

## DETERMINACIÓN DE LA TENDENCIA EVOLUTIVA DE UN SEGMENTO DE PLAYA BASÁNDOSE EN MÚLTIPLES LEVANTAMIENTOS TRIDIMENSIONALES

### *Determination of the beach segment evolution trend based on many three-dimensional surveys*

J.E. Pardo-Pascual, J.M. Palomar-Vazquez, L. García-Asenjo Villamayor, y P. Garrigues-Talens, (1)

(1) Grupo de Investigación Cartografía GeoAmbiental y Teledetección, Dept. Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría, Universitat Politècnica de València, Camí de Vera s/n 46022 Valencia, jepardo@cgf.uvp.es

#### Resumen

Se presenta un método para analizar estadísticamente la tendencia evolutiva de un sector de playas a partir de modelos digitales de elevación de gran precisión. El método permite localizar los puntos críticos, donde los procesos erosivos o acumulativos son más agresivos, y deducir la tendencia evolutiva del conjunto o de parte del mismo (áreas de dimensiones hectométricas). El método se ha aplicado sobre datos correspondientes a 14 mediciones de las playas del Saler entre los años 2005 y 2010.

**Palabras clave:** Evolución playas, Modelo Digital de Elevaciones

#### Abstract

*It has been developed a method that could be used to deduce the beaches sector temporal trend using high-accuracy Digital Elevation Models of the beach. With this method it is possible detect the specific points where the erosive or accumulative processes are biggest but also could be used to detect the temporal trend on hectometric beach stretches. This method has been applied to the Saler beach using 14 different surveys made from 2005.*

**Key words:** Beaches evolution, Digital Elevation Model

### 1. INTRODUCCIÓN

Durante la última década, el uso generalizado de las nuevas técnicas de medición (GPS-RTK, LIDAR, etc), ha permitido abordar el análisis de la evolución costera empleando diferentes aproximaciones y desarrollar nuevos métodos para el cálculo de balances sedimentarios y tendencias evolutivas de las playas. Las técnicas GPS-RTK y LiDAR ofrecen gran precisión y densidad de datos topográficos. Combinar ambos tipos de datos con la finalidad de analizar la tendencia evolutiva de la costa no es una cuestión trivial, tanto desde el punto de vista metodológico como desde la perspectiva geomorfológica. El método más simple consiste en calcular la diferencia entre dos levantamientos sucesivos. Una vez que se dispone del modelo digital de elevaciones (MDE) en formato raster, a los datos de la campaña actual se les sustrae los correspondientes a la campaña de

anterior. Obviamente, ambos MDE han de contener datos de la zona común objeto de estudio. Teniendo en cuenta la elevada variabilidad morfológica de las playas en periodo corto, un análisis de este tipo difícilmente permitirá determinar la tendencia evolutiva para un periodo más largo. Otros autores han optado por realizar el análisis sólo sobre segmentos o transectos específicos (Zhou y Xie, 2009) –perfiles perpendiculares a la costa dispuestos de forma a lo largo de la costa. Así se pueden apreciar con claridad los cambios pero se pierde la posibilidad de percibir los detalles de las variaciones morfológicas que se producen a lo largo de la costa con el paso del tiempo.

En el presente trabajo mostramos una solución para detectar la tendencia evolutiva tomando en consideración todos los datos y que puede ser aplicado sobre múltiples series de mediciones. El método se ha probado

sobre datos correspondientes a las playas de El Saler (Valencia), de unos 9 km de longitud. En dicha área se dispone de 14 levantamientos efectuados con técnicas GPS-RTK y LiDAR desde el año 2005 hasta la actualidad (tabla 1).

## 2. METODOLOGÍA

Partiendo de MDE de una playa procedentes de levantamientos efectuados en diferentes fechas se puede efectuar una comparación volumétrica. Evidentemente, la comparación solo puede hacerse sobre el espacio de playa común disponible en ambos levantamientos. Ahora bien, si lo que pretendemos es detectar los cambios volumétricos en el tiempo ¿cómo se puede delimitar el espacio común teniendo en cuenta la variabilidad existente? El esquema de la figura 1 puede ayudarnos a entender el problema.

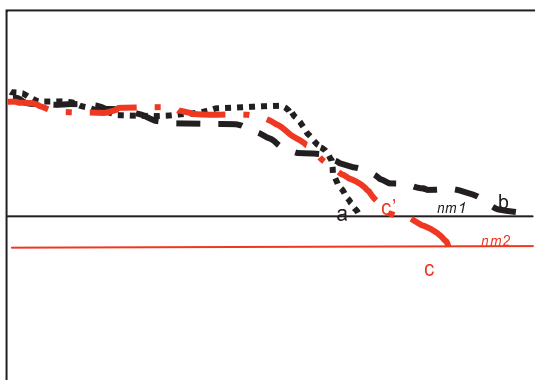


Fig. 1. Esquema de los factores que pueden hacer que observemos cambios volumétricos en una playa: (i) cambios en el nivel marino, (ii) cambio en la forma del perfil por procesos de acumulación/erosión.

Las diferencias detectadas entre distintos levantamientos pueden deberse a un cambio en el nivel del mar o a un cambio en la forma del perfil de la playa. Así, en la figura 1 los perfiles *a* y *b* se corresponden a dos situaciones con el mismo nivel del mar y, por tanto, en principio si quisiéramos comparar las diferencias de volumen solo tendríamos que medir la superficie de material situado sobre la línea *nm1* (el volumen si trabajamos sobre el conjunto del MDE y no solo en el perfil). Sin embargo, si

quisiéramos incluir el perfil *c*, cuya base está fijada sobre un nivel del mar más bajo (*nm2*), entonces se tendría que restar a la superficie del perfil existente sobre el nivel *nm2* el área existente entre el *nm2* y *nm1*.

Por tanto, si se desea hacer una comparación volumétrica entre múltiples MDE de una playa deberemos establecer (i) un borde fijo en la parte interna de la playa (menos cambiante) y, (ii) en la parte marina se tomará la posición real para cada modelo. Sin embargo, (iii) a los volúmenes obtenidos en cada levantamiento deberemos restarle el valor del nivel del mar más alto registrado en el conjunto de la serie estudiada.



Fig. 2. En la figura se muestran las franjas de análisis, separadas cada 25 m de longitud.

La determinación del nivel marino podemos obtenerlo del propio MDE que estamos analizando ya que será la cota mínima de la playa emergida en la zona analizada. Ahora bien, si estamos trabajando sobre una zona costera relativamente amplia la cota mínima de la playa puede variar sustancialmente (algunos decímetros) a lo largo de la zona (debido tanto a efectos del oleaje como a cambios mareales o meteorológicos que hayan alterado el nivel marino). Por todo ello, no es

razonable que se establezca una única posición de nivel del mar máximo. La solución adoptada por nosotros ha sido subdividir el espacio de playa en subzonas de unos 25 m de longitud y que denominaremos franjas de análisis (fig. 2).

Una vez que se han organizado los datos de esta forma y dejando claro que el borde interior es el mismo para todos los levantamientos podremos calcular para cada franja y cada fecha el volumen de material existente sobre el nivel del mar y, a su vez, obtendremos el valor de cota mínima existente en cada franja para cada una de las fechas. Adicionalmente, en cada franja se puede deducir la cota mínima más alta y, por tanto, restar el valor de esa cota respecto al valor de la cota mínima que tenía en cada uno de los levantamientos. Con ello se consigue homogenizar los datos y, por tanto, estar en condiciones de reconocer para cada franja un valor volumétrico comparable con el resto de la serie.

Una vez se dispone de la información de esta manera, se ajusta una recta de regresión a los valores volumétricos fijados en cada fecha en que han sido tomado y deducir tanto la pendiente de dicha recta –que nos establece la tasa de cambios que se ha registrado– y también el coeficiente de determinación que nos aproxima el nivel de confianza de dicho ajuste.

### 3. APLICACIÓN A LAS PLAYAS DEL SALER

Desde 2005 nuestro equipo está haciendo un seguimiento evolutivo de las playas del Saler con levantamientos sucesivos con técnicas GPS-RTK. La metodología seguida en estos trabajos ha sido expuesta en trabajos previos (García-Asenjo, *et al.*, 2006; Pardo, *et al.*, 2008). Más recientemente hemos introducido también varios levantamientos LiDAR.

En la tabla 1 aparecen las referencias de fechas y métodos de adquisición de los catorce levantamientos analizados.

Una vez dispuesta esta información se han podido hacer los cálculos anteriormente comentados. En la figura

3 se muestra cartográficamente la tasa de cambio expresado en (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>)/año en cada una de las franjas.

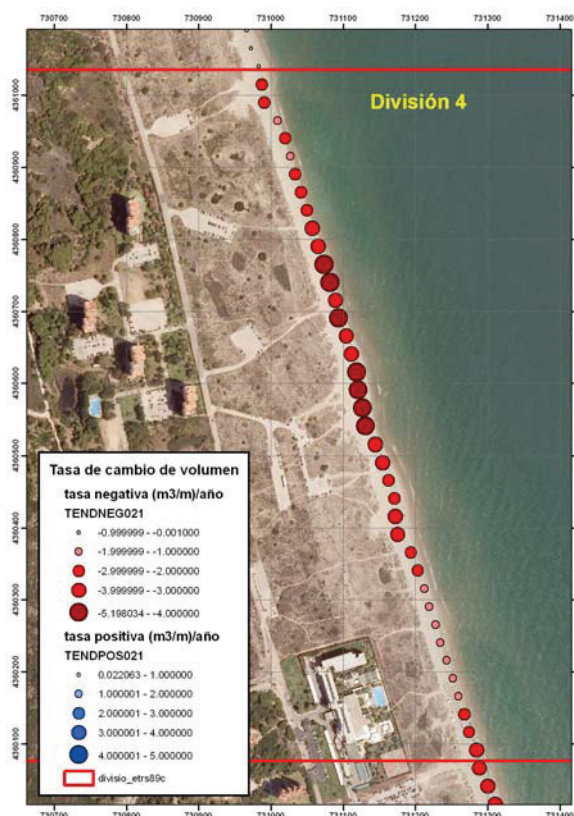


Fig. 3. Cartografía de las tasas de cambio deducidas para el periodo marzo 2005-febrero 2010 para la división 4 (en la que se encuentra el hotel Sidi Saler).

Nº campaña	Fecha	Método adquisición
1	01/03/2005	GPS-RTK
2	01/10/2005	GPS-RTK
3	01/01/2006	GPS-RTK
4	01/04/2006	GPS-RTK
5	01/10/2006	GPS-RTK
6	01/01/2007	GPS-RTK
7	01/04/2007	GPS-RTK
8	01/11/2007	GPS-RTK
9	5/12/2007	LIDAR
10	01/01/2009	GPS-RTK
11	15/05/2009	GPS-RTK
12	28/08/2009	LIDAR
13	02/11/2009	GPS-RTK
14	10/02/2010	GPS-RTK

Tabla 1.

Partiendo de los datos de los sucesivos levantamientos se puede hacer un análisis de la tendencia para un

conjunto de franjas determinado (en nuestro caso hemos hecho agrupaciones de 900 m de longitud que llamamos divisiones). Así, en la figura 4 se aprecia la tendencia que se observa sobre la división representada en la figura 3. Para la construcción de este gráfico se ha tomado el volumen corregido para poder ser comparado en cada fecha y se ha sumado para el conjunto de franjas que componen la división 4 y, posteriormente se ha dividido dicho valor por la longitud total del segmento costero.

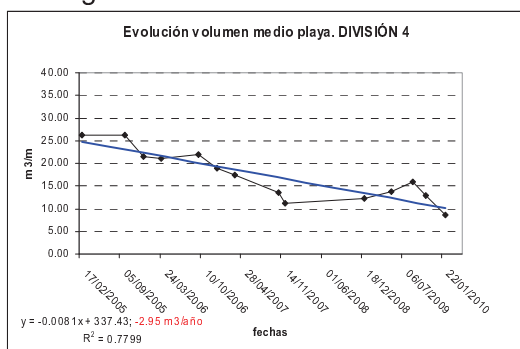


Fig. 4. El ajuste aplicado sobre los 900 m que componen la división 4 permiten observar que se ha producido una reducción en estos cinco años de prácticamente la mitad del volumen de material en la playa.

Este tipo de gráficos es singularmente importante dado que permite reconocer con claridad la magnitud de la variación. Así, para el caso analizado se puede observar que a lo largo de los cinco años analizados en esta división nº 4 se ha perdido la mitad del volumen arena existente en la playa emergida lo que evidencia la magnitud del problema que allí existe. Ello resulta mucho más evidente cuando se compara con áreas relativamente cercanas, como la división 6 situada unos 2 km más al sur (fig. 5). Aquí la tendencia está mucho menos definida (el  $r^2$  es de 0,02 mientras que en la división 4 era de 0,77) pero el volumen de arena disponible en la playa emergida ha sido, a lo largo de todo el periodo de estudio, inferior al observado en la división 4.

Entendemos que principal ventaja de la solución que aquí aportamos es que puede aplicarse a cualquier tipo de MDE que se disponga –no importa la fuente de información mientras tenga la calidad y precisión suficiente—y que dada su

estructura puede ir aceptando nuevas series de datos conforme pase el tiempo de manera que podemos así ir mejorando la base de datos. Es pues una solución que podría arbitrarse como una herramienta metodológica básica en los sistemas de monitorización de playas para el futuro.

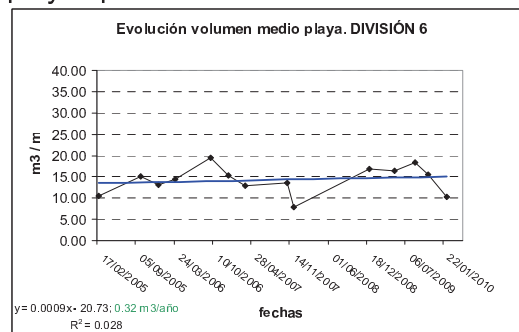


Fig. 5. Ajuste aplicado a la división 6 (900 m de longitud) en el que no hay tendencia definida.

## Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado en parte gracias a las ayudas de los proyectos CGL2009-14220-C02-01. Agradecemos también el apoyo dado por el ayuntamiento de Valencia – particularmente la oficina técnica Devesa-Albufera- que ha financiado la mayor parte de los trabajos de campo que han servido de base para este trabajo.

## REFERENCIAS

- Pardo Pascual, J. E., Palomar, J.M.; Garcia-Asenjo, L., Garrigues Talens, P. y Porres De La Haza, M.J. (2008): Métodos y herramientas para la monitorización de cambios tridimensionales de las playas emergidas mediante GPS-RTK y SIG, *Congreso Internacional de Ingeniería Geomática y Topográfica*, Valencia (disponible en <http://cgat.webs.upv.es/bigfiles/115-Pardo%20Pascual.pdf>)
- García-Asenjo, L., Garrigues-Talens, P. y Pardo-Pascual, J.E. (2006): Reference frame transformation problems in the El Saler beach monitoring works, *5ª Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica*, Sevilla.
- Zhou, G. & Xie, M. (2009): Coastal 3-D morphological change análisis using LiDAR series data: a case study of Assateague Island National Seashore, *Journal of Coastal Research*, 25, 2: 435-447.