

**IV Jornada de Investigación  
Universitaria sobre Cambio Climático**

# **La monitorización sistemática de las playas mediante imágenes de satélite como herramienta para gestionar las adaptaciones al cambio climático**

**Josep E. Pardo Pascual, Jesús M. Palomar Vázquez,  
Carlos Cabezas Rabadán, Jaime Almonacid Caballer**

**Grupo de Investigación de Cartografía GeoAmbiental y Teledetección  
Dept. Ing. Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría  
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**



# 1. Introducción. Las imágenes de satélite, una nueva fuente de información global para monitorizar la respuesta de las playas

Imágenes de resolución media (10-30 m por pixel):

## **Ventajas:**

- Información en el rango del infrarrojo próximo y medio.
- Cobertura global y elevada repetitividad.
- Disponibilidad gratuita de las imágenes producidas por las principales agencias espaciales (ESA, NASA) y facilidad de descarga.
- Productos normalizados y con buen pretratamiento (radiométrico y georeferenciación básica).

## **Limitaciones:**

- Tamaño de pixel (excesivamente grosero).
- Es una imagen instantánea (afectada por marea, oleaje, ...).
- Está afectada por la nubosidad ya que se captura en el rango óptico.
- Potencialmente se puede deducir únicamente la línea de agua/terra instantánea, no la *datum-based shoreline*, no contiene información altimétrica.

# 1. Introducción. Las imágenes de satélite, una nueva fuente de información global para monitorizar la respuesta de las playas

Imágenes de resolución media (10-30 m por pixel):

## **Ventajas:**

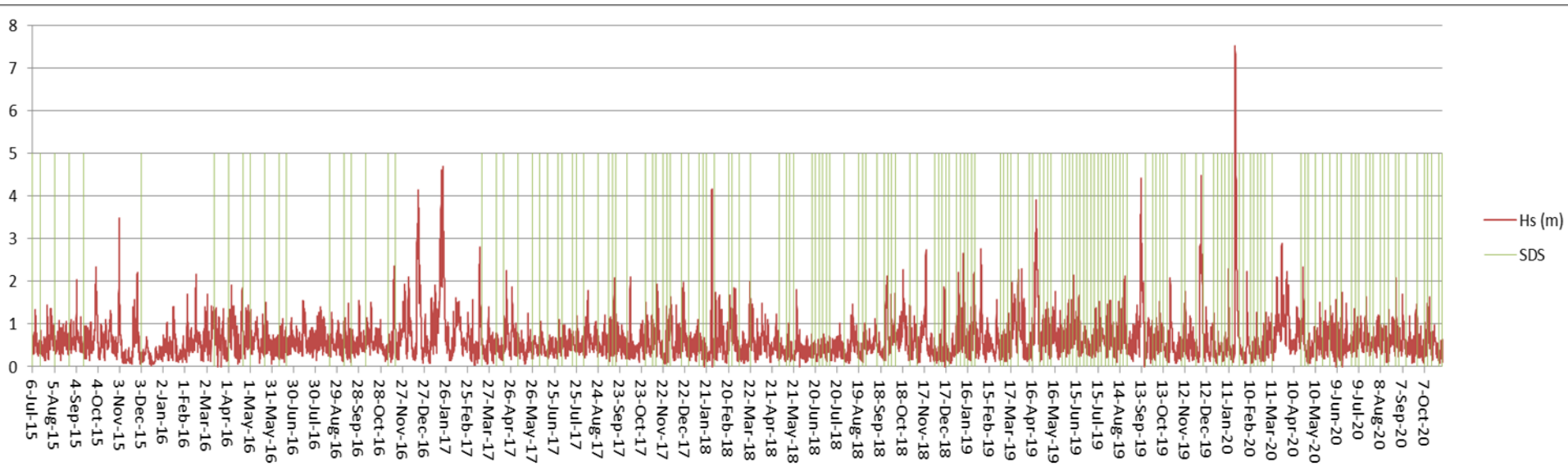
- Información en el rango del infrarrojo próximo y medio.
- Cobertura global y elevada repetitividad.
- Disponibilidad gratuita de las imágenes producidas por las principales agencias espaciales (ESA, NASA) y facilidad de descarga.
- Productos normalizados y con buen pretratamiento (radiométrico y georeferenciación básica).

## **Limitaciones / Retos - posibilidades:**

- Tamaño de pixel (excesivamente grosero) – **Soluciones subpixel**
- Es una imagen instantánea (afectada por marea, oleaje, ...) – **Se puede aprovechar éste hecho para reconocer la respuesta a estos agentes.**
- Está afectada por la nubosidad ya que se captura en el rango óptico – **Actualmente hay una elevada densidad de registros por lo que este efecto se minimiza, incluso en áreas con largos periodos de cubierta nubosa.**

## 2. Avances tecnológicos claves: la extracción automática de líneas de costa y su explotación

**SHOREX** : Herramienta desarrollada por los investigadores del CGAT-UPV para extraer automáticamente la línea de costa partiendo de imágenes capturadas en el infrarrojo medio o cercano y resolución espacial media.



**HERRAMIENTA PARA GENERAR MODELOS ESPACIO-TEMORALES DE ANCHO DE PLAYA y de CAMBIO DE ANCHO DE PLAYA.** Aplicaciones informáticas que facilitan el análisis de centenares de líneas de costa y la obtención de conclusiones sobre el comportamiento sedimentario y la respuesta del sistema de playa a las condiciones de oleaje.

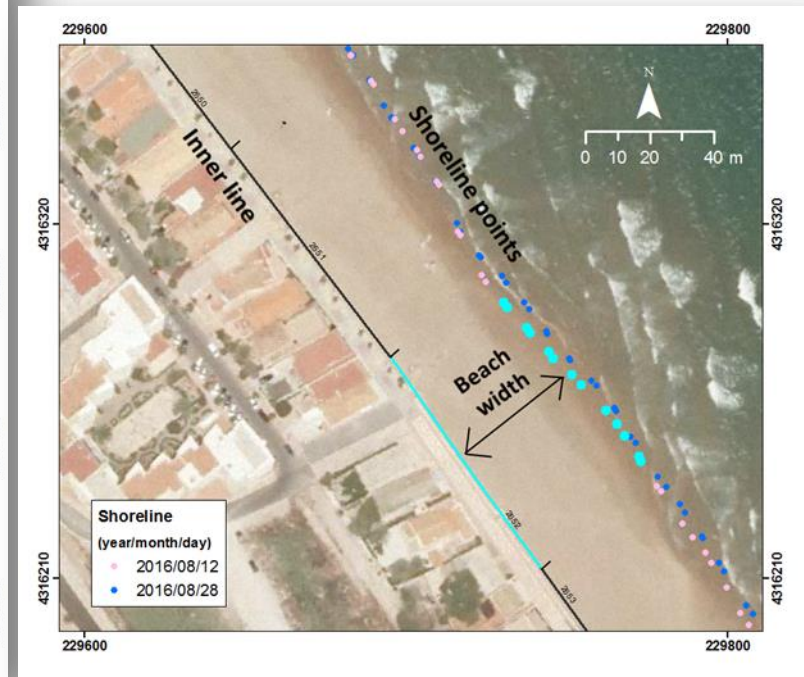
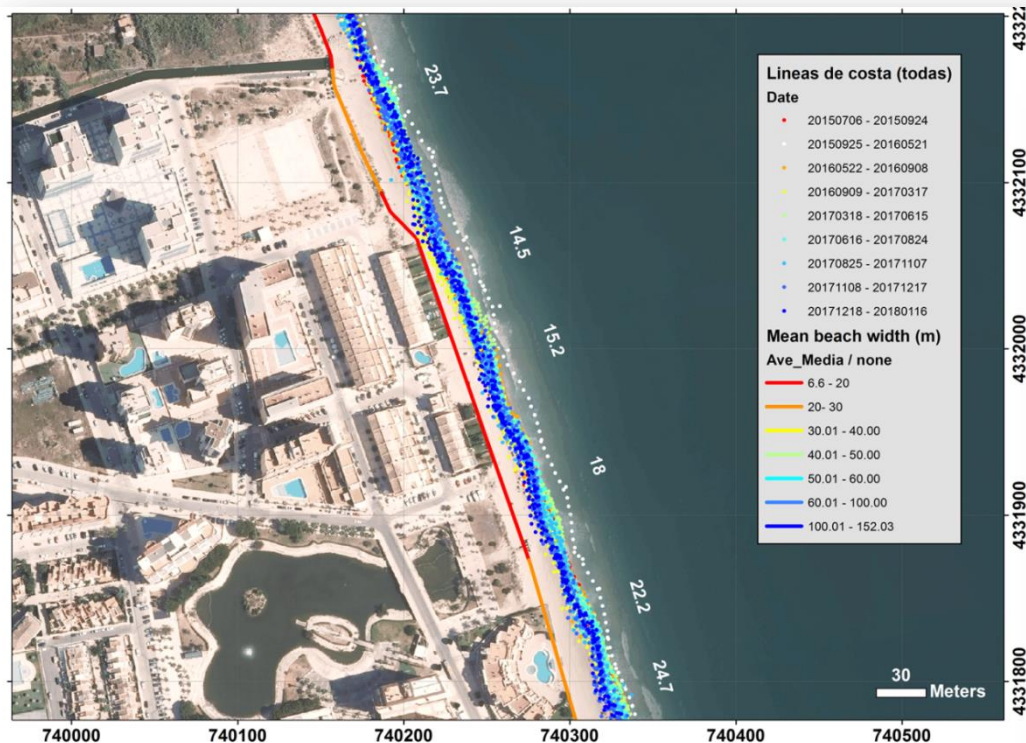
# EVALUACIÓN DE LA PRECISIÓN DE SHOREX

Se han realizado múltiples tests tanto frente a líneas fijas (defensa de escollera, frente a levantamientos de la orilla con GNSS o con técnicas fotogramétricas)

Publication	Pardo-Pascual et al., 2012	Pardo-Pascual et al., 2018	Palomar-Vázquez et al., 2019	Sánchez-García et al., 2019	Sánchez-García et al., 2020	Cabezas-Rabadán et al., 2020
Location	Castelló, Borriana (Valencia, Spain)	El Saler (Valencia, Spain)	Gallocanta (Aragón, Spain)	Reñaca (Central Chile)	Cala Millor (Mallorca, Spain)	Faro (Algarve, Portugal)
Type of coast	Seawalls	Mediterranean sandy beach	Shallow lake	Pacific sandy beach	Mediterranean sandy beach	Exposed Atlantic sandy beach
Tide	Microtidal	Microtidal	No	Microtidal	Microtidal	Mesotidal
Software	SELI	SELI	SHOREX	SHOREX	SHOREX	SHOREX
no. of SDS	45	21	1	7	91	24
Reference	Photointerpr.	Photogrammetry	GNSS alongshore	Photogramm.	Photogramm.	GNSS cross-shore
Acquisition	Ortophoto	Simultaneous	Simultaneous	Simultaneous	Simultaneous	Close dates
Sentinel 2	---	6.6	4.15	4.55	3.01	4.58
Landsat 8	---	6.6	---	---	3.57	5.77
Landsat 5,7	About 5	7.4 - 8.0	---	---	---	---

# ANÁLISIS: MODELOS ESPACIO-TEMPORALES DE CAMBIOS DEL ANCHO DE PLAYA

Proponemos **medir anchuras** desde cada punto respecto al interior de la playa y promediar su valor sobre **segmentos costeros (alongshore) cortos** (p. eje. 60 m)

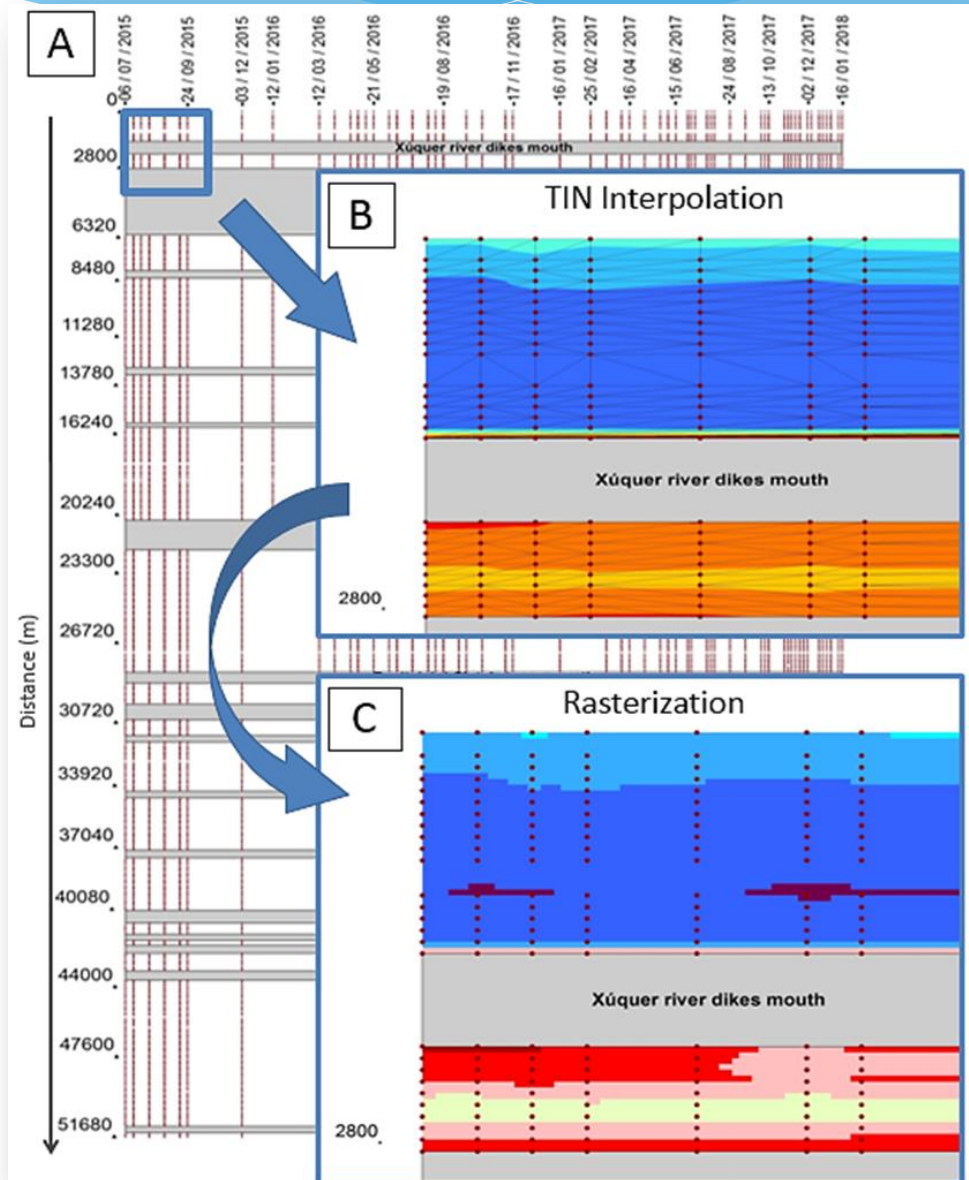


# ANÁLISIS: MODELOS ESPACIO-TEMPORALES DE CAMBIOS DEL ANCHO DE PLAYA

## Pasos:

- Definir anchura media por cada segmento y fecha.
- Organizar los segmentos a lo largo de la costa -eje X- y del tiempo -eje Y- (A).
- Interpolar los cambios de anchura dejando fuera del análisis las zonas que no son playas (B).
- Rasterizar el modelo definiendo píxeles de espacio-tiempo.

Este modelo permite análisis tanto de la morfología cambiante como de los propios cambios espacio-temporales.

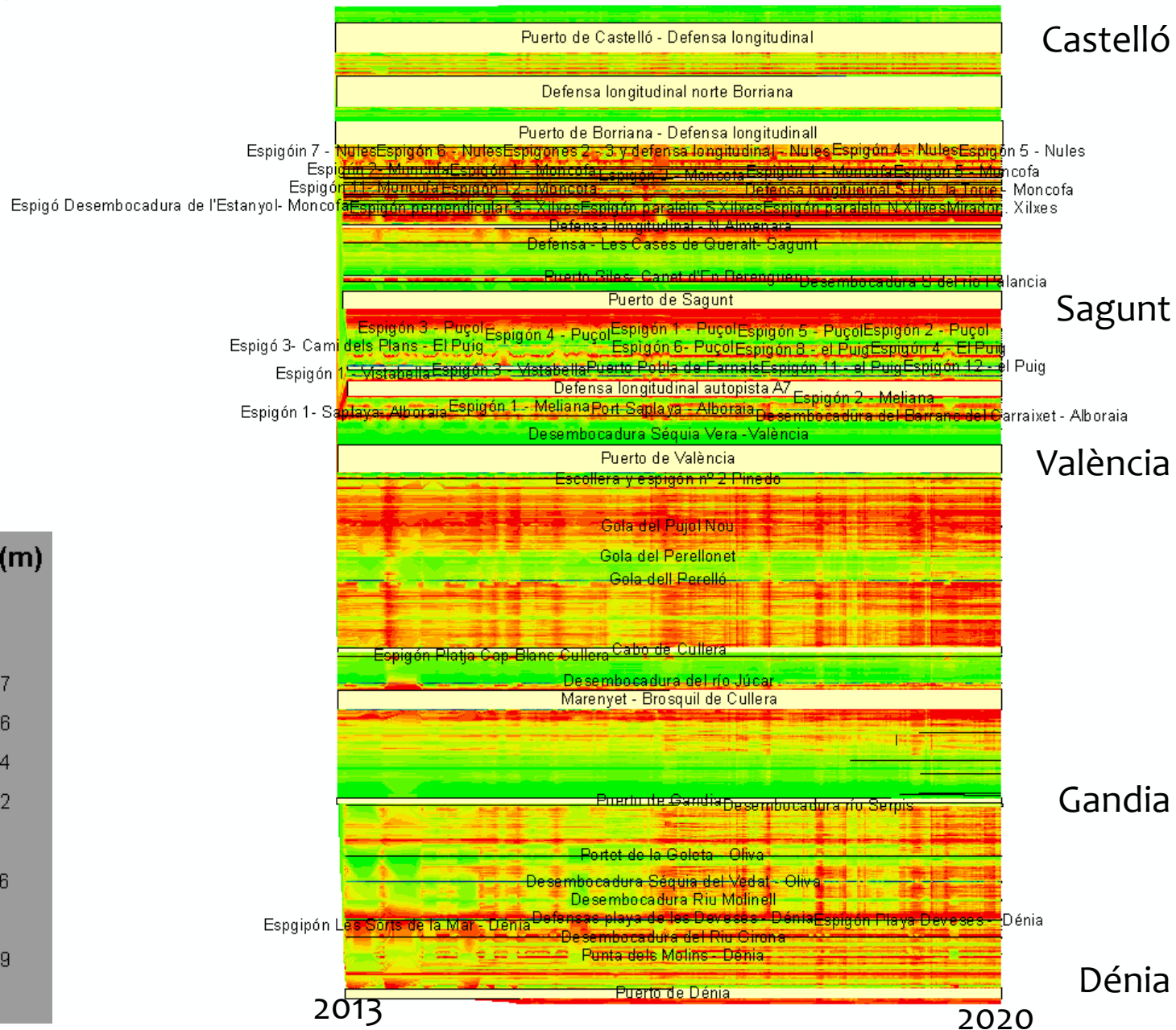


# MODELOS ESPACIO-TEMPORALES DE ANCHURA DE PLAYA

Modelo espacio-temporal de anchura de playa (2013-2020) en metros. Mediciones cada 60 m (basado en más de 220 registros).

## Ancho medio de playa (m)

<VALUE>



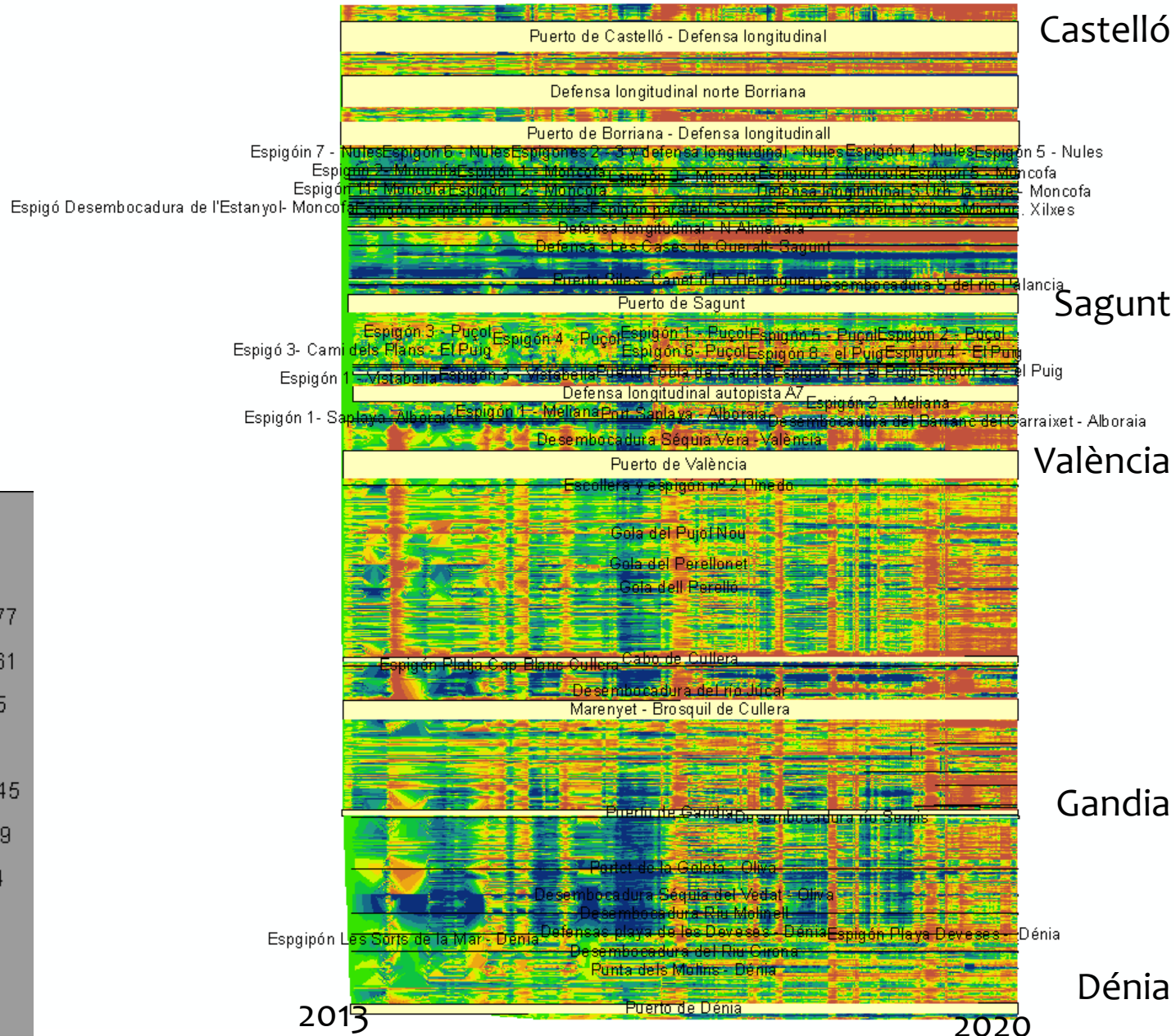


# MODELOS ESPACIO-TEMPORALES DE CAMBIOS DE ANCHURA DE PLAYA

Modelo espacio-temporal de cambio de anchura de playa (2013-2020) respecto a la primera medición (primavera 2013)

## Cambio de anchura (m)

<VALUE>

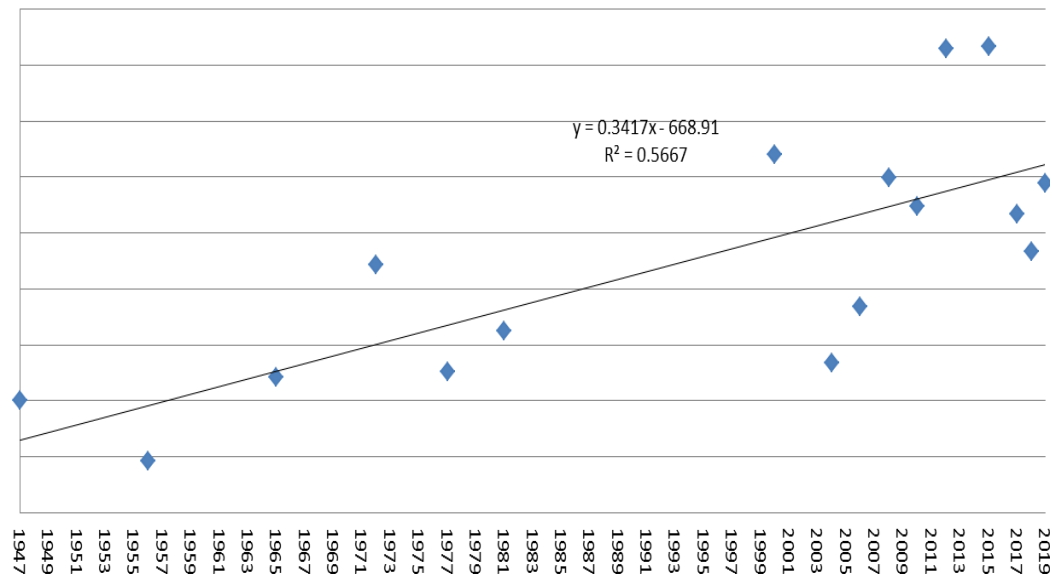


# APLICACIONES: DIAGNÓSTICO CAMBIOS DE TENDENCIA EVOLUTIVA EN ÁREAS CONCRETAS



PLAYA DEL DOSSEL (CULLERA). Se compara la tendencia seguida en las últimas décadas (1947-2019) basada en ortofotos, claramente positiva, frente a la tendencia negativa (tasas de cambio en m/año del mapa) que se determina del análisis de los registros cuasi-continuos desde 2013 a 2020.

cambio partiendo de fotografías aéreas (1947 - 2019)

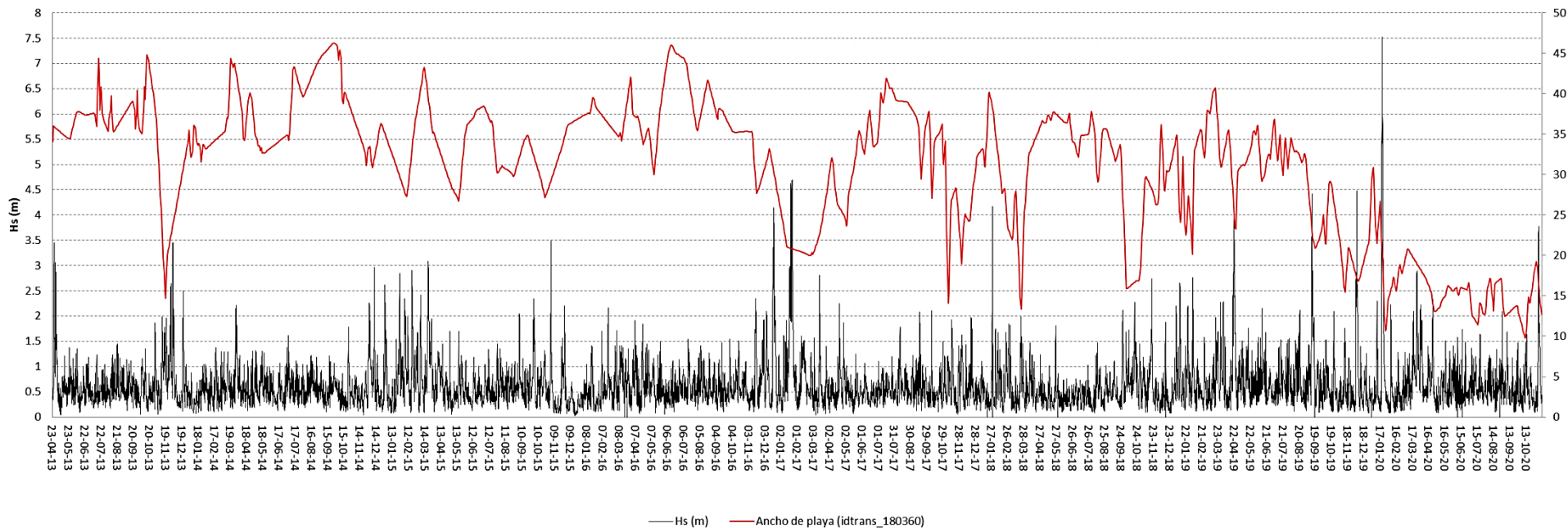


# APLICACIONES: DIAGNÓSTICO CAMBIOS DE TENDENCIA EVOLUTIVA EN ÁREAS CONCRETAS

Evolución de anchura de playa frente a altura significativa de ola en el periodo 2013-2020 en la sección señalada en el mapa. Se aprecia que la playa prácticamente se mantuvo estable hasta finales de 2016, momento en que arranca un fuerte retroceso. El efecto de los momentos de temporales es obvio que provoca fuertes estrechamientos en la playa que inicialmente recuperan su posición pero que tras el Gloria, con anchuras de playa muy bajas y fuerte erosión en el frente dunar, la anchura no logra recuperarse.

La cuestión clave que surge es ¿por qué esta trampa de sedimentos que habitualmente ha favorecido la acumulación ahora no lo hace a pesar de que durante el temporal Gloria tuvo que haber un fortísimo transporte sedimentario hacia el sur?

Relación evolución anchura playa idtran 180360 y altura de ola del oleaje (punto SIMAR 2081112)

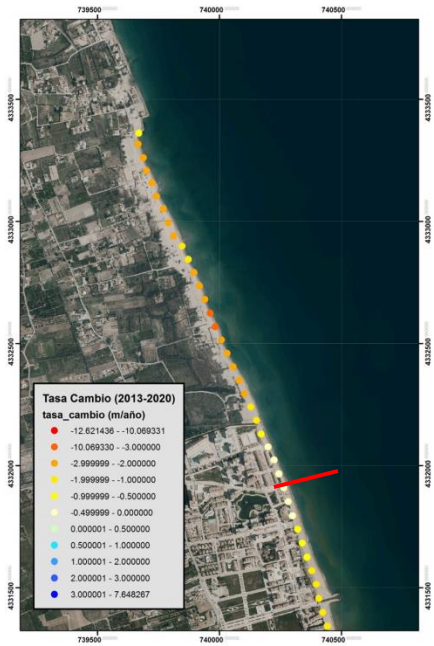


# APLICACIONES: EVALUACIÓN DE INTERVENCIONES HUMANAS

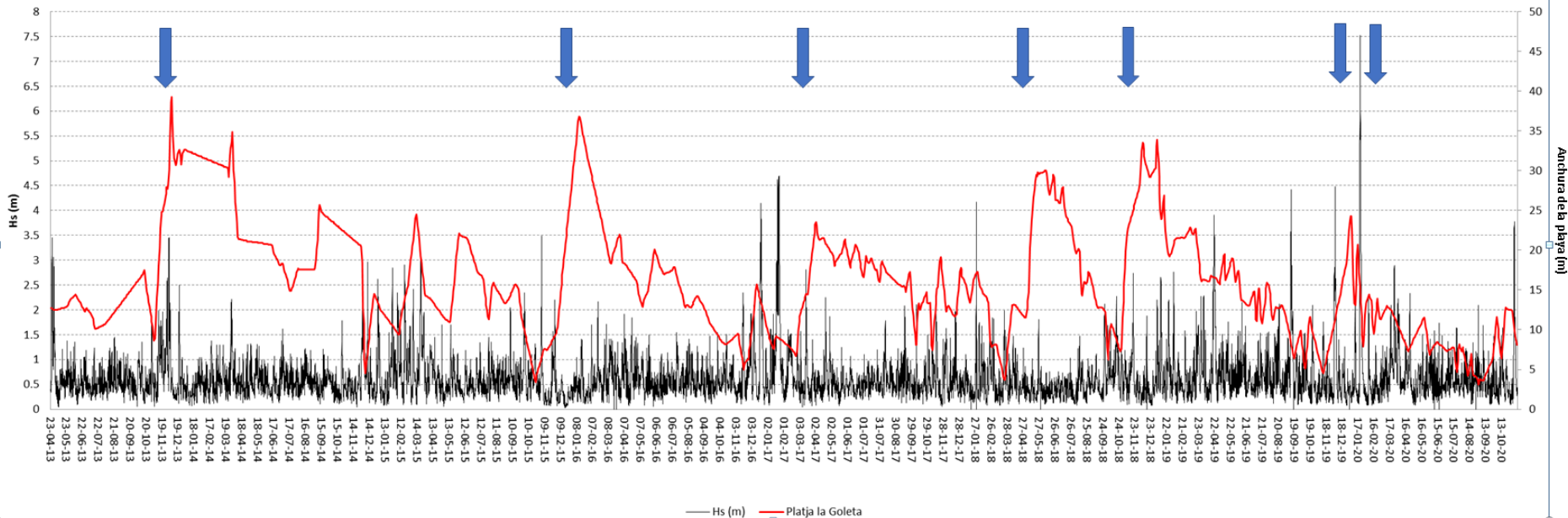
El gráfico muestra la evolución de la anchura de la playa en el segmento marcado en el mapa y la altura significativa del oleaje.

Merece la pena destacar la estrechez de la playa, en general tan baja que impide que ésta ejerza su labor de protección de la costa y dificulta mucho su aprovechamiento lúdico-social. Eso explica la realización de **múltiples aportes de arena** (de magnitudes no demasiado elevadas) en los momentos que hemos señalado con la **flecha azul**. Se aprecia claramente como de forma inmediata se produce el ensanchamiento de la playa pero también que su durabilidad es mínima volviendo a la situación previa. Tras el temporal Gloria la anchura raramente ha llegado a los 15 m.

Platja Brosquil - Goleta Tavernes



Relación evolución anchura playa idtran 192780 y altura de ola del oleaje (punto SIMAR 208112)



## CONCLUSIONES

- El desarrollo de soluciones de extracción automática de líneas de costa con precisión subpixel permiten aprovechar un recursos documental clave con son las series de imágenes de satélite de resolución media (series Landsat y Sentinel 2) lo que ofrece una perspectiva temporal de más de 35 años y de carácter global.
- Se han mostrado herramientas analíticas para aprovechar esta inmensa base documental y se ha mostrado su potencia en la detección de entornos con cambios de tendencia evolutiva y la respuesta a acciones humanas.
- La disposición de series continuas y homogéneas han de permitir reconocer las respuestas de los sistemas a eventos naturales (temporales, avenidas fluviales, ...) o acciones humanas (aportes de sedimentos, obras artificiales, ...) no solo en entornos inmediatos (en el tiempo y en el espacio) sino también a lo largo de periodos y áreas geográficamente alejadas.
- La disposición de modelos espacio-temporales de cambios permite ampliar los entornos de análisis y ampliarlos a las unidades geográficas que mantiene interrelaciones sistémicas (como las células sedimentarias costeras).

## REFERENCIAS Y AGRADECIMIENTOS

- Pardo-Pascual, J.E., Almonacid-Caballer, J., Ruiz, L.A., Palomar-Vázquez, J., 2012. [Automatic extraction of shorelines from Landsat TM and ETM multi-temporal images with subpixel precision](#). *Remote Sensing of Environment*, 123, pp. 1-11. doi:10.1016/j.rse.2012.02.024
- Pardo-Pascual, J.E., Sánchez-García, E., Almonacid-Caballer, J., Palomar-Vázquez, J.M., Priego de los Santos, E., Fernández-Sarría, A., Balaguer-Beser, Á., 2018. [Assessing the Accuracy of Automatically Extracted Shorelines on Microtidal Beaches from Landsat 7, Landsat 8 and Sentinel-2 Imagery](#). *Remote Sensing*, 10(2), 326. doi:10.3390/rs10020326
- Palomar-Vázquez, J., Pardo-Pascual, J.E., Cabezas-Rabadán, C., Alonso-Aransay, D., 2019. [Monitorizando los cambios de superficie y volumen de la Laguna de Gallocanta mediante imágenes Landsat-8 y Sentinel-2](#). X Jornadas de Geomorfología Litoral, 4-6 Sept., Castelldefels.
- Sánchez-García, E; Briceño, I., Palomar-Vázquez, J., Pardo-Pascual, J., Cabezas-Rabadán, C., Balaguer-Beser, Á., 2019. [Beach Monitoring Project on Central Chile](#). 5ª Conferência sobre Morfodinâmica Estuarina e Costeira, MEC2019, 20-24 Jun., Lisboa. ISSN: 978-989-20-9612-4
- Cabezas-Rabadán, C.; Pardo-Pascual, J.E.; Palomar-Vázquez, J.; Ferreira, Ó., and Costas, S., 2020. [Satellite derived shorelines at an exposed meso-tidal beach](#). *Journal of Coastal Research*, Special Issue No. 95, pp. 1027–1031. doi: 10.2112/SI95-200.1
- Sánchez-García, E., Palomar-Vázquez, J. M., Pardo-Pascual, J. E., Almonacid-Caballer, J., Cabezas-Rabadán, C., & Gómez-Pujol, L., 2020. [An efficient protocol for accurate and massive shoreline definition from mid-resolution satellite imagery](#). *Coastal Engineering*, 103732. doi: 10.1016/j.coastaleng.2020.103732

**Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el proyecto MONOBESAT (PID2019-111435RB-I00) del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades de España.**