



MÉTODOS Y HERRAMIENTAS PARA LA MONITORIZACIÓN DE CAMBIOS TRIDIMENSIONALES DE LAS PLAYAS EMERGIDAS MEDIANTE GPS-RTK Y SIG

Pardo Pascual, J.E. (1), Palomar Vázquez, J.M. (1), García-Asenjo Villamayor, L. (2), Garrigues Talens, P. (2) y Porres de la Haza, M.J. (1)

(1) Grupo de Investigación Cartografía Geoambiental y Teledetección, Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría, Universitat Politècnica de València. jepardo@cgf.upv.es

(2) Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría, Universitat Politècnica de València

RESUMEN

En este trabajo se presenta el flujo de trabajo así como las herramientas desarrolladas por el equipo de trabajo para caracterizar los cambios volumétricos y morfológicos que se producen a lo largo del año en las playas del Saler. El trabajo incluye una primera fase de adquisición de datos –lo que hace mediante un GPS RKT montado sobre un quad— y otra analítica, en la que, por una parte se evalúan los cambios planimétricos y volumétricos entre dos mediciones consecutivas y, por otra, se caracteriza morfométricamente cada una de las playas levantadas (analizando variables como su anchura, cota, pendiente, forma, grado de sinuosidad). Los procesos tanto de adquisición como de análisis se han optimizado y automatizado permitiendo disponer de la caracterización morfométrica de la playa y del informe de los cambios pocas horas después de haber sido levantada la zona.

SUMMARY

This paper shows the workflow and the software developed to characterize the volumetric and morphological intra-annual changes in the 9 km long Saler Beach (Valencia). The workflow has in the first stage the topographic data acquisition. To do this job we use a RTK-GPS kit adjusted to a VAT (vehicle all terrain) that drives on the beach. When the data has been acquired begins the second stage, the analytical phase. Using a GIS the topographic data are turned in a polygon that defines the beach bi-dimensional shape and a Digital Elevation Model (DEM) that includes the third dimension. It has been developed a specific routines in GIS to analyse the planimetric and volumetric changes between two consecutive surveying. These routines automatically allow extracting a report of the bi-dimensional and three-dimensional changes and a morphometrical characterization of the different parts of the beach (mean width, mean altitude, mean slope, mean profile shape, sinuosity shape). The two work processes developed (acquisition data and analytical phase) has been optimized and partially automated arising to have a report of the beach morphometrical data and its changes some few hours later that to surveyed the zone.

1. INTRODUCCIÓN

Las playas son uno de los ambientes naturales más atractivos para la mayor parte de la población y, a su vez, son áreas naturales ecológicamente muy ricas y geomorfológicamente sumamente interesantes. Al tratarse de un área de frontera por naturaleza –entre el mar y el continente—es un espacio complejo en sí mismo. Sin embargo, su característica más significativa es su profundo dinamismo. De hecho, la forma de la playa se ajusta en cada momento a las condiciones energéticas a la que se ve sometida por parte, sobre todo, del oleaje. Los cambios que se producen, por tanto, pueden obedecer a factores relacionados con procesos meteorológicos, muchos de ellos con ritmos estacionales u oscilantes, pero, en otros casos, esconde una tendencia de cambio progresivo, es decir, cambios continuados que tienden a perdurar en el tiempo. Dada la condición de recurso de primera magnitud que la playa tiene para nuestra sociedad, es razonable que se profundice en conocer y entender cómo es la naturaleza de los cambios morfológicos y que se logre discernir entre modificaciones geomorfológicas de carácter oscilante de aquellas otras de carácter progresivo. Durante años, caracterizar y medir estos cambios era una tarea prácticamente inabordable si no era mediante la asunción de simplificaciones muy evidentes. Así, los trabajos de monitorización o seguimiento de las playas se han ido haciendo a



partir de levantamientos sistemáticos de perfiles de playa o mediante la comparación de la posición de la orilla en distintos momentos. Ello, siendo interesante, corre siempre el riesgo de no poder captar la complejidad tridimensional de los cambios que se van produciendo.

El desarrollo de nuevas técnicas de adquisición de información topográfica –sobre todo el empleo de los sistemas de posicionamiento global en modo cinemático en tiempo real (GPS-RTK) y LIDAR (Light Detection and Ranging)— ha permitido que se comience a utilizar el análisis tridimensional para caracterizar este tipo de cambios. Se adolece, sin embargo, de una estructura metodológica bien definida y eficiente que permita de forma simple aprovechar la totalidad de la información que con estos nuevos sistemas se están consiguiendo.

El presente trabajo, justamente, pretende mostrar una solución metodológica desarrollada por el equipo de investigadores para la monitorización real de un segmento de unos 10 km de longitud en la playa del Saler (Valencia) utilizando GPS-RTK. Trabajos previos han expuesto con mayor detenimiento las soluciones geodésicas adoptadas (García-Asenjo et al., 2006) para asegurar un nivel de precisión suficiente y resolver las limitaciones del espacio concreto y los principales resultados obtenidos tras tres años de trabajos (Pardo et al., 2007). En este trabajo, centraremos nuestra atención en la estrategia metodológica desarrollada y en valorar su nivel de eficiencia.

Las ideas básicas que se han perseguido a la hora de diseñar esta monitorización geomorfológica han sido:

- Lograr el máximo nivel de precisión posible.
- Permitir que los registros tomados puedan ser comparados con datos o registros históricos existentes.
- Conseguir resultados que permitan evaluar tanto los cambios sucesivos como el grado de variabilidad que normalmente existe en un lugar dado.
- Establecer protocolos de actuación en la adquisición y en el análisis que permita la máxima rapidez en la obtención de los resultados finales.

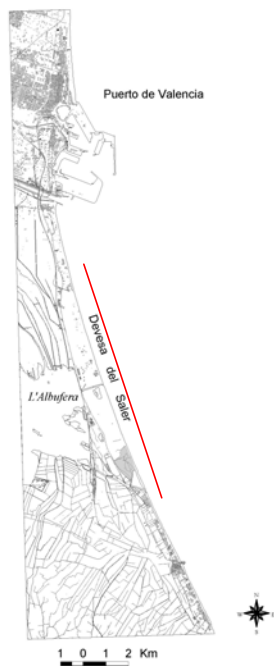


Fig. 1. Área analizada.

El método desarrollado se ha ajustado a las necesidades específicas de la monitorización real que se ha desarrollado, la playa del Saler, al sur del puerto de Valencia. Se trata de una playa arenosa, de unos 10 km de longitud y de anchura variable, entre 20 y 70 m si bien este un parámetro sumamente cambiante. Parte de la misma ha mostrado en las

últimas décadas una tendencia recesiva (relacionada claramente con las modificaciones en las estructuras portuarias situadas al norte) pero en otros lugares se aprecia estabilidad. Como el resto de las costas valencianas –y de buena parte del litoral mediterráneo—es una costa con un rango mareal muy bajo (el rango máximo es de unos 15 cm) por lo que las oscilaciones de la anchura de la playa a corto plazo se relacionan con: (i) cambios en la forma del perfil de la playa y (ii) cambios en el nivel marino asociados a factores meteorológicos.

Desde una perspectiva geomorfológica, la playa analizada forma parte de la amplia restinga que cierra la Albufera de València y, a diferencia de lo que ocurre en buena parte de las playas valencianas, tras la misma aparece un amplio campo dunar, de manera que su límite interior, en la mayor parte son dunas.

Dado que uno de los objetivos de la monitorización ha sido el diferenciar los cambios oscilantes –intraanuales—de los cambios progresivos que se están produciendo en esta playa es necesario realizar varias mediciones al año. Desde 2005 se están llevando a cabo levantamientos tres veces al año que vienen a coincidir con el mes de octubre (muestra la situación tras el verano), en enero (tras el otoño) y en abril (después de haber pasado todo el invierno y previo al verano).

2. ADQUISICIÓN DE LOS DATOS TOPOGRÁFICOS

Dado que la playa es un medio topográficamente homogéneo, se ha primado la eficiencia en la adquisición de los datos al hecho de hacer una selección muy cuidada de los puntos, si bien en la toma de datos se sigue un protocolo que asegura la adquisición de las pequeñas inflexiones topográficas. Para lograr esta eficiencia se monta un sistema GPS-RTK sobre un quad y sobre el mismo se barre la playa a una velocidad constante registrando las coordenadas de un punto cada segundo (fig. 2). De esta forma se logran adquirir un volumen de datos muy alto (entre 25.000 y 35.000 puntos) a un ritmo rápido (del orden de 4-5 ha/hora). La trayectoria del quad no es arbitraria sino que barre inicialmente la orilla –mojando una de sus ruedas con el vaivén de las olas—de toda la zona y, posteriormente, se va barriendo el resto de la playa hasta llegar al límite con la duna, allí donde la inclinación del terreno impide la circulación. De esta forma, la superficie del conjunto de la playa queda definida por el espacio que ha sido registrado y, éste es en sí ya un primer dato.

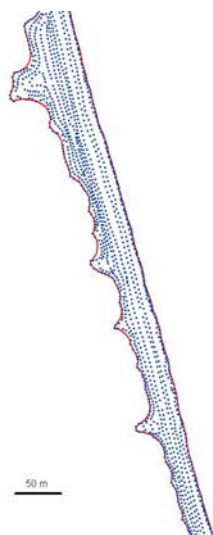


Fig. 2. En la parte derecha se muestra la manera en que se ha instalado el equipo receptor del GPS-RTK sobre el quad que se emplea para medir la playa. En la parte derecha se observa parte de la nube de puntos adquiridos en una de los levantamientos: se puede apreciar perfectamente la trayectoria seguida por el quad.

Para garantizar la precisión y asegurar la correcta integración con otras mediciones efectuadas en la zona, se decidió densificar el marco de referencia oficial en ETRS89 a partir de la red REGENTE. Las coordenadas obtenidas para los



puntos de la red se han empleado en los levantamientos GPS-RTK como coordenadas de los receptores fijos. De esta forma, las coordenadas almacenadas en las controladoras de los receptores móviles además de tener una precisión relativa de algún centímetro respecto al fijo desde el cual han sido levantados, tienen también una precisión absoluta similar a REGENTE, es decir mejor que 5 cm. El resultado final es pues un conjunto de coordenadas ETRS89, expresadas en la proyección UTM y con altitud elipsoidal o bien ortométrica. En este último paso ha de emplearse algún modelo de geoide que tras una serie de pruebas con distintos modelos de geoide se observó que IBERGEO era el que mayor nivel de coincidencia tenía respecto a datos altimétricos de puntos invariantes registrados en cartografía 1:1000 anterior al proyecto. Por ello, este es el modelo de geoide que se utiliza para transformar las altitudes elipsoidicas en ortométricas.

Al ser un proyecto a largo plazo, se ha optado por preservar los datos registrados en campo en su forma original, es decir como vectores en el sistema de referencia WGS84 y no, como suele ser habitual en la técnica GPS-RTK, almacenar coordenadas ya transformadas *in situ* al sistema de referencia oficial. La transformación a otros sistemas de referencia, (ED50 o ETRS89), se lleva a cabo en postproceso, al igual que la aplicación de modelos de geoide para la transformación de altitudes elipsoidicas a altitudes ortométricas. Con ello, si en el futuro se hace necesario, o se cree conveniente, modificar el modelo de transformación, el modelo de geoide o cualquier otra circunstancia que condicione la homogeneidad de datos, bastaría con aplicar los nuevos modelos a todas las series de datos.

Esta decisión conlleva el empleo de software que no condicione el proceso en su conjunto y permita un mayor control del mismo. Por ello se optó por desarrollar todo el software necesario para leer los registros originales de los equipos de campo, detectar y en caso necesario corregir posibles fallos en altura de antena, constantes, etc., comprobar *in situ* los puntos levantados, transformar los resultados al sistema de referencia oficial según diferentes modelos, el paso a la proyección y la obtención de altitudes ortométricas.

Dado que el estudio que se lleva a cabo pretende caracterizar los cambios se ha considerado fundamental poder comparar los resultados medidos en los sucesivos levantamientos con los registros topográficos previos a este estudio. Por tanto, aunque todo el trabajo se lleva a cabo en ETRS89, los análisis finales se efectúan a partir de coordenadas ED50 – UTM y altitud ortométrica. Una explicación más detallada de la infraestructura geodésica desarrollada puede encontrarse en García-Asenjo *et al.* 2006.

3. DISEÑO DE LA ANÁLISIS DE LOS DATOS

Una vez se disponen del archivo de datos de un levantamiento esta información se inserta dentro de un Sistema de Información Geográfica (SIG). Estos datos servirán para definir planimétricamente y altimétricamente la situación de la playa en la fecha levantada lo que permitirá que se lleven a cabo tanto estudios de cambios en su dimensión superficial como en la tridimensional.

Los estudios de caracterización que se van a llevar a cabo tendrán una doble orientación: por una parte se compararán los cambios superficiales y de volumen de material entre dos levantamientos sucesivos y, por otra, partiendo de una segmentación de la playa en unidades menores (dividiendo la playa en unidades de 25 m por la anchura de la playa), se definirán cuantitativamente toda una serie de características de las mismas. Con ello se pretende disponer de datos objetivamente definidos con los que se pueden establecer comparaciones entre las distintas partes de la playa en un mismo momento y a lo largo del tiempo.

Ambas líneas de análisis se desarrollan dentro del entorno de un SIG y dado que ya se ha establecido un protocolo de análisis ha sido posible automatizar todas las tareas programando una serie de rutinas informáticas. La mayor parte de estas rutinas han sido programadas como *scripts* escritos en AVENUE y funcionan sobre ArcView 3.x, si bien hay algunas operaciones que han sido programadas en IDL y funcionan sobre ENVI.

El procedimiento que se aplica se desarrolla en tres grandes fases:

- a. Obtención de los elementos básicos de análisis;
- b. Detección de cambios superficiales y volumétricos entre dos series de mediciones consecutivas.
- c. Caracterización geomorfométrica de las distintas franjas de playa para una fecha determinadas.

4. OBTENCIÓN DE LOS ELEMENTOS BÁSICOS

Tras la fase de levantamiento topográfico y su tratamiento postproceso expuesta con anterioridad se obtiene un archivo de texto cuyo nombre ha de incluir la fecha de adquisición. Sobre este archivo se realizan las siguientes operaciones:

- i. Se transforma en un tema (shape) de puntos de ArcView.
- ii. Mediante un programa propio se establece un polígono que atrapa todos los puntos del tema. Este polígono define la playa en dicha fecha.



- iii. De dicho polígono se segmenta el borde marino, con lo que se define la línea de costa en esa fecha concreta y, también la línea interior, que establece el borde el principio de las dunas.
- iv. Utilizando el polígono de la playa y el tema con los puntos con coordenadas se define un Modelo Digital de Elevaciones (MDE). Para su creación se utiliza una triangulación de Delaunay, obteniéndose un TIN. En estudios previos se hicieron cálculos para definir este MDE utilizando otros sistemas de interpolación y, si bien se observó que interpoladores como los splines multicuadráticos o el kriging ordinario lograban resultados incluso mejores finalmente se ha optado por generar un TIN debido a que las variaciones no son demasiado importantes (Pardo et al., 2005) y su tratamiento desde ArcView es mucho más sencillo.
- v. Se transforma el MDE en formato TIN a otro en formato ráster estableciéndose un paso de malla de 1 m. A partir de éste último se calcula el modelo digital de las pendientes.

Acabada esta fase, por tanto se dispone de:

- Línea de costa de la fecha analizada.
- Línea del interior de la playa de la fecha analizada.
- Polígono que define la superficie de la playa
- MDE (en TIN) y en raster (1 m de resolución) de la fecha levantada.
- Modelo Digital de pendientes (1 m de resolución).

5. CÁLCULO DE LOS CAMBIOS SUPERFICIALES Y VOLUMÉTRICOS ENTRE DOS MEDICIONES

Para la realización de estos cálculos lo primero que se hace es dividir la playa analizada en 10 sectores de aproximadamente igual dimensión (entre 900-1000 m) lo que permite que se puedan observar si hay diferencias geográficas en la evolución seguida. En esta fase se hacen dos tipos de análisis: la evaluación de los cambios bidimensionales y la de los tridimensionales.

Para lograr el primer análisis se compara el polígono de la playa en una fecha dada respecto a la situación anterior. El análisis se realiza para cada uno de los diez sectores diferenciados. En el cuadro 1 se muestra el tipo de resultado obtenido

TABLA 1. Cambios superficiales registrados entre las mediciones de abril y noviembre de 2007.

SECTOR	a	b	c	d	e	f	g	h	i
1	6695,4	61,2	1172,3	255,2	911,9	-6634,3	-917,1	-7,3	-1,0
2	6496,6	0,0	1671,6	46,1	1011,1	-6496,6	-1625,5	-6,4	-1,6
3	5585,6	40,0	1230,6	181,1	1024,2	-5545,6	-1049,6	-5,4	-1,0
4	8013,8	70,6	1079,3	636,1	1022,2	-7943,2	-443,2	-7,8	-0,4
5	8476,4	56,5	1527,9	67,3	985,6	-8419,9	-1460,6	-8,5	-1,5
6	8048,0	4,1	211,5	449,7	985,4	-8044,0	238,2	-8,2	0,2
7	10647,8	25,1	452,7	409,1	1034,1	-10622,7	-43,6	-10,3	0,0
8	10487,5	76,7	254,8	270,8	1068,3	-10410,7	16,1	-9,7	0,0
9	7198,6	298,0	306,4	284,9	1060,1	-6900,5	-21,5	-6,5	0,0
10	11297,4	0,0	689,5	609,8	843,2	-11297,4	-79,6	-13,4	-0,1
TOTAL	82947,2	632,2	8596,5	3210,1	9946,1	-82314,9	-5386,4	-8,3	-0,5

a: área (m²) junto a la orilla medida sólo en abril de 2007; b: área (m²) junto a la orilla medida sólo en noviembre de 2007, c: área (m²) junto a las dunas medida sólo en abril de 2007, d: área (m²) junto a las dunas medida sólo en noviembre de 2007, e: longitud (m) de la línea de costa del sector; f: cambio de superficie (m²) en la orilla registrado entre las dos fechas consecutivas, g: cambio de superficie (m²) en el interior registrado entre las dos fechas consecutivas, h: tasa de cambio en la posición de la orilla (m²/m) entre las dos fechas, i: tasa de cambio en la posición del borde interior (m²/m) entre las dos fechas.

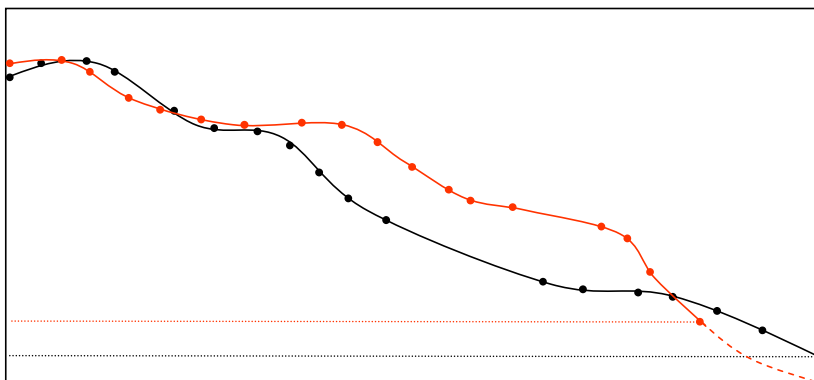


Fig. 3. Esquema explicativo del tipo de problemas que podemos tener a la hora de caracterizar las áreas de borde en las que en una de las fechas no tenemos datos medidos.

Para calcular los cambios volumétricos registrados entre dos fechas se restan las áreas comunes de los dos MDE. Entendemos que esta es la forma más adecuada de hacer un análisis de esta naturaleza dado que tanto en la zona interior como, sobre todo, junto a la orilla, el espacio tipografiado en los dos levantamientos puede ser muy distinto. En la figura 3 se ejemplifica, sobre un perfil teórico, el tipo de problema que podemos encontrar: la distinta posición del nivel marino, así como la forma del perfil hacen que los polígonos de las dos fechas no sean coincidentes. Si tratamos de extrapolar la posición de las cotas más allá de la zona medida corremos el riesgo de otorgar valores de cota con errores significativos. Este extremo lo hemos podido comprobar empleando métodos de interpolación como los *splines* multicuadráticos que en los extremos del modelo, allí donde no hay dato, extraños y falsos picos que distorsionan sustancialmente la morfología. Por todo ello se ha considerado más adecuado emplear solo datos de las zonas medidas, sin extrapolar ningún registro. Los resultados de la comparación se dan también en forma tabulada (tabla 2), dándose los valores de cambio medio en m³/m².

Tabla 2. Cambios volumétricos (expresados en m³/m²) registrados entre las mediciones de abril y noviembre de 2007.

sector	z_cambio
1	-0,13
2	-0,16
3	0,08
4	-0,14
5	-0,03
6	-0,01
7	0,07
8	0,04
9	0,00
10	0,06
TOTAL	-0,02

6. CARACTERIZACIÓN GEOMORFOMÉTRICA DE LA PLAYA POR FRANJAS

En esta tercera fase se hace una caracterización de la playa en una fecha dada pero se hace sobre unidades espaciales predefinidas de dimensiones comparables entre sí y suficientemente pequeñas como para advertir variaciones locales o relacionadas con las microformas playeras. Para ello, el polígono de playa se divide en franjas E-W distanciadas 25 m entre ellas. El resultado (fig. 4) es el empleo de 370 polígonos de pequeños segmentos de playa.

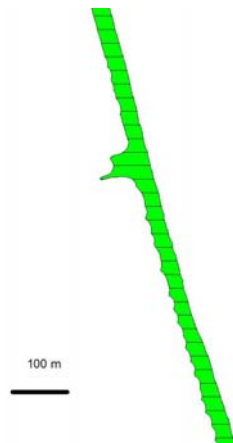


Fig.4. Ejemplo de cómo ha quedado dividida en distintos segmentos esta sección de playa. Cada uno de estos segmentos o polígonos son analizados en cada uno de levantamientos

Sobre cada uno de ellos se calcula una serie de datos:

Cota media: sería una forma de medir la magnitud. Se relaciona directamente con el volumen.

Pendiente media: define una característica de la forma.

La forma del perfil de playa, que se registra utilizando un parámetro habitual en la geomorfometría de cuencas de drenaje como es la integral hipsométrica. Este valor indica el nivel de convexidad o concavidad del perfil medio de playa existente en el área considerada.

La anchura media de la playa.

Un parámetro que muestra la sinuosidad de la orilla. Se trata de un parámetro que busca cuantificar la existencia de sinuosidades playeras como los *beach cusps*.

La mayoría de estos parámetros se deducen directamente a partir de la superposición del tema de polígono con las franjas sobre el MDE o el Modelo Digital de Pendientes. El análisis de forma del perfil, sin embargo, es más complejo y para ello se ha desarrollado un programa específico que funciona sobre ENVI. Ello implica que nuestra herramienta de gestión de la información ha de preparar el material para ser exportado a ENVI y, a su vez, para recuperar los registros —un archivo de texto— producido desde este sistema de tratamiento de imágenes.

El resultado de todos estos análisis son almacenados en la base de datos del tema de franjas correspondiente a cada fecha. En concreto los registros concretos guardados son (tabla 3):

TABLA 3. Datos registrados en la base de datos durante la fase de análisis de las características morfométricas de cada uno de las franjas de playa estudiadas.

FAIXA25	Identificador faja
C_1006	identificador fecha adquisición
AREA	área de la faja (m ²)
PERIMETER	perímetro de la faja (m)
HECTARES	área de la faja (en hectáreas)
COUNT	número de píxeles que incluye
M1006MIN	cota mínima
M1006MAX	cota máxima
M1006RANGE	rango de cotas que se incluyen en la faja
M1006MEAN	cota media
M1006STD	desviación estándar de la cota
M1006SUM	volumen (m ³) del material existente en la faja
P1006MIN	Pendiente mínima
P1006MAX	pendiente máxima
P1006RANGE	rango de pendientes
P1006MEAN	pendiente media



PI006STD	desviación estándar de la pendiente
AP_MED	ancho de playa medio
AP_MIN	ancho de playa mínimo
AP_MAX	ancho de playa máximo
DREF_MED	Distancia a línea de referencia media (sinuosidad)
DREF_MIN	Distancia a línea de referencia mínima (sinuosidad)
DREF_MAX	Distancia a línea de referencia máxima (sinuosidad)
INTEGRAL_H	Integral hipsométrica
SKEWNESS	Asimetría de la integral hipsométrica
KURTOSIS	Kurtosis de la integral hipsométrica

Este mismo tipo de análisis se puede repetir también, obviando los parámetros referidos a la anchura de playa, para un análisis que se circunscriba exclusivamente al frente de playa estricto, es decir, a la zona más cambiante de la playa, los primeros 20 m desde la orilla. En este caso, la dimensión de todos los polígonos estudiados es básicamente idéntica.

Mediante este procedimiento para cada fecha en la que hay un levantamiento se crea una base de datos morfométrica que —como las franjas siempre están en el mismo lugar— pueden ser compradas. Conforme van aumentando el número de mediciones se amplía la base de datos lo cual permite que se puedan obtener valores medios y desviaciones estándar de los distintos parámetros analizados (cota, pendiente, forma del perfil, anchura de playa, ...) (fig. 5) y reconocer tanto su variabilidad espacial dentro del área de estudio como las interrelaciones que se producen entre los distintos parámetros (fig. 5).. En Pardo et al (2007) se exponen alguna de las principales relaciones encontradas a partir de las primeras seis mediciones. Ello ha su vez a permitido, utilizando métodos de agrupamiento estadístico —técnicas cluster—, regionalizar distintos sectores de la playa estudiada atendiendo a las semejanzas y diferencias en su forma y en su dinámica.

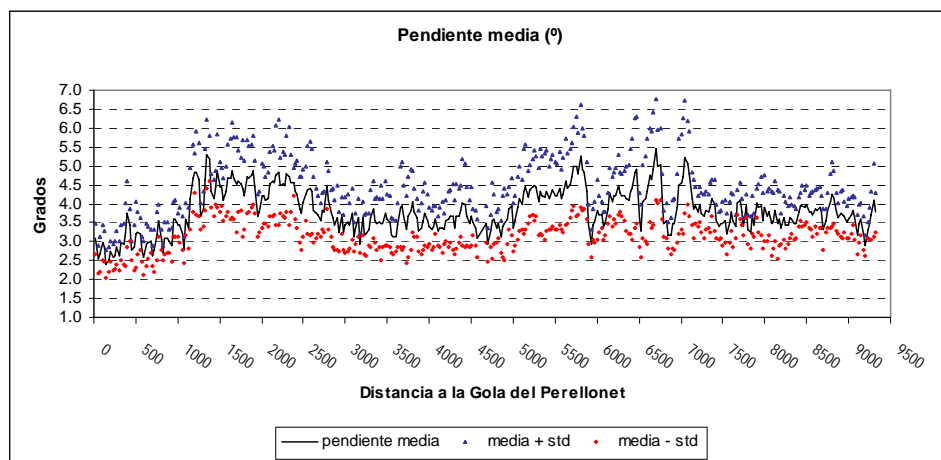


Fig. 5. En este gráfico se muestra la distribución del parámetro pendiente (media y su variabilidad, expresada por las desviaciones estándar) para cada una de las franjas. Estos valores han sido calculado a partir de analizar los valores de siete fechas distintas desde 2005 a 2007

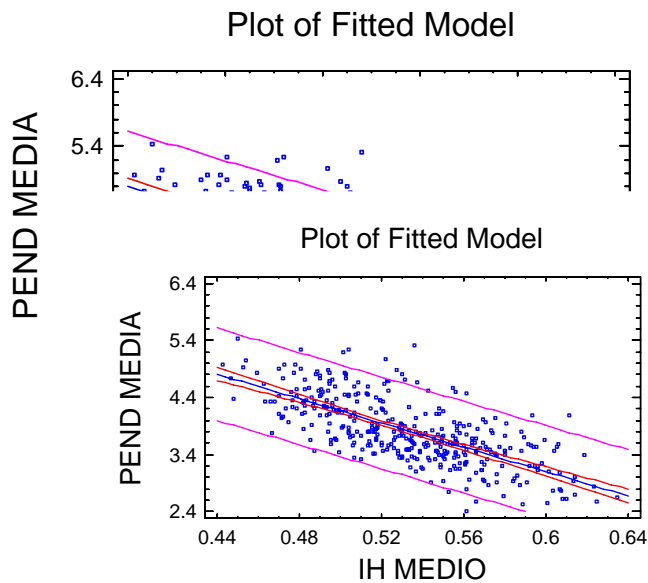


Fig. 6. Ejemplo de cómo se relacionan dos parámetros, en este caso se comparan la relación entre la pendiente media y la integral hipsométrica. Los resultados de este ajuste lineal evidencian que ambos parámetros mantienen una relación negativa entre ellos que se ajusta a una función tal que $PEND MEDIA = 9.50792 - 10.6812 * IH MEDIO$, con un valor de $R^2 = 50,6\%$ y con un nivel de confianza del 99%.

7. CONCLUSIONES

Hemos presentado un método y un conjunto de herramientas para hacer el seguimiento evolutivo de playas emergidas manteniendo siempre un nivel de precisión superior a los 15 cm en altimetría que permite evaluar cambios superficiales, cambios volumétricos y caracterizar la forma y la variabilidad de la misma de distintas parte de la playa.

El diseño del método de trabajo, tanto en sus fases geodésicas y topográficas como durante las fases de análisis mediante SIG está optimizado para sea flexible y permita cambios importantes, como por ejemplo modificar el sistema de referencia o mejorar la red geodésica, sin crear grandes dificultades. Ello ha podido conseguirse gracias a que en todo momento se mantienen los registros originales con la máxima precisión (ETRS89), haciéndose los trabajos de transformación de los datos GPS en fase postproceso con software propio que permite controlar cada fase. Asimismo, al haberse automatizado todos los procesos de análisis, cualquier cambio no implica más esfuerzo que recalcular de nuevo la nueva serie de datos.

El doble sistema de análisis propuesto entendemos que mejora las soluciones clásicas expuestas en la bibliografía centradas en la simple comparación entre fechas y explora una línea de trabajo que tendrá que hacerse más extensa conforme este tipo de estudios se generalicen mediante el empleo de GPS-RTK o LIDAR. Entendemos, de hecho, que buena parte de estos procesos podrían emplearse sin demasiados cambios en el caso de que la fuente de datos sea el LIDAR.

Entendemos, asimismo, que el modelo de análisis aquí propuesto y aplicado sobre un segmento de playa con unas características determinadas podría ser aplicado a otros ámbitos, fundamentalmente a playas arenosas o de grava con escaso rango de marea.

8. REFERENCIAS

García-Asenjo, L., Garrigues Talens, P. y Pardo Pascual, J.E (2006): Problemas para la transformación entre marcos de referencia en los trabajos de control de la playa de El Saler, *Proceedings de la : V Asamblea Hispano Portuguesa de Geodesia y Geofísica*, Sevilla.

Pardo Pascual, J.E., García-Asenjo, L., Garrigues, P., Palomar, J. y Porres de la Haza, M.J. (2007); Caracterización tridimensional de la dinámica intranual e interanual de la playa del Saler, en *Investigaciones recientes de la*



CONGRESO INTERNACIONAL DE
INGENIERÍA GEOMÁTICA Y TOPOGRÁFICA
INTERNATIONAL CONGRESS ON GEOMATIC & SURVEYING ENGINEERING
IX CONGRESO NACIONAL TOP-CART VALENCIA 2008
FIG-SYMPÓSIA COM.2&3

Geomorfología litoral (2005-2007), Gómez Pujol y Fornós (eds.), pp. 41-42, Ed. SEG, Universitat de les Illes Balears, Palma de Mallorca.

Pardo-Pascual, J.E., García-Asenjo, L., Palomar Vázquez, J. y Garrigues-Talens, P. (2005): New methods and tools to analyze beach-dune system evolution using a Real-Time Kinematic Global Positioning System and Geographic Information Systems, *Journal of Coastal Research*, SI 49: :34 -39.

5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos CTM2006-11767 y CLG2006-11242-C03/BTE del Ministerio de Educación y Ciencia de España. Agradecemos, asimismo, el apoyo logístico y de todo tipo ofrecido por la Oficina Técnica de la Devesa del Saler-Albufera del Ayuntamiento de Valencia.

← - - - Con formato: Numeración y viñetas