



PLAYAS DE L'ARBRE DEL GOS, SALER Y GARROFERA EN VALENCIA

Las obras de regeneración de playas más importantes de la historia de España

Javier Estevan Sanchís

Demarcación de Costas en Valencia. Dirección General de la Costa y el Mar. MITECO

El litoral que discurre hacia el sur del puerto de Valencia se encuentra en un estado de regresión grave debido a la falta de aportes sedimentarios causados, principalmente, por el efecto barrera que ejerce el puerto de Valencia sobre estas playas y las innumerables infraestructuras hidráulicas que impiden la llegada de sedimentos de origen fluvial a las costas. Entre las playas más afectadas por este proceso erosivo se encuentran las playas situadas inmediatamente al sur de dicho puerto y de la desembocadura del

río Turia: l'Arbre del Gos, el Saler y la Garrofera, todas ellas ubicadas en la restinga del Parque Natural de la Albufera de Valencia.

Con el crucial descubrimiento y posterior estudio de un banco de arenas marinas situado frente a la costa de Sueca y Cullera, a más de 65 m de profundidad y de volumen y características ideales para la regeneración de playas, se abrió la posibilidad de realizar grandes obras de regeneración de costas en la zona.

En las playas objeto de regeneración se han detectado retrocesos de la línea de costa de más de 90 m. Con esta actuación se ha recuperado la línea de costa existente en 1965, lo que supondrá —tras el tiempo necesario para reacomodación de la arena en toda la sección— incrementos medios de la anchura de playa seca de 73 m en los 7,1 km regenerados. El origen de la arena para recuperar la línea de costa objetivo procede del citado yacimiento submarino y para su extracción del material ha sido necesario el empleo de una de las dragas más grandes del mundo (HAM-318).

La obra ha supuesto la actuación de regeneración de playa más importante de la historia de España hasta la fecha, tanto por volumen de arena aportada como por inversión y se espera poder realizar otras actuaciones similares en el arco mediterráneo con la explotación futura del yacimiento submarino. Esta obra ha sido posible gracias a la financiación europea realizada través del Plan de Recuperación Transformación y Resiliencia (PRTR) de los fondos Next Generation.

El PN de La Albufera

En Valencia se ubica el puerto más grande de España y de la cuenca del mar Mediterráneo, así como el cuarto puerto con mayor tráfico de toda Europa, únicamente superado por los puertos de Rotterdam (Países Bajos), Hamburgo (Alemania) y Amberes (Bélgica).

A su vez, en Valencia desemboca el río Turia, que es considerado como el principal suministrador natural de sedimentos histórico a la costa valenciana comprendida entre su desembocadura y el río Júcar (situado al sur). Tras las avenidas catastróficas de 1957 producidas por el desbordamiento del río Turia y que provocaron más de 80 muertes en la ciudad de Valencia, la administración realizó fuertes inversiones en la zona dedicadas a medidas de protección. Estas medidas consistieron —principalmente— en la construcción de diversas presas aguas arriba para la regulación del río Turia (presas de Loriguilla, Arquillo de San Blas y Benagéber), así como en la implementación del conocido como “Plan Sur”, consistente en el desvío del cauce histórico del río al sur de la ciudad y del puerto de Valencia.

Por otro lado, al sur tanto del puerto de Valencia como de la actual desembocadura del río Turia, se encuentra el Parque Natural de la Albufera que, con sus 21.000 hectáreas de superficie y una biodiversidad de gran valor, lo convierten en uno de los humedales más importantes de España y de Europa. El origen del actual parque lo encontramos miles de años atrás, cuando el golfo marino que se extendía entre las desembocaduras de los ríos Turia (al norte) y Júcar (al sur) quedó aislado del mar Mediterráneo por la formación de una barra arenosa (restinga) cuyo origen fueron las aportaciones sedimentarias del río Turia. Con posterioridad, se produjo un proceso de colmatación de esta laguna salina primaria favorecida por los aportes

sedimentarios y fluviales de ambos ríos que, a su vez, favorecieron la dulcificación del lago. El Parque Natural de la Albufera se compone de los siguientes elementos:

— El lago de la Albufera, actualmente de agua dulce debido a la existencia de la restinga que lo separa del mar y a las aportaciones fluviales de diversos manantiales, barrancos y acequias.

— El entorno húmedo del lago o marjal, que anteriormente formaban parte del lago y ahora se dedica principalmente al cultivo del arroz.

— La restinga o barra arenosa, que separa el lago de agua dulce del mar de agua salada. A su vez, la restinga está formada por la Dehesa (bosque mediterráneo hacia el interior) y las playas.

Por último, en la zona de actuación, al igual que en la mayoría de las costas del óvalo valenciano, existe una dinámica litoral producida por la acción del oleaje de dirección y sentido norte—sur, lo que da lugar a una movilización de sedimentos en esta dirección (Fig. 1).



Figura 1. Condiciones de contorno de la actuación

Esta configuración y condiciones hacen que las playas de la restinga del Parque Natural de la Albufera se encuentren en un estado de regresión grave debido a múltiples causas entre las que se encuentran, como veremos posteriormente, la motivada por la interrupción de la dinámica sedimentaria litoral producido por el efecto barrera del puerto de Valencia y la interrupción de la dinámica sedimentaria fluvial por el efecto barrera producido por las obras de regulación que se encuentran a lo largo de la cuenca del río Turia (presas, azudes, derivaciones, etc.)



Imagen captada en 2020 previa a la actuación, en la que se aprecia cómo se ha estrechado la playa junto al abandonado hotel Sidi. Al fondo, alguna de las torres construidas en los sesenta © E. Fdez / Terabithia

Los ecosistemas que alberga la restinga que cierra la Albufera encuentran amenazados

Amenaza para los ecosistemas

En este proceso de regresión se ha detectado un retroceso generalizado de la línea de costa a lo largo del todo el frente costero desde el Puerto de Valencia hasta el Cabo de Cullera. El retroceso sufrido desde 1965 hasta la actualidad llega a alcanzar los 90 metros en las zonas más erosionadas situadas en las proximidades del puerto de Valencia. Este fenómeno erosivo se ha ido propagando hacia el sur con el paso del tiempo, afectando a una mayor longitud de costa.

Hasta el momento, las actuaciones acometidas en el tramo de costa han consistido en pequeños aportes sucesivos de material que han tenido carácter puntual y únicamente han supuesto pequeñas correcciones a corto plazo, sin llegar a abordar globalmente el problema.

El proceso regresivo existente amenaza, de forma especial, a los ecosistemas que alberga la restinga que cierra la Albufera, por el estrechamiento de ésta y a todo el sistema económico que gira en torno al marjal (uso agrícola) por el riesgo de salinización del lago. Por este motivo se ha hecho necesario intervenir con la mayor inversión en una actuación de regeneración de costas realizada en la historia de España a través del 'Proyecto de regeneración de las playas de l'Arbre del Gos, Saler y Garrofera (Valencia)' con el objetivo de evitar que continúe su degradación y reponer la anchura de la restinga, eludiendo de este modo el riesgo inminente para la conservación de los hábitats que constituyen el valioso ecosistema del Parque Natural de la Albufera.

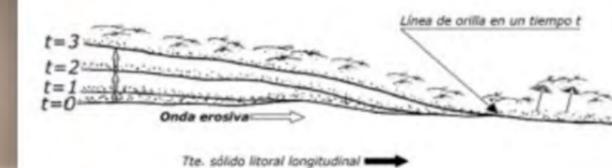


Figura 2. Relación entre el balance sedimentario (izda.) y formación de onda erosiva (dcha.)

Formación de una onda erosiva

El tramo de costa objeto de las obras comprende las playas de L'Arbre de Gos (2.600 m), del Saler (2.700 m) y Garrofera (1.800 m), desde el espigón sur de la playa de Pinedo hasta la gola de Puchol, en el término municipal de Valencia, con una longitud aproximada de unos 7.100 metros.

El fenómeno existente en este tramo de costa es el conocido como onda erosiva. Consiste en una reducción drástica, o incluso total, del suministro de áridos a las playas que se produce de forma natural por la acción del oleaje. Si se corta este suministro de sedimento nuevo en el extremo de una playa, comienza a perder la arena que existe depositada en la misma por la acción del oleaje, manifestándose esta pérdida de material en una reducción de anchura de la playa. Esta pérdida de anchura de la playa se va extendiendo hacia el extremo de la playa situado aguas abajo a modo de "onda erosiva".

El símil de este fenómeno podría ser el de la figura 2. En esta imagen tenemos un vaso que contiene agua. El vaso se correspondería con la playa y el agua con la arena, de tal modo que el vaso contiene agua al igual que la playa contiene arena. Por otra parte, este vaso tiene un orificio en su base por el que se va perdiendo el agua contenida. Este orificio representa la pérdida (o movimiento de salida) de arena hacia las zonas situadas aguas abajo de la playa con motivo de la acción del oleaje. A su vez, por su abertura superior el vaso recibe agua de un grifo el cual representa la entrada (o movimiento de entrada) de nueva arena a la playa procedente de otras zonas situadas aguas arriba con motivo de la acción del oleaje. En este vaso, si la cantidad de agua que sale por la base del vaso es igual a la cantidad de agua que entra procedente del grifo, el nivel de agua se mantiene constante y se podría decir que se encuentra en "equilibrio dinámico", es decir, lo que sale es igual a lo que entra. Si la cantidad de agua que entra desde el grifo es superior a la que sale por el orificio del vaso, se podría decir que hay acumulación o acreción de agua en el vaso y, al contrario, si la cantidad de agua que sale por el orificio es superior a la que entra desde el grifo, se podría decir que hay regresión o pérdida en la cantidad de agua almacenada en el vaso.

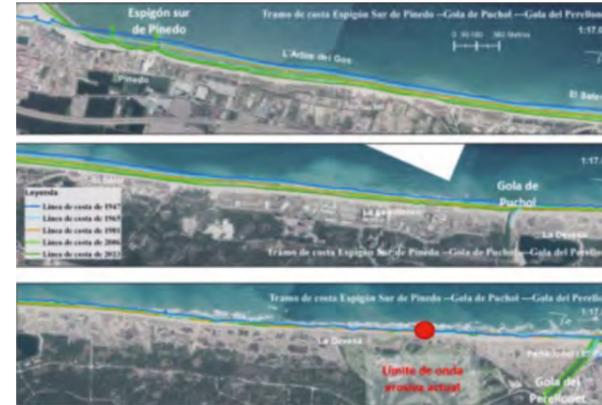


Fig 3. Formación de onda erosiva en zona de actuación

Acreción y regresión

Esto mismo sucede con las playas, donde si la cantidad de arena que abandona la playa es igual a la cantidad de arena que se introduce por el otro extremo, la playa se encuentra en equilibrio dinámico. Si lo que sucede es que la cantidad de arena que entra a la playa es superior a la cantidad de arena que sale se dice que la playa se encuentra en acreción o acumulación. Finalmente, si la cantidad de arena que sale de la playa es superior a la cantidad de arena que entra se dice que la playa se encuentra en regresión o erosión.

El caso de onda erosiva se produce cuando el grifo deja de aportar agua al vaso y este se va vaciando a través del orificio de su base. En el vaso, esta pérdida se manifiesta mediante la bajada del nivel de agua y en la playa se manifiesta mediante una pérdida de anchura de playa o una variación de la línea de costa hacia el interior, la cual se va desplazando sus efectos a lo largo del tiempo hacia aguas abajo.

En las playas objeto de la actuación se ha formado una onda erosiva como la descrita al haberse producido una corte total de la fuente de alimentación al sistema, por verse interrumpidos los aportes sedimentarios como consecuencia de la existencia de barreras tanto al transporte fluvial (presas, azudes, etc.) como al litoral (puerto de Valencia).

En el tramo objeto de regeneración se aprecia claramente la formación de la onda erosiva provocada por la falta de aportes sedimentarios en la zona norte y cómo ésta se puede ubicar, actualmente, en la denominada como playa de La Devesa, situada a unos 3,5 km al sur de la Gola de Puchol, donde todas las líneas de costa históricas confluyen (Fig. 3).

Se produjo un retroceso de la línea de costa desde el Puerto de Valencia hasta el Cabo de Cullera

Causas del problema

—El efecto del puerto de Valencia: interrupción del transporte sedimentario litoral

La existencia de las obras exteriores del puerto de Valencia tiene un efecto pernicioso para la integridad de las playas situadas al sur debido al efecto barrera que producen. La evolución del puerto de Valencia ha sido especialmente importante a partir del siglo XX (Fig. 4). Este crecimiento ha hecho que las obras exteriores alcanzasen cada vez mayores profundidades hasta sobrepasar la conocida como profundidad de cierre o punto de la playa sumergida a partir de la cual los fenómenos de dinámica litoral no actúan. O dicho de otra forma, profundidad a partir de la cual el oleaje no es capaz de movilizar los sedimentos.

A partir de que las obras exteriores alcanzaron esta profundidad, el aporte a las playas situadas al sur procedente de las playas del norte ha sido nulo por la imposibilidad de movilización de los sedimentos a través de las mismas. Aunque los efectos de las obras portuarias sobre las playas del sur han incidido desde su propio origen allá por el siglo XVII, se estima que probablemente el alcance de esta profundidad de cierre tuvo lugar con la ampliación diseñada en 1921 (obras terminadas en 1931), donde las obras exteriores ya alcanzaban profundidades superiores a los 12 metros.

La conclusión es que desde que finalizaron las obras del proyecto de 1921 las playas del sur objeto de la actuación no reciben ningún aporte sedimentario de las playas del norte.

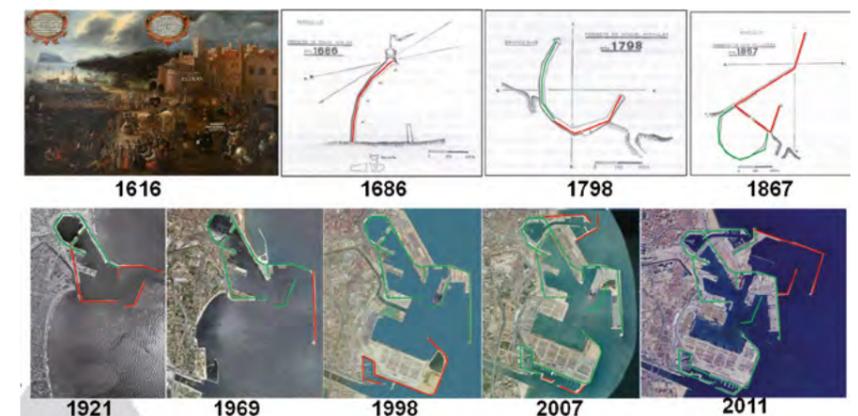


Figura 4. Evolución histórica del puerto de Valencia. En verde puerto existente y en rojo ampliación realizada en el año correspondiente

—El efecto de la construcción de barreras fluviales: interrupción del transporte sedimentario fluvial

Los ríos son los verdaderos formadores de las playas de España y, en general, en todo el mundo. En su génesis en los terrenos montañosos, la corriente fluvial va erosionando el terreno por el que discurre generando un enorme volumen de sedimentos, los cuales ven reducida su granulometría a medida que son transportados por caudal líquido del río. Finalmente, estos sedimentos en forma de bolos, gravas, arenas y/o material fino (con mayor proporción de uno u otro en función de las características de cada cauce y de su régimen hidrológico) alcanzan las costas a través de la desembocadura del río, siendo la dinámica litoral la encargada de movilizarlos y redistribuirlos a lo largo del litoral en función de los oleajes incidentes en el lugar.

Este sistema formador de las costas se ha visto gravemente alterado por la acción humana —fundamentalmente a lo largo del siglo XX— debido a la construcción de numerosas barreras en los cauces de los ríos que, aun siendo necesarias para un adecuado aprovechamiento de los recursos hídricos, para el desarrollo económico y para una adecuada protección de las poblaciones humanas, han supuesto un claro perjuicio para la integridad de las playas al impedir la llegada de estos nuevos sedimentos al sistema litoral.

En España hay censadas 18.554 barreras (presas, azudes, derivaciones, etc.) en los ríos gestionados por la Administración General del Estado (AGE) y 331 barreras en la cuenca del río Turia. En esta última, de estas 331 barreras fluviales, 4 son grandes presas (Arquillo de San Blas, Benagéber, Loriguilla y Buseo). Estas grandes presas fueron puestas en servicio mayoritariamente entre 1954 y 1965 (Buseo 1912, Benagéber 1954, Arquillo de San Blas 1962 y Loriguilla 1965).

Ante esta situación, la conclusión es clara. Desde que comenzó la construcción de este enorme número de barreras se ha visto reducido el volumen de arena que llega a las playas respecto al que lo haría en régimen natural.

Además, dado que las grandes presas de la cuenca del Turia suponen barreras totales al transporte sedimentario fluvial se puede afirmar que, con su puesta en servicio a mediados de los años 60, la llegada de sedimentos de origen fluvial a las costas objeto de regeneración ha sido prácticamente nula, con las implicaciones negativas que ello ha supuesto para las playas situadas al sur de su desembocadura.

Esta conclusión es compatible con la que se puede dar en situaciones extremas como la ocurrida recientemente en la riada del pasado 29 de octubre de 2024. A consecuencia de los efectos de esta DANA se depositaron, entre otras cosas, grandes cantidades de sedimento tanto en la desembocadura del río Turia como la del Júcar, si bien la mayor parte

de este sedimento se trata de material fino con escaso valor para mantener la integridad de las playas, tal y como puede apreciarse en las amplias manchas de turbidez de la imagen satelital del día 30 de octubre de la figura 6.



Figura 6. La Albufera tras la DANA de 2024. A la derecha, el Mediterráneo, con las manchas de lodo © NASA

—El efecto del intento de urbanización de los años 60 y 70: la detracción de importantes volúmenes de arena del sistema litoral

A mediados de la década de los años 60, en pleno desarrollismo español, el Ayuntamiento de Valencia aprobó un plan para urbanizar la dehesa de los más de 12 km de costa que abarcan las actuales playas de l'Arbre del Gos, Saler, Garrofera y Devesa. Este plan consistía en la urbanización de más de 800 Ha de bosque mediterráneo y la construcción de más de 30 hoteles, 56 torres con 2.250 apartamentos, nueve poblados costeros, una zona popular para 100.000 personas, un paseo marítimo, un campo de golf, un puerto deportivo, un parador nacional y un hipódromo.

Las obras de este plan urbanizador comenzaron poco después de su aprobación con las operaciones de preparación del terreno, urbanización y la implantación de las primeras construcciones (urbanización Cashbah, urbanización Les Gavines, hotel Sidi, hotel-Parador Saler, paseo marítimo playa del Saler, 24 de las torres proyectadas, etc.) Durante su construcción se produjo la completa destrucción de la primera alineación dunar existente en la costa (Fig. 7), lo que supuso la detracción del sistema litoral de enormes volúmenes de arena que dejaban de estar disponibles para paliar los efectos regresivos producidos por la falta de alimentación sedimentaria que ya estaba comenzando a sufrir este tramo de costa.

Gracias a la movilización ciudadana, este proceso urbanizador logró paralizarse a comienzo de los años 80, blindando este valioso espacio natural ante este tipo de agresiones gracias a su declaración como Parque Natural de la Albufera en el año 1986. Apenas unos años después (1988), comenzaron los primeros trabajos de regeneración dunar, que pretendían restaurar los daños provocados



Figura 7. Fotografías aéreas de 1974. Destrucción del frente dunar: en tramo de actuación (izda.), al sur de la actuación en playa Devesa (centro) y por construcción de paseo marítimo en playa del Saler (dcha.)

unos años antes. Estos trabajos han tenido continuidad hasta la actualidad.

A pesar del enorme esfuerzo invertido en estos trabajos de regeneración dunar durante las últimas décadas, no se ha logrado recuperar completamente los volúmenes de arena detraídos del sistema litoral durante el proceso urbanizador, por lo que sigue existiendo un importante déficit sedimentario que hubiese ayudado a reducir, al menos temporalmente, los efectos erosivos sufridos en este tramo de costa.

Objetivo y trabajos previos

—El objetivo de la regeneración: recuperación de la línea de costa de 1965

El objetivo marcado en el 'Proyecto de regeneración de las playas de l'Arbre del Gos, Saler y Garrofera (Valencia)' ha sido recuperar la línea de costa existente en el año 1965. Se estableció la línea de costa de este año —y no otra— por varios motivos. El primero de ellos es que existía información de calidad disponible de este año que permitía fijar con una elevada exactitud su posición. En segundo lugar, porque se puede considerar el entorno del año 1965 como el del inicio de la aceleración de los procesos erosivos derivados de la ausencia de aportaciones sedimentarias de origen fluvial por la puesta en servicio de los principales embalses del Turia, así como al inicio de la aparición en la zona a regenerar de los efectos regresivos por el efecto barrera del puerto. Además fue cerca de este año en el que se produjo la destrucción de la primera alineación dunar existente durante el proceso urbanizador.

En la redacción del proyecto (2018) se estimó que para alcanzar esta línea de costa objetivo era necesario un volumen de arena de 2.908.796 m³, volumen que fue final-

Se reducen durante largos periodos de tiempo las consecuencias de los fenómenos erosivos

mente incrementado en la fase de obras (2023) debido a la necesidad de compensar las pérdidas de material producidas durante este intervalo de tiempo por la sucesión de temporales de gran magnitud que afectaron esta zona (Gloria, Filomena, etc.)

—Los trabajos previos destinados a la búsqueda de la fuente de suministro de arena

Los efectos regresivos particularizados para las playas del Parque Natural de la Albufera producidos por causas como las descritas anteriormente son extensibles a multitud de otros lugares de la costa mediterránea española. Ya en los años 80 se hizo patente la necesidad futura de tener que acometer grandes obras de regeneración, con lo que se hacía indispensable el encontrar una fuente de suministro de arena para poder llevar a cabo este tipo de actuaciones.

Para poder ejecutar una obra de regeneración costera de esta magnitud se deben contar con una fuente de sedimentos que tiene que cumplir unos requisitos mínimos de origen técnico, estético y medioambiental entre los que se encuentran: volumen suficiente (hablamos de millones de m³ de arena), calidad adecuada (material fino < 5%, exenta de metales pesados, materia orgánica, color similar al existente, etc.) y características granulométricas adecuadas (principalmente que el tamaño del material del yacimiento sea superior al material existente en la playa a regenerar para garantizar su estabilidad).



Barreras dunares erosionadas con especies autóctonas como el cardo marino, junto a la Devesa, en una imagen previa a las obras en la que se observa la urbanización Cashbah, La Garrofera y al fondo el puerto de Valencia © E. Fdez / Terabithia



Imagen durante los trabajos actuación, en la que se aprecia la amplitud de la playa con las arenas aportadas. © MITECO

Encontrar fuentes de suministro de arena en el ámbito continental que reúnan estas características no es nada sencillo, principalmente por el incumplimiento de los requisitos derivados del elevado volumen de arena necesario, aunque también por los requisitos granulométricos. Por este motivo, a partir de los años 80 se inició la búsqueda de yacimientos submarinos de arena que permitiesen acometer este tipo de obras.

En un primer momento, los estudios geofísicos de investigación se centraron en la provincia de Valencia y hasta la batimétrica -40 m, ya que ésta era la limitación técnica de extracción de las dragas existentes en el mercado en ese momento. Los resultados de estas primeras investigaciones fueron decepcionantes ya que, aunque se encontraron un gran número de yacimientos submarinos con volumen de arena suficiente, ninguno de ellos reunía los requisitos de adecuada granulometría.

A mediados de los años 90 hubo un importante desarrollo técnico en las dragas de succión en marcha tipo jumbo que les permitía alcanzar elevadas profundidades de extracción (superiores a los 100 m). Esto motivó que en 2005 se reanudasen estas labores de investigación geofísica hasta la batimétrica -80 m y se incluyese en el ámbito del estudio la provincia de Alicante, situada al sur. Se investigaron más de 275 km de litoral dando como resultado el descubrimiento de 19 yacimientos submarinos de material suelto, de los cuales 4 (uno en Valencia y tres en Alicante) eran potencialmente aptos para ser utilizados como fuente de sedimentos para acometer actuaciones de regeneración de playas. Este estudio geofísico se complementó en 2007 con un estudio granulométrico de detalle de estas cuatro zonas. Finalmente, los resultados de este estudio granulométrico evidenciaron que el yacimiento de la zona de Valencia reunía las características idóneas en cuanto a volumen, calidad y granulometría para los objetivos buscados.

El yacimiento frente a Sueca y Cullera

Este yacimiento de arena (denominado “zona 15” en el estudio de 2005 y 2007 o de una forma más descriptiva como “banco submarino de Sueca y Cullera”) tiene una extensión de 26 km² y un volumen de material caracterizado de 66 millones de m³ de arenas. El tamaño mediano de la arena del yacimiento es 0,32 mm, lo que supone un tamaño superior a la mayoría de las playas con necesidad de ser regeneradas, no habiéndose detectado indicios de contaminación. Se encuentra a una profundidad de entre -65 y -80 m, por lo que sólo es explotable por las dragas de succión en marcha y por un número muy limitado del parque mundial. La distancia mínima a la costa es de unos 11 km (costas de Sueca y Cullera). Con el descubrimiento de este importante yacimiento submarino de arena se pretende regenerar gran parte de las playas que se encuentran en situación regresiva de las provincias de Valencia y Alicante.

En concreto, para la ejecución de las obras de regeneración de las playas de l'Arbre del Gos, Saler y Garrofera se seleccionó una zona prioritaria de extracción dentro del yacimiento (subpolígono 1) para satisfacer las necesidades de material, siendo la distancia entre este subpolígono y las playas de unos 20 km (Fig. 8).

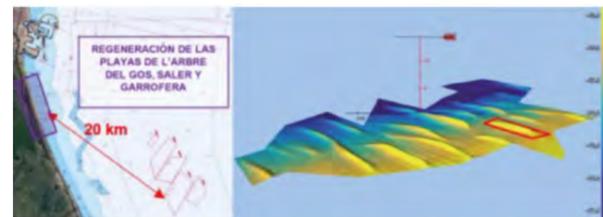


Figura 8. Situación y morfología superficial del yacimiento submarino y subpolígono de extracción (polígono 1 en rojo)

Obras financiadas por el PRTR

Las obras de regeneración ejecutaron en un plazo de 8 meses (abril-diciembre de 2023) y supusieron una inversión finalde 31.023.001,88 €. Esta inversión ha sido financiada por la Unión Europea mediante los Fondos Next Generation del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia. Se trata de la mayor actuación en materia de regeneración costera realizada en la historia de España, tanto por volumen de arena aportado a las playas como por inversión y ha consistido en los siguientes trabajos.

—Aporte de arena para regeneración de las playas objetivo con draga de succión en marcha tipo Mega

En las playas objetivo se han aportado 3.227.129,50 m³ de arena con arena procedente mayoritariamente del subpolí-



La tubería flotante que aporta arena junto a la gola por la que desagua La Albufera (al fondo), la cashbah y a la derecha el hotel Sidi junto a las playas

gono 1 del yacimiento submarino. Se ha extraído mediante la draga de succión en marcha tipo mega HAM-318. Esta draga tiene un volumen de cántara de 39.467 m³, un calado de 13,55 m y permitía extraer el material a las elevadas profundidades a las que se encuentra el polígono de extracción (hasta -75 m).

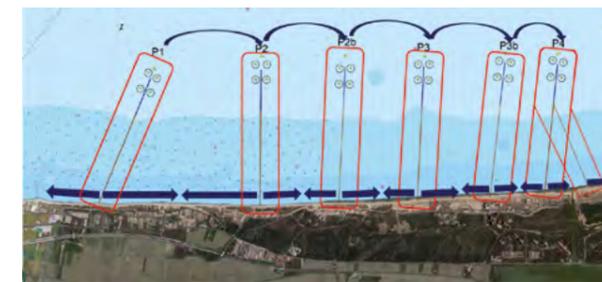


Figura 9. Posiciones de tubería sumergida y proceso de llenado de la regeneración

La sección transversal constructiva de la aportación a playa fue en forma de cuña, situándose la cota de la berma a 1,5 metros por encima del nivel medio del mar. El oleaje será el encargado de moldear definitivamente esta sección constructiva hasta alcanzar su estabilidad transversal (Fig. 13).

El volumen total se ha aportado con 120 ciclos de dragado-bombeo, lo que supone una media de 26.893 m³ de arena/ciclo. Cada ciclo se realizaba a una media de unas 8 h/ciclo. Durante el proceso de dragado se realizaban operaciones de overflow o rebose del agua con finos de la cántara para cargar y transportar la mayor cantidad posi-

El ancho medio de la playa se ha ampliado más de 100 metros

ble de arenas maximizando de esta forma la eficiencia en el proceso.

La descarga del material dragado a las playas se realizó mediante tubería sumergida, no permitiéndose por motivos ambientales otras formas de descarga como el rainbow o por fondo. El elevado calado en carga de la draga junto con la configuración batimétrica de la zona hizo necesaria la instalación de una tubería de acero sumergida de 1.000 mm de diámetro y 1.260 m de longitud, que fue necesario soldar previamente en playa. Esta tubería se complementó en el extremo marino con 672 m de tubería flotante permitiendo su conexión con la draga y en el extremo tierra con hasta 1.800 m de tubería terrestre en tramos de 24 m con la que se iba redistribuyendo el material en playa seca conforme se avanzaba en la regeneración.

Para esta regeneración fue necesario el empleo de 6 posiciones de tubería sumergida, iniciándose los trabajos desde el norte hacia el sur (Fig. 9).

—Reparación y prolongación de los espigones de la Gola de Puchol

La reparación y prolongación de los espigones de la Gola de Puchol existentes (Fig. 10) permite garantizar el drenaje del lago de la Albufera a través de una de sus tres salidas, evitando que el ancho de playa ganado con la actuación interfiera con la sección de desagüe. Además, la prolon-



Figura 10. Prolongación de espigones en la Gola de Puchol © MITECO. En la foto aérea se observa la ampliación del espigón yerinada y a la izquierda, la Albufera © Google / Terabithia

- Instalación de 75.480 m² de captadores de la planta *Spartina versicolor* (borrón) sustentados con estructura de cañas secas (Figura 5). Se han hincado verticalmente en el suelo formando una densa empalizada en disposición octogonal que promueve la acumulación de la arena transportada por el viento, generando de forma natural nuevas dunas y reforzando las ya existentes.
- Plantación de 44.400 unidades de especies vegetales en restauración dunar con planta para duna y zonas costeras que dotarán de mayor estabilidad a las dunas.
- Cerramiento de vallados blandos con postes hincados de madera y cuerda a lo largo de 7 km del frente de actuación que señalizan y protegen las recién creadas dunas para defenderlas de agentes antropogénicos.
- Aporte de arena a la playa de La Devesa (aguas abajo de la actuación)

Como se ha comentado anteriormente, la prolongación de la Gola de Puchol supone una barrera parcial al transporte de sedimentos. Por este motivo, como medida correctora se ha realizado el aporte de 57.345 m³ de arena en la playa de La Devesa, al sur de la Gola de Puchol, procedentes del yacimiento submarino. Este volumen fue aportado con una nueva posición (la 7ª) de la tubería sumergida (Fig. 9) en los últimos dos viajes de la draga (ciclo 121 y 122).



Figura 5. Las cuadrículas con los captadores de borrón en la playa de La Garrofera © Google / Terabithia

gación de los espigones tendrá un efecto sobre la propia playa regenerada, sirviendo de apoyo al material vertido. Como efecto colateral indeseable, la prolongación de estos espigones supone una barrera al transporte longitudinal de sedimentos que puede llegar a afectar a las playas situadas aguas abajo. Para minimizar este efecto se limitó la profundidad del morro del dique a -2,3 m en el espigón norte y -1,5 m en el sur, de tal manera que actuase como barrera parcial al transporte sedimentario y permitiendo el rebase de la mayor parte del volumen que alcanza la gola. Para esta actuación se utilizaron 13.189 toneladas de escollera de cantera de más de 1 y 3 toneladas y se procedió a la recolocación con el material existente de otras 3.058 t de escollera en las zonas más dañadas de los espigones primitivos.

Restauración dunar

A fin de dotar de mayor protección a la playa regenerada, se han efectuado labores de restauración de las dunas erosionadas en el frente costero de actuación (Fig. 11). Para ello se han ejecutado los siguientes trabajos:

- Construcción y modelado del cordón dunar con 44.400 m³ de arena procedente del propio yacimiento.



La draga de succión HAM 318, la tercera más grande del mundo por volumen de cántara y primera por eslora y la tubería flotante que la conecta con la playa y aporta el material captado en el yacimiento Cullera-Sueca

Esta aportación supone una acumulación de sedimentos que serán erosionados por el oleaje amortiguando de este modo el efecto barrera del espigón norte de la gola hasta que se produzca su colmatación de material y se restituya el transporte sedimentario a través de la misma.

Además, este volumen se complementó con el aporte de 7.206 m³ de arena procedente del propio cauce de la Gola de Puchol y que se encontraban allí retenidos impidiendo su correcto funcionamiento hidráulico (Fig.10)



Figura 12. Resultado de la regeneración. Planta.

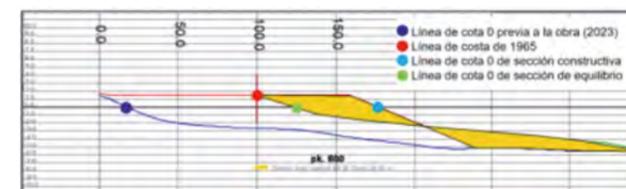
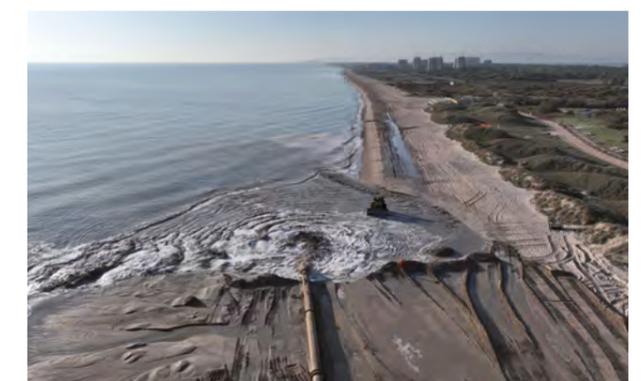


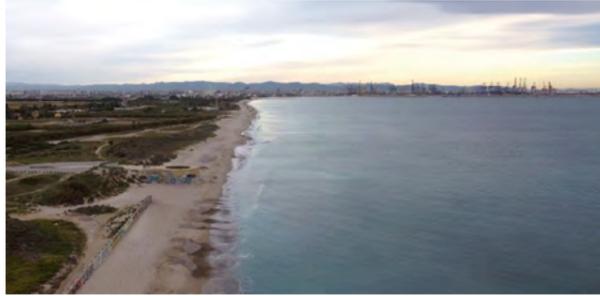
Figura 13. Resultado de la regeneración en sección transversal. Ejemplo de sección transversal y cambio de sección constructiva (cuña) a sección estable (perfil de Dean)

El resultado

En este apartado se muestran los principales resultados de la regeneración llevada a cabo. A modo de resumen, el control de la regeneración realizada se puede representar mediante el seguimiento de la denominada como 'línea de cota 0 (LCO)'. Para ello, se ha representado una planta con la posición de la LCO antes de las obras (azul oscuro) e inmediatamente después de las obras (azul celeste) (Fig. 12). Además, se ha realizado una estimación del volumen erosionable en la sección constructiva en cuña para compensar el volumen necesario en la playa sumergida con tal de alcanzar el equilibrio esperado (Fig. 13). Estos cálculos han permitido representar también en planta la LCO de la playa una vez alcanzado el equilibrio (línea de color verde).

Los resultados obtenidos en cuanto a superficies y anchos medios ganados con la regeneración se han representado





Algunas imágenes comparativas del antes y después de la actuación. Imágenes antes (izq.) y después (der.) Espigón Sur de Pinedo (arriba) y pk 2+4,00 zona del Búnker del Saler (centro). Vista hacia el sur de la Devesa (abajo)

en la Tabla 1. Una vez alcanzado el equilibrio se espera conseguir un incremento de ancho mediodel orden de los 73 men los 7,1 km de la actuación, lo que va a permitir alcanzar el objetivo planteado de recuperar de la línea de costa de 1965.



La tubería conectada a la draga aportando material y maquinaria pesada ampliando la playa

Grafico

Superficies ganadas e incrementos de ancho medios (en sección constructiva y en sección de equilibrio)

	Sección constructiva	Sección de equilibrio
Incremento de superficie (m ²)	764.510,75	518.208,36
Incremento de ancho medio (m)	107,68	72,99



Solución a largo plazo

Las obras de regeneración de las playas de l'Arbre del Gos, Saler y Garrofera pretenden ser una solución a largo plazo de los problemas erosivos existentes en este tramo de costa. Si bien no se está actuando sobre las principales causas del problema (falta de aportes sedimentarios del río Turia y el efecto barrera total del puerto de Valencia), este tipo de actuaciones permiten reducir durante elevados periodos de tiempo las consecuencias de los problemas derivados de la existencia de estos fenómenos erosivos.



Agradecimientos

- Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas, empresas y organismos, tanto públicos como privados, que han participado de manera decisiva en la elaboración de los trabajos y estudios que han hecho posible la realización de esta obra. Nuestros agradecimientos se extienden desde aquellos que acometieron los primeros estudios geofísicos en 1985 para la búsqueda de yacimientos marinos, pasando por todas las etapas intermedias (ampliación de la investigación geofísica en 2005 y 2007, elaboración por el CEDEX de las Estrategias de Protección de la Costa Sur de Valencia, o el desarrollo del proyecto constructivo, entre otros), hasta llegar a las personas y empresas responsables de la ejecución final de la obra: al anterior Jefe de Demarcación A. Cejalvo (q.e.p.d.), directores de la obra (E. Jiménez y E. Correcher) y a su personal de apoyo (V. Alonso, M. J. Sahuquillo y M. Guisado —q.e.p.d.—), constructoras, subcontratistas y asistencia técnica.
- De manera especial, queremos agradecer a todo el personal, al actual y al pasado, de la Demarcación de Costas en Valencia y de los servicios centrales de la D. G. de la Costa y el Mar del Ministerio, quienes, de una u otra forma, han contribuido a lo largo de este dilatado proceso a hacer realidad esta actuación. Esto incluye no solo al personal Directivo e ingenieros, sino también a todo el personal técnico y administrativo por su dedicación y esfuerzo a lo largo de los años. En particular, queremos agradecer a D. Jaime Almenar, funcionario jubilado y durante décadas Ingeniero del Servicio de Proyectos y Obras de la Demarcación de Costas, quien dedicó gran parte de su extensa carrera al estudio de la costa valenciana, impulsando este tipo de proyectos. Sin el trabajo y compromiso de todos ellos nada de esto hubiera sido posible.

Referencias

- Peña Olivas JM, Medina Villaverde JM (2023). Curso práctico de dinámica litoral: diagnóstico y análisis de problemas costeros, CEDEX.