

Implicaciones de la Geomorfología en las Iniciativas de Gestión Integrada de la Zona Costera

Pablo BALAGUER HUGUET

Balaguer, P. 2012. Implicaciones de la Geomorfología en las Iniciativas de Gestión Integrada de la Zona Costera. En: Rodríguez-Perea, A., Pons, G.X., Roig-Munar, F.X., Martín-Prieto, J.Á., Mir-Gual, M. y Cabrera, J.A. (eds.). La gestión integrada de playas y dunas: experiencias en Latinoamérica y Europa: Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 19: 45-60. ISBN: 978-84-616-2240-5. Palma de Mallorca.

SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA
NATURAL DE LES BALEARS

La gestión
integrada de
playas y
dunas:
experiencias
en
Latinoamérica
y Europa

La geomorfología es uno de los pilares fundamentales en el proceso de descripción del medio físico. En este trabajo, se pretende contextualizar el papel o función de la geomorfología litoral en el proceso de descripción y análisis del medio físico de acuerdo con una iniciativa de Gestión Integrada de la Zona Costera (GIZC). La zona costera es un área de transición entre el medio marino, terrestre y atmosférico. Esta condición, unida al elevado interés económico así como a la fragilidad de algunos de sus hábitats y ecosistemas característicos, la convierten en una zona en la que confluyen numerosos intereses. La GIZC es una alternativa de gestión sostenible y coherente adecuada para resolver los conflictos continuos que tienen lugar sobre estas áreas, y por ello, es preciso caracterizar correctamente su medio físico. Dada la diversidad natural y socioeconómica de la zona costera, la caracterización del medio físico se presenta como una tarea multidisciplinar en la que los geomorfólogos deberán tener en cuenta los conocimientos y progresos de otras disciplinas que también desarrollan su ámbito de conocimiento sobre la zona costera (ecología, ingeniería, geología, oceanografía, climatología, entre otras.).

Palabras clave: *Geomorfología y Gestión, Geomorfología Litoral, GIZC, Gestión Integrada.*

IMPLICATIONS OF GEOMORPHOLOGY IN THE INITIATIVES FOR AN INTEGRATED COASTAL ZONE MANAGEMENT. Geomorphology is one of the most important disciplines in the description of physical environment. The aim of this work is contextualize the role and/or function of coastal geomorphology in the process of description and analysis of physical environment according with an Integrated Coastal Zone Management (ICZM) initiative. Coastal Zone constitutes an area of transition between marine, terrestrial and atmospheric environment. This characteristic, coupled with a high economic interest as well as fragility of some of its typical habitat and ecosystem, convert it in an area where many interests converge. ICZM is an alternative for the sustainable management in the coastal zone and a suitable initiative to solve the ongoing conflicts which take place.

Coastal zone have high values of natural and socio-economic diversity, characterization and description of physical environment is a multidisciplinary task in which geomorphologists should take in account the knowledge and progress in other disciplines also develop their tasks on the coastal zone (ecology, engineering, geology, oceanography, climatology, among others).

Key words: *Geomorphology and Management, Coastal Geomorphology, ICZM, Integrated Management.*

Pablo BALAGUER HUGUET, ICTS-SOCIB (Sistema de Observación y Predicción Costero de las Illes Balears). Parc Bit, Edificio Norte Bloque A 2º, puerta 3. Carretera de Valldemossa, km 7,4. Edificio Palma de Mallorca, Illes Balears, Spain. E-mail: pablo.balaguer@socib.es

Introducción

Las zonas costeras albergan las mayores concentraciones de población debido a las ventajas de tipo socio-económico derivadas de su emplazamiento, así como también, sus hábitat y ecosistemas proporcionan gran cantidad de recursos necesarios para el desarrollo de la actividad humana. Consecuencia de ello es que prácticamente la mitad de las grandes ciudades del mundo están localizadas a una distancia inferior a 50 km de la línea de costa (Millenium Ecosystem Assessment, 2005). Además, es preciso señalar que las áreas naturales de las zonas costeras proporcionan una serie de servicios, difícilmente cuantificables económicamente, que influyen considerablemente en nuestra calidad de vida (Brenner, 2007).

En el ámbito de las zonas costeras, dado el atractivo que ofrecen de cara a los intereses económicos y comerciales, los conflictos entre conservación y desarrollo económico son constantes. El desenlace de estos conflictos, en muchos casos, han acontecido en el detrimento de los valores naturales de los hábitats y ecosistemas localizados en las áreas costeras (Olsen, 1993; Clark, 1991; 1997).

El dilema existente entre conservación y desarrollo económico, entendido este último como transformación del territorio en el ámbito litoral, se presenta

como un desafío constante en el que la Gestión Integrada de la Zona Costera (GIZC) se distingue como la única alternativa capaz de equilibrar y racionar los intereses que comprometen la conservación de los valores naturales de la zona costera (Cicin Sain- Knecht, 1998).

La GIZC es una iniciativa dirigida a la elaboración de unas líneas de gestión coherente y sostenible en las áreas costeras. La GIZC tiene en cuenta todos los factores, tanto de origen natural como antropogénico, que intervienen sobre el área costera y su propósito principal es el de asistir, mediante conocimiento científico, a la toma de decisiones y a los planeamientos que condicionan el futuro de las zonas costeras (Turner, 2000).

La implantación de iniciativas de GIZC precisarán de una caracterización de detalle del medio físico. Esta primera fase de caracterización será el primer paso en el que la geomorfología se presentará como ciencia/disciplina de apoyo. Los resultados obtenidos a partir del análisis y caracterización geológica – geomorfológica de los ámbitos objeto de una iniciativa de GIZC deberán ser considerados, puesto que pueden condicionar el establecimiento de ciertas actividades proyectadas sobre la zona costera. De manera que los informes geomorfológicos, juntamente con estudios y análisis realizados desde otros campos de conocimiento (biogeografía, ingeniería,

oceanografía, ecología,...), determinarán las aptitudes del territorio de cara a acoger las actividades o procesos de transformación programados, así como también serán claves para el aporte de información y asistencia necesaria para la declaración de espacios naturales protegidos.

Teniendo en cuenta que las características del sustrato físico serán importantes a la hora de determinar el emplazamiento o el desarrollo futuro de ciertas actividades, la intención de este trabajo es el de pretender exponer y aclarar el papel de la geomorfología, en especial la geomorfología litoral, en el entorno de las iniciativas de GIZC.

Geomorfología

El conjunto de disciplinas y campos de conocimiento que componen los estudios de geomorfología agrupan un numeroso listado de temáticas. Las disciplinas de la geomorfología más comunes y con mayor repercusión son la geomorfología litoral, erosión, geomorfología glaciar, glaciosterrazas, karst, geomorfología fluvial, cambio ambiental, geomorfología regional y periglacial, éstas figuran como las más importantes en cuanto al volumen de producción científica (García-Ruiz, 1999). La geomorfología litoral representa una parte muy importante dentro de la producción del conocimiento de la geomorfología.

Una de las características más notables de la geomorfología es su carácter plural debido a la gran variedad de temáticas que la conforman, esta particularidad implica la necesidad obligada de utilizar una gran variedad de métodos de estudio. Rhoads y Thorn (1993) atribuyen la pluralidad de la disciplina a la gran variabilidad de perspectivas y objetivos científicos, al mismo tiempo que también resaltan el “auto-nombramiento” como

geomorfólogos de los investigadores que trabajan sobre estos temas, independientemente de la especialización que puedan tener (geología, geografía, biología, ingeniería,...).

De forma paralela a la pluralidad de disciplinas que conforman la geomorfología, existen diversas definiciones que la consideran como aquella ciencia que trata el origen y el desarrollo sistemático de los todos los tipos de relieve (Strahler, 1982), simplemente como el estudio de los relieves (Ritter *et al.*, 2002), como el estudio de los relieves formados a partir de la interacción de procesos endógenos y exógenos (Bashenia *et al.*, 1987), como una ciencia multidimensional que hace posible la explicación del origen y desarrollo de los relieves y su evolución futura (Sunamura, 1992), como una rama de las ciencias de la tierra que estudia los relieves de la superficie terrestre y su evolución (Riba, 1997) o bien como el estudio de la naturaleza y origen de los relieves, así como también los procesos que actúan sobre ellos (Bland y Rolls, 1998). Teniendo en cuenta las definiciones anteriores, se podría resumir que la geomorfología es una disciplina encargada de explicar las formas de la superficie y los procesos que la modelan.

Durante los últimos tiempos, los geomorfólogos se han centrado, de cada vez más, en el interés por el entendimiento y explicación de los procesos de erosión, desmantelamiento, transporte y deposición con las correspondientes medidas y tasas con las que cada proceso actúa, normalmente acompañadas por estudios de tipo cuantitativo.

Por tanto la geomorfología se divide en una serie de ramas y disciplinas encargadas de estudiar la superficie terrestre, tanto emergida como sumergida (Fig. 1).

De este modo, la geomorfología litoral se definirá como la rama de la geomorfología encargada de estudiar la zona costera. Según Inman y Nordstrom (1971) la costa es una zona compleja en la cual los agentes modeladores (marinos, terrestres, atmosféricos y biológicos) y procesos (físicos y químicos) actúan de forma combinada dando lugar a la modificación de su fisonomía.

Zona costera y Gestión Integrada de la Zona Costera (GIZC)

De la misma forma que es difícil dar una definición única de la ciencia geomorfológica, también lo es definir la zona costera puesto que se trata de un umbral de transición entre dos ambientes (marino y terrestre), aunque en algunos ca-

sos se considere como una línea que separa dos medios de características muy diferentes pero a la vez extraordinariamente complementarios. Las zonas costeras se pueden considerar sistemas socio-ecológicos extremadamente complejos que desempeñan un papel esencial en los ciclos globales, se trata de zonas con una gran sensibilidad a los cambios medio ambientales puesto que se desarrollan en la confluencia de los tres medios principales que constituyen la biosfera, se trata de los medios terrestre, marino y atmosférico, esta característica las convierte en zonas extremadamente sensibles puesto que cualquier cambio en cualquiera de los tres medios puede dar lugar a una desestabilización del sistema costero (Barragán, 1997).

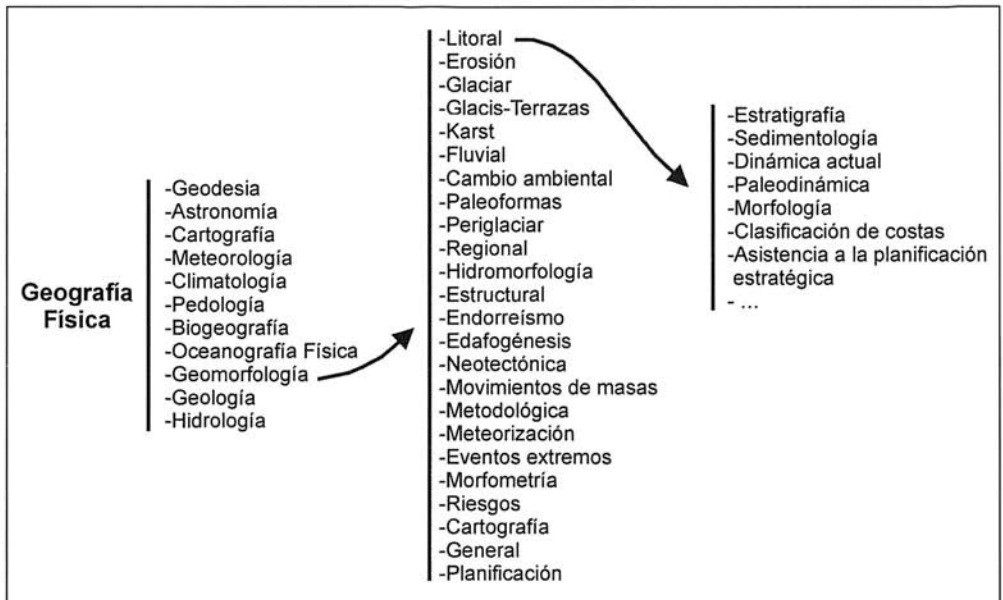


Fig. 1. Enumeración de las diferentes ciencias y disciplinas que constituyen la Geografía Física de acuerdo con Strahler (1982) y distribución de las principales líneas de investigación dentro de la geomorfología española a finales del siglo XX (García-Ruiz, 1999).

Fig. 1. Different disciplines which constitute physical geography according with Strahler (1982) and distribution of the main lines of research of geomorphology in Spain in the late twentieth (García-Ruiz, 1999).

El medio natural de las zonas costeras se encuentra constantemente en continuo equilibrio. Las intervenciones y modificaciones por parte del hombre pueden dar lugar a la desestabilización del sistema, acelerando o ralentizando ciertos procesos. De acuerdo con ello, es preciso tomar consciencia de ello y abarcar todos los factores, elementos y actores que proceden sobre el área costera para intentar dar solución a este tipo de desequilibrios. Además, el aumento de población y explotación de recursos en estas áreas parece ser “constante” haciendo que se diversifique la intensidad de los conflictos que puedan surgir (von Bodungen y Turner, 2001).

La importancia socio-económica de la zona costera es patente, puesto que constituye un emplazamiento ideal para la actividad económica al mismo tiempo que su entorno, recursos naturales y hábitat relacionados hacen que sea una zona exclusiva con una alta influencia en nuestro bienestar y calidad de vida (Brenner, 2007). La GIZC es, hasta la fecha, la alternativa más adaptada para operar sobre la zona costera de una manera sostenible y permitir llegar a un consenso entre las diferentes partes. Las iniciativas de la GIZC están en alza en todo el mundo pero la aplicación de políticas e intervenciones sectoriales de gestión siguen siendo un ejercicio común (Lawrence y Norrena, 1992; Thia-Eng, 1993; Sekhar, 2005), es el caso de ampliaciones de puertos deportivos, regeneraciones de playas, transformación del territorio en general, procesos que a menudo no tienen en cuenta los diversos factores y actores, ni el ámbito geográfico en el que se desarrollan. Al mismo tiempo estas posibles carencias en las iniciativas sectoriales pueden acabar afectando negativamente las acciones programadas. De este modo la GIZC puede ser definida como un proceso continuo y dinámico que

aproxima las instituciones gubernamentales con las esferas sociales, la ciencia y la gestión, los intereses públicos y privados para la preparación e implementación de una planificación integral contemplando la protección de los ecosistemas y recursos costeros para lograr un desarrollo sostenible de la zona costera (Olsen *et al.*, 1997). Además, estas iniciativas son efectivas para solventar problemas y conflictos acerca de conservación medioambiental de la interfase marítimo-terrestre y una amplia variedad de conflictos acerca de la explotación de recursos (Clark, 1997). Cicin-Saint y Knecht (1998) lo identifican como un proceso en el que se incluyen decisiones racionales teniendo en cuenta la conservación y el uso sostenible de los recursos en el área costera (tanto marina como terrestre).

El establecimiento de los límites del ámbito territorial/geográfico de la zona costera de acuerdo con una iniciativa de GIZC es un paso necesario de cara a la ejecución de una gestión coherente, tanto de la línea de costa como de las áreas directa e indirectamente relacionadas.

El trabajo de Balaguer *et al.*, (2008) propone una zonificación de la zona costera de acuerdo con una iniciativa GIZC, en la que se propone una delimitación multi-escalar (Fig. 2) de acuerdo con una serie de criterios de altura de la costa, naturaleza (materiales que la componen), usos del suelo y actividad económica predominante.

Las definiciones habituales del espacio costero suelen contemplar únicamente las áreas terrestres, o bien, las delimitaciones propuestas responden a problemas específicos (de carácter sectorial). Balaguer *et al.* (2008) proponen un método y criterios que podrían constituir una herramienta de decisión y gestión para determinar los límites de la zona costera.

La propuesta considera tres niveles de análisis, un primer nivel, de carácter ma-

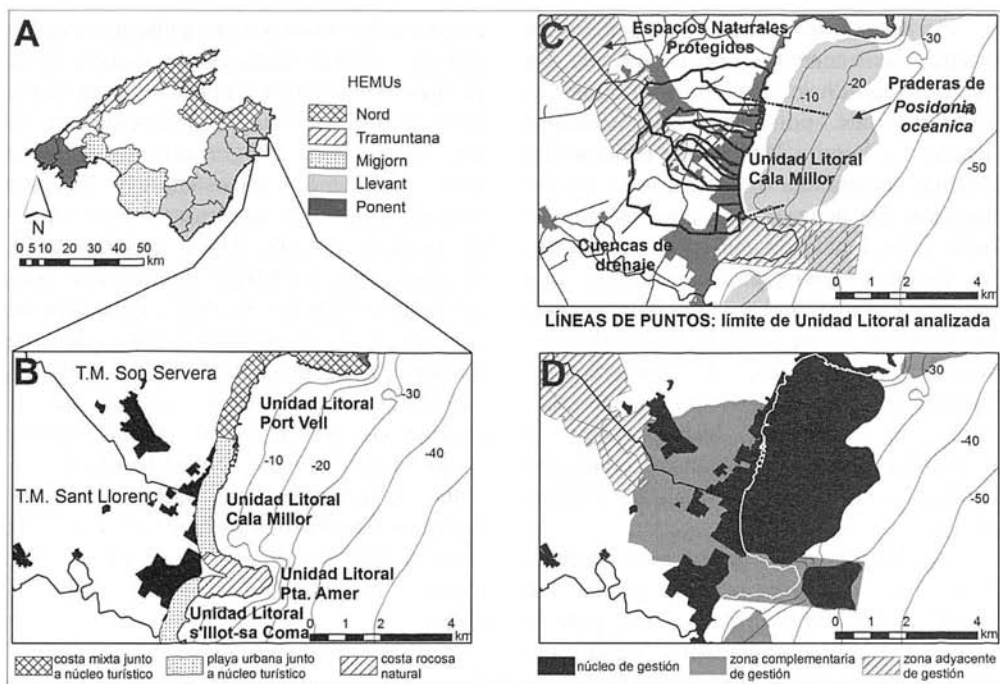


Fig. 2. Propuesta de zonificación de la zona costera de acuerdo con una iniciativa GIZC según Balaguer *et al.* (2008). Ilustración de la propuesta mediante su aplicación en la zona de Cala Millor (Sant Llorenç – Son Servera, Mallorca, Illes Balears).

*Fig. 2. Proposal for a Boundary delimitation of the coastal zone according with an IZCM initiative (Balaguer *et al.*, 2008). Application of the proposal for boundary delimitation of coastal zone in Cala Millor (Sant Llorenç, Son Servera, Mallorca, Illes Balears).*

croescalar (Fig. 2A), en el se definen áreas homogéneas de gestión (HEMUs-Homogeneous Environmental Management Units-) propuestas inicialmente para las comarcas litorales de la Comunidad Autónoma de Catalunya (España) por Brenner *et al.* (2006).

El siguiente nivel se define mediante las Unidades Litorales (Fig. 2B) y representa el objeto central de la propuesta. Para la determinación de las Unidades Litorales se ha procedido a la combinación de diversas bases cartográficas mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Parte de la información utilizada en el SIG se refiere al tipo de sustrato que constituye la línea de costa (rocosa-playa), jugando un papel importante en la

determinación de los diferentes modelos de organización natural y humana de la zona costera representados mediante estas Unidades Litorales. El estadio siguiente del proceso de delimitación del área costera lo forman las áreas de influencia o funcionales que exceden los límites de las Unidades litorales. Principalmente están acotadas por los límites de las cuencas de drenaje (medio terrestre) y áreas marinas protegidas (medio marino) relacionados directamente con las Unidades Litorales (Fig. 2C). El ámbito territorial definido por esta serie de criterios (Figs. 2A, 2B y 2C) se considera jerárquicamente de acuerdo con los focos centrales de gestión (núcleos de población, hábitat naturales, dependiendo de las características de las Unidades Litorales)

que abarcarían buena parte de la intención de una iniciativa GIZC (Fig. 2D). Esta jerarquización del espacio costero de acuerdo con la necesidad de coordinar iniciativas de integración territorial se compone de núcleos de gestión, zonas complementarias de gestión dentro y zonas adyacentes de gestión, éstas últimas son áreas homogéneas que exceden el ámbito de las cuencas de drenaje que vierten sobre la Unidad Litoral (Fig. 2D).

Geomorfología en la Gestión Integrada de la Zona Costera (GIZC)

La implicación de la geomorfología en las iniciativas de tipo GIZC es necesaria así como complementaria de todos los ámbitos de conocimiento que pueden contribuir al alcance satisfactorio de una correcta caracterización del medio físico de la zona costera (Fig. 3).

Los ámbitos técnicos o de conocimiento que intervienen en el proceso de caracterización del medio físico de la zona costera tienen una función recíproca entre sí. La relación entre los diversos ámbitos de conocimiento variará según la contribución de cada uno de ellos, en el proceso de caracterización del medio físico, dependiendo de las características de la zona costera.

En la Fig. 3 se exponen una serie de ámbitos técnicos y/o de conocimiento que comúnmente intervienen, de algún modo, en la caracterización del medio físico de la zona costera. La descripción y análisis de las características del sustrato físico que sostiene las actividades que se desarrollan en la zona costera necesita tener en cuenta las características naturales, la interacción con otros sistemas o ambientes, el entramado socioeconómico, las modificaciones antrópicas y en último caso, las modificaciones previstas en el futuro.

Las zonas costeras pueden recibir externalidades desde otros ambientes, es por este motivo, que para una correcta caracterización del medio físico y una adecuada GIZC la geomorfología, en este caso litoral, pueda necesitar información y conocimiento generado desde otras disciplinas (Fig. 3).

En algunas ocasiones los valores físico-naturales de las zonas costeras se ven comprometidos por interacciones que provienen de ambientes ajenos al litoral, un ejemplo claro es la aportación de contaminantes a través de ríos que pueden trasladar sustancias desde zonas lejanas, dependiendo de la extensión de la cuenca de drenaje (Fig. 2).

Aunque el reto de una correcta caracterización del medio físico de cara a una iniciativa de GIZC reside en la capacidad de prever la evolución de las zonas costeras, tanto sean costas altamente pobladas y modificadas, así como costas que se mantienen en un estado "natural" sin intervenciones humanas. Los escenarios de previsión del cambio climático advierten un cambio en la dinámica climática y meteorológica acentuando la frecuencia y la magnitud de los eventos extremos y una subida de nivel del mar a nivel general (Medina *et al.*, 2004a; 2004c).

De modo que la caracterización del medio tendrá que contemplar, de cada vez más, las posibles variaciones creando escenarios de futuro que posiblemente tengan consecuencias en el funcionamiento y equilibrio tanto de los valores naturales como antrópicos de la zona costera. La geomorfología litoral no puede por sí sola tener en cuenta la diversidad de factores (antropogénicos, climáticos e interacción con otros ambientes) que intervienen en un medio en constante equilibrio como es la zona costera (Fig. 3).

Los trabajos de geomorfología litoral dirigidos a prestar un servicio de acuerdo

con una iniciativa GIZC deberán tener en cuenta las previsiones del cambio climático de acuerdo con las previsiones de la *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC).

Las previsiones ambientales acerca del clima se han convertido en un tipo de información que se presenta en forma de posibles escenarios y de posibles impactos derivados del cambio climático. De este modo, disciplinas como la Oceanografía Física (operacional), Climatología y Meteorología deben asesorar, en forma de información derivada de los modelos numéricos, la evolución de la línea de costa (Fig. 3). En el Estado Español, la Oficina Española de Cambio Climático juntamente con la Universidad de Cantabria (Medina *et al.*, 2004a; 2004b; 2004c), ofrecen una serie de estudios y herramientas científico-

técnicas para promover la confianza de las políticas y estrategias de actuación en las costas españolas.

Las conclusiones más relevantes provienen a partir del análisis del comportamiento general (baja resolución) y de las tendencias de diversos parámetros característicos de los regímenes medio y extremal de clima marítimo (oleaje, marea meteorológica, viento y nivel del mar). Del estudio se desprende que la variación del nivel medio del mar en España es de 2,5 mm/año y se han podido deducir las características generales futuras del clima marítimo para cada una de las vertientes litorales, en este sentido se aprecian aumentos en la energía y altura del oleaje, y cambios importantes en la dirección predominante del oleaje en la vertiente mediterránea. El cambio en la dirección

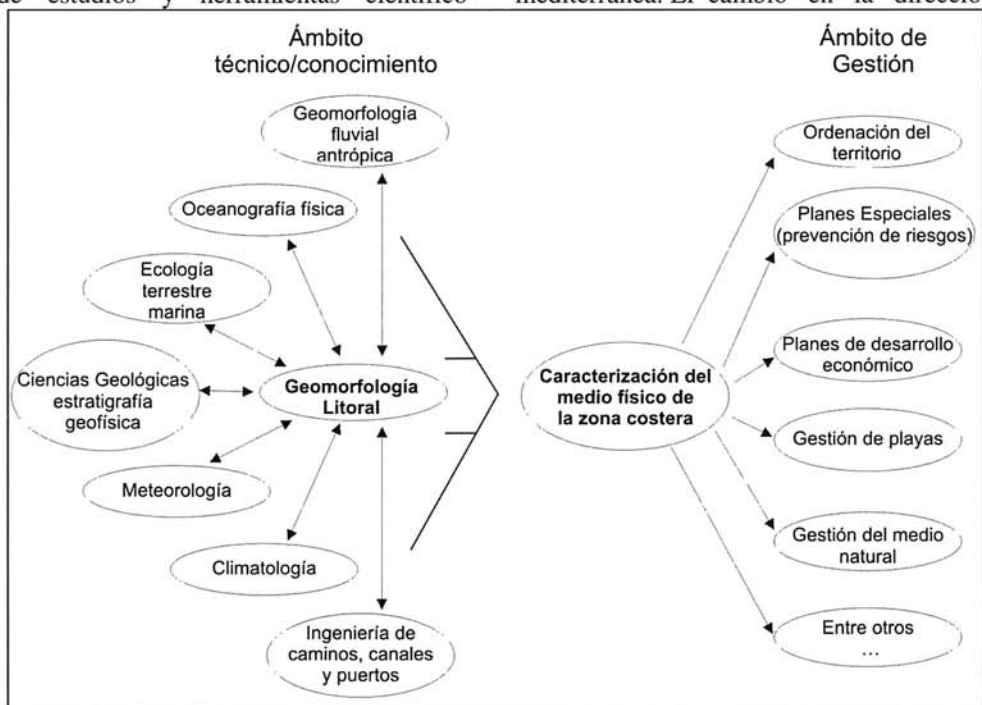


Fig. 3. Relación de la geomorfología litoral con otras disciplinas y ciencias necesarias para una correcta caracterización del medio físico de la zona costera.

Fig. 3. Relationship between coastal geomorphology and other sciences and disciplines for a proper description of the physical environment of the coastal zone.

principal del oleaje podría causar fuga de sedimentos en sistemas de playa, lo cual puede condicionar la evolución tanto natural como socioeconómica de un área costera y tendrá que tenerse en cuenta en los informes geomorfológicos relativos a la caracterización del medio físico, en la adaptación de políticas y actuación (Méndez *et al.*, 2004) y en el diseño de obras marítimas (Menéndez *et al.*, 2004). El incremento del nivel medio del mar, juntamente con el aumento de los eventos extremos, puede dar lugar a variaciones en las pautas de retroceso de las costas rocosas que podrían causar serios problemas en el futuro. En ciertas costas acantiladas, el aumento del nivel del mar puede afectar niveles de menor cohesión localizados en cotas superiores, este hecho puede dar lugar a la generación de procesos de erosión diferencial y desestabilizar los taludes rocosos. Es preciso señalar que las costas rocosas constituyen alrededor del 80% de las costas mundiales (Sunamura, 1992) de manera que su alteración puede causar grandes desequilibrios en los sistemas naturales y socioeconómicos a nivel global.

El estado de ciertos hábitat o ecosistemas son un indicador de la calidad del agua en las zonas costeras. Los hábitats correspondientes a fanerógamas marinas suelen ser los más monitorizados para la determinación del estado de salud de las aguas poco profundas (Short y Wyllie-Echeverria, 1996; Montefalcone, 2009). Las fanerógamas marinas dan lugar a la sedimentación y reducen la resuspensión de partículas (Gacia *et al.*, 1999; Terrados y Duarte, 2000, Gacia y Duarte, 2001; Hendriks *et al.*, 2008), en el ámbito mediterráneo constituyen un reservorio, a la vez que la factoría de sedimento arenoso de origen biogénico que constituye la mayor parte de las playas (Servera, 1997). Al mismo tiempo las praderas de fanerógamas juegan un papel de protección de la línea de

costa mediante la disminución de la profundidad crítica produciendo la rotura del oleaje antes de que este llegue a alcanzar el litoral (Fonseca y Cahalan, 1992; Koch y Gust, 1999; Bouma *et al.*, 2005; Koch *et al.*, 2006). La variación de los factores abióticos del sistema (luz, agua, nitrógeno, oxígeno, etc.) debido a cambios periódicos o constantes de los elementos del clima o bien debido a factores antropogénicos (modificaciones en la línea de costa y/o contaminación) puede causar la regresión o incluso la desaparición de los hábitat característicos de la zona costera. La desaparición de hábitat de fanerógamas marinas, puede implicar la desaparición de esos reservorios/factorías de sedimento de modo que los sistemas de playa y playaduna pueden verse comprometidos y sometidos a un retroceso constante. De este modo, la ecología y las ciencias biológicas en general aportan información relevante no sólo para el estado de "salud" de los ecosistemas costeros, sino también de cara al estado y evolución del medio físico de la zona costera (Fig. 3).

La incorporación de nuevas tecnologías permite que la geomorfología litoral se favorezca de los avances de disciplinas como la informática y/o telecomunicaciones en general. La monitorización de playas mediante el uso de sistemas de video-monitorización es un buen ejemplo de ello (Kroon *et al.*, 2007; Davidson *et al.*, 2007). La monitorización en tiempo real del estado de las playas y evolución de la línea de costa permite analizar con una mayor resolución espacial y temporal, de manera conjunta, los procesos costeros que interactúan de manera conjunta en tramos concretos del litoral seleccionados por la importancia de sus valores socioeconómicos y naturales.

En las costas rocosas acantiladas, dependiendo de las características de los materiales que las componen, se pueden dar

procesos de inestabilidad de taludes y el desencadenamiento de movimientos de masas. En algunos casos la caracterización del medio físico y el establecimiento de las aptitudes del terreno para albergar ciertas actividades dependerán de la determinación de la susceptibilidad a la inestabilidad de los acantilados y taludes marítimos. En este caso el campo de la geología interviene activamente en el proceso de caracterización del medio físico de la zona costera (Fig. 3), aunque cabe señalar que no es el único aspecto en el que puede intervenir. El análisis de susceptibilidad debido a los movimientos de ladera tiene como objetivo la delimitación de áreas potencialmente inestables en las que coinciden una serie de factores que dan lugar a la inestabilidad (Brabb, 1984). Los mapas de susceptibilidad tendrán una gran utilidad para la adopción de estrategias de planificación del territorio en las zonas costeras, así como también en la adopción de medidas de mitigación (Mejía-Navarro y García, 1996). La determinación de la susceptibilidad de los taludes marinos o acantilados constituye una herramienta de interés a la hora de reducir una reducción de los daños futuros (Montoya, 2008). Los factores que integran el análisis de susceptibilidad son la altura, pendiente, calidad del macizo rocoso, escorrentía, posible fracturación, inestabilidades potenciales, socavación basal y variaciones en la línea de costa (los últimos bajo la influencia de las características de exposición al oleaje) (Montoya, 2008). De acuerdo con Montoya (2008) el análisis de la susceptibilidad se presenta como la antesala de los estudios de peligrosidad y vulnerabilidad, conceptos que a menudo se entrecruzan y confunden. La peligrosidad concierne a la probabilidad de ocurrencia (en un espacio y período de tiempo determinado) de un fenómeno natural potencialmente dañino, en cambio, la

vulnerabilidad se refiere al grado de pérdidas de un elemento de riesgo fruto de la ocurrencia de un fenómeno natural (Bell, 2003). Se consideran elementos de riesgo a la población, infraestructuras, equipamientos, edificios y viviendas, etc.

La relación de la geomorfología fluvial y antrópica con la dinámica de la zona costera (Fig. 3) es obvia puesto que la aportación de los cursos fluviales acaba repercutiendo en el medio litoral, y la influencia del hombre, a través de su influencia sobre procesos y geoformas diversas, es patente en todo el territorio y no sólo en el medio costero. En cuanto a los procesos fluviales cabe mencionar la importante influencia que ejercen sobre la dinámica costera, ya que transportan nutrientes elementales para el mantenimiento de la productividad orgánica primaria (Cupul *et al.*, 2004). La actividad y modificación antrópica es elevada y normalmente se desarrolla aleatoriamente a lo largo de las cuencas hidrográficas, de modo que a menudo se observan procesos que vinculan los agentes fluviales y los antropogénicos derivados de las modificaciones del terreno, creando una sinergia, que puede desequilibrar sistemas naturales y comprometer la explotación de ciertos recursos naturales. Además la influencia antrópica puede actuar de forma indirecta sobre los agentes climáticos (Goudie, 2005) y repercutir en ciertos ambientes de las zonas costeras como es el caso de las zonas húmedas (Day *et al.*, 2008). La influencia humana en los procesos geomorfológicos puede observarse, entre otros, en la modificación de los procesos hidrológicos, estabilidad de taludes y suelos y a partir de la modificación de la articulación de la línea de costa (Goudie, 2005), así como también de manera indirecta. La modificación de los hábitat y ecosistemas costeros, la erosión de playas y la contaminación de las aguas, son

habitualmente los principales impactos causados en la zona costera a partir de la actividad humana a lo largo de las cuencas hidrográficas (Cupul *et al.*, 2004). La modificación de los valores y características del medio físico de la zona costera a partir de los procesos fluviales y acciones del hombre demuestran su importancia en la descripción y análisis del medio físico de acuerdo con una iniciativa GIZC.

La gestión coherente con una visión de integridad y la toma de decisiones en la zona costera serán tanto más efectivas cuanto mejor esté descrito el sustrato en donde se desarrollan todas las actividades socioeconómicas y procesos naturales. En el ámbito de la gestión propiamente dicho, algunos estudios específicos de geomorfología litoral, en algunos casos, pueden compensar la falta de estudios específicos necesarios para la gestión de recursos o prevención de riesgos (Fig. 3). También pueden ser de gran ayuda a la hora de asistir en la generación o mejora de estudios específicos necesarios para la confección de diferentes tipos de planeamiento (ordenación del territorio, planes especiales de emergencia, riesgos, gestión del medio natural, entre otros, Fig. 3). Balaguer *et al.* (2006) especifican el papel de la geomorfología litoral, a través de clasificaciones descriptivas de la costa, en el desarrollo de planes de emergencias ante vertidos de hidrocarburos y en el establecimiento de la Sensibilidad Ambiental (Fig. 4).

Las acciones encaminadas al establecimiento de la Sensibilidad Ambiental de la línea de costa, teniendo en cuenta todas sus características y agentes y gestores implicados, en función de sus características naturales y socioeconómicas, es una manera de gestionar de forma integrada el medio costero (Henocque *et al.*, 1997). La falta de estudios de sensibilidad de la línea de costa puede

amortiguarse mediante el uso de clasificaciones descriptivas de la línea de costa. En la Fig. 4 se puede observar una ilustración aproximativa de la relación entre los tipos más comunes de costa y el grado de sensibilidad ambiental propuesto por Balaguer *et al.* (2006) para el litoral de las Illes Balears (Mediterráneo Occidental). La lectura de la Fig. 4 puede hacerse en ambas direcciones, se puede observar el paso de las diversas categorías propuestas en la clasificación según la sensibilidad ambiental hacia los tipos más comunes de costa (de izquierda a derecha), así como ver la diversidad resultante de tipos de costa de acuerdo con su sensibilidad a partir de los tipos más comunes de costa (de derecha a izquierda). Los tipos de costa según el grado de cohesión de los materiales que las conforman, altura y forma (Fig. 4) es el estadio que enlazaría la realidad existente (esbozo de los tipos de costa comunes) con el grado de sensibilidad de la costa, y podría considerarse una clasificación geomórfica de la línea de costa.

La Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, también tiene un estrecho vínculo, al igual que el resto de disciplinas expuestas, en la caracterización del medio físico de la zona costera (Fig. 3). La ingeniería de Caminos es la disciplina que desempeña trabajos de modificación geográfica y planificación, diseño, construcción y mantenimiento de estructuras con la finalidad de atender las necesidades de la sociedad. La experiencia acumulada a partir de los trabajos y proyectos realizados sobre la línea de costa pueden ser una componente esencial a la hora de caracterizar el medio físico del espacio costero, analizar su evolución y prever posibles cambios en la fisonomía de la línea de costa dependiendo de las necesidades ambientales y/o socioeconómicas. La relación entre el resto de disciplinas y la Ingeniería de Caminos,

Canales y Puertos tiene la necesidad de ser recíproca, y fruto de ello será la correcta caracterización del medio físico atendiendo los aspectos técnicos y posibles intervenciones humanas que pudieran realizarse en el futuro sobre la zona costera.

Conclusiones

A pesar de que las iniciativas de GIZC están en práctica desde principios de los años 90 del siglo XX, las intervenciones

humanas continuas siguen “amenazando” la dinámica natural de las áreas costeras (Kringler, 2004).

La degradación no parece detenerse, de ahí que haya que mejorar los estudios complementarios necesarios para la correcta implantación de iniciativas de gestión coherente e integrada de las zonas costeras.

De acuerdo con ello, en este trabajo se ha intentado poner en contexto el papel de la geomorfología, en especial geomorfología litoral, respecto a las otras discipli-

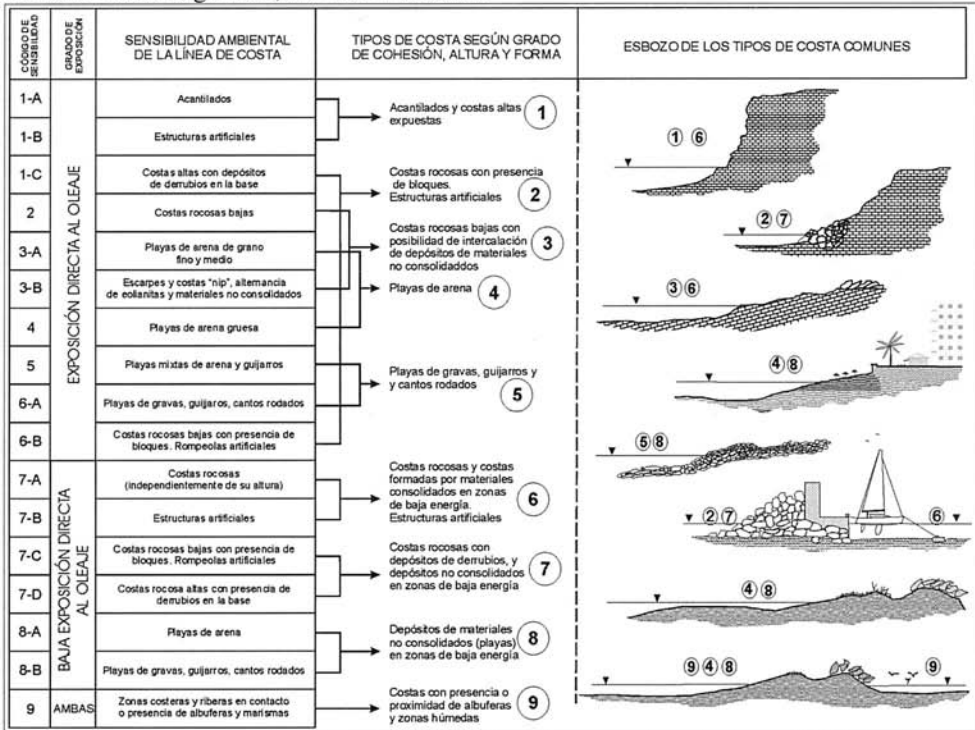


Fig. 4. Relación entre los tipos de costa y su clasificación según el grado de sensibilidad ambiental de acuerdo con la clasificación propuesta por Balaguer *et al.* (2006) y adaptada de NOAA (2002). El grado o magnitud de la sensibilidad (código de sensibilidad) se dispone en orden creciente de menor a mayor (9 corresponde a la máxima sensibilidad). Los tipos de costa según su cohesión, altura y forma (parte central) pueden corresponderse perfectamente con una clasificación descriptiva de la variedad existente en el litoral (parte derecha).

Fig. 4. Relationship between shoreline types and their classification according to degree of environmental sensitivity according with classification proposed by Balaguer *et al.* (2006) and adapted from NOAA (2002). The degree or magnitude of the sensitivity (sensitivity code) is classified in ascending order from smallest to largest (9 corresponds to the maximum sensitivity). The shoreline types according to their cohesion, height and shape (in the middle part of the figure) can be matched perfectly with a descriptive classification of the existing reality (right side of the figure).

nas y ciencias y ámbitos de gestión dentro del proceso de caracterización física de las áreas costeras.

Algunos criterios geomorfológicos como la simple identificación general de los materiales que constituyen la línea de costa, pueden determinar la condición socioecológica del espacio costero. La identificación de esta condición puede ayudar a determinar los tipos de organización mediante el establecimiento de Unidades Litorales (Balaguer *et al.*, 2008).

En la misma línea, trabajos de clasificación de tipos de línea de costa de acuerdo con la altura, litología, forma y estructura, pueden dar información relacionada con la sensibilidad de la línea de costa (Balaguer *et al.*, 2006). De modo que cabe señalar la utilidad de los trabajos de clasificación de la línea de costa para establecer, de una manera relativamente fiable, diferentes grados de sensibilidad ambiental en zonas, afectadas por algún tipo de contaminación o afección, en las que se carezca de un plan de contingencia de contaminación marina. Los planes especiales de contingencia ante contaminación marina contemplan las variables socioeconómicas, ecológicas y geodinámicas de la zona costera, por este motivo pueden considerarse como una variante de iniciativa GIZC aunque dirigida a un aspecto o problema concreto.

Los posibles efectos generales del cambio climático y las tendencias de las variables físicas se pueden prever, y de hecho se están realizando predicciones de detalle, mediante la elaboración de modelos numéricos. La predicción en los cambios de las variables físicas que actúan sobre la línea de costa y zona costera en general, serán determinantes en la caracterización del medio físico, en la elaboración de escenarios futuros y en la predicción del impacto ambiental actual y futuro de las

actividades tanto actuales como proyectadas posteriormente.

Dependiendo del grado de acierto de las previsiones de subida del nivel del mar y cota de inundación (Medina *et al.*, 2004a, 2004b, 2004c) podrían plantearse “fechas de caducidad” para las infraestructuras, equipamientos y construcciones localizadas en zonas potencialmente inundables. Por este motivo sería necesario la elaboración de planes rectores de uso y gestión de las zonas costeras para evaluar la viabilidad de la actividad que actualmente se desarrolla en los litorales potencialmente vulnerables de acuerdo con las previsiones de cotas de inundación.

La consideración de ciertos estudios relacionados con la ecología y los factores bióticos de los ecosistemas de la zona costera, ayudará a la determinación del conocimiento, en cuanto a estabilidad y evolución de ciertos subsistemas. Un ejemplo de ello sería que el estado de salud de las praderas de fanerógamas marinas puede otorgar información sobre la evolución futura de ciertas playas y/o sistemas playa duna con una alta significación en los equilibrios naturales de la zona costera. El cambio o pérdida de ciertos subsistemas en la zona costera (zonas húmedas, costas rocosas, playas, etc..) puede dar lugar a desequilibrios graves en la dinámica natural, o bien causar importantes perjuicios en la capacidad negocio o comercialización de las zonas costeras.

Bibliografía

- Balaguer, P., Vizoso, G., Ferrer, M.I., Ruiz, M., Orfila, P., Basterretxea, G., Jordi, T., Fornós, J.J., Satorres, J., Roig-Munar, F.X. y Tintoré, J. 2006. Zonificación del litoral balear frente a un posible derrame o vertido de hidrocarburos. Establecimiento de un Índice de Sensibilidad Ambiental (ISA) de la línea de costa. In: Pérez-Alberti, A. y

- López-Bedoya, J. (Eds). Actas de la IX Reunión Nacional de Geomorfología. Santiago de Compostela: 311-322.
- Balaguer, P, Sardá, R., Ruiz, M., Diedrich, A., Vizoso, G. y Tintoré, J. 2008. A proposal for boundary delimitation for integrated coastal zone management initiatives. *Ocean and Coastal Management*, 51: 806-814.
- Barragán, J.M. 1997. Medio Ambiente y desarrollo en las áreas litorales: Guía práctica para la planificación y gestión integradas. Oikos-Tau. Barcelona. 160 pp.
- Bashenia, N.V., Leontjev, O.K., Piotrovsky, M.V. y Simonov, Y.G. 1987. A step forward in the geomorphology. In: Gardier, V. (Ed). *International Geomorphology 1986* (1): 25-31.
- Bland, W. y Rolls, D. 1998. *Wathering. An introduction to the scientific principles*. Arnold. London. 271 pp.
- Bruma, T.J., De Vries, M.B., Low, E., Peralta, G., Tanczos, I.C., van de Koppel, J. y Herman, P.M.J. 2005. Trade-offs related to ecosystem engineering: a case study on stiffness of emerging macrophytes. *Ecology*, 86: 2187-2199.
- Bell, F.G. 2003. *Geological Hazards. Their assessment, avoiding and mitigation*. Spon Press. London and New York. 648 pp.
- Brabb, E.E. 1984. Innovative approaches to landslide hazard and risk mapping. 4th International Symposium on Landslides, Toronto (1): 307-323.
- Brenner, J. 2007. Valuation of ecosystem services in the Catalan coastal zone. Doctoral dissertation. Laboratori d'Enginyeria Marítima, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona. 178 pp.
- Brenner, J., Jiménez, J.A. y Sardà, R. 2006. Definition of homogeneous environmental management units for the Catalan coast. *Environmental Management*, 38: 993-1005.
- Clark, J. 1991. Coastal zone management. *Land Use Policy*, 8: 324-330.
- Clark, J. 1997. Coastal zone management for the new century. *Ocean & Coastal Management*, 37 (2): 191-216.
- Cicin-Sain, B. y Knecht, R. 1998. *Integrated coastal and ocean management: concepts and practices*. Island Press. Washington, D.C. 517 pp.
- Cupul, L.A., Sánchez-Arcilla, A., Fermán, J.L., Sierra, J.P., Mössö, C., Jiménez, J., Seingier, G., García, A., Arredondo, A. y Galindo, L. 2004. La importancia de los ríos y rieras en la gestión costera sostenible. In: Fundación Nueva Cultura del Agua (Ed). *Ciencia, Técnica y Ciudadanía. Claves para la Gestión Sostenible del Agua*. IV Congreso Ibérico sobre Gestión y planificación del Agua: 1-10.
- Davidson, M., Van Koningsveld, M., de Kruif, A., Rawson, J., Holman, R., Lamberti, A., Medina, R., Kroon, A. y Aarninkhof, S. 2002. The CoastView project: Developing video-derived Coastal State Indicators in support of Coastal Zone Management. *Coastal Engineering*, 54: 463-475.
- Day, J.W., Christian, R.R. y Boesch, D.M. 2008. Consequences of climate change on the ecogeomorphology of coastal wetlands. *Estuaries and Coasts*, 31: 477-491.
- Fonseca, M.S. y Calahan, J.A. 1992. Preliminary evaluation of wave attenuation by four species of seagrass. *Estuarine Coastal Shelf Science*, 35: 565-576.
- Gacia, E. y Duarte, C. 2001. Sediment retention by a Mediterranean *Posidonia oceanica* meadow: the balance between deposition and resuspension. *Estuarine and Coastal Shelf Science*, 52: 505-514.
- Gacia, E., Granata, T.C. y Duarte, C.M. 1999. An approach to measurement of particle flux and sediment retention within seagrass (*Posidonia oceanica*) meadows. *Aquatic Botany*, 65: 255-268.
- García-Ruiz, J.M. 1999. La producción científica de la geomorfología española y su impacto a través de las publicaciones periódicas. Centro Superior de Investigaciones Científicas. Instituto Pirenaico de Ecología. Zaragoza.
- Goudie, A. *The human impact on the natural environment*. Blackwell Science Publishing. 6th edition. 357 pp.
- Hendriks, I., Sintes, T., Bruma, T.J. y Duarte, C.M. 2008. Experimental assessment and modeling evaluation of the effects of the seagrass *Posidonia oceanica* on flor and particle trapping. *Marine Ecology Progress Series*, 356: 163-173.
- Henocque, Y., Denis, J. y Gerard, B. 1997. *Methodological guide to integrated coastal*

- management. UNESCO, Intergovernmental Oceanographic Commission Manuals and Guides n° 36. 47 pp.
- Inman, D.L. y Nordstrom, C.E. 1971. On the tectonic and morphologic classification of coasts. *Journal of Geology*, 79 (1): 4-21.
- Klinger, T. 2004. Internacional ICZM: in search of successful outcomes. *Ocean & Coastal Management*, 47: 195-196.
- Koch, E.W. y Gust, G. 1999. Water flow in tide and wave dominated beds of the seagrass *Thalassia Testudinum*. *Marine Ecology Progress Series*, 184: 63-72.
- Koch, E.W., Ackerman, J.D., Verduin, J. y van Keulen, M. 2006. Fluid dynamics in seagrass ecology-from molecules to ecosystems. In: Larkum, A.W.D., Orth, R.J. y Duarte, C.M. (Eds). *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation*. Springer: 193-225.
- Kroon, A., Davidson, M.A., Aarninkhof, S.G.J., Archetti, R., Armaroli, C., Gonzalez, M., Medri, S., Osorio, A., Aagaard, T., Holman, R.A., Spanhoff, R. 2007. Application of remote sensing video systems to coastline management problems. *Coastal Engineering*, 54: 493-505.
- Lawrence, P.H. y Norrena, E.J. 1992. Approaches and progress toward effective integrated coastal zone management. *Marine Pollution Bulletin*, 25 (1-4): 94-97.
- Medina, R., Losada, I. J., Méndez, F., Olabarrieta, M., Liste, M., Menéndez, M., Tomás, A., Abascal, A. J., Agudelo, P., Guanche, R. y Luceño, A. 2004a. Impactos en la costa española por efectos del cambio climático. Fase I: Evaluación de cambios en la dinámica costera española. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental (Ministerio de Medio Ambiente). Universidad de Cantabria. 480 pp.
- Medina, R., Losada, I. J., Méndez, F., Olabarrieta, M., Liste, M., Menéndez, M., Tomás, A., Abascal, A. J., Agudelo, P., Guanche, R. y Luceño, A. 2004b. Impactos en la costa española por efectos del cambio climático. Fase II: Evaluación de efectos en la costa española. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental (Ministerio de Medio Ambiente). Universidad de Cantabria. 423 pp.
- Medina, R., Losada, I. J., Méndez, F., Olabarrieta, M., Liste, M., Menéndez, M., Tomás, A., Abascal, A. J., Agudelo, P., Guanche, R. y Luceño, A. 2004c. Impactos en la costa española por efectos del cambio climático. Fase III: Estrategias frente al cambio climático en la costa. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental (Ministerio de Medio Ambiente). Universidad de Cantabria. 132pp.
- Mejía-Navarro, M. y García, L.A. 1996. natural hazard and risk assesment using Decision Support Systems. Application, Glenwood Springs, Colorado. *Journal of Environmental and Engineering Geoscience*, 2 (3): 299-324.
- Méndez, F., Medina, R., Losada, I.J., Olabarrieta, M., Tomás, A., Liste, M., Menéndez, M., Abascal, A. J., Agudelo, P. y Castanedo, S. 2004. Estudio de los impactos en la costa española por efecto del cambio climático. In: García-Codron, J.C., Diego-Liaño, C., Fdez de Arróyabe, P., Aramendia-Pedraja, C. y Rasilla-Álvarez, D. (Eds). *El Clima entre el Mar y la Montaña*. Asociación Española de Climatología y Universidad de Cantabria, Serie A, n° 4: 62-72. Santander.
- Menéndez, M., Méndez, F., Losada, I. J., Medina, R. y Abascal, A. J. 2004. Variaciones del régimen extremal del clima marítimo en el litoral español en el período 1958-2001. In: García-Codron, J.C., Diego-Liaño, C., Fdez de Arróyabe, P., Aramendia-Pedraja, C. y Rasilla-Álvarez, D. (Eds). *El Clima entre el Mar y la Montaña*. Asociación Española de Climatología y Universidad de Cantabria, Serie A, n° 4: 73-84. Santander.
- Millenium Ecosystem Assesment. 2005. <http://www.millenniumassessment.org>.
- Montefalcone, M. 2009. Ecosystem health using the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*: A review. *Ecological Indicators*, 9: 595-604.
- 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. 194 pp. y anexos.

- NOAA, 2002. Environmental Sensivity Index Guidelines. Version 3.0. NOAA Technical Memorandum NOS OR&R 11. Office of Response and Restoration. National Oceanic and Atmospheric Administration. Department of Commerce United States of América. 89 p y anexos.
- Olsen, S. 1993. Will integrated coastal management programs be sustainable? The constituency problem. *Ocean & Coastal Management*, 21 (1-3): 201-226.
- Olsen, S., Tobey, J. y Kerr, M. 1997. A common framework for learning from ICM experience. *Ocean & Coastal Management*, 37 (2): 155-174.
- Rhoads, B.L. y Thorn, C.E. 1993. Geomorphology as science: The role of theory. *Geomorphology*, 6: 287-307.
- Riba, O. 1997. Diccionari de Geologia. Institut d'Estudis Catalans-Enciclopèdia Catalana S.A. Barcelona. 1.407 pp.
- Ritter, D.F., Kochel, R.C. y Miller, J.R. 2002. *Process Geomorphology*. 4th Edition. Waveland Press, Inc. 560 pp.
- Sekhar, N.U. 2005. Integrated coastal zozne management in Vietnam: Present potentials and future challenges. *Ocean & Coastal Management*, 48: 813-827.
- Servera, J. 1997. Els sistemes dunars litorals de les Illes Balears. Tesi doctoral. Universitat de les Illes Balears. 2 vol. 908 pp. y Atlas, 138 pp.
- Short, F.T. y Wyllie-Echeverria, S. 1996. Natural and human induced disturbances of seagrasses. *Environmental Coservation*, 23: 17-27.
- Strahler, A.N. 1982. *Geografía Física*. Omega. Barcelona. 780 pp.
- Sunamura, T. 1992. *The Geomorphology of Rocky Coasts*. Wiley & Sons. Chichester, UK. 302 pp.
- Terrados, J. y Duarte, C.M. 2000. Experimental evidence of reduced particle resuspension within a seagrass (*Posidonia oceanica* L.) meadow. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 243: 45-53.
- Turner, R.K. 2000. Integrated natural socio-economic sciences in coastal management. *Journal of Marine Systems*, 25 (3-4): 447-460.
- Thia-Eng, C. 1993. Essential elements of integrated coastal zone management. *Ocean & Coastal Management*, 21: 81-108.
- Von Bodungen, B. y Turner, R.K. 2001. Science and integrated coastal management. An introduction. In: von Bodungen, B. y Turner, R.K. (eds). *Science and Integrated Coastal Management*, Dahlem University Press. 1-14.