



EVOLUCIÓN COSTERA DEL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE SAN JUAN DE LOS TERREROS Y PLAYAS DE VERA (ALMERÍA)

V. Espinosa Montero e I. Rodríguez Santalla

Universidad Rey Juan Carlos; ESCET; C/ Tulipán s/n, 28933 Móstoles (Madrid)

Resumen: El presente trabajo muestra los cambios ocurridos en un tramo de la costa almeriense comprendido entre San Juan de los Terreros y las playas de Vera. El análisis ha tenido en cuenta la transformación de los usos del suelo, así como la variación de la línea de costa a medio (50 años) y a corto plazo (7 años). Las fuentes de información utilizadas han sido fotografías aéreas, imagen de satélite, cartografía topográfica digital y Mapa Geológico, las cuales han sido tratadas convenientemente para estimar la tendencia de la costa e inferir, atendiendo a las tasas de erosión/sedimentación obtenidas, la posición futura de la línea de costa.

La zona de estudio presenta tramos costeros de distinta tipología, con playas abiertas al sur, y un frente acantilado en posición septentrional. Los resultados denotan una variación en los usos del litoral, aumentando la cantidad de terreno urbanizado en detrimento del cultivado. En cuanto a la evolución de la costa, en general, muestra una tendencia erosiva, especialmente en las playas del sur (Playas de Palomares) establecida por la reducción considerable de los aportes provenientes del norte, mientras que en la zona de San Juan de los Terreros, se puede considerar prácticamente estable. Este tipo de análisis permite determinar los puntos de la costa en los que es preciso reparar y realizar seguimientos y estudios más detallados, al objeto de establecer planes de actuación que permitan tomar medidas paliativas que, o bien recuperen el entorno, o bien minimicen los impactos en el litoral.

Palabras Clave: Análisis de cambios, línea de costa, erosión costera, Almería

Abstract: The present work shows the changes happened in a section of the Almería coast included between San Juan de los Terreros and the beaches of Vera. The analysis has considered the transformation of the land uses, as well as the variation of the coastline to the medium term (50 years) and to the short term (7 years). The information sources have been: aerial photography, satellite images, digital topographic mapping and Geologic Map, which have been treated properly to consider the tendency change of the coast, and to infer the future coastline location taking into account the erosion/sedimentation rates obtained.

The study area presents different coastal typologies, with beaches opened to the north and to the south separated by a cliff. The results showed a variation of the coastal land uses, increasing the urbanized class in damage of the cultivated. The coastal evolution showed an erosive tendency, especially in the south beaches (Palomares Beaches) promoted by sediment reduction, while in San Juan de los Terreros may be almost stable. This type of analysis allowed the determination of the coastal areas with problems, the specification of further studies to establish performance plans that would allow taking palliative measures that either recover the surroundings or diminish the impacts over the coast.

Key words: Change analysis, shoreline, coastal erosion, Almería

Espinosa, V. y Rodríguez, I. (2009): Evolución costera del tramo comprendido entre San Juan de los Terreros y Playas de Vera (Almería). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 22 (1-2): 3-12

Edita: *Sociedad Geológica de España*
ISSN: 0214-2708



Actualmente, y ante la presión ejercida por la amenaza del cambio climático, se está haciendo un esfuerzo por realizar estudios retrospectivos del comportamiento de la costa al objeto de establecer su respuesta ante los efectos del azote del oleaje y de la variación del nivel del mar, incluso en costas aparentemente estables, como son las acantiladas, donde el retroceso costero es apenas perceptible en escalas de tiempo amplias. Las modelizaciones futuras permiten realizar cartografías de riesgo y peligrosidad, las cuales, a su vez, proporcionan los argumentos necesarios para plantear políticas de actuación encaminadas a la planificación y ordenación del territorio de forma que se evite el deterioro e inestabilidad de la costa (Budetta *et al.*, 2000; Del Río y Gracia, 2007; Montoya, 2008).

Los métodos empleados para obtener información detallada de la costa contemplan diferentes técnicas como la toma de datos sobre el propio terreno (GPS o RTK), y, también, a partir del estudio de fotografías aéreas, cartografía e imágenes de satélite con resoluciones y escalas adecuadas (Rodríguez, 1999 y 2009b). En el caso de estudios sobre el terreno, la ventaja que presentan es que se puede obtener información detallada, pero tienen la desventaja que son relativamente caros, además de no permitir el estudio a largo plazo de los cambios en la costa, salvo que se realice trabajo de campo de forma periódica. En contrapartida, la interpretación de fotografías aéreas, cartografía e imágenes de satélite sí permiten estudios históricos (Fisher y Overton, 1994), resultando la

opción más económica debido a que no se necesita realizar un prolongado trabajo de campo, ni equipos costosos (Doukakis, 2007). Los Sistemas de Información Geográfica se muestran como la herramienta más eficaz para llevar a cabo las tareas de gestión y análisis de los datos necesarios para realizar dichas modelizaciones (Rodríguez *et al.*, 2009a). Una de las ventajas es que permite introducir en el análisis documentos de distinta naturaleza, aportando información de aspectos diferentes, pero fuertemente relacionados entre sí, pudiendo determinar y cuantificar con exactitud el espacio de afección del litoral.

Zona de estudio

La zona de estudio ocupa la unidad fisiográfica Villaricos-Límite provincial con Murcia y parte de la de Punta de los Muertos-Villaricos, justo hasta el arranque de las playas de Palomares (Fig. 1). En ella encontramos un litoral mixto, alternándose costa sedimentaria y acantilados de erosión sobre el macizo metamórfico de la Sierra Almagrera de orientación NE-SW. Esta es una pequeña cadena montañosa costera de unos 12 km de longitud y 3 de anchura, situada dentro del Término Municipal de Cuevas de Almanzora.

La Sierra Almagrera forma parte del *Complejo Nevado Filábride* perteneciente a la parte interna de las Cordilleras Béticas. Son rocas que han sufrido un metamorfismo polifásico de tipo alpino con facies de grado medio. La litología presenta dos unidades, la inferior constituida por mica-esquistos y cuarcitas y, la superior por mármoles, néises, anfibolitas y mica-esquistos (Puga *et al.*, 1974). Es una sierra de baja altura (máxima en el vértice Tenerife con 367 m) que se adentra en el mar, formando una costa acantilada, con entrantes y calas que dan lugar a pequeñas playas de bolsillo (Fig. 2a y 2b). Este tramo acantilado se extiende desde Villaricos hasta Pozo del Esparto.

Las playas incluidas en la zona de estudio presentan características diferentes (Fig. 2c y 2d) según se encuentren al norte o al sur de la sierra. Así, las situadas en el tramo que va desde la desembocadura del Río Almanzora hasta Garrucha son, en general, playas abiertas de mayor longitud y anchura que las que se encuentran en el extremo norte del acantilado. Esta característica también ha condicionado el desarrollo urbanístico de la zona. Según recoge la Guía de Playas del Ministerio de Medio Ambiente, todas las playas y calas que se encuentran en el tramo acantilado están aisladas y presentan un grado de ocupación bajo, mientras que las playas que lo limitan, al sur (Palomares y playas de Vera) y al norte (San Juan de los Terreros), tienen un grado de ocupación alto y carácter urbano.

En cuanto al clima de marítimo, la zona se encuentra en un ámbito micromareal, donde los principales vientos actuantes son los de levante, en sus componentes norte y sur. Los oleajes más enérgicos provienen del Este, alcanzando alturas máximas de 3 m. El transporte sólido

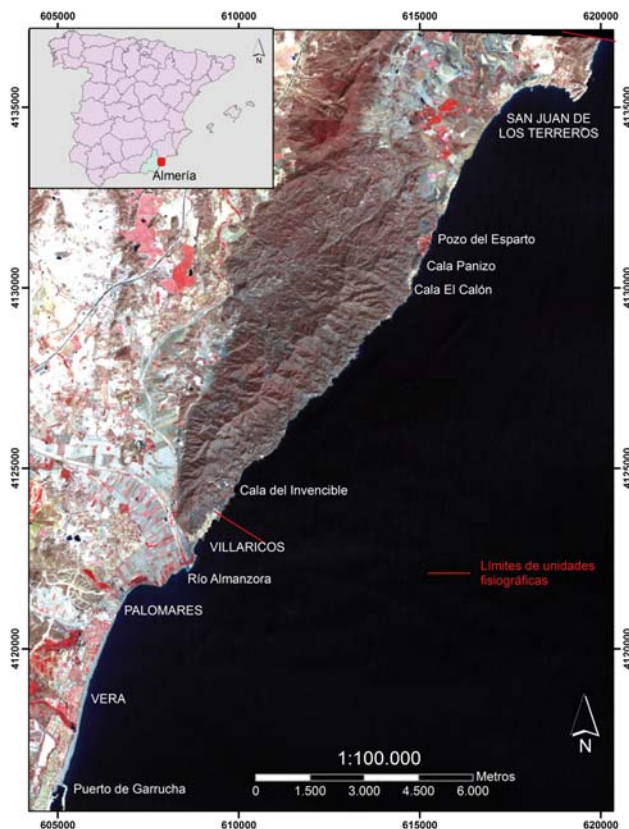


Figura 1.- Situación de la zona de estudio





Figura 2.- Fotografías de la zona de estudio, a) Embarcadero Viejo; b) Cala del Invencible; c) Playa de las Marinas (Palomares); d) Playa de Mar Serena (San Juan de los Terreros)

litoral mantiene la tendencia de todo el Mediterráneo, siendo efectivo en dirección sur (Bayo, 1999).

Metodología

Este estudio sobre la evolución este tramo del litoral Almeriense se ha basado principalmente en el uso de fotografías aéreas. Esta fuente de información es la más empleada en la observación de los cambios en el litoral en estudios a medio-largo plazo (Moore, 2000, Pardo, 2000; Ojeda, 2001). También se han empleado imágenes de satélite, si bien, su utilización para cálculos de tasas de erosión está limitada por su resolución espacial, las características espectrales de éstas presentan ventajas en la extracción de la línea de orilla al permitir efectuar sobre ellas operaciones de tratamiento digital de imágenes que facilitan esta labor (Rodríguez, 1999, 2009b).

Fuente de datos y tratamiento previo de la información

Las fuentes de información utilizadas han sido fotografías aéreas de 1957 y 1999 a escala 1:33.000 y 1:1000, respectivamente; imagen del satélite Aster del año 2006 con resolución espacial de 15 m; cartografía

digital a escala 1:25.000 del CNIG; y Mapa Geológico de España 1:50.000 del IGME. Los programas informáticos empleados para el tratamiento y posterior análisis de las imágenes han sido Envi 4.3 y ArcGis 9.2.

Tanto las fotografías aéreas, como la imagen satélite, han sido corregidas geométricamente y georreferenciadas en el sistema de proyección UTM. Para llevar a cabo este proceso se han tomado puntos de control en toda la extensión del documento, especialmente en torno a la costa, para asegurar una mayor exactitud en esa zona, al objeto de que la superposición de todas las imágenes sea adecuada (Hughes *et al.*, 2006). Previamente se ha corregido la imagen de satélite por ser la más actual, utilizando la cartografía digital del CNIG, y una vez rectificadas se ha utilizado para corregir el resto de fotogramas. La media del RMS resultante ha sido de 0,5 unidades de píxel, que representa 7 m lineales en la imagen de satélite Aster; 0,2 para los fotogramas de 1957 y 0,077 en el caso de las fotografías aéreas de 1999, que representan 12 y 5 cm de error.

Caracterización litológica y usos del suelo

Una vez georreferenciadas todas las imágenes se procede a la elaboración de la cartografía de usos.



Previamente se hace una distinción de la tipología costera atendiendo a la leyenda de EUCC y apoyada en el Mapa Geológico de España. Así, se ha digitalizado la línea de costa diferenciando tramos en roca dura, roca blanda y sedimentos sueltos. Por otra parte, la leyenda de la cartografía de usos del suelo realizada está basada en las clases establecidas en el proyecto CORINE Land Cover (Bossart *et al.*, 2000). En todas las fechas analizadas se han identificado las clases, tejido urbano, cultivos, playas y roquedo, y, además, en las imágenes de 1999 se ha determinado zonas portuarias e instalaciones deportivas y recreativas. También se han digitalizado los cursos de agua presentes.

Una vez digitalizados los diferentes usos en cada fecha, es posible estimar la variación de los mismos a lo largo del tiempo. Para ello, se calcula la superficie total perteneciente a los diferentes usos. Para estudiar siempre la misma zona, se calcula el área que queda incluida dentro de un buffer de la costa de 1999 de 1000 m (Ezquerro *et al.*, 1998), asegurando, de esta forma, que las variaciones observadas no son provocadas por un error al establecer los límites del área de estudio.

Evolución en planta de la línea de costa y cálculo de la tasa de avance/retroceso

La línea de costa es el elemento más activo y cambiante del litoral. Esto supone que para realizar estudios precisos de evolución costera es necesario determinar de forma inequívoca la línea de orilla. Según Boak y Turner (2005), la definición de línea de costa más

sencilla es la intersección entre agua, tierra y aire, pero esta definición no es suficiente para calcular tasas de erosión o sedimentación. Puesto que la línea de costa no se mantiene en un lugar estable a lo largo del tiempo, se establecen diferentes criterios para determinar su posición, por ejemplo la línea más alta de la marea, (HWL), o el límite de la vegetación dunar (Dehouck, 2004; Morton *et al.*, 2004; Boak y Turner, 2005).

Por otra parte, la extracción de la línea de costa puede realizarse por digitalización directa de la costa, o bien utilizando métodos de detección automática por tratamiento digital de las imágenes (Rodríguez, 1999; Boak y Turner, 2005). En este caso, el criterio seguido para definir la línea de costa es el contacto entre agua y tierra, ya que se trata de una zona con características micromareales, por lo que se considera el error cometido despreciable. Así, en las fotografías aéreas la digitalización se realiza de forma manual. En el caso de la imagen de satélite, se ha obtenido la línea de costa de forma automática, realizando una clasificación supervisada estableciendo dos clases, agua y tierra (Rodríguez, 2009b).

Una vez obtenidas las diferentes líneas de costa, es necesario comparar la diferencia entre ellas y cuantificar esas distancias. Para ello se mide la distancia lineal entre cada par de líneas de costa (Ojeda, 2001). La obtención del movimiento acumulado de la línea de costa versus el tiempo en transeptos representativos ofrece velocidades o movimientos de la línea de costa, y representan una base para derivar curvas de regresión de primer

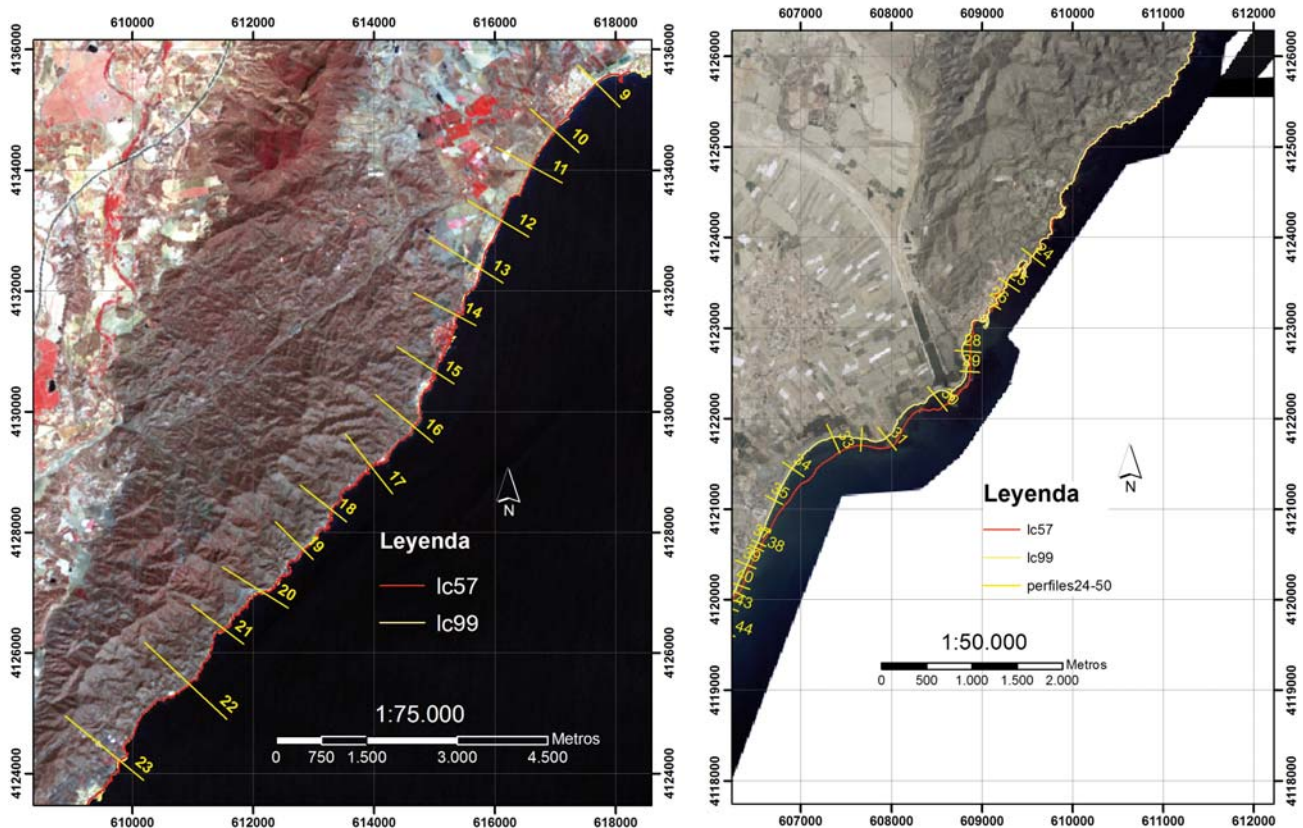


Figura 3.- Posición de los perfiles tomados a lo largo del tramo de estudio

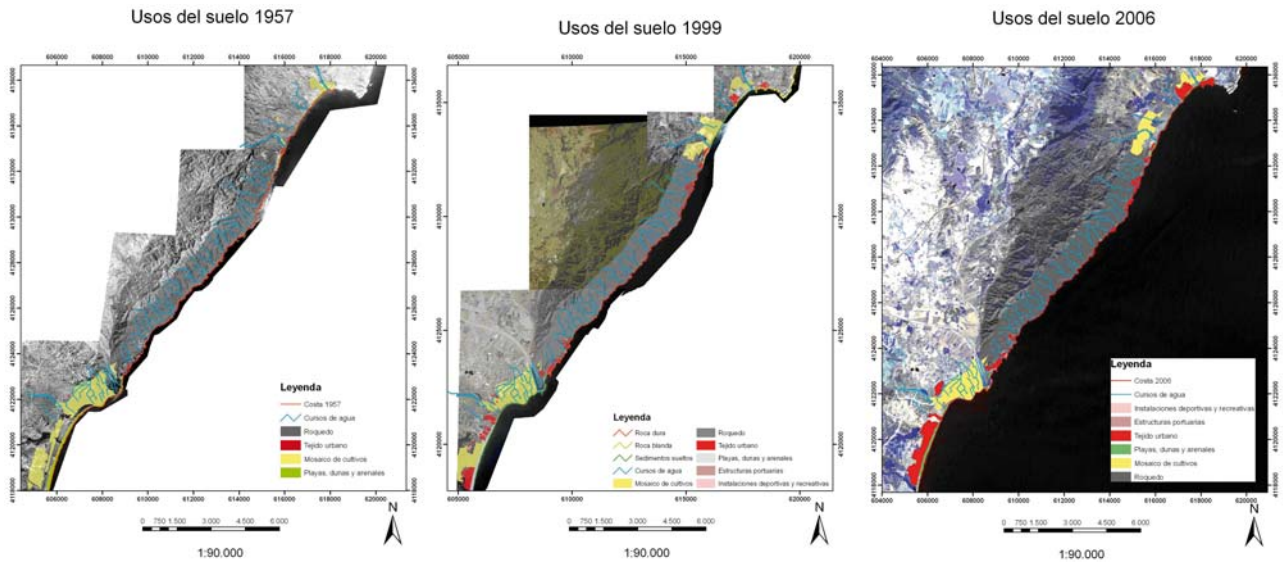


Figura 4.- Comparación de los usos del suelo en las diferentes fechas estudiadas

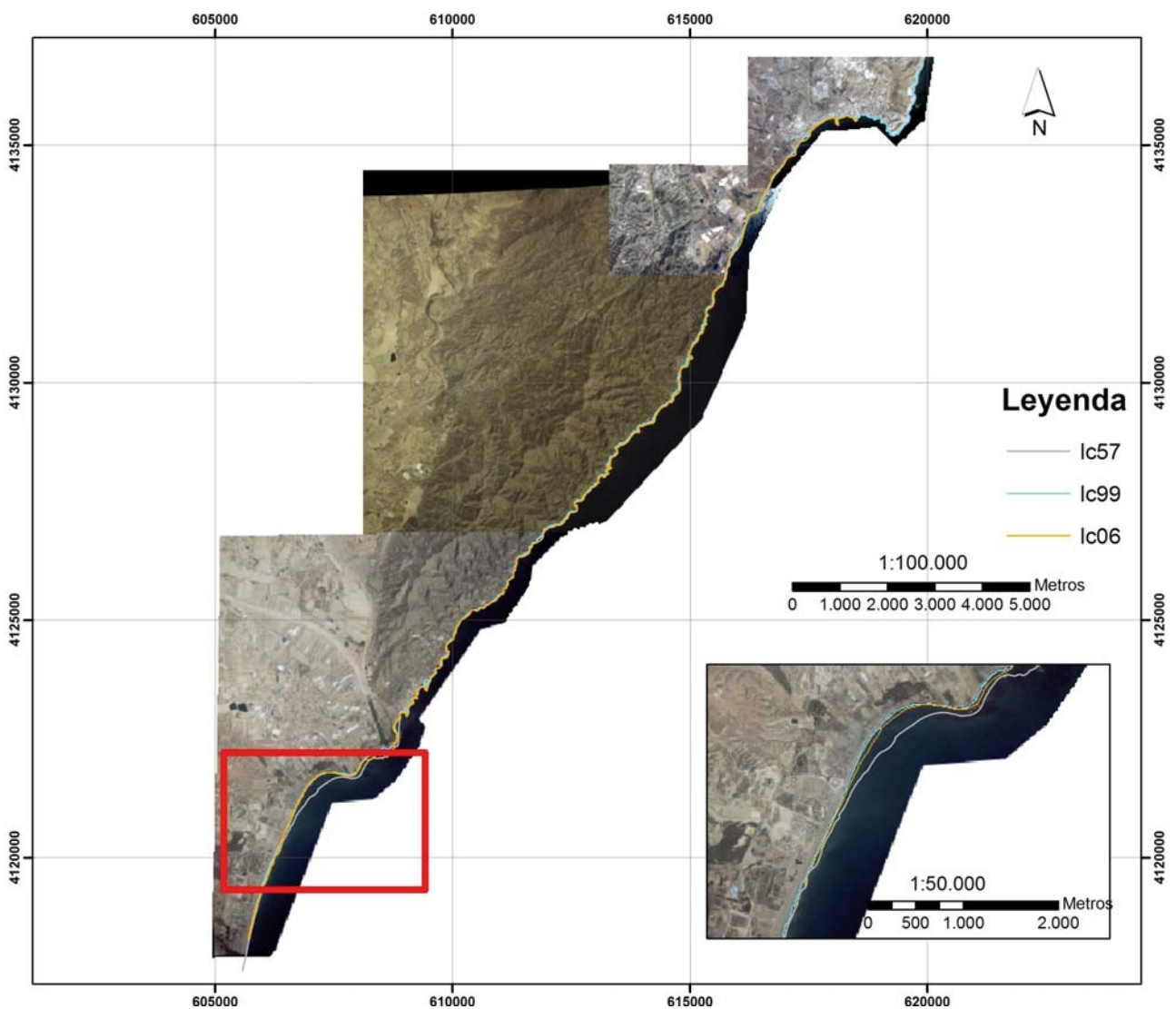


Figura 5.- Comparación de las diferentes líneas de costa



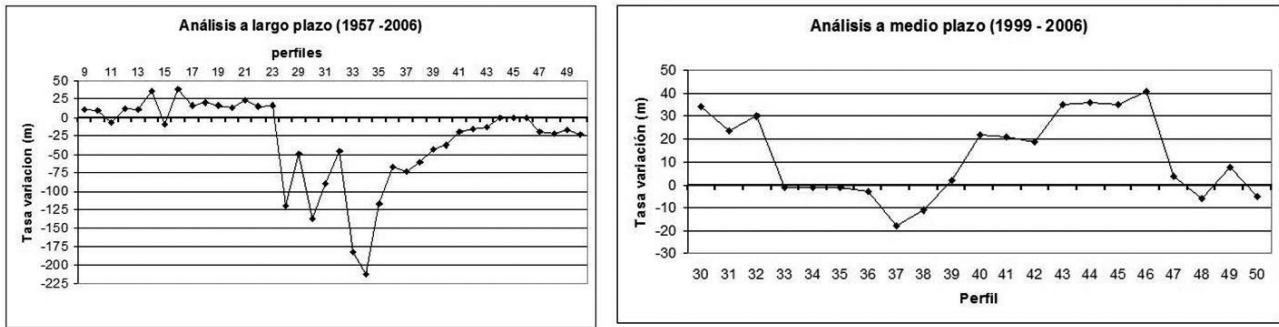


Figura 6.- Evolución del perfil de la costa a largo (a) y a medio plazo (b)

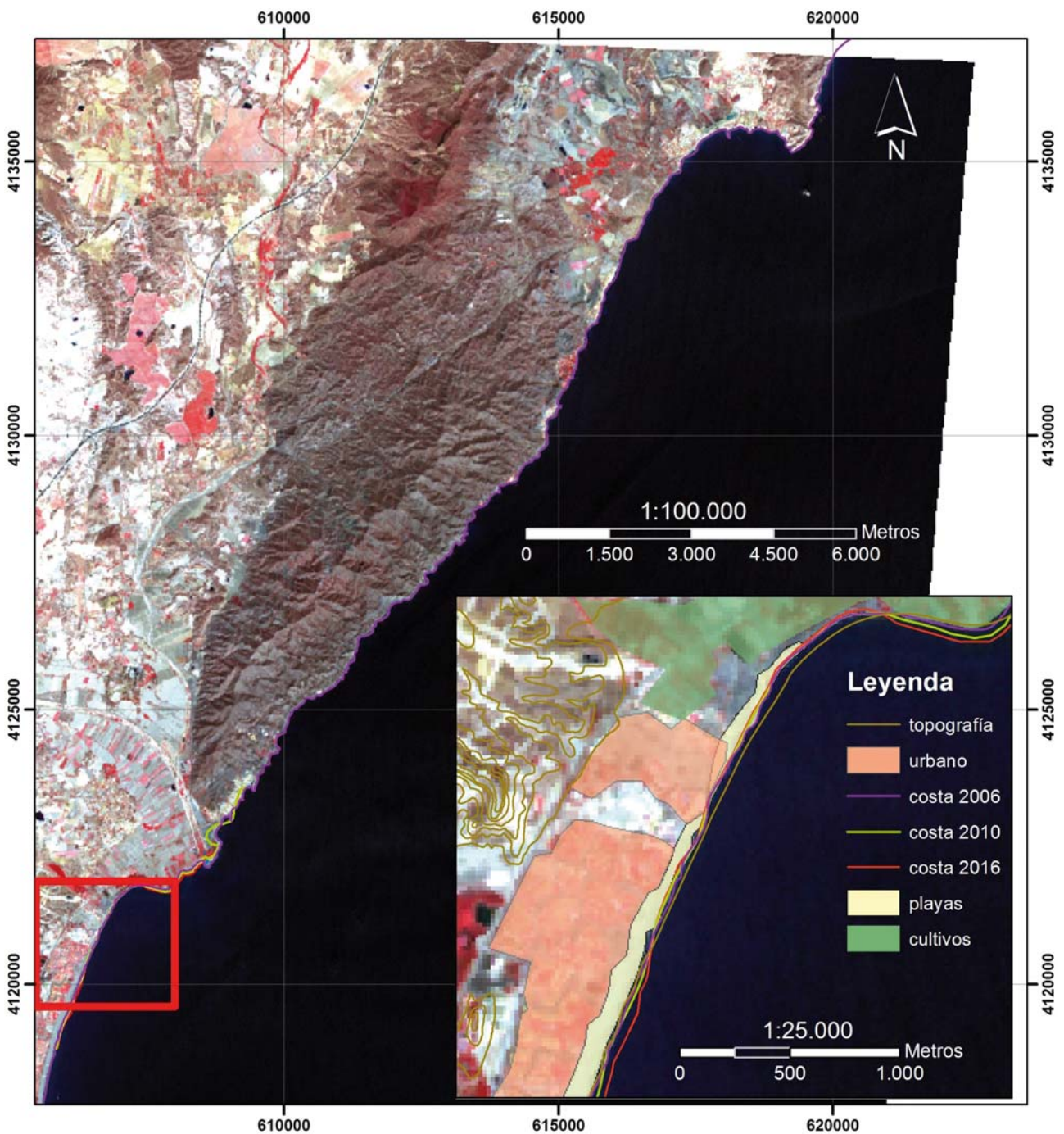


Figura 7.- Predicción de la posición de la línea de costa en 2010 y 2016.

orden. Estas relaciones espacio-temporales de movimientos acumulados de la línea de costa son útiles para visualizar tendencias a largo plazo. Convirtiendo las fechas y las posiciones de la línea de costa en diagramas de dispersión, podemos generar curvas de regresión y ecuaciones que representen el mejor ajuste estadístico por mínimos cuadrados para el polinomio seleccionado. Este procedimiento es particularmente beneficioso puesto que se puede utilizar para determinar la posición futura de la línea de costa en un tiempo especificado (Morton, 1991; Leatherman, 1992; Crowell y Buckley, 1993; Rodríguez, 1999; Ojeda, 2001; Del Río y García, 2007). Según Fenster *et al.*, (1993) éste es el método más robusto para analizar las tendencias históricas y extrapolarlas al futuro.

La figura 3 muestra parte de los perfiles perpendiculares a las líneas de costa representativos en cada sección. En este caso, el año 1957 se tomó como línea base para el estudio de la evolución de la línea de costa, y a partir de él se han medido las distancias a las que se encuentran las otras líneas, y así, observar y cuantificar el retroceso o avance de la costa. De esta forma, se ha obtenido la evolución de la costa a largo plazo (1957 - 2006) y a medio plazo (1999 - 2006). A continuación se ha estimado la tasa media, empleando la primera y la última fecha, y dividiendo su distancia por el número de años transcurridos entre ambas (EPR) (Rodríguez, 1999; Ojeda, 2001).

Resultados

Análisis de cambio de usos del suelo

La comparación de las cartografías de usos de las distintas fechas realizadas (Fig. 4) permite estimar la variación de los mismos a lo largo del tiempo, la cual queda reflejada en la tabla I.

Según los datos mostrados en la tabla I se observa que el tejido urbano ha aumentado con el tiempo, doblándose el área ocupada en los últimos 7 años. El área de terreno cultivado desde 1957 hasta 1999 aumenta, pero entre 1999 y 2006 se reduce hasta alcanzar valores similares a los años 50. Se observa que en los últimos 7 años se ha perdido prácticamente la misma cantidad de hectáreas que entre 1999 y 1957.

Año	Clase	Área (ha)	Variación Área (ha)
1957	Tejido urbano	9,7	0
1999	Tejido urbano	128,6	118,8
2006	Tejido urbano	247,3	118,7
1957	Mosaico de Cultivos	423,1	0
1999	Mosaico de Cultivos	940,6	517,5
2006	Mosaico de Cultivos	344,6	-596,0
1957	Playas y arenales	73,0	0
1999	Playas y arenales	59,6	-13,3
2006	Playas y arenales	48,3	-11,3

Tabla I.- Área correspondiente a cada clase y la variación sufrida a lo largo del tiempo

Evolución de las líneas de costa

Una vez obtenidas las líneas de costa correspondientes a los diferentes años estudiados se integran en el SIG para realizar el análisis evolutivo de la costa, y a partir de estos resultados, inferir la evolución futura (Fig. 5).

La comparación de las líneas de costa sobre los perfiles planteados, ha permitido verificar que no se mantiene la misma tendencia a largo y a corto plazo. En el análisis a largo plazo (entre 1957 y 2006) se diferencian dos tendencias, una que parte de San Juan de los Terreros hasta el final del acantilado, con tendencia a la acumulación de sedimento, y a partir de la Playa de Villaricos, con un marcado carácter erosivo, hasta el final del tramo (Fig. 6a). A medio plazo, en el tramo norte la tendencia se mantiene igual que en el largo plazo, pero cambia radicalmente en el tramo sur, pasando a ser de regresiva a progradante, excepto entre los perfiles 33 a 39, coincidentes con la Playa de Palomares, que mantienen su tendencia erosiva (Fig. 6b).

Evolución futura de la costa.

Para predecir la posición futura de la costa, se toman las líneas de costa pertenecientes a 1999 y 2006, asumiendo que los cambios futuros serán una continuación de los que han ocurrido más recientemente. Al ajustar por mínimos cuadrados estos datos, se obtiene una ecuación para cada transepto de la que se puede deducir en ese mismo punto la posición futura de la costa. Una vez obtenidos todas las posiciones futuras de los puntos se realiza la estimación de la línea de costa (Fig. 7).

Discusión

La costa representa el elemento de conexión entre los medios terrestre y marino, de forma que cualquier cambio que ocurra en alguno de ellos repercutirá de forma necesaria en la franja costera. Anders y Byrnes (1991) examinaron cinco de los principales factores que pueden cambiar la posición de la línea de orilla, tomada como elemento que establece el estado de erosión o de depósito de la costa: oleaje, variaciones del nivel del mar, aporte de sedimentos, geología y morfología costera, y la intervención humana. Todos ellos, excepto el último, son procesos naturales que, de una forma u otra, siempre han estado actuando sobre las costas. Sin embargo, la actividad antrópica ha impulsado que tales agentes, actúen de forma más activa, provocando en algunas zonas un exceso de sedimentos, y en otras, erosión y pérdida de superficie litoral.

Una de las fuentes principales de sedimento de las playas proviene de los ríos, sin embargo, las infraestructuras antrópicas (presas, canalización de los cauces etc.) retienen la mayor parte de estos aportes



fluviales y, los que, finalmente, alcanzan el mar, son distribuidos a lo largo de la costa por el transporte longitudinal de las corrientes de deriva, las cuales, por su parte, se ven modificadas por infraestructuras humanas (puertos, espigones etc.) que crean una barrera parcial o total a dicho transporte. La combinación de las infraestructuras fluviales y marítimas ha provocado que antiguas costas de acumulación pasen a ser costas afectadas por la erosión (Viciano, 2001; Crous y Pintó, 2006). Actualmente, hay que añadir el panorama negativo que plantea el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático para todas las zonas costeras del mundo, que estima que el nivel del mar aumentará en torno a un 0,18-0,59 m en 2100 (IPCC, 2007). El efecto más obvio es la inundación de zonas costeras, estuarios etc., que provocará el comienzo de procesos erosivos en playas, acantilados, dunas etc., que actualmente se mantienen estables, acelerando los procesos de erosión ya existentes, e incluso induciendo el retroceso de las costas en las que en la actualidad predominan los procesos de sedimentación (Bird, 2008). Por ello, las predicciones que se realicen deben de ser a corto plazo (Crowell y Buckley, 1993). En este estudio se realizan predicciones a 4 y 10 años después de los últimos datos estudiados, por lo que el efecto de elevación del nivel del mar a causa del cambio climático puede considerarse despreciable.

La zona objeto del estudio presenta tendencias bien diferenciadas, separadas por un tramo acantilado. El análisis de cambios de usos realizado demuestra como el tejido urbano ha aumentado en extensión, ocupando terrenos costeros libres y, en otros casos, el espacio que tradicionalmente se había reservado para cultivos. Esto es debido a que en los años 50 la economía almeriense se ha basado principalmente en la agricultura, sin embargo, en los últimos años la base de la economía pasa a ser el turismo, en detrimento de la agricultura (Viciano, 1996). Este incremento de la actividad turística repercute en un aumento de tejido urbano consistente en urbanizaciones cercanas a la franja costera, (incluso a pie de playa) (Viciano, 2001). La ocupación de la costa es otro de los factores que provoca el deterioro y el retroceso de la línea de costa. Esto se comprueba al analizar los resultados obtenidos en el análisis a largo plazo, en los que se ve una coincidencia en las zonas en las que ha habido un aumento del tejido urbano, presentando, a su vez, una tendencia erosiva. La zona que sufre más erosión pertenece al tramo Playa de Palomares, a poniente del Río Almanzora con un retroceso que en algún punto supera los 200 m (perfiles 33 a 39). Este retroceso está claramente relacionado con la canalización del río y la construcción de la presa de Cuevas, con una capacidad de embalse de 168 Hm³, situada a una distancia de 16 km del litoral, que supone el represamiento del 82% de la cuenca, reduciendo significativamente el aporte de sólidos a un 36% de lo que aportaría en condiciones naturales a la unidad fisiológica Punta de los Muertos – Villaricos (CEDEX, 1994; Viciano, 1996). Esto se

traduce en un gran déficit sedimentario para todo el tramo además del retroceso lógico de su delta. Las playas adyacentes, situadas a sotavento del delta del Río Almanzora, Playas de Vera, Quitapellejos y Punta de los Hornicos, presentan fuertes retrocesos debido al efecto barrera de dicho delta, y al cambio de orientación en la costa (perfiles 28 a 30). Este efecto se mantiene incluso más arriba del frente deltaico, en Villaricos, hasta iniciar la costa acantilada de la Sierra Almagrera.

Sin embargo, en el análisis de los últimos 7 años (1999 a 2006), en la Playa de las Marinas, primer tramo de la de Palomares, se evidencia el incremento al apoyo del puerto de Garrucha, pero menos de lo esperable debido al efecto del cañón submarino, perceptible en la batimetría (Díez, 1996), y también, al déficit sedimentario del transporte sólido litoral.

En cuanto al tramo acantilado, durante el periodo de tiempo ocupado en el estudio, esta zona rocosa se mantiene estable, aunque los numerosos islotes, y otras formas de erosión, así como los barrancos que la cortan, demuestran que a escala geológica está fuertemente erosionada por la dinámica costera, aportando material sólido que ha permitido rellenar las cuencas situadas al sur (Díez, 1996). Las pequeñas playas que se encuentran encajadas en el acantilado presentan un avance de la línea de orilla debido a que su morfología permite limitar el transporte neto longitudinal.

Los resultados de las predicciones realizadas a 4 y 10 años, suponiendo que se mantiene la tendencia observada entre 1999 y 2006, demuestra que en las zonas donde existe retroceso de la línea de costa, se generarán problemas con las estructuras antrópicas, y se perderán tierras de cultivo, así como terreno urbano. Lógicamente, este pronóstico arroja un resultado desfavorable sobre todo para la zona sur del tramo en revisión, que resulta ser la que mayor actividad turística posee.

Conclusiones

La zona de estudio presenta diferentes estados evolutivos, separados por el tramo acantilado, el cual, a la escala de tiempo en la que se realiza el análisis, se puede considerar estable. En el tramo San Juan de los Terreros se produce sedimentación, y a partir de Cala Solitaria la costa se encuentra en retroceso, siendo más significativa la erosión en los tramos Playa de Palomares y Playas de Vera.

Uno de los causantes de este retroceso es la canalización del Río Almanzora y la construcción de la presa de Cuevas en su cauce aportando el 36% del material sedimentario que aportaría en condiciones naturales.

La tendencia de la costa, según los datos reflejados en la prognosis realizada en este estudio, seguirá siendo erosiva. Esto presentará algunos problemas como son pérdidas de tierras de cultivo e inundación de infraestructuras y/o zonas urbanizadas.



También se verá afectado el turismo puesto que se puede llegar a perder algunas playas. Este retroceso además, repercutirá de forma directa en la economía, ya que en algunos casos será necesario llevar a cabo actuaciones para mantener la zona litoral y/o evitar la erosión.

Este trabajo supone un acercamiento previo a la problemática de la zona. Para conocer exactamente la naturaleza de los cambios, así como su repercusión en el tramo de costa, sería necesario realizar un estudio más en detalle del clima de oleaje y de la dinámica litoral, con el objetivo de establecer las medidas de gestión y ordenación necesarias para su protección.

Referencias

- Anders, F.J.; Byrnes, M.R. (1991): Accuracy of shoreline change rates as determined from maps and aerial photographs. *Shore and Beach*, 59: 17-26.
- Bayo, A. (1999): Tratamiento Técnico del borde litoral almeriense. Actas de las Jornadas sobre el litoral de Almería: caracterización, ordenación y gestión de un espacio geográfico; Viciano, A. y Galán A. (coord.); Instituto de Estudios Almerienses (ed). Almería, 247 pp.
- Bird, E. (2008): *Coastal Geomorphology. An introduction*. 2nd. edition. Wiley. England, 421 pp.
- Boak, E.H.; Turner, I. L. (2005): Shoreline Definition and Detection: A Review. *Journal of Coastal Research*, 21:688-703.
- Bossard, M.; Feranec, J.; Otahel, J. (2000): CORINE land cover technical guide– Addendum 2000. Technical Report No 40, European Environment Agency, 150 pp.
- Budetta, P., Galiotta, G.; Santo, A. (2000): A methodology for the study of the relation between coastal cliff erosion and the mechanical strength of soils and rock masses. *Engineering Geology*, 56: 243-256.
- CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas) (1994): Estudio de la influencia de la costa de la marina de Puerto Marqués en Cuevas de Almanzora, Almería»: MOPTMA. Centro de Estudios de Puertos y Costas. Para Gabinete de Estudios Ambientales, S.A. Informe Técnico único y final. Madrid.
- Crous, A.; Pintó, J. (2006): Evolución de la playa de Sa Riera (Cap de Begur, Costa Brava) en los últimos 50 años. *Investigaciones geográficas*, 39: 119-130.
- Crowell, M.; Buckley, M.K. (1993): Calculating Erosion Rates, Using Long-Term Data to Increase Data Confidence.» *Coastal Engineering Considerations in Coastal Zone Management. Proceedings of Coastal Zone 93, the Eighth Symposium on Coastal and Ocean Management, New Orleans. Coastlines of the World Series*. New York: American Society of Civil Engineers, 117-129.
- Dehouck, A. (2004): Monitoring shoreline change from aerial near-vertical photographs: towards knowledge of the dynamic context along the West Brittany sandy coast. *Littoral 2004*: 20-22.
- Del Río, L.; Gracia, F.J. (2007): Análisis de la vulnerabilidad de los acantilados atlánticos de la provincia de Cádiz ante la erosión costera. *Revista Cuaternario y Geomorfología*, 21 (1-2): 87-121.
- Díez, J. (1996): *Guía física de España*. 6. Las costas. Alianza Editorial, Madrid. 709 pp.
- Doukakis, E. (2007): Influence of the accuracy of the air photographs of the shoreline change rate. 4th International Conference Recent Problems. In *Geodesy And Related Fields With International Importance*. Sofia, Bulgaria.
- Ezquerro, A.; Moreno, E.; Urbano, J. (1998): Proyecto Lacoast. Cambios en la cobertura del suelo de las costas europeas. *Observatorio Medioambiental*, 1: 201-219.
- Fenster, M.; Dolan, R.; Elder, J. (1993): A new method for predicting shoreline positions from historical data. *Journal of Coastal Research*, 9 (1): 147-171.
- Fisher, J.; Overton, M. (1994): The application of Digital Photogrammetry to Coastal Hazard Identification. Department of Civil Engineering North Carolina State University.
- Hughes, M. L.; McDowell, P. F.; Marcus, W. A. (2006): Accuracy assessment of georectified aerial photographs: Implications for measuring lateral channel movement in a GIS. *Geomorphology*, 74: 1-16.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2007): *Climate change 2007: The Physical Science Basis. IPCC Fourth Assessment Report World Meteorological Organization (WMO)*. United Nations Environment Programme (UNEP), 987 pp.
- Leatherman, S.P. (1992): Coastal Erosion Zone Delineation and Management Implications, *Proceedings of the National Conference on Beach Preservation Technology*, St. Petersburg, FL, p. 442-458.
- Montoya, I. (2008): Análisis de susceptibilidad a los movimientos de ladera en los acantilados de la franja costera de Mont-Roig del Camp (Tarragona). Tesis Doctoral. Universidad Rey Juan Carlos, Madrid. 194 pp.
- Moore, L. (2000): Shoreline Mapping Techniques. *Journal of Coastal Research*, 16 (1): 111-124.
- Morton, R.A. (1991): *Accurate Shoreline Mapping: Past, Present, and Future*. American Society of Civil Engineers, Coastal Sediments, Vol. 1, pp. 997-1010.
- Morton, R.A.; Miller, T.L.; Moore, L.J. (2004): National assessment of shoreline change: Part 1 Historical shoreline changes and associated coastal land loss along the U.S. Gulf of Mexico. Open file report 2004-1043, Geological Survey. 44 p
- Ojeda, J. (2001): Métodos para el cálculo de la erosión costera. Revisión, tendencias y propuestas. *Boletín de la AGE*, 30: 103-118.
- Pardo, J.E. (2000): Evolución reciente de la costa. Propuestas para su análisis. Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría. Universidad Politécnica de Valencia. Método anuario, pp. 79-83.
- Puga, E.; Díaz de Federico, A.; Fontboté, J. M. (1974): Sobre la individualización y sistematización de las unidades profundas de la Zona Bética. *Est. Geol.* 30. pp. 543-548.
- Rodríguez, I. (1999): Evolución geomorfológica del delta del Ebro y prognosis de su evolución. Tesis doctoral. Universidad de Alcalá de Henares. 200 pp.
- Rodríguez, I.; Montoya, I.; Sánchez, M.J.; Carreño, F. (2009a): Geographic Information Systems Applied to Integrated Coastal Zone Management. *Geomorphology*, 109: 100-105
- Rodríguez, I.; Sánchez, M.J.; Montoya, I. (2009b): Estudios de erosión con satélite en costas sedimentarias micromareales. En *Métodos en teledetección aplicada a la prevención de riesgos naturales en el litoral*. Alcántara, J.; Correa, I.; Isla, F. y Alvarado, M. Editores. Manuales CYTED, 297 pp.



Viciana, A. (1996): Problemática litoral derivada de la regulación hidrológica del Río Almanzora: el caso de la presa de Cuevas. *Paralelo 37*, 17: 31-47.

Viciana, A. (2001): *Erosión Costera en Almería 1957 – 1995*. Instituto de Estudios Almerienses. Almería, 550 pp.

En RED

Guía de Playas del Ministerio de Medio Ambiente:

http://www.mma.es/portal/secciones/acm/aguas_marinas_litoral/guia_playas/

Coastal & Marine Union (EUCC): <http://www.coastalguide.org/>

Manuscrito recibido el 26 de septiembre de 2009
Aceptado el manuscrito revisado el 26 de noviembre de 2009