

Ojeda Zújar, J., Fernández Núñez, M., Prieto Campos, A., Pérez Alcántara, J.P. y Vallejo Villalta, I. (2010): Levantamiento de líneas de costa a escalas de detalle para el litoral de Andalucía: criterios, modelo de datos y explotación. En: Ojeda, J., Pita, M.F. y Vallejo, I. (Eds.), Tecnologías de la Información Geográfica: La Información Geográfica al servicio de los ciudadanos. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. Sevilla. Pp. 324-336. ISBN: 978-84-472-1294-1

LEVANTAMIENTO DE LÍNEAS DE COSTA A ESCALAS DE DETALLE PARA EL LITORAL DE ANDALUCÍA: CRITERIOS, MODELO DE DATOS Y EXPLOTACION

Ojeda Zujar, J^{1.}, Fernández Núñez, M^{1.}, Prieto Campos, A^{1.}, Pérez Alcántara, J.P^{2.} y Vallejo Villalta, I^{1.}

(1) Departamento de Geografía Física y AGR. Universidad de Sevilla. C/Maria de Padilla s/n. 41004 Sevilla. Email: zujar@us.es, miriamfernandez@us.es, antoniprietocampos@gmail.com & ivallejo@us.es.

(2) Geographica Studio. Geografía aplicada, S.L. Calle Leonardo Da Vinci, edificio Marie Curie planta 4. Sevilla. Email: jp.alcantara@geo-st.com.

RESUMEN

En esta comunicación se presentan los resultados del proceso de incorporación de la línea de costa andaluza al Subsistema del Medio Litoral y Marino (SSLyMM) para su integración en la Rediam (Red de Información Ambiental de la Consejería de Medio Ambiente). En relación a su levantamiento geométrico se ha desarrollado una metodología para cubrir toda la costa andaluza (más de 800 km.) pensando en aplicaciones y representaciones a escalas 1:5000-1:10.000, lo que conlleva su digitalización a escala 1:2.500 sobre ortofotos y ortoimágenes de resolución métrica y submétrica. Los criterios de fotointerpretación (elemento clave para su posterior uso) tienen siempre, a diferencia de otras líneas de costa "oficiales", una base ecológica diferenciándose procedimientos separados para las formaciones sedimentarias expuestas, las costas rocosas, las zonas marismas/estuarinas protegidas del oleaje y las infraestructuras antrópicas. A cada tramo costero, con topología independiente, se asocia un conjunto información ambiental y territorial (topologías jerárquicas, clasificaciones temáticas, toponimia, alteraciones antrópicas...) estructurada en tablas relacionadas que tienen como nexo común (ID) el tramo costero topologicamente independiente. Todo ello define un modelo de datos de gran complejidad que, una vez incorporados los datos y realizado el control topológico, se sumaran al repositorio del SSLyMM. De este complejo modelo (modelo de explotación) se extraerán, a través de sentencias SQL, la información geométrica y alfanumérica que alimentaran las diferentes aplicaciones temáticas (clasificaciones tipológicas, toponimia, dunas costeras asociadas, etc.) y la creación de servicios OGC específicos.

Palabras Clave: línea de costa, Andalucía. Criterios de digitalización,, bases de datos espacial, modelo de datos, servicios OGC

ABSTRACT

The results of the process of incorporation of the shoreline of Andalusia to the Littoral and Marine Environment Subsystem (SSLyMM) are presented in this paper. The update of the SSLyMM with these data was made in order to be integrated in the Andalusian Environment Information Net (REDIAM) of the Environmental Regional Ministry. A methodology has been designed in order to span the complete Andalusian coast (longer than 800 km) using a high geometric accuracy, with the intention of being used at a scale of 1:5000 – 1:10000. This implies that the digitizing process was executed at 1:2500 scale based on ortoimages and ortophotographs with a high detailed spatial resolution. The photointerpretation criteria were always and only supported by ecological elements (despite other official

shorelines). Different criteria have been used for sedimentary exposed coasts, cliffs, marshes and estuaries and human infrastructures.

Each shoreline segment, identified by an independent topology, have been associated with different environmental information (ranked geomorphological typologies, thematic classification, toponomy, human impacts, etc) structured in related attribute tables (data model). These tables share each topologically independent segment of the shoreline using a common link (the ID). All this related alphanumeric information implies a high complexity database model that, after topological and quality controls, have been added to the repository of the SSLyMM. From this complex database model there will be obtained, by means of spatial SQL sentences, the geometric and alphanumeric simplified data that would provide different thematic layers using suitable graphic treatment and, also, the initial information for the creation of specific OGC services.

Key Words: Andalusian coastline, digitizing criteria, spatial database, data model, OGC services.

INTRODUCCIÓN

La línea de costa, a escalas de detalle (1:1000-1:10000), es un elemento esencial en la generación de bases de datos espaciales sobre espacios litorales, una variable crítica en los procesos de evaluación de la dinámica litoral y una referencia inexcusable en los procesos de planificación ambiental y territorial. Un problema común para el levantamiento de este elemento territorial es la elección del indicador que define la línea de costa según las fuentes utilizadas y su uso final (Ojeda, 2000; Ojeda et alia, 2002; Fletcher et alia, 2003; Boak et alia, 2005; Hughes et alia, 2006). Presente en numerosas bases de datos geográficas y cartografía oficial (cartas náuticas y mapas topográficos) ha de ser definida, a las escalas de referencia citadas, de forma precisa desde la perspectiva geométrica (generalmente a través de fotointerpretación y digitalización sobre vuelos fotogrametricos de detalle), con una cuidada selección de los criterios para su definición y levantamiento atendiendo a su posterior utilización, así como ser soportada por un adecuado “modelo de datos” (modelo de datos de explotación) si se desea normalizar los procedimientos de actualización posterior.

Las especiales características de este “dato espacial” y la intención de la Consejería de Medio Ambiente de actualizarlo periódicamente ha exigido la incorporación de dos procesos adicionales: (i) la conexión con un “submodelo de digitalización” que recoge las características derivadas del proceso de restitución de cada tramo costero (autor, fecha, fuente de referencia, sistema de coordenadas original y transformaciones...) necesario para su adecuada utilización y la generación del “lineage” de los metadatos y (ii) la extracción de un “modelo producción” a partir del modelo de explotación (simplificado y concretado en una única tabla) que será el utilizado en los procesos de actualización periódica.

OBJETIVOS Y ZONA DE ESTUDIO

El objetivo central de esta comunicación es, por lo tanto, presentar los primeros resultados del proceso de levantamiento e incorporación de la línea de costa andaluza al Subsistema del Medio Litoral y Marino (SSLyMM) para su integración en la Rediam (Red de Información Ambiental de la Consejería de Medio Ambiente). La zona de estudio cubre, por lo tanto, todo el frente costero de la Comunidad Autónoma de Andalucía, abarcando tanto el frente costero mesomareal del Atlántico, con abundante presencia de estuarios y marismas mareales, como el correspondiente al frente micromareal del Mediterráneo con mayor presencia de costas acantiladas, deltas y albuferas (Fig. 1).

Como objetivos específicos que se concretaran en las diferentes fases metodológicas, podríamos señalar a modo de síntesis:

- Definición, geometría y criterios de fotointerpretación de la línea de costa levantada a escala 2.500
- Presentación de los atributos temáticos asociados y su integración en el **modelo de datos** finalmente a integrar en la Rediam.
- Presentación de algunos de los resultados de su explotación y la creación de servicios interoperables OGC.

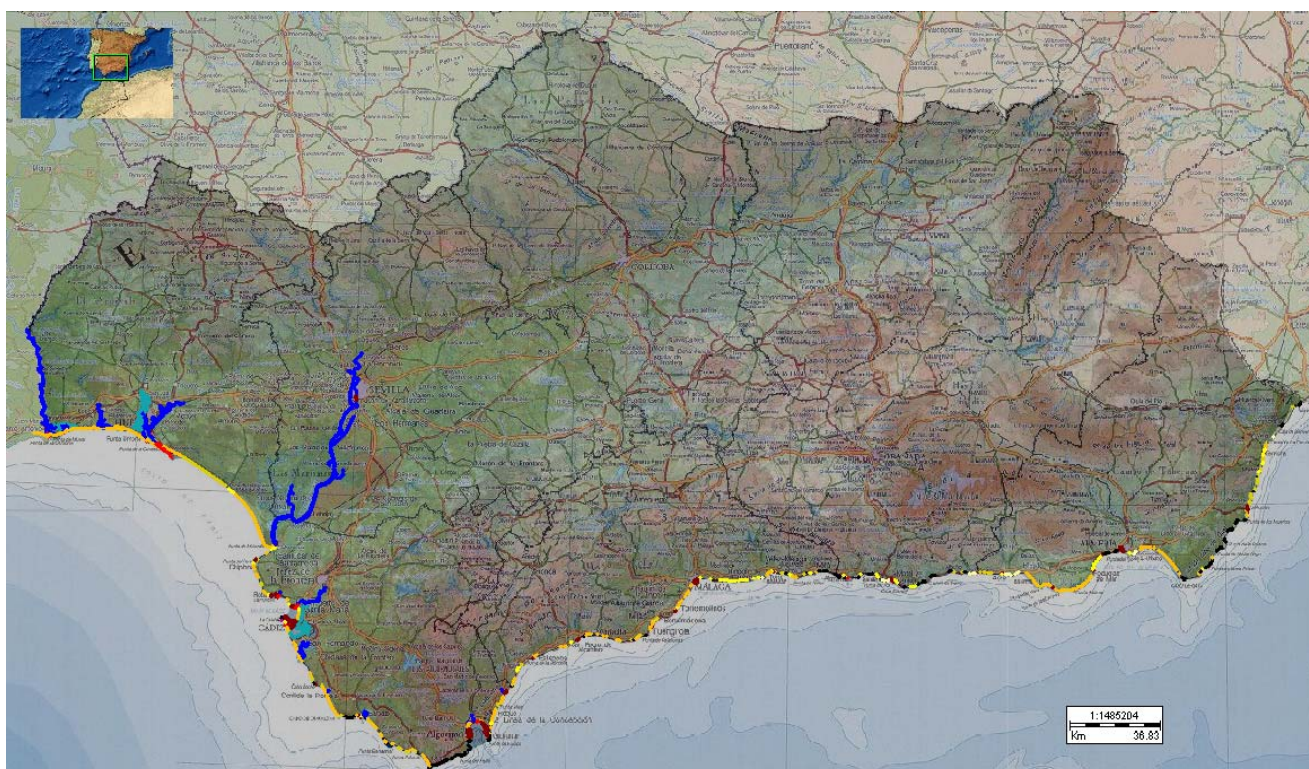


Figura 1. Área de estudio

DATOS Y METODOLOGÍA

Definición, geometría y criterios de fotointerpretación

La línea de costa levantada hasta el momento, tiene una geometría derivada en su inmensa mayoría de la Ortofoto color de Andalucía de 2007 (resolución 1 m) y la ortoimagen QuickBird de 2005 (0.75 m de resolución). El sistema de referencia de Coordenadas (CRS) ha sido ED50 UTM30 para respetar el Sistema de Referencia de Coordenadas de las fuentes originales. La entrega se realizará en ED50 UTM30 y ETRS89 UTM30. La decisión adoptada de no digitalizar en ETRS89 UTM30 se debe a que el cambio de sistema de referencia es una “transformación de coordenadas” no exacta que implica una distorsión geométrica, aunque se utilice la “transformación” del sistema de rejillas recomendado por el IGN. Se prefirió que este proceso se realizara en el entorno de la administración del sub-sistema, a posteriori, con el fin de garantizar la homogeneidad en la “transformación de coordenadas”.

Desde la perspectiva de sus repercusiones en el posterior modelado es necesario indicar que su geometría no depende de la restitución de una línea con un exclusivo criterio geométrico (propio de la cartografía topográfica): ubicación del “0 topográfico”. En este caso, se han utilizado cuatro **criterios de digitalización** que definen la línea de costa desde una perspectiva geomorfológica con una clara intencionalidad aplicada (Fig.2):

1. **ÚLTIMA MARCA HUMEDA DE LA MAREA:** aplicada a formaciones litorales sedimentarias expuestas a mar abierto (**playas**). Se utiliza la ortofoto mas actualizada (2007) y define el límite inferior de la playa seca (backshore) o “playa util” en términos de recurso turístico.
2. **LÍMITE DE LA MAREA MAS BAJA** (elegido entre todas las ortofotos disponibles en Andalucía): es la utilizada para los **estuarios y red mareal** en los tramos costeros protegidos del oleaje y representaría la línea mas próxima al “O hidrográfico” (no disponible a estas escalas para toda la costa andaluza).
3. **LÍMITE EXTERNO DE INFRAESTRUCTURAS:** para todo tipo de **infraestructuras en contacto directo con el mar**. Se utiliza la ortofoto más actualizada (2007).
4. **BASE DE ACANTILADOS Y COSTA ROCOSA:** para **formaciones rocosas conectadas directamente con el mar**. Ante los problemas de abatimiento que presentaban las ortofotos de 2007 en las zonas acantiladas, se optó por utilizar la ortoimagen QuickBird de 2005, dada su parecida resolución espacial, proximidad temporal y ausencia de problemas de abatimiento.

Se establecieron también dos **modos de digitalización** en el entorno de **ArcGis 9.3**. Teniendo en cuenta que de este proceso se derivan las propiedades geométricas/topológicas que dicho elemento tendrá en el modelo de datos final, es necesario enfatizar, que las dos modalidades de digitalización de esta “feature lineal” deben quedar recogidas en el **modelo de datos** y en los **metadatos** (lineage):

- Para los elementos antrópicos e infraestructuras se digitaliza una “feature lineal” a partir de vértices que definen los segmentos rectos de la línea.
- Para el resto de los sectores naturales asociados a formaciones sedimentarias o costas de morfología suave se digitaliza una “feature lineal” utilizando herramientas que permitan una digitalización suavizada (bézier o tangente) de acuerdo a la naturaleza de objeto a representar.



Figura 2. Criterios de fotointerpretación para estuarios y espacios marismenos, costa rocosa y acantilados, formaciones sedimentarias expuestas (playas) e infraestructuras.

Modelo de datos: atributos alfanuméricos y tablas.

Modelado: Modelos de Datos de Explotación y de Producción.

En cualquier sistema de información geográfica contemporáneo es capital dejar atrás la visión de los sistemas de información basados en ficheros para dar paso a la visión del sistema de información basado en las bases de datos geográficas. Actualmente se presentan interesantes sistemas para implementar bases de datos geográficas, tanto en el campo del software propietario (Oracle Spatial / Locator) como en el del software libre (PostgreSQL / PostGIS), así como soluciones menores e incompletas como las bases de datos geográficas personales de ESRI, que, aunque incompletas en su funcionalidad como base de datos geográfica propiamente dicha, tienen interesantes aplicaciones. Por este motivo, se ha planteado para el Subsistema Litoral y Medio Marino (SSLMM) el desarrollo de una base de datos geográfica para su producción y explotación.

No obstante, hay que diferenciar distintas facetas en el uso y producción de esta base de datos. Como en cualquier sistema de información complejo y de cierta entidad, los procesos de producción y levantamiento de la información y la explotación de la misma persiguen, hasta cierto punto, objetivos diferentes.

El proceso de producción de la información debe caracterizarse ante todo por la agilidad en el uso de la herramienta, ya que el digitalizador, muy especializado temáticamente en nuestro caso, se enfrenta a una tarea

de por sí compleja en sus fundamentos teóricos y metodológicos. Por lo tanto, lo último deseable es que la herramienta y el modelo se interpongan en su quehacer. Los modelos bien normalizados y estructurados, como el del caso que se nos presenta, no son fáciles de manejar ni se caracterizan por la agilidad a la hora de introducir datos en él. Esto se debe a la enorme cantidad de relaciones y entidades presentes en el modelo, lo que obligaría al digitalizador a introducir una gran cantidad de datos en tablas intermedias y a estar constantemente pendiente de los valores de claves primarias de los distintos catálogos vinculados a las tablas maestras del modelo, para no incurrir en situaciones ilegales de violaciones de claves que un modelo como éste debe comprobar constantemente. Este “overhead” en el proceso de introducción de datos se puede llegar a paliar con la construcción de una aplicación informática que permita introducir los datos a través de formularios enlazados, pero aún así la experiencia nos demuestra que una profusión de formularios convierte a cualquier aplicación en excesivamente farragosa.

Cualquiera de estas soluciones (manejar directamente el modelo de datos o crear formularios para ello) entorpecería de una forma inadmisibile el trabajo de los digitalizadores y les distraería de su principal misión, que no es otra que concentrarse en su criterio de experto para dar una solución apropiada al problema. Como regla general del diseño de sistemas de información, muy quebrantada demasiadas veces por no tener en cuenta la opinión de los usuarios finales, se suele decir que el modelo y/o la herramienta no deben interponerse en el flujo de trabajo. Para no quebrantar la norma anteriormente expuesta, la solución que se suele adoptar es usar un **modelo de datos de producción**:

El **modelo de datos de producción**, a diferencia del **modelo de datos de explotación**, no está diseñado con la normalización absoluta en mente, sino para hacer el proceso de digitalización lo más ágil y menos intrusivo posible. Los datos de este modelo, posteriormente, son tratados por un procedimiento en la base de datos (programado en PL/SQL o PL/PgSQL) que carga la información, de forma controlada, normalizada y detectando errores (con lo cual sirve de mecanismo de control de calidad) en el modelo de explotación. Si la aplicación de carga detecta inconsistencias en la información procedente del modelo de producción, emite un informe de errores que el digitalizador debe tratar, para posteriormente volver a intentar realizar el trasvase de los datos al modelo de explotación. Es en este apartado del modelo de producción donde destacan las herramientas ESRI, ya que éstas proporcionan un marco inmejorable para la edición rápida y eficaz de datos. Son principalmente dos las funcionalidades incorporadas en este contexto que las hacen tan útiles (utilización de dominios y subtipos por una parte y incorporar reglas topológicas al proceso de digitalización). Todo lo anterior, combinado con el juego de herramientas de edición que posee ArcGIS, hace que el proceso de digitalización sea ágil y es por lo que ha sido el software empleado en los procesos de digitalización. El modelo de producción, por tanto, se basa en muy pocas tablas; de hecho, lo deseable es que el digitalizador sólo tenga que utilizar una en su tarea. Es sin duda el escenario de digitalización más ágil, ya que el digitalizador no tiene que estar introduciendo claves en las tablas de relación muchos a muchos, concentrando su atención en la introducción de datos en dicha tabla única. Obviamente, un problema tan complicado como éste no puede resolverse en un modelo de una sola tabla, pero el modelo está cumpliendo su función: garantizar una digitalización eficiente y cómoda.

El **modelo de explotación**, por contraposición al modelo de producción, si es un modelo complejo perfectamente normalizado para maximizar la capacidad analítica sobre los datos, que se introducen en él a partir del modelo de producción con todas las garantías de calidad necesarias para evitar la redundancia y la falta de atomización de los mismos. El modelo de explotación es, como su propio nombre indica, el lugar donde los técnicos, una vez volcados los datos, pasan a la explotación geográfica y/o estadística de los mismos. Es el lugar también de donde se extraen productos de consumo final de la información que contiene, como por ejemplo diversos *shapefiles* con información agregada (un ejemplo de ello sería obtener, por ejemplo, cuatro *shapefiles* de la línea de costa agregada a los distintos niveles jerárquicos contemplados). La estructura del **modelo de explotación** y sus tablas y relaciones correspondientes para la línea de costa, se presentan a continuación (Fig. 3)

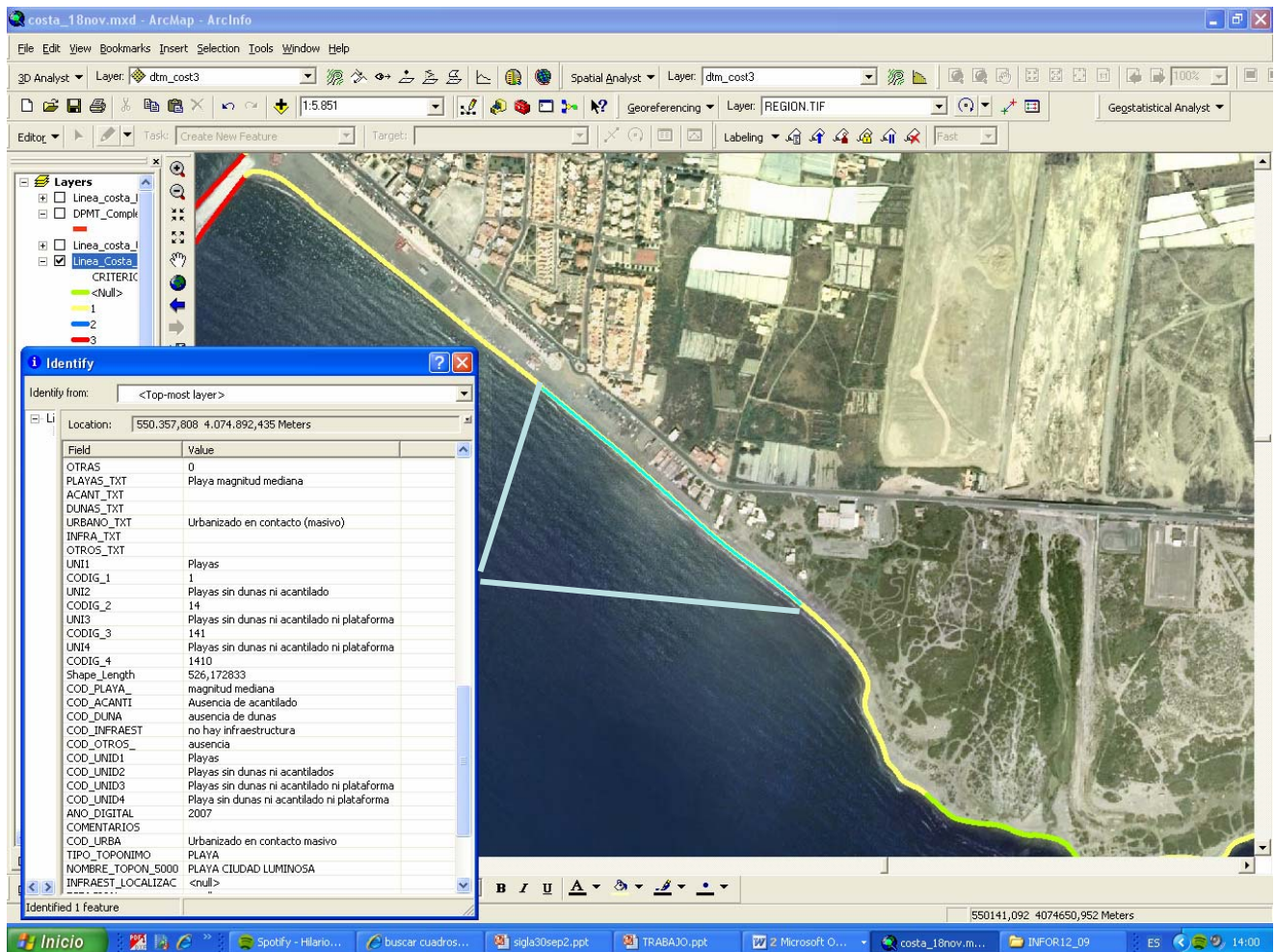


Figura 4. El segmento topológicamente independiente es el objeto principal del modelo de datos. En la figura un ejemplo de un sector de la costa de Málaga y la tabla de atributos del “modelo de producción” asociado al segmento.

Un segundo conjunto de tablas relacionan este tramo costero con el proceso de **digitalización**. En ellas se recoge el **autor**, **fecha** y **fuentes**. Dadas las características de la definición de la línea de costa, cada tramo topológicamente independiente de la costa lleva asociada una **fuentes** en el modelo de datos definitivo. Con la intención de prever nuevas fuentes en el futuro, se incorporó en el modelo de datos una **tabla de fuentes**. En ésta se especifica, no solo la **fuentes** sobre la que se digitaliza, su **tipo** (orto, ortoimagen, mapa, servicio interoperable...), **resolución** y **sistema referencia de coordenadas**, sino también el **dato original** si se trata de una fuente derivada (ortofoto) con su **rango de fechas y escala**. El problema para la línea de costa es que la sola referencia temporal global de la fuente obliga a utilizar un rango (2001-2002, por ejemplo), ya que los vuelos de referencia para toda la extensión de la costa se prolongan durante, al menos, varios meses (incluso en las imágenes QuickBird).

Todos los usuarios en aplicaciones medioambientales sobre el sector costero son conscientes de la variabilidad de la línea de costa, especialmente las playas, debido a su continuo ajuste a la energía transportada por las olas (perfiles de temporal o de calma) o la marea. Es por ello, que lo ideal sería tener acceso a la fecha completa (año y día), así como la “hora” del fotograma o imagen a partir del que se restituye cada tramo costero (variable espacial y temporal). Como solución se ha incorporado en la tabla fuentes un campo que apunta a un fichero de los centroides de los fotogramas originales del vuelo (ortofotos) o a un shape (zonas de recubrimiento de las imágenes QuickBird) que proporcionan en postproceso esta esencial información.

Otro conjunto de tablas relacionadas reflejan la **clasificación tipológica jerárquica** del tramo topológicamente independiente (tipologia_nv1, tipologia_nv2,...). Este modelo de datos es complejo ya que sobre una línea hay que asociar información sobre las diferentes tipos (playa, duna, acantilado) **que pueden coincidir sobre el mismo**

tramo. La elección de una topología jerárquica hace que las tipologías aumenten exponencialmente por la combinación de tipos básicos y ser la asignación del tipo en cada nivel excluyente.

La imposibilidad de modelar en una estructura jerárquica una mayor caracterización de cada tipo (acantilados altos, acantilados bajos, o su naturaleza litológica en costas rocosas, por ejemplo) ha obligado a modelar estos atributos en **campos externos** a la estructura tipológica jerárquica, ya que pueden coexistir varios sobre el mismo arco. Para ello se incorporan al modelo un conjunto de tablas que caracterizan tipológicamente cada tipo jerárquico, independientemente de que puedan estar asociados varios de ellos a cada tramo. Son las tablas relacionadas que enlazan con las tablas **detalle_playa**, **detalle_duna**, **detalle_acantilado**, **detalle_infraestructuras** y **detalle_urbano**.

Dado el destino aplicado de esta línea de costa, nos pareció oportuno incorporar en una tabla (**playas_mma**) algunas de las características recogidas en Web “**Guías de Playas del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino**” http://www.mma.es/secciones/acm/aguas_marinas_litoral/guia_playas/. Aunque en el modelado se podría haber incluido un link a la página web correspondiente, este hecho tiene serias desventajas para el mantenimiento del Subsistema (cambios de organismos, paradas de servidores del ministerio, etc.). Ante este hecho y dado que muchas de sus características son relativamente permanentes (nombre-toponimia, tipo-sedimentos, etc.), se acordó integrarlas en la base de datos, indicando la fecha de actualización. Para facilitar los procesos de levantamiento de datos se han diseñado los correspondientes “dominios” que garanticen la integridad de la información en la base de datos.

Aunque la web del ministerio incorpora una **toponimia** para las playas, este dato presenta dos limitaciones:

- Solo existe para las playas que ha identificado el ministerio, de las que desconocemos las fuentes.
- Se constató que no coinciden con las de otras fuentes (cartas náuticas, MTA10, etc.).

Por todo ello, se decidió incorporar varios campos asociados a la toponimia para recoger esta diversidad (**sub-modelo toponímico**) incorporando junto a la anterior los topónimos al menos del Mapa Topográfico de Andalucía a escala 1:5000 y algunos elementos de las cartas náuticas.

RESULTADOS Y EXPLOTACIÓN.

El resultado del proceso de levantamiento geométrico a escala 1:2.500 (mas de 4000 tramos topológicamente independientes) y la generación del “complejo modelo de explotación” culmina con los correspondientes controles de calidad sobre la topología y los atributos alfanuméricos y la generación de los **metadatos normalizados** previos a su incorporación al repositorio de la REDIAM. Para facilitar su explotación para usuarios externos e internos se extraen capas simples geoméricamente (sentencias espaciales SQL) que son dotadas de semiología y atributos temáticos simplificados. Este proceso también facilitará la integración de la capa generada como servicio interoperable OGC. Para ello es necesario, en primer lugar, simplificar la capa geométrica y/o alfanuméricamente. En segundo lugar es necesario generar una semiología que represente adecuadamente esta nueva información simplificada y, con ello, se tiene toda la información necesaria para la generación de un servicio interoperable OGC –WMS-.

Simplificación geométrica y alfanumérica con control topológico

La numerosa fragmentación de la línea de costa en más de 4000 segmentos de diverso tamaño ha sido producto de la caracterización heterogénea realizada a una escala de detalle de 1:2.500, la cual queda recogida en la información alfanumérica asociada a cada segmento. Esta información alfanumérica, al ser de diferente naturaleza y tipo, ha dado lugar a que, a modo de ejemplo, una playa determinada bajo un mismo topónimo se encuentre dividida en varios segmentos por poseer tipologías jerárquicas y/o cualitativas diferentes. Por esta razón y para reducir la complejidad a la hora de trabajar con la línea de costa en la fase de explotación de los datos, y que sea más fácil su uso en servidores y servicios interoperables, se ha realizado una simplificación geométrica de segmentos de líneas, mediante la herramienta “*dissolve*” aplicada sobre cualquier característica temática o tipología jerárquica. Un ejemplo puede observarse para la difusión de las tipología jerárquicas al nivel más genérico –nivel 1- en la figura 5.

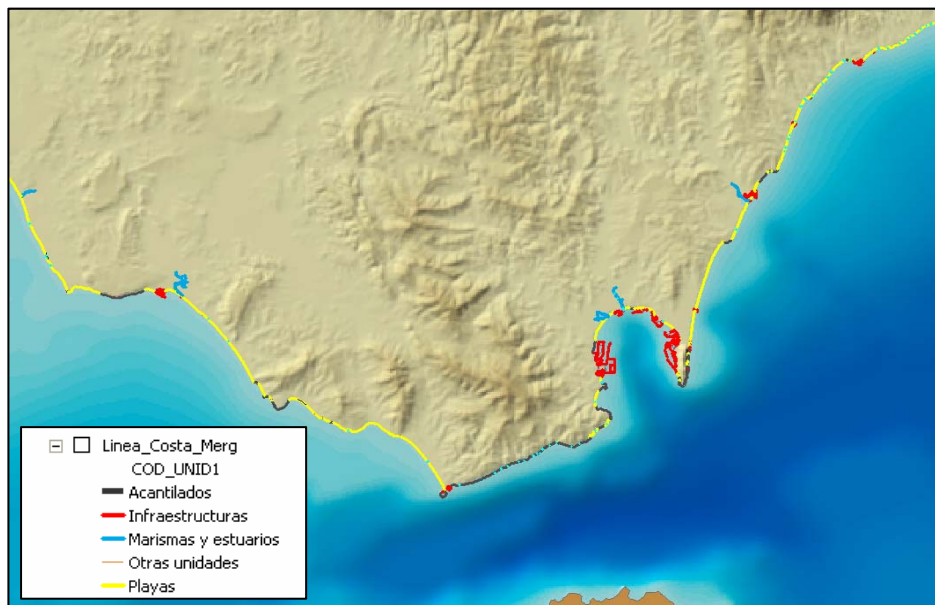


Figura 5. Simplificación geométrica para la creación de la capa de tipología jerárquica al nivel más genérico (nivel 1).

Asignación de semiología

Dada la singularidad de la línea de costa donde pueden existir varios elementos tipológicos sobre el mismo arco topológico, el diseño semiológico de las capas no puede sustentarse exclusivamente sobre los niveles jerárquicos (imposibilidad de representar en una capa un acantilado bajo y una duna extensa). Tras la simplificación geométrica y alfanumérica de la línea de costa señalada en el punto anterior, se le ha asignado semiología (layer) a las diferentes tipologías temáticas de cada capa simplificada (tablas detalle_XXX en el modelo de datos), con el objetivo de facilitar su visualización para usuarios generalistas o para la creación del servicio interoperable que se ofrezca. Un ejemplo de ello se recoge en la figura 6 y 7.

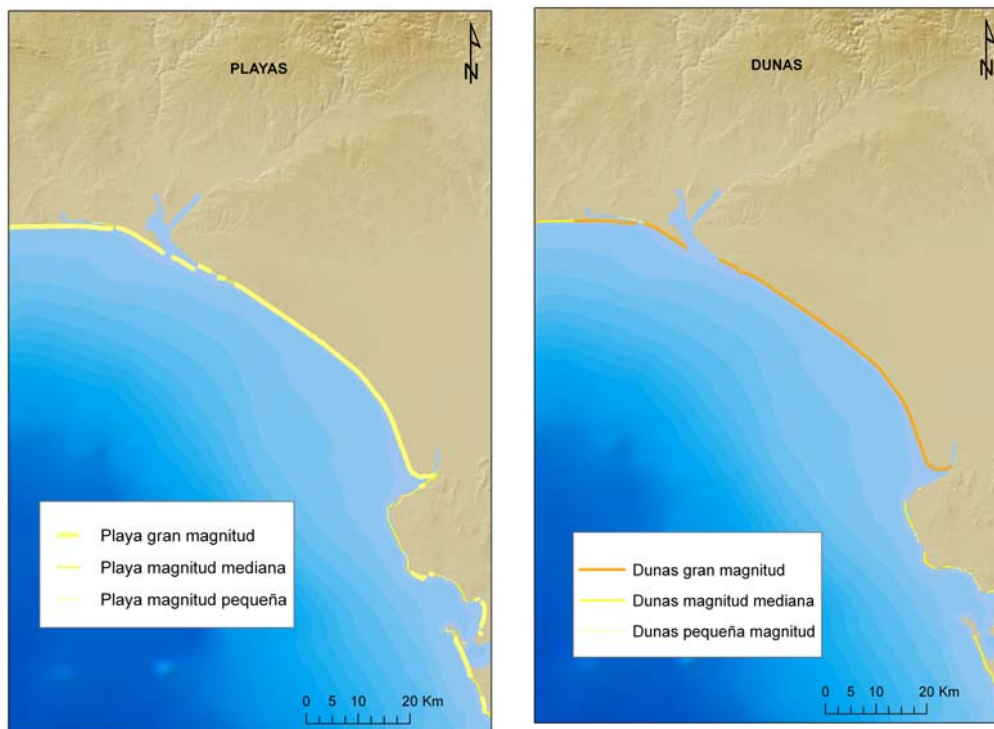


Figura 6. Generación de las capas y tratamiento semiológico para todos los arcos que contengan playas o dunas, cualesquiera que sea el nivel jerárquico en el que se encuentren.

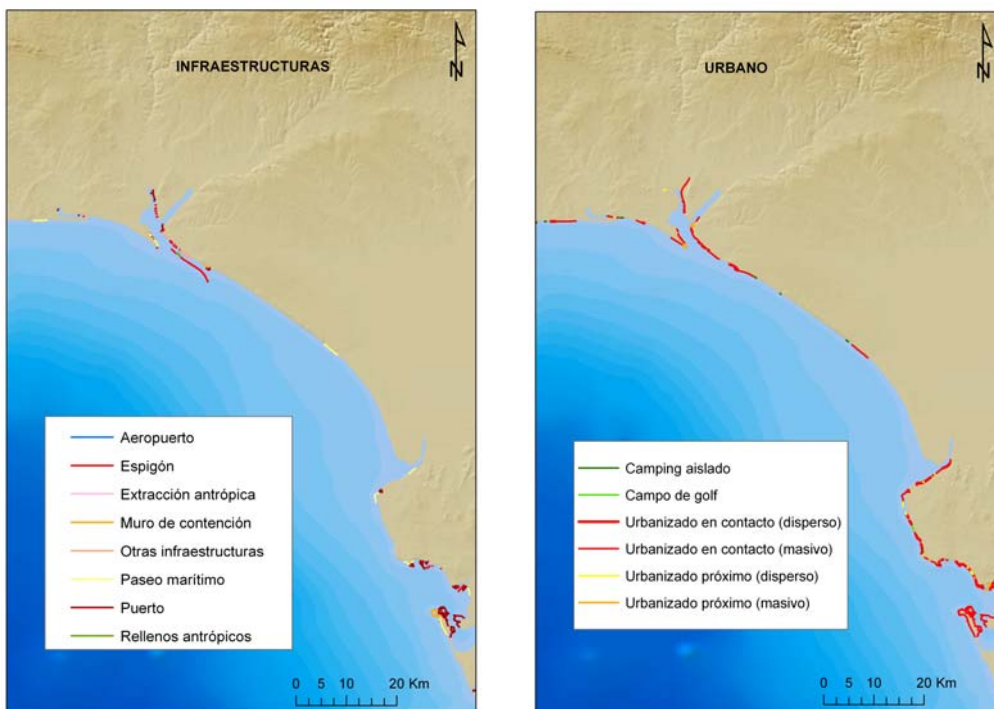


Figura 7. Generación de las capas y tratamiento semiológico para todos los arcos que contengan infraestructuras o elementos antrópicos junto a la línea de costa, cualquiera que sea el nivel jerárquico en el que se encuentren.

Diseño de servicios interoperables OGC

El trabajo realizado en los puntos anteriores está pensado igualmente para facilitar el uso y visualización de la información en servicios interoperables OGC. Con todos los pasos anteriores se obtiene toda la información necesaria (simplificada geoméricamente y tratada semiológicamente) para el diseño y generación de un servicio WMS el cual, debido a la simplificación topológica (número de arcos) y alfanumérica facilita y acelera la difusión de los mismos por el servidor y, con ello, el acceso remoto por Internet. A partir de *layers* con información semiológica es fácil implementar la información en ficheros “_.map” para ser distribuidos desde el servidor de servicios interoperables WMS utilizando MapServer como en el ejemplo de la figura 8.

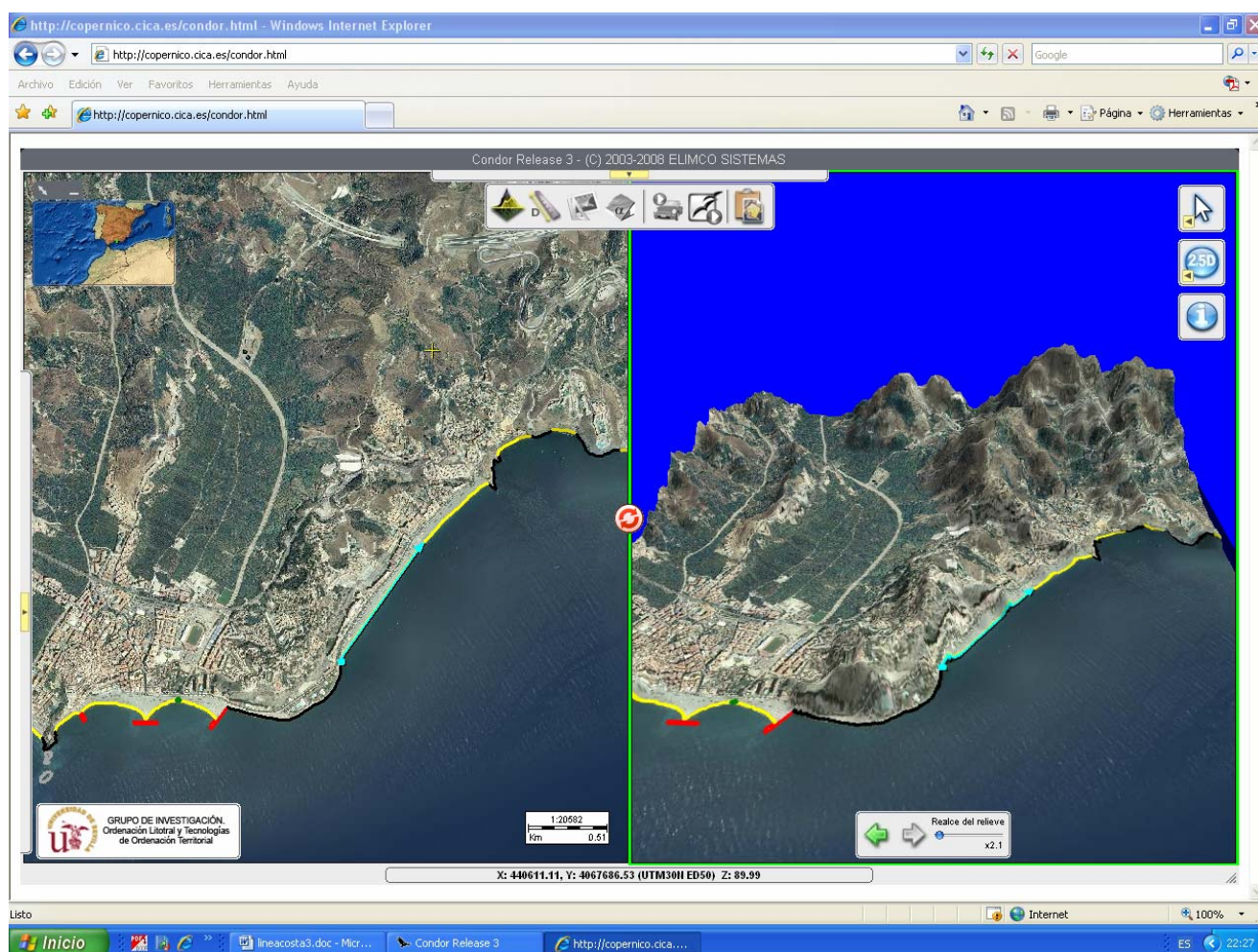


Figura 8. Visualización 2D y tridimensional, en dos ventanas sincronizadas geoméricamente (cliente-web Condor), del servicio WMS asociado a la tipología jerárquica de la costa a nivel 1.

CONCLUSIONES

Los primeros resultados del proceso de levantamiento de una línea de costa fotointerpretada con criterios “ecológicos” a escalas de detalle, junto a la versatilidad del modelo de explotación y producción empleado (a pesar de su coste y el esfuerzo exigido) garantizan la disponibilidad de un elemento esencial en la REDIAM, de gran utilidad en los procesos de planificación y gestión ambiental de la costa de Andalucía. Las exigencias de rigor geométrico y la variedad de información alfanumérica asociada permiten al planificador un pormenorizado conocimiento de la fisiografía de la zona costera, a la vez que su incorporación a una base de datos espacial garantiza la fácil obtención de diferentes tipos de indicadores con sencillos tratamientos de análisis espacial. En este sentido la longitud de playas, estuarios o infraestructuras para cualquier ámbito espacial (municipios, espacios protegidos, etc.) son indicadores fácilmente extraídos de la base de datos a partir de sencillas sentencias SQL espaciales por los administradores del sistema. Por otra parte, la propuesta de tratamientos semiológicos para diferentes elementos asociados a la misma y su fácil conversión en servicios interoperables garantizan la difusión y reutilización de los mismos por usuarios externos.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se ha desarrollado dentro de los proyectos: (i) “Evaluación y control de calidad e integridad topológica de datos del Subsistema Litoral y Medio Marino de la Red de Información Ambiental de Andalucía” y (ii) “Elaboración del modelo de datos físico e integración del Subsistema Litoral y Medio Marino de la Red de Información Ambiental de Andalucía”. Ambos contratados por la Consejería de Medio Ambiente a la Universidad de Sevilla (Grupo de Investigación: Ordenación Litoral y Tecnologías de Información Territorial)

BIBLIOGRAFIA

- Boak, E.H., Turner, I.L. (2005): Shoreline Definition and Detection: A Review. *Journal of Coastal Research*, 21 pp 688-703
- Fletcher, C.; Rooney, J.; Barbee, M.; Lim, S. y Richmond, B.M. (2003). Mapping shoreline change using digital orthophotogrammetry on Maui, Hawaii. *Journal of Coastal Research* SI 38, 106-124.
- Hughes, M.L.; McDowell, P.F. y Marcus, W.A. (2006). Accuracy assessment of georectified aerial photographs: implications for measuring lateral channel movement in a GIS. *Geomorphology* 74, 1-16.
- Ojeda Zújar, J. (2000): Métodos para el cálculo de la erosión costera. Revisión, tendencias y propuestas. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, nº 30, pp 103-119
- Ojeda, J.; Borgniet, L; Pérez, A. y Loder, J. (2002): Monitoring morphological changes along the coast of Huelva (SW Spain) using soft-copy photogrammetry and GIS. *Journal of Coastal Conservation*, 8.1: 69-76