perfil de equilibrio hacia el continente con una tasa proporcional a la elevación del nivel del mar. Esta migración, y consecuente retroceso de la línea de costa, causa erosión en las playas posterior y anterior (*backshore* y *foreshore*) y deposición en las playas interior y exterior (*inshore* y *offshore*). Por otra parte, el perfil de equilibrio presenta un comportamiento estacional determinado por el clima de olas. En condiciones erosivas, principalmente debido a los fuertes oleajes, los sedimentos se movilizan de la playa hacia el mar. Posteriormente, con la disminución de la energía de las olas gran parte de estos sedimentos removidos regresan a la playa, de acuerdo a un comportamiento cíclico entre erosión y sedimentación (Bascom 1951). En playas no alteradas por la ocupación humana, estas se adaptan rápidamente a los procesos erosivos mediante el mantenimiento del perfil de equilibrio de la playa y el consecuente retroceso de la línea de costa. Sin embargo, en sectores intensamente ocupados, el perfil de equilibrio es imposible de ser alcanzado debido a la presencia de estructuras de protección que bloquean los procesos naturales (Zhang et al. 2004).

El propósito del presente trabajo es evaluar la estabilidad de la línea de costa frente a las tendencias actuales de elevación del nivel del mar, mediante el análisis de sectores costeros no alterados por la ocupación humana, y la comparación con sectores costeros mediana y fuertemente alterados.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se extiende a lo largo de 22 kilómetros de franja litoral entre el puerto de Chicama (7° 42' 17" S y 79° 26' 03" W) y Puémape (7° 31' 05" S y 79° 31' 46" W), ubicado en el departamento de La Libertad, al norte de Trujillo (figura 1).

Este sector litoral se inicia al sur, en la forma de una ensenada, donde se ubica el puerto de Chicama. La playa es ancha con pendientes suaves y características disipativas, compuesta por arena fina que favorece a la intensa actividad eólica que da origen a un campo de dunas litorales (figura 2 y foto 1) parcialmente estabilizado por *Sesuvium portulacastrum* (L.) L (verdolaga). Hacia el norte, la playa se vuelve más angosta, con pendientes más pronunciadas, constituida por arena fina a media y características disipativas a intermedias. Si bien las dunas litorales se extienden hacia el norte, su dimensión es significativamente menor cuando se compara con el sector sur (figura 3 y foto 2). En todo el sector se identifican dos niveles topográficos: el primero es una llanura litoral ubicada a partir del nivel del mar y formada por depósitos marinos y eólicos recientes; y el segundo, en contacto abrupto con el anterior en la forma de un acantilado, cuyo desnivel es del orden de 11 a 13 metros sobre el nivel del mar. Este segundo nivel se presenta como una amplia terraza formada por depósitos aluviales de edad Cuaternaria y cubierta principalmente en el sector sur, por depósitos eólicos recientes. Estos depósitos eólicos que se inician en la playa, trepan el acantilado y se extienden por varios kilómetros hasta las estribaciones andinas.

Las características típicas del sector norte se extienden hasta 8 kilómetros al sur de Puémape, aproximadamente, donde el cordón continuo de dunas litorales se interrumpe en la punta Urricape (figura 4 y foto 3). Hacia el sur de esta punta, la llanura litoral vuelve a ensancharse y las dunas litorales se desarrollan progresivamente con mayor extensión hacia el sur (figura 5 y foto 4).

METODOLOGÍA

El análisis de la variación de la línea de costa se basó en la interpretación de material cartográfico, teniendo como soporte el Sistema de Información Geográfico (SIG) ArcGIS ArcInfo 9.2 de ESRI. Se utilizó información de la línea de costa para los años 1961, 2000 y 2004, según las siguientes fuentes: Carta Nacional al 1:100,000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN) redigitalizada por Cofopri a la escala 1:25,000 (1961), Google Earth (2004) e imagen satelital ASTER VNIR AST_L1A.003:2041943797 (18/02/2006).

Las fuentes de información analógicas fueron escaneadas a una resolución de 400 dpi y almacenada en formato TIFF. Mediante la herramienta «Georeferencing» del software ArcGIS ArcInfo 9.2 ESRI, se le otorgó una referencia espacial a los archivos

de imagen (TIFF), lo que permitió la vectorización de la línea de costa en la escala de origen.

Todas las coberturas digitales, que representan la línea de costa en los distintos años, se encuentran referenciadas bajo el sistema de coordenadas UTM y Datum geodésico WGS84. Debido a que estas referencias varían entre las fuentes utilizadas, estas fueron estandarizadas a un único sistema de coordenadas y *datum* mediante la herramienta Projection del *software* ArcGIS ArcInfo 9.2 ESRI. La vectorización de la línea de costa se realizó con la herramienta Draw del mismo *software*.

A partir del *software* libre Google Earth (versión 5.0), se procedió realizar la captura y digitalización de la línea de costa para el año 2004. Este *software* ofrece coberturas digitales de Digital Globe (satélite QuickBird) para el área de estudio con una resolución espacial de 2,4 metros. Este *software* ofrece la posibilidad realizar el proceso de vectorización de la línea de costa sobre la imagen en formato vector de Google Earth (KML), que fue posteriormente exportado a un formato vector de ESRI (Shapefile) con la ayuda del ArcScript «KML_TO_SHAPE», de libre disponibilidad. Esta cobertura digital, presenta por defecto en el sistema de coordenadas geográficas y Datum WGS84.

Para el cálculo numérico de la variación de línea de costa se utilizó la aplicación *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS), desarrollada por Thieler, Himmelstoss, Zichichi y Miller (2005). Esta aplicación está diseñada como una extensión integrada al *software* ArcGIS ArcInfo 9.2 de ESRI, lo que facilitó calcular estadísticamente las tasas de variación de las líneas de costa previamente almacenadas en la base de datos del mismo *software*. El análisis se realizó con la determinación de la distancia más corta entre las líneas de costa a partir de una línea de referencia común y medida regularmente a cada cien metros.

Los parámetros estadísticos calculados por el programa DSAS y utilizados en el presente estudio fueron: el *Coficiente de Cambio Final* (EPR), que representa la tasa de variación neta anual (en metros/año); y el *Movimiento Neto de la Costa* (NSM), que representa la variación total en metros de la línea de costa durante el período analizado. En ambos índices los valores positivos representan períodos de acumulación y los negativos representan períodos de erosión de la línea de costa.

En tres salidas a campo, realizadas en los meses de setiembre y octubre de 2008, se hizo un reconocimiento del área de estudio, se tomaron puntos de control con GPS (por sus siglas en inglés, sistema de posicionamiento global), se realizó una documentación fotográfica y se ejecutó el levantamiento de cinco perfiles topográficos representativos a lo largo de los 22 kilómetros de línea de costa entre Puémape y Chicama. Para este procedimiento se utilizó clinómetro y huincha métrica. Además se hizo la descripción de los rasgos geomorfológicos del sistema playa-duna y se determinó la pendiente de la playa. A partir de la pendiente de la playa se pudo estimar el error de posicionamiento de la línea de costa debido a la variación de la marea cuya amplitud máxima en el área de estudio es de 1,84 metros (DHN – Marina de Guerra del Perú).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 6 se observa el predominio de valores positivos en 79,2% de la línea de costa. Cuando se toma en cuenta un error de $\pm 17,5$ metros, se obtiene que el 69,2% de la línea de costa ha avanzado, el 21,6% se ha mantenido estable y solamente el 9,1% de la línea de costa ha sufrido un retroceso por erosión durante los 45 años analizados. El promedio general acusa un avance de la línea de costa del orden de 27,1 metros. La tasa anual de variación de la línea de costa, representada en la figura 7, muestra un promedio para todo el sector del orden de 0,61 m/año.

A partir del análisis de los registros históricos de marea en el puerto del Callao, Quispe Arce (2002) estimó que el nivel del mar se ha elevado en 5 cm entre 1942 y 2001. Esto significa una tasa anual de elevación del nivel del mar del orden de 0,83 mm/año. Vale recordar que, para un período similar (1950-2000), Church y White (2006) estimaron tasas de elevación del nivel del mar del orden de 1,75 mm/año a escala global, prácticamente el doble de la tasa estimada para la costa central peruana. Aunque esta diferencia con respecto a la tendencia global es significativa, puede ser explicada debido a factores locales, tales como tectónicos u oceanográficos. Sin embargo, los resultados indican que en la costa peruana el nivel del mar acompaña a la tendencia global de elevación.

Uno de los impactos esperados y documentados de la elevación del nivel del mar es la erosión de las playas. Diversos autores reportaron esta tendencia en diferentes costas del planeta (Bird 1985; Moore et al., 1999; Morton y McKenna 1999; Galgano et al. 2004; European Commission 2004; Zhang et al., 2004; y Muehe 2006, entre otros). La mayoría de estos casos se concentraron en áreas ocupadas por diversas actividades humanas que, de una u otra forma, han alterado los procesos naturales y provocado la erosión de las playas.

Se considera que la influencia de las actividades humanas en la estabilidad de la línea de costa, en el sector Puémape–Chicama, es mínima y, por lo tanto, los procesos erosivos no pueden estar asociados a ellas. Sin embargo, a partir del análisis cartográfico se identificó, al contrario de lo esperado, una tendencia al avance de la línea de costa de 27,1 metros en 40 años. A partir del análisis de otro sector costero, como es el caso de La Chira–Lurín (Grández 2010), se observa en la figura 8 el predominio de valores positivos lo que indica un avance promedio del orden de solamente 8,3 metros en 73 años. A partir de este resultado se puede interpretar que la línea de costa entre La Chira y Lurín se mantiene en una posición relativamente estable durante las últimas décadas. En este caso, y a pesar de abarcar una playa moderadamente intervenida por la actividad humana, no presenta una tendencia erosiva excepto en los sectores más densamente ocupados o por influencia de la desembocadura del río Lurín en el extremo sur del área de estudio.

En los sectores costeros intensamente modificados por la ocupación humana, como son los casos de Las Delicias–Salaverry, en la Libertad (León y Tavares Corrêa 2006) y la bahía de Miraflores, en Lima (Leceta 2009), la línea de costa presentó tendencias netamente erosivas. En el balneario de Las Delicias las tasas de erosión de la línea de costa alcanzaron valores promedios de 3,2 m/año, con impactos económicos y sociales negativos para la comunidad (León y Tavares Corrêa 2006). Por otra parte, el análisis espacio-temporal realizado por Leceta (2009) para los 32,5 km de la bahía de Miraflores culminó con una clasificación de las playas existentes en 12 bloques. Leceta (2009) identificó que la erosión predominaba en las playas comprendidas en los bloques 1, 2, 3 4, 5, 10 y 11; la estabilidad, en los bloques 6 y 12; y la progresión, en los bloques 7, 8 y 9, debido principalmente a modificaciones artificiales.

A partir de los resultados analizados se puede observar que, a pesar de evidencias de elevación del nivel mar en la costa peruana (Quispe Arce 2002), no se identifica un proceso erosivo generalizado en las playas. La erosión se manifiesta principalmente en sectores de la costa con intensa ocupación. En playas como en el sector Puémape–Puerto Chicama y La Chira–Lurín, respectivamente, sectores con grado de intervención baja a moderada, la erosión se manifiesta puntualmente y la tendencia de la línea de litoral es de estabilidad o de ligero avance.

En este sentido, no se puede afirmar que los procesos erosivos en la costa peruana se deben a la elevación del nivel del mar debido al calentamiento global. Los procesos erosivos identificados en varios sectores costeros parecen estar relacionados con las formas de ocupación, estructuras construidas y actividades realizadas en el litoral peruano.

CONCLUSIONES

Al contrario de lo esperado, en los sectores mínima y moderadamente ocupados predomina el avance o la estabilidad de la línea de litoral, y la erosión identificada se debe a solamente a factores de orden local.

Por otra parte, la erosión predomina en sectores fuertemente intervenidos por la ocupación humana, debido a las estructuras construidas y a las actividades realizadas en el litoral peruano.

Finalmente, los datos obtenidos no permiten concluir que los procesos erosivos en la costa peruana se deben a la elevación del nivel del mar debido al calentamiento global y se deben principalmente a factores de orden local.

Agradecimientos

Se agradece a la Dirección Académica de Investigación de la Pontificia Universidad Católica del Perú por el apoyo financiero (Proyecto DAI-4029).

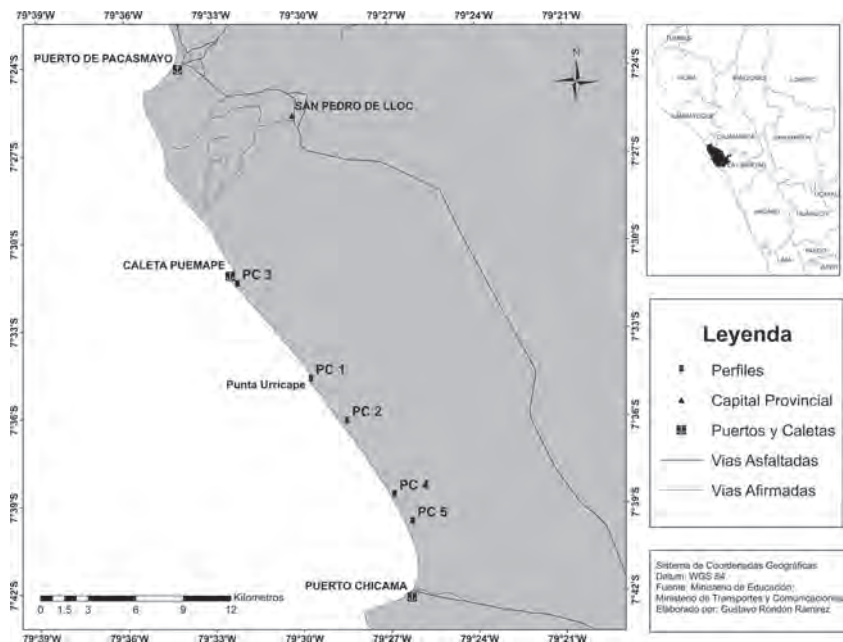


Figura 1. Ubicación del área de estudio. Corresponde al sector comprendido entre el puerto de Chicama y la punta Puémape en el litoral de La Libertad. Además, se identifican los perfiles topográficos.

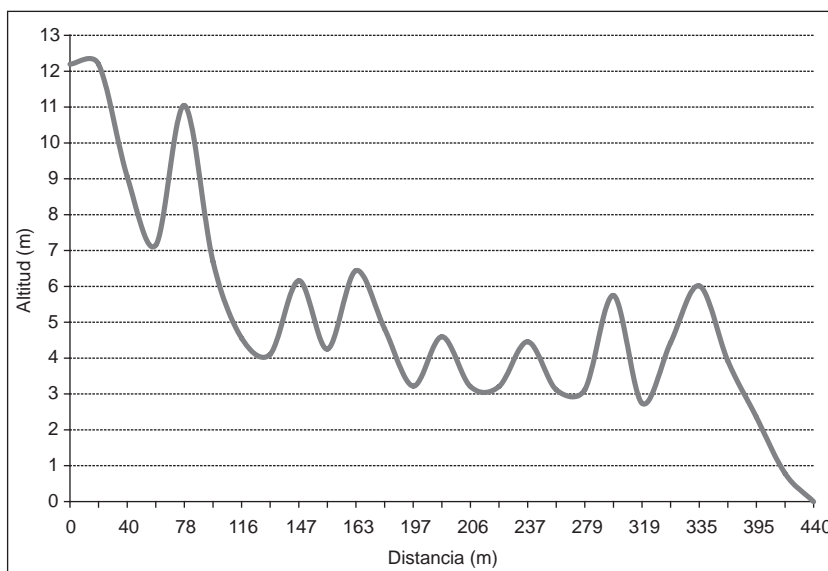


Figura 2. Transecto PC-5, ubicado en el extremo sur del área de estudio, donde se puede notar la máxima extensión de la llanura litoral (440 m). La topografía irregular se debe a la presencia de dunas litorales entre la playa y el acantilado.

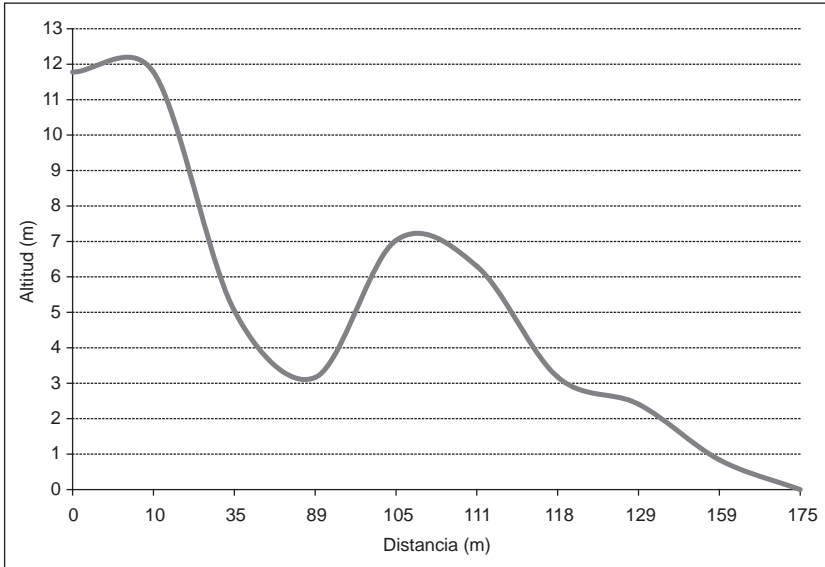


Figura 3. Transecto PC-3, ubicado en el extremo norte del área de estudio, próximo a Puémape, donde la llanura litoral es más angosta (175 m) y solo se observa la presencia de un cordón de dunas litorales.

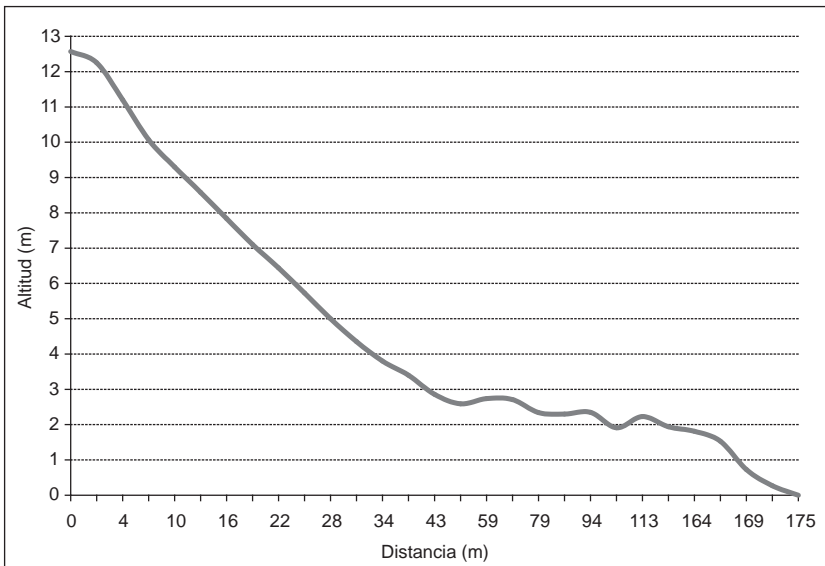


Figura 4. Transecto PC-1, ubicado en la punta Urricape, 8 kilómetros al sur de Puémape. Comprende un sector netamente erosivo donde la playa y la llanura litoral están compuestas por material grueso (gravas y cantos rodados) debido a la erosión de las rocas preexistentes del acantilado. En este sector la duna litoral está ausente.

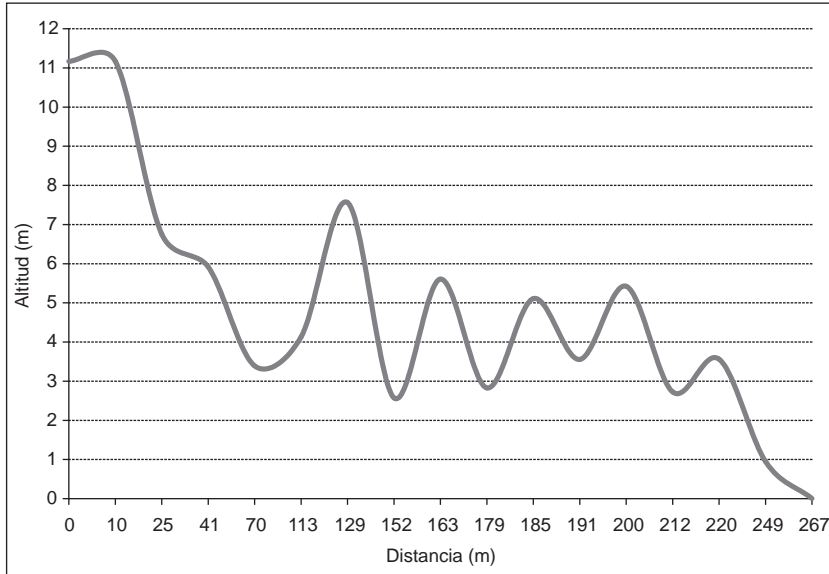


Figura 5. Transecto PC-2, ubicado aproximadamente 3 kilómetros al sur de la punta Urricape. Se puede observar el aumento del ancho de la llanura litoral y la presencia de varios cordones de dunas litorales.

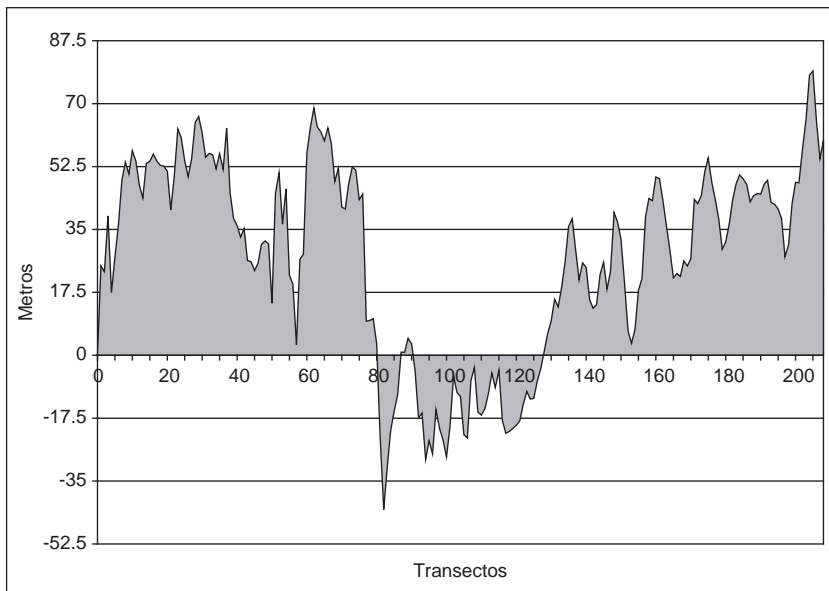


Figura 6. Variación de la línea de costa entre Puémapé y Chicama (1961-2006).

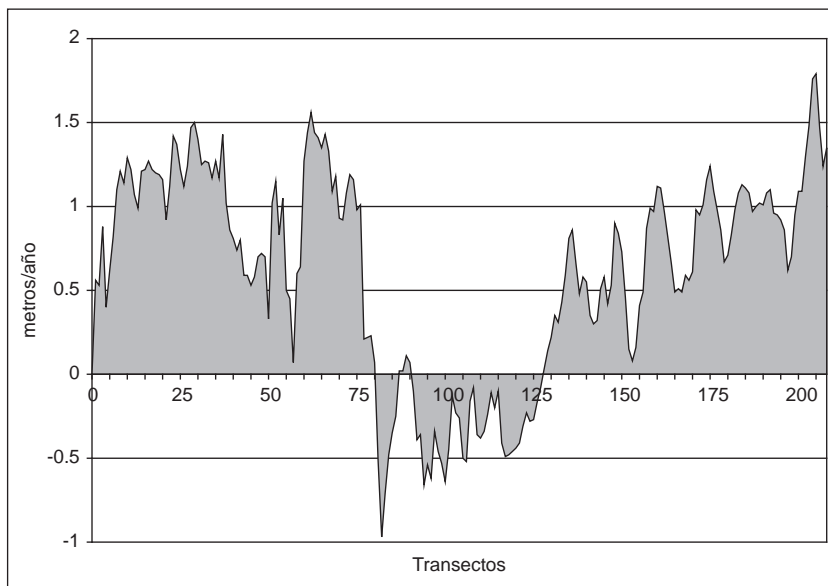


Figura 7. Tasa anual de variación de la línea de costa entre Puémape y Chicama (1961-2006).

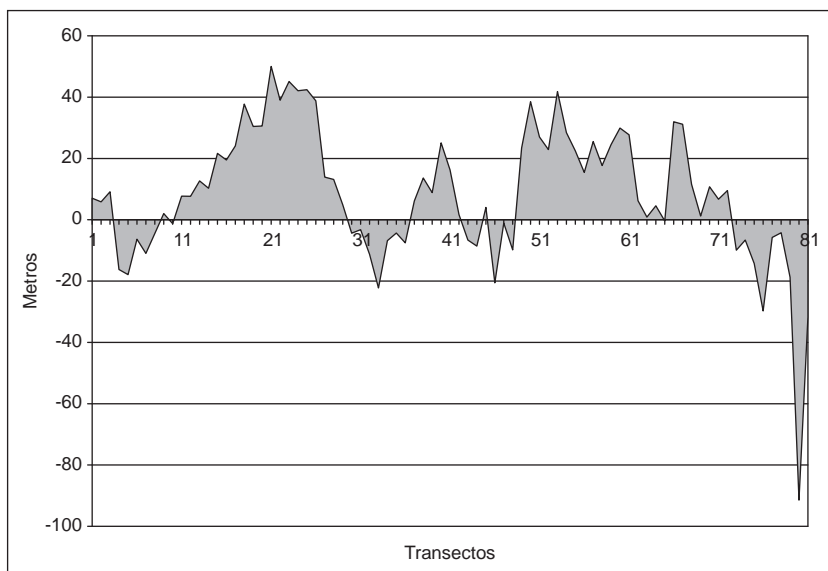


Figura 8. Variación de la línea de costa entre La Chira y Lurín (1936-2003).



Foto 1. Corresponde al perfil PC-5, ubicado en el extremo sur del área de estudio, próximo al puerto de Chicama. Se puede observar la amplia llanura litoral cubierta por dunas (Foto: Fabian Drenkhan, 2008).



Foto 2. Corresponde al perfil PC-3, ubicado en el extremo norte del área de estudio, próximo a la punta Puémape. Se puede observar una llanura litoral relativamente angosta con un cordón de dunas litorales bien definido y una depresión entre esta unidad y el acantilado (Foto: Fabian Drenkhan, 2008).

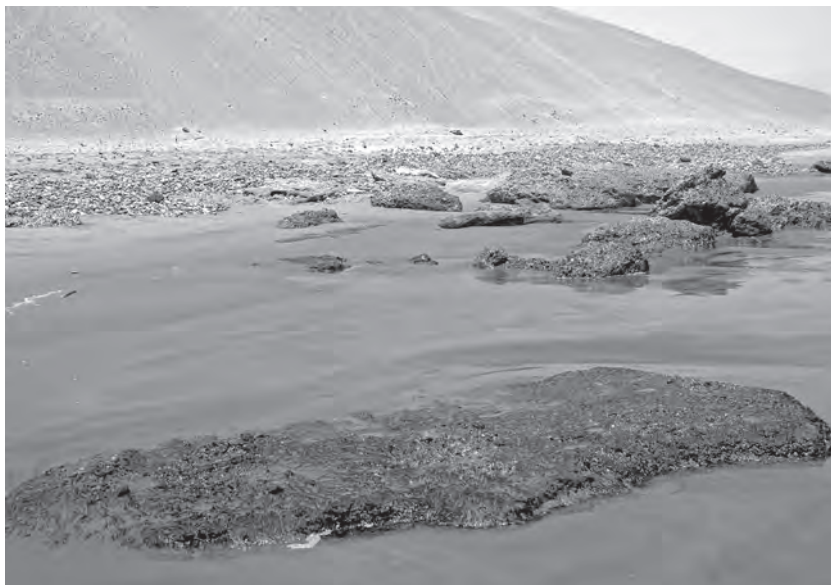


Foto 3. Corresponde al perfil PC-1, ubicado en el centro del área de estudio, en la punta Urricape. Se puede observar la ausencia de dunas litorales, el afloramiento de rocas y una playa muy angosta de cantos rodados y arena en la base del acantilado (Foto: Fabian Drenkhan, 2008).



Foto 4. Corresponde al perfil PC-4, ubicado 3 kilómetros al sur de la punta Urricape. Representa el sector de mayor potencia del campo de dunas, entre la playa y el acantilado (Foto: Fabian Drenkhan, 2008).

BIBLIOGRAFÍA

- Bascom, W. (1951). The relationship between sand size and beach slope. *Transactions - American Geophysical Union*, (32): 868-874.
- Bird, E. C. F. (1985). *Coastline Changes*. New York: Wiley & Sons.
- Bindoff, N. L., J. Willebrand, V. Artale, A., Cazenave, J. Gregory, S. Gulev, K. Hanawa, C. Le Quéré, S. Levitus, Y. Nojiri, C. K. Shum, L. D. Talley y A. Unnikrishnan (2007). Observations: Oceanic Climate Change and Sea Level. En S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor y H. L. Miller (Eds.). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK y New York, USA: Cambridge University Press.
- Bruun, P. (1954). *Coast Erosion and the Development of Beach Profiles*. U.S. Army Beach Erosion Board Technical Memorandum 44, U.S. Army Engineering Waterways Experiment Station, Vicksburg, Mississippi.
- Bruun, P. (1962). Sea-Level Rise as a Cause of Shore Erosion. *Journal of Waterways and Harbors Division*, 88: 117-130.
- Church, J.A. y N.J. White. (2006). A 20th century acceleration in global sea-level rise. *Geophysical Research Letters*, 33, L01602. doi: 10.1029/2005GL024826
- DHN – Marina de Guerra del Perú. Datum de línea de más alta marea. Documento Interno. Consulta: 9 de julio de 2011. Obs: sin año de ref.
www.dhn.mil.pe/app/menu/servicios/pronosticos/lam06.pdf
- European Commission. 2004. *Living with Coastal Erosion in Europe – Sediment and Space for Sustainability*. Luxemburgo: Office for Official Publications of the European Communities.
- Galgano, F. A., S. P. Leatherman y B. C. Douglas. (2004). Inlets Dominate U.S. East Coast Shoreline Change', *Journal of Coastal Research*, en prensa.
- González, M.; R. Medina y M. Losada. (1997). *Equilibrium Beach Profiles: Effect Of Refraction*. Proc. Coastal Dynamics'97, ASCE, pp. 933-942.
- Grández, M. I. (2010). Estudio de la variabilidad de línea de costa: La Chira, Villa, La Encantada de Villa, Cocotero, Country Club Villa, Venecia, Club Lobo de Mar, Barlovento, Conchán y Mamacona. Lima, Perú 1936-2008. Tesis de Licenciatura en Geografía y Medio Ambiente, Facultad de Letras y Ciencias Humanas, Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Larson, M. (1991) Equilibrium profile of a beach with varying grain size. Proc. *Coastal Sediments'91*, ASCE, pp. 905-919.
- Leatherman, S. P. (1991). Modeling Shore Response to Sea-Level Rise on Sedimentary Coasts. *Progress in Physical Geography*, 14: 447-464.
- Leceta, F. (2009). Análisis de variabilidad temporal de la línea de costa mediante la aplicación de métodos de teledetección y sistema de información geográfica: bahía de Miraflores, Perú 1936-2005. Tesis de Licenciatura en Geografía y Medio Ambiente, Facultad de Letras y Ciencias Humanas, Pontificia Universidad Católica del Perú.

- León, J. y C. Tavares Corrêa. (2006). Quantification in shoreline change in Salaverry, Peru. 2006. *Journal of Coastal Research*, Special Issue 39 (Proceedings of the 8th International Coastal Symposium, 2004, Vol. II, 1013-1016. Itajaí, SC – Brasil.
- Moore, L. J., B. T. Benumof y G. B. Griggs. (1999). Coastal Erosion Hazards in Santa Cruz and San Diego Counties, California, *Journal of Coastal Research*, 28 (Special Issue): 121-139.
- Morton, R. A. y K. K. McKenna. (1999). Analysis and Projection of Erosion Hazard Areas in Brazoria and Galveston Counties, Texas, *Journal of Coastal Research*, 28 (Special Issue): 106-120.
- Muehe, D. (Org.) (2006). *Erosão e progradação do litoral brasileiro*. Volumen 1. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.
- Quispe Arce, J. (2002). Sea Level Variations in Callao (12° S) - Peru 1942-2001. *Investigaciones Marinas* [online]. 30(1), supl. [citado 2009-06-22], pp. 101-102. Consulta: 4 de octubre de 2009.
- http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-71782002030100017&script=sci_arttext
- Tavares Corrêa, C. (2010). Los fenómenos de la erosión en el territorio de Lima. *AUT – Arquitectura, Urbanismo y Territorio*. Revista del Consejo Regional Lima del Colegio de Arquitectos del Perú (CAP), agosto 2010, 4: 4-11.
- Thieler, E. R., E. A. Himmelstoss, J. L. Zichichi y T. L. Miller. (2005). *Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 3.0: An ArcGIS extension for calculating shoreline change: U.S. Geological Survey Open-File Report 2005-1304*.
- Zhang, K., B. C. Douglas y S. P. Leatherman. (2004). Global warming and coastal erosion. *Climate Change*, 64: 41-58.