



La modelización espacial de las zonas litorales, una herramienta para el análisis de la sostenibilidad en las zonas costeras. Aplicación a la zona litoral del Mar Menor.

César García Aranda * (Profesor Laboral Titular), Agustín Molina García² (Profesor Titular de E.U.), Jorge Cano Fuentes³ (Becario de investigación)

^{*,2,3} Centro de Estudios del Litoral-Universidad Politécnica de Madrid
ETSITGC, Ctra. Valencia, km 7, 28031 Madrid, España

Web: www.topografia.upm.es

e-mail^{*}: cesar.garciaa@upm.es

e-mail²: agustin.molina@upm.es

e-mail³: jcanofuentes@gmail.com

Resumen

El artículo analiza la importancia de disponer de sistemas de representación y modelización de las zonas costeras y la franja litoral, que sean consistentes con los modelos terrestres y que permitan analizar con mayor rigor los efectos que la actividad humana genera en el medio marino. La investigación se ha centrado en el desarrollo de un prototipo de visualizador tridimensional del medio marino para el área de la Reserva Marina de Cabo de Palos-Islas Hormigas en el Mar Menor (Murcia, España).

Palabras clave: Gestión litoral, zonas costeras, visualización tridimensional.

Abstract

The article discusses the importance of modeling and information systems of coastal areas, which are consistent with terrestrial models for analyzing more rigorously the effects generated by human activity in the marine environment. Research has focused on the development of a prototype three-dimensional display of the marine environment for the area of the Marine Reserve of Cabo de Palos-Islas Hormigas in the Mar Menor (Murcia, Spain).

Keywords: Coastal management, coastal areas, three-dimensional visualization.

1. Introducción

Las zonas costeras constituyen un recurso ecológico, económico y social irremplazable, cuya planificación y gestión con miras a su conservación y desarrollo sostenible exige un enfoque integrado específico.

A la hora de analizar sistemas tan complejos como las zonas costeras, es fundamental disponer de un adecuado sistema de gestión de la información geográfica que integre las tres dimensiones de uso del espacio marino (la superficie, la columna de agua y el lecho marino) y que permita desarrollar un proceso dinámico de gestión y aprovechamiento sostenible del ecosistema costero.

Este sistema de gestión de la información geográfica debe tener en consideración de manera integrada el conjunto de elementos relativos a los sistemas hidrológicos, geomorfológicos, climáticos, ecológicos, socioeconómicos y culturales, tanto de la parte terrestre como de la parte marina.

En línea con el enfoque de gestión descrito, la presente investigación se ha centrado en la definición de una metodología de representación de la información del medio litoral y marino, basada en el desarrollo de una aplicación, a modo de prototipo, que permita la visualización de información georreferenciada mediante el empleo de tecnologías y herramientas de software asociadas con la generación de modelos tridimensionales complejos.

2. Ámbito de estudio

En función de la información disponible en origen y de la utilidad prevista de la aplicación a desarrollar, se definió un área de trabajo cuadrangular de una extensión de 22,5 km² localizada frente al litoral del Mar Menor en la provincia de Murcia (España), en la que estaba incluida la superficie ocupada por la Reserva Marina de Cabo de Palos-Islas Hormigas (figura 1).

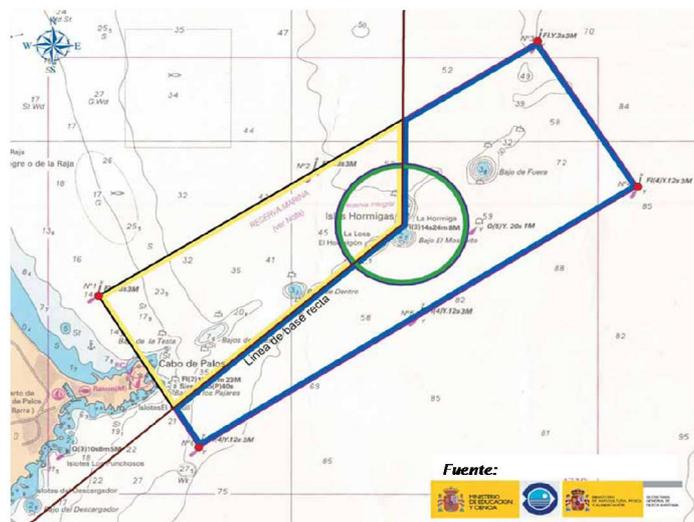


Ilustración 1: Área de la Reserva Marina de Cabo de Palos e Islas Hormigas

La citada Reserva Marina se extiende desde el Cabo de Palos hacia el noroeste en el litoral de Murcia, presentando una forma rectangular con una extensión aproximada de 19 km², y comprende parte de aguas interiores (35%) y parte de aguas exteriores (65% restante). Dentro de la Reserva Marina se ha definido un área de reserva integral que comprende el entorno de La Isla Hormiga, el bajo El Mosquito y los islotes El Hormigón y La Losa.

La zona de estudio dispone de una elevada diversidad y riqueza biológicas, con una importante presencia de especies indicadoras de alta calidad ambiental marina, cuyo mayor exponente son las praderas de *Posidonia oceanica* y *Cymodocea nodosa*. En el lecho marino los fondos de naturaleza rocosa, con pendientes de fuertes a moderadas, se alternan con fondos sedimentarios y fondos detríticos costeros en profundidades superiores a 30 metros.

3. Metodología

La metodología de trabajo se ha centrado en el análisis y desarrollo de cada una de las fases necesarias para completar el proceso, que engloba desde la recepción de la información y los datos geoespaciales hasta su representación y visualización en una aplicación interactiva.

Los datos de partida con los que se comenzó a trabajar fueron los proporcionados por el Proyecto ESPACE, cuyo objetivo principal es obtener información de calidad, detallada y sistemática con técnicas geofísicas de alta resolución sobre batimetría, calidad de fondos, morfología, praderas vegetales y obstáculos de los fondos marinos de la plataforma continental y del talud continental del caladero nacional. Para el desarrollo de la aplicación prototipo se partió de los datos, en formato ArcGIS, referidos a la zona de estudio ya descrita, cuya área se extiende desde la zona próxima a la costa, con profundidades de 8 a 10 metros, hasta los límites de la plataforma continental con profundidades de 120 a 180 metros.

Los datos originales fueron tratados para la generación del modelo digital del fondo marino. Al

objeto de mejorar las características de visualización final, se realizó un proceso de realzado del relieve y posteriormente se procedió a la conversión en imagen de formato raster.

Debido al elevado volumen de información a procesar por la aplicación de visualización tridimensional, se analizaron las diferentes posibilidades de reducir la carga de datos del sistema, para lo cual se emplearon técnicas de nivel continuo de detalle que permitieron optimizar la velocidad de la aplicación. Estas técnicas se fundamentan en el empleo de un algoritmo que permite definir una malla poligonal dinámica, que maximiza el número de triángulos en las partes que requieren más detalle y minimiza el número de triángulos de la malla en zonas de relieve menos abrupto o más alejadas del observador (figura 2), dando lugar a un procesamiento más eficiente de la aplicación, sin perder por ello calidad visual para el observador.

Una vez implementado el modelo digital de la zona marina, se procedió a su unión y consolidación con el modelo digital terrestre (figura 2), sobre el que se incorporaron ortofotos digitales del terreno para generar una mayor sensación de realismo paisajístico con respecto a la visualización final.

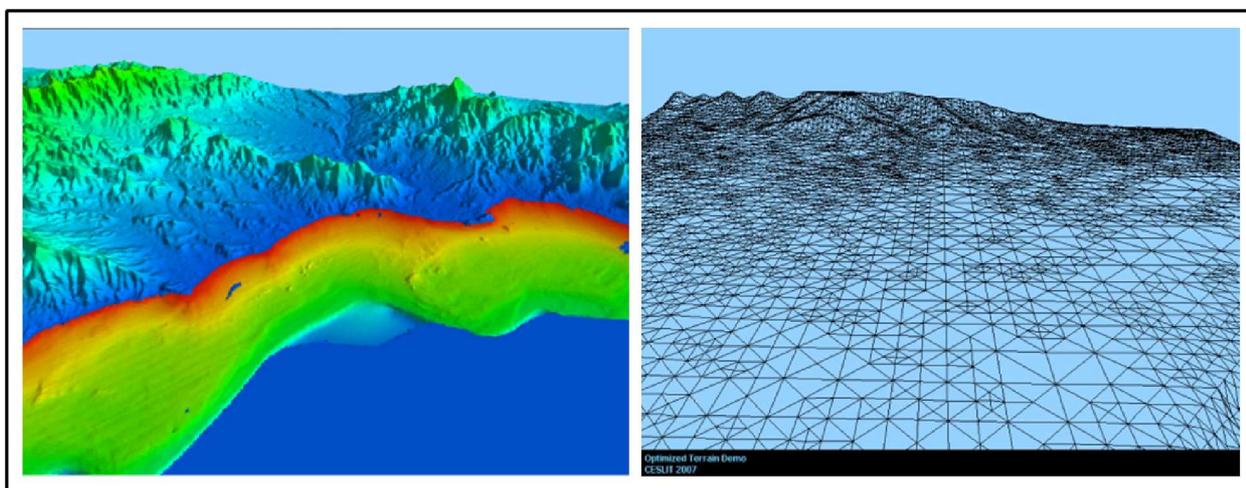


Ilustración 2: Consolidación del modelo digital terrestre y marino (izquierda) y Algoritmo CLOD (derecha)

El conjunto de información y utilidades generadas se integraron, dando lugar al primer prototipo de visualización tridimensional de fondos marinos, cuya principal capacidad se centra en el desarrollo de aplicaciones para la gestión de la zona litoral. El sistema permite al usuario un desplazamiento dinámico con seis grados de libertad, tanto por la zona emergida como por el fondo marino.

Tomando como base el modelo digital del fondo marino representado, se procedió a la incorporación al sistema de la información temática relativa a calidad de suelo y bionomía. Cada clase de datos se recogió en una capa de información independiente, y se optó por una leyenda de color para su representación. Debido a la complejidad que se presentaba para poder acceder simultáneamente a ambas capas, se diseñó una utilidad que permitiese al usuario controlar el nivel de transparencia de cada capa de información temática, al objeto de poder asociar los diferentes tipos de sustratos a las especies vegetales marinas representadas (figura 3).

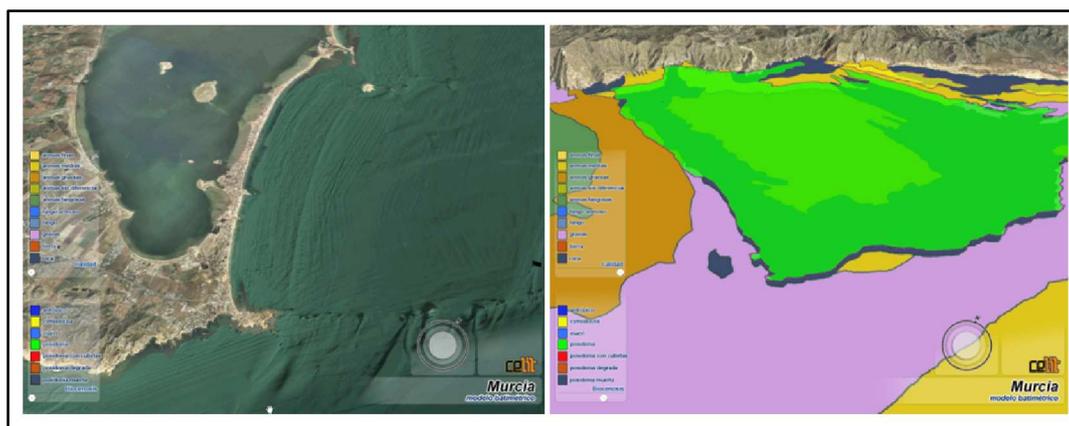


Ilustración 3: Imágenes del primer prototipo de visualización de fondos marinos

A partir del primer prototipo desarrollado se continuó avanzando, dirigiendo la línea de investigación a la generación de escenarios tridimensionales próximos a la percepción real que tendría un observador. Los trabajos para el desarrollo de la nueva aplicación requirieron el análisis y empleo de un elevado número de técnicas y herramientas de visualización 3D, desde las más habituales, como los modelos de iluminación y sombreado, hasta las más complejas, como el cálculo de reflexiones y refracciones del entorno, modelizadas en la unidad de procesamiento gráfica.

Sobre el modelo virtual generado se estudió la posibilidad de representar, al igual que en el primer prototipo, la información temática relativa a las capas de calidad de suelo y bionomía, sin embargo, en este nuevo escenario la leyenda gráfica convencional por colores no se presentaba como una opción adecuada para una visualización realista, optándose finalmente por el diseño e implementación de un sistema de capas de información fotorrealistas y georreferenciadas que se superpusieran sobre el fondo marino; permitiendo además al observador la percepción simultánea de ambos niveles de información.

Para la representación de la calidad de los fondos marinos se generaron diferentes texturas superficiales que representaban cada tipología de suelo (figura 4) y se superpusieron sobre el modelo digital del fondo marino.

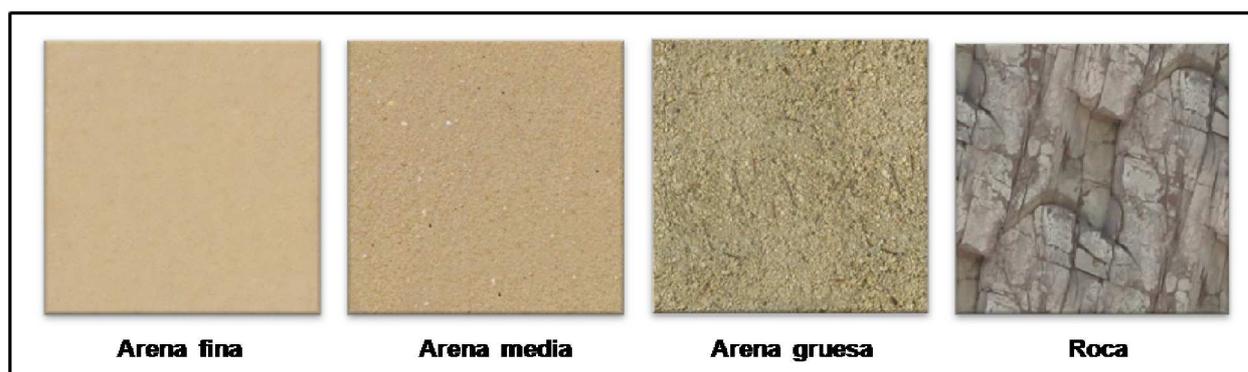


Ilustración 4: Texturas fotorrealistas de tipologías de fondos marinos

Posteriormente, para conseguir superponer la capa de bionomía como un nivel de información adicional a la calidad de suelos, se emplearon patrones tridimensionales de las principales formaciones vegetales presentes (*Posidonia oceanica* y *Cymododea nodosa*) generando un sistema de leyenda 3D; permitiendo al observador, como en los escenarios verdaderos, percibir las características del fondo sobre el que se asientan (figura 5).



Ilustración 5: Sistema de leyenda 3D (izquierda) y efectos espaciales visuales del entorno (derecha)

La fase final de desarrollo del prototipo de visualizador se centró en la incorporación de efectos especiales visuales del entorno y en el diseño del interfaz de usuario (figura 5).

4. Resultados

Las aplicaciones de visualización que se han desarrollado tratan en esencia de presentar modelos 3D de la zona litoral a los que se ha dotado de una cobertura de imágenes del territorio en un grado de abstracción remarcable: desde la imagen fotográfica a las representaciones cartográficas mediante una correspondencia basada en semiologías muy elaboradas, incluyendo la superposición de varias de estas capas de informaciones.

De acuerdo con la metodología aplicada y los prototipos desarrollados, podemos considerar que son muchas las posibilidades que se abren con relación a la representación y visualización de información de las zonas litorales y marinas, y muy amplias sus aplicaciones en el contexto de la gestión del territorio y de forma específica en la gestión integrada de zonas costeras (GIZC).

El primer prototipo desarrollado encaja en la línea de evolución de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) convencionales, hacia desarrollos que incorporen nuevas utilidades, al dotar a la información representada de la componente tridimensional. Este modelo dinámico permite una mejor observación de la información y puede favorecer con la incorporación de nuevas capas, el desarrollo de instrumentos para la gestión y control de las características del medio litoral y marino.

El segundo prototipo supone un importante avance en la representación y visualización de los fondos marinos y áreas costeras, al ofrecer al observador una percepción realista del medio

marino, sin por ello perder el valor geoespacial de los datos e información representada. Esta doble componente permite que la aplicación pueda tener diferentes utilidades, bien dirigidas al ámbito de la divulgación y educación, o bien dirigidas al ámbito de la gestión de las zonas costeras, dado que el modelo desarrollado dispone de una alta capacidad de procesado de información, permitiendo la incorporación de nuevos parámetros y procesos dinámicos del propio medio litoral o marino.

Inciendo en el ámbito de la gestión, este sistema es apto para evaluar las afectaciones sobre el ecosistema litoral generadas por las diferentes actividades económicas que se desarrollan tanto en la parte terrestre como en la parte marina, así como para evaluar indicadores del desarrollo de actividades económicas con miras a garantizar el uso sostenible de las zonas costeras y a reducir las presiones que superen la capacidad de carga.

5. Conclusiones

En la metodología descrita se ha puesto de manifiesto la complejidad de trabajar con datos geográficos de fondos marinos, al tratar de aplicar el mismo grado de rigor que con los datos de la superficie terrestre. Sin embargo, la aplicación desarrollada presenta un modelo avanzado que integra la información marina proporcionada, a través de procesos que garantizan la homogeneidad y consistencia de características métricas representadas, para obtener la definición geométrica de la zona de estudio.

Sin embargo, la generación de un modelo digital continuo que permita la unificación y consolidación de la información terrestre con la marina todavía presenta cierta complejidad, debido fundamentalmente a las inconsistencias que en ocasiones se producen en la zona de transición de aguas someras o poco profundas. Estas áreas, que en función de su morfología pueden tener muy diversa entidad (de unidades a decenas de metros), plantean un problema para los sistemas convencionales de obtención de información batimétrica, generalmente basados en ecosondas o sonar transportados en embarcaciones, puesto que no pueden acceder a las zonas de menores profundidades, próximas a la costa.

Una posible solución a este problema pasa por incorporar la información obtenida mediante el empleo de la tecnología de LIDAR batimétrico aerotransportado. Este sensor permite obtener datos de las zonas próximas a la línea de costa, de profundidad crítica para otros sistemas de embarque de sensores, como ya se ha indicado. El procesamiento de esta información y su integración con el resto de datos permite consolidar un modelo digital continuo más preciso, puesto que evita recurrir a las extrapolaciones y estimaciones que se suelen dar en el caso de ausencia de datos para la representación de las zonas próximas a la costa.

6. Bibliografía

- Barragán, J. M. (2003). Medio ambiente y desarrollo en áreas litorales. Introducción a la planificación y gestión integradas. Servicio de publicaciones de la Universidad de Cádiz.
- Da Cruz, H. (2003). Programa de gestión integrada del litoral del mar menor y su zona de influencia. Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente de la Región de Murcia.

- Dimitriou, K.; Coccossis, H. (2004). Sistemas de apoyo a la decisión para la ordenación del territorio y la planificación ambiental de las zonas costeras. IPTS Report 80. Comisión Europea.
- Lindstrom, P.; Koller, D.; Ribarsky, W.; Hodges, L. F.; Faust, N. (1996). "Real-Time, Continuous Level of Detail Rendering of Height Fields", Georgia Institute of Technology Proceedings of ACM SIGGRAPH 96, August 1996, pp. 109-118.
- Ministerio de Medio Ambiente (2005). Hacia una gestión sostenible del litoral español.
- Sanz, J.L.; Tello, O.; Hermida, N.; Fernández-Salas, L. M.; González-Serrano, J. L. (2004). "Características del estudio sistemático de la plataforma continental y talud superior españoles (Proyecto ESPACE). Metodología y primeros resultados", Geo-Temas, 6 (2), 2004, pp. 261-264.