



ANÁLISIS DE LA DINÁMICA Y PROCESOS LITORALES DEL FRENTE LITORAL DE ALMASSORA (CASTELLÓN), ACTUACIONES REALIZADAS, EVOLUCIÓN Y PROGNOSIS Y PROPUESTA DE ALTERNATIVAS PARA SU PROTECCIÓN Y REGENERACIÓN



Playa de Ben Afeli (T.M. Almazora, Castellón). Fuente: MITECO

ANÁLISIS DE LA DINÁMICA Y PROCESOS LITORALES DEL FRENTE LITORAL DE ALMASSORA (CASTELLÓN), ACTUACIONES REALIZADAS, EVOLUCIÓN Y PROGNOSIS Y PROPUESTA DE ALTERNATIVAS PARA SU PROTECCIÓN Y REGENERACIÓN

ÍNDICE

1. Introducción y objetivos.....	1
2. Localización	1
3. Guía de playas	2
4. Encuadre morfodinámico	7
5. Dinámica litoral	10
6. Evolución frente litoral de Almassora	16
6.1. Proyecto BEACHMED	16
6.2. Evolución Google Earth.....	20
7. Actuaciones realizadas	23
8. Propuestas de actuación	24
9. Conclusiones.....	28

ANEXOS

- Anexo I. Fototeca
- Anexo II. Google Earth
- Anexo III. Sedimentología
- Anexo IV. Perfiles transversales
- Anexo V. Medioambiente
- Anexo VI. El puerto de Castellón
- Anexo VII. Actuaciones ejecutadas

ANÁLISIS DE LA DINÁMICA Y PROCESOS LITORALES DEL FRENTE LITORAL DE ALMASSORA (CASTELLÓN), ACTUACIONES REALIZADAS, EVOLUCIÓN Y PROGNOSIS Y PROPUESTA DE ALTERNATIVAS PARA SU PROTECCIÓN Y REGENERACIÓN

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El presente informe tiene como objetivo analizar la dinámica y procesos litorales del frente litoral de Almassora (Castellón) y poder, en la medida de lo posible, actuaciones para la regeneración del litoral y su sostenibilidad.

Para ello se analizarán las actuaciones ya ejecutadas, valorando su efectividad, como establecer cuáles son los riesgos que sobre este frente existen en la actualidad, posibilidad de anularlos o actuar sobre ellos y restablecer la dinámica litoral, en la medida de lo posible.

2. LOCALIZACIÓN

Almassora es un municipio de la Comunidad Valenciana, situado en el sureste de la provincia de Castellón, en la comarca de la Plana Alta.

Se encuentra entre los municipios de Castelló de la Plana, al norte, y Vila-real y Borriana al sur, figura 1. A seis kilómetros (6 km) al sur de la capital de la provincia, Castelló de la Plana, accediendo por la CV-18, la CV-1840 permite el acceso a su frente litoral.



Figura 1. Localización

Igualmente puede accederse a Almassora desde la N-340, vía N-340a, y la E-15 (AP-7).

La principal actividad económica está relacionada con la industria cerámica de pavimentos y revestimientos cerámicos y un amplio sector de servicios para la cerámica; le sigue el sector de la construcción y la agricultura de cítricos.

El frente litoral se localiza entre los límites municipales de Castelló de la Plana, al norte, y Borriana, al sur, siendo en este último caso el curso del Mijares quien señala el límite



Figura 2. El litoral de Almassora

municipal, el límite por el norte, en su frente litoral insistimos es con el polígono industrial El Serrallo.

3. GUÍA DE PLAYAS

En este punto queremos dar un repaso a las diversas guías de playa consultadas y que pueden, al mismo tiempo, darnos una imagen de la evolución del frente litoral del Almassora, figura2.

En la imagen podemos ver que el frente litoral de Almassora se limita, por el norte con Castelló de la Plana, y concretamente con la playa del Serrallo, polígono industrial del mismo nombre, y por el sur el río Mijares señala el límite

del frente, aproximadamente tres kilómetros y medio (3.560,00 m), el dato anterior lo determinamos considerando el eje del delta del Mijares como el límite inferior del frente de Almassora, pero si consideramos como frente litoral de Almassora el encerrado entre los espigones extremos el frente es de un poco más de tres kilómetros (3.097,00 m).



Figura 3. El litoral de Almassora

Según el inventario de playas, del Plan Indicativo de Usos del Dominio Público Litoral (PIDUL, *Jefatura de Costas y Puertos de Levante, MOPU, Dirección General de Puertos y Señales Marítimas, Subdirección General de Costas y Señales Marítimas, 1976*), el frente de Almassora lo forman las playas de La Torre y Mijares, tabla 1.

El inventario de playas, que recogemos en la tabla 1, define los siguientes parámetros: Longitud de la playa – anchura – área activa – área de reposo – área restante – pendiente media – tipo de áridos – grado de ocupación – urbanización.

Longitud de la playa: Longitud de la formación sedimentaria entre los límites geográficos de la denominación de la formación.

Anchura: anchura media de la formación arenosa. El PIDUL define, también, la anchura máxima y mínima, pero en nuestro caso hemos preferido únicamente hacer referencia al valor medio.

Área activa: franja de playa destinada para la entrada y salida del agua y de paseo; teóricamente esta franja no debería estar ocupada por el usuario.

Área de reposo: superficie de playa destinada a la colocación de hamacas y sombrillas, teóricamente es la franja ocupada por el usuario durante su estancia en la playa.

Área restante: resto de la superficie de playa tras restar las áreas activa y de reposos. Esta franja puede estar ocupada por juegos o instalaciones.

Pendiente media: pendiente media de la playa seca, los intervalos comprenden las siguientes definiciones: pendiente suave = 0-3 % / pendiente media = 4-7 % / pendiente fuerte \geq 7 %

Tipo de áridos: clasificación del material sedimentario suelto de la playa seca, se establecen las siguientes categorías: *bolos - grava - gravilla - cantos - arenas gruesas - arenas medias - arenas - arenas finas - conchas - escoria - rocosa - costa rocosa baja*

Grado de ocupación: define el nivel de uso lúdico de la playa, e indirectamente la afluencia de usuarios a la misma. Los niveles definidos son: *nulo – escaso – medio – alto*

Urbanización: nivel de urbanización del trasdós del litoral. Se definen los siguientes niveles: *nula – aislada – semiurbana – urbana*

Tabla 1

Playa	Longitud (km)	Anchura (m)	Área activa (m ²)	Área reposo (m ²)	Área restante (m ²)	Pendiente media	Tipo de áridos	Grado ocupación / Urbanización
La Torre	0,410	10	1.200	3.200	400	Suave	Arena fina	Escasa / Aislada
Río Mijares	0,720	30	2.400	4.800	20.000	Media	Cantos, arena y conchas	Nula / Nula

El frente total, según el PIDUL, es algo más de un kilómetro (1.130 m), la tercera parte del frente que hemos señalado anteriormente.

El inventario de playas del Ministerio de Medio Ambiente se ha confeccionado tomando como base de datos la información recogida en la Web del Ministerio (www.mma.es), y que le damos como fecha de realización el año 2003, figura 3. En este caso la información no es tan completa como en el caso anterior; la información original recoge aspectos relacionados con el nivel de servicios de la playa, accesos, y otros aspectos. En este caso recopila los siguientes parámetros que recogemos en la tabla 2: longitud de la playa – anchura – tipo de áridos – grado de ocupación – urbanización.

Longitud de la playa: Longitud de la formación sedimentaria, los límites que definen la longitud no se definen.

Anchura: anchura media de la formación arenosa.

Tipo de áridos: clasificación del material sedimentario suelto de la playa seca, se establecen las siguientes categorías: *rocas - bolos - grava - cantos - arenas*

Grado de ocupación: define el nivel de uso lúdico de la playa, e indirectamente la afluencia de

usuarios a la misma. Los niveles definidos son: *baja – media – alta*

Urbanización: nivel de urbanización del trasdós del litoral. Se definen los siguientes niveles: *aislada – semiurbana – urbana*

En este caso la guía de playas indica dos para Almassora, Ben Afeli y La Torre, cuyas características recogemos en la tabla 2.

Tabla 2

Playa	Longitud (km)	Anchura (m)	Tipo de áridos	Grado ocupación / Urbanización
Ben Afeli	0,450	40	Grava	Media / Urbana
La Torre	2,200	20	Grava	Media / Urbana

Ya recoge las denominaciones que actualmente encontramos, aunque parcialmente como posteriormente veremos. En esta guía vemos que las anchuras de las playas son mayores que las vistas en la anterior guía, pero el frente sigue siendo menor que lo definido con anterioridad, es algo más de dos kilómetros y medio (2.650 m), hay un cambio en los materiales que conforman las playas.

Introducimos la guía de la Agencia Valenciana de Turismo (2003), esta guía se ha confeccionado tomando como base de datos la información recogida en la Web de la Agencia, (www.comunitat-valenciana.com) y que le damos como fecha de realización el año 2003, tabla 3.

En este caso la información está muy dirigida al aspecto turístico del litoral de la Comunidad Valenciana, lo que reduce los datos de utilidad, y que podemos reducir a los siguientes parámetros: longitud de la playa – anchura – tipo de áridos – grado de ocupación – urbanización.

Longitud de la playa: Longitud de la formación sedimentaria, los límites que definen la longitud no se definen.

Anchura: anchura media de la formación arenosa.

Tipo de áridos: clasificación del material sedimentario suelto de la playa seca, se establecen las siguientes categorías: *bolos - grava - arenas*

Grado de ocupación: define el nivel de uso lúdico de la playa, e indirectamente la afluencia de usuarios a la misma. Los niveles definidos son: *nula - baja – media – alta*

Urbanización: nivel de urbanización del trasdós del litoral. Se definen los siguientes niveles: *nula - aislada – semiurbana – urbana*

Tabla 3

Playa	Longitud (km)	Anchura (m)	Tipo de áridos	Grado ocupación / Urbanización
La Torre / Ben Afeli	2,000	25	Grava y arena	- / Semiurbana

La tabla 4 recoge las tres guías que hemos señalado en principio y podemos ver las importantes diferencias entre las tres fuentes; la longitud del frente oscila entre un kilómetro y dos kilómetros y medio (1.130 m / 2.650 m), e incluso diferente con la longitud del frente que hemos señalado en un principio, e incluso se difiere con la denominación de las playas, únicamente MMA y AVT coinciden; las anchuras, igualmente, difieren y en ningún caso muestran un valor que podamos considerar como de forma estable, consideramos que una playa con formas naturales, playa seca y escarpe natural (duna), la anchura mínima para considerarla estable es de cuarenta y cinco metros (45 m), mientras que en el caso de que el escarpe natural haya sido sustituido por una infraestructura regida, paseo marítimo y escollero, la anchura mínima debería ser de cincuenta y cinco metros (55 m), y como vemos en ningún caso nos acercamos a esos valores.

Tabla 4

PIDUL (1976)				MMA (2003)				AVT (2003)			
Playa	Longitud (km)	Anchura (m)	Tipo áridos	Playa	Longitud (km)	Anchura (m)	Tipo áridos	Playa	Longitud (km)	Anchura (m)	Tipo áridos
La Torre	0,410	10	Arena fina	Ben Afeli	0,450	40	Grava	La Torre/Ben Afeli	2,000	25	Grava arena
Río Mijares	0,720	30	Cantos y arena	La Torre	2,200	20	Grava				

En la tabla 5 hemos querido reunir los datos de fuentes alternativas. En este caso sí que existe coincidencia con referencia a la longitud del frente, coincidiendo con la guía del MMA (2003); las diferencias se sitúan en la anchura de las playas, por un lado, parecidas a las establecidas en guías anteriores, y en un caso coincidencia con MMA (2003). En cierta forma casi podríamos llegar a la conclusión, que en el caso de las fuentes alternativas se han confeccionado con valores ya establecidos.

Tabla 5

<i>Las playas.net</i>				
Playa	Longitud (km)	Anchura (m)	Tipo de áridos	Grado ocupación / Urbanización
Ben Afeli	0,450	20	Arena dorada	- / Urbana
La Torre	2,200	15	Grava y arena	- / Urbana
<i>Las provincias</i>				
Ben Afeli	0,450	20	Arena dorada y grava	- / Urbana
La Torre	2,200	15	Arena y grava	- / Urbana
<i>Queplaya.es</i>				
Ben Afeli	0,450	40	Grava	Medio / Urbana
La Torre	2,200	20	Grava	Medio / Urbana

Dos guías queremos reunir para finalizar, la guía de MITECO (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto demográfico) y el PATIVEL (Pla d'Acció Territorial de la Infraestructura Verda del Litoral, GVA).

En la tabla 6 recogemos los valores definidos por MITECO en su guía de playas y que se supone que se ha actualizado si la comparamos con los datos presentados por la guía MMA (2003), hay coincidencia en la denominación y longitud, en grado de ocupación y urbanización, parcialmente en la tipología de los áridos y sí que existe diferencia en el parámetro de la anchura de la playa seca, con valores menores y que en cualquier caso están por debajo de las anchuras recomendadas, y que en estos frentes deberíamos fijar en cincuenta y cinco metros (55,00 m) dada la presencia de restos de escolleras y muretes, aunque localmente se han regenerado formaciones dunares.

Tabla 6 (MITECO)

Playa	Longitud (km)	Anchura (m)	Tipo de áridos	Paseo Marítimo	Vegetación	Espacio protegido	Actuaciones	Grado ocupación / Urbanización
Ben Afeli	0,450	20	Arena-Grava	No	No	No	Regeneración dunar y playa	Medio / Urbana
La Torre	2,200	15	Arena-Grava	No	No	No	Regeneración playa	Medio / Urbana

Completamos los datos anteriores con los facilitados por el Estudio Ecocartográfico del litoral de la Provincia de Castellón, y facilitado por MITECO, y presumiblemente con datos correspondientes a 2010 según las fechas de las imágenes que acompañan a la información, figura 4.

Tabla 7 (Ecocartografía)

Playa	Longitud (km)	Anchura Media (m)	Anchura máxima (m)	Anchura mínima (m)	Tipo de áridos	Actuaciones	Urbanización
Ben Afeli	0,933	73	150	28	Arena-Grava	Estabilizada con espigones	Urbana
La Torre	2,175	16	49	6	Arena-Grava	Estabilizada con espigones	Urbana

La tabla 7 recoge precisamente los datos facilitados por el estudio Ecocartográfico, el primer detalle es la longitud de los frentes, la playa de la Torre podríamos decir que se ajusta a los datos facilitados por las guías anteriores, dos mil doscientos metros frente a dos mil ciento setenta y cinco metros (2.200/2175 m), mientras que Ben Afeli dobla el frente que recogen el resto de guías, casi un kilómetro frente a cuatrocientos cincuenta metros (450/933 m), en este caso parece que recuperamos frente litoral, sí consideramos la longitud del frente de las dos playas el frente costero de Almassora es de más de tres kilómetros (3.108,00 m), valor próximo al que definíamos entre los espigones extremos, tres kilómetros (3.097,00 m);



Figura 4. Estudio Ecocartográfico de litoral de la provincia de Castellón (Fuente: MITECO)

las anchuras en esta ocasión se han discretizado entre la máxima, la mínima y el valor medio, los valores máximos son comprensibles apoyándonos en las obras de estabilización, espigones y diques exentos, más alimentación artificial, que permite playas abrigadas y apoyadas con anchuras importantes, sobre todo Ben Afeli, aunque con puntos críticos con anchuras



Figura 5. PATIVEL(Fuente: GVA)

inferiores a las recomendadas, lo que ocurre en La Torre que no se supera la anchura mínima de cincuenta y cinco metros (55,00 m) que hemos considerado como el mínimo óptimo. La guía de MITECO recoge la regeneración de dunas, mientras la ecocartografía no, lo que es evidente por las fechas. Esta base de datos merece confianza y próxima a la realidad del frente de Almassora.

Nos queda por ver la guía que nos facilita el PATIVEL (Pla d'Acció Territorial de la Infraestructura Verda del Litoral, GVA), en la figura 5 recogemos los frentes que presenta esta guía. La información es corta, pero puede ser de interés. Ben Afeli la define como playa urbana con un frente superior al kilómetro (1.418,00 m), es evidente que supera en mucho los valores vistos con anterioridad, y puede ser por considerar realmente en la ficha de la playa un tramo de La Torre, esta última también la define como urbana y con un frente cercano a los dos kilómetros (1.964,00 m), es evidente que hay un tramo que se contabiliza en la anterior playa, pero lo interesante es que en conjunto el frente se aproxima al desarrollo que señalábamos al principio y considerar la costa de Almassora como el frente limitado por los espigones extremos.

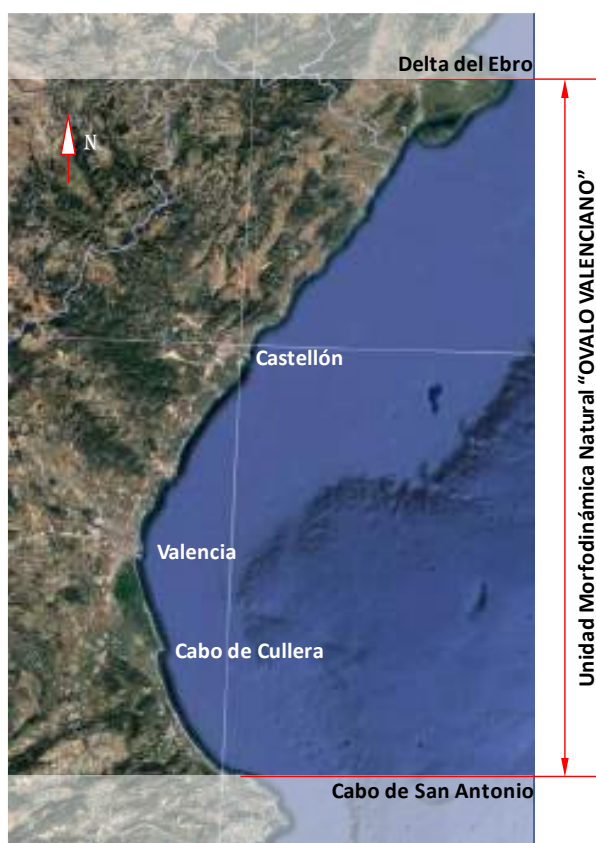


Figura 6. Unidad Morfodinámica Natural "OVALO VALENCIANO". (Elaboración propia)

4. ENCUADRE MORFODINÁMICO

El denominado Ovalo Valenciano, también conocido como Golfo de Valencia, constituye la mayor Unidad Morfodinámica Litoral Natural del litoral español, figura 6. La

Unidad Morfodinámica se define como el tramo, o ambiente, litoral independiente del resto, cuyas fuentes y sumideros de sedimentos son internas y cualquier acción realizada dentro del ámbito de la unidad afecta a las formaciones litorales de la misma, a corto-medio-largo plazo, alterando las condiciones de equilibrio y pudiendo generar procesos recesivos, en ocasiones no recuperables.

Siguiendo la definición establecida, la costa entre el Delta del río Ebro y el Cabo de San Antonio, figura 6, conforma una Unidad Morfodinámica Natural, representa un frente de doscientos setenta y seis kilómetros (276 km), que corresponde a dos Comunidades Autónomas y cuatro provincias.

En general las Unidades Morfodinámicas vienen limitadas por barreras totales al transporte sólido litoral, en cuyo caso estaríamos hablando de *Unidades Morfodinámicas Naturales*. En el caso que nos ocupa, el delta y el cabo representan, para el primero, una fuente de materiales que alimenta las costas al Norte y Sur del mismo, pero que impide que los sedimentos del Norte pasen al Sur y viceversa; por otro lado, el Cabo de San Antonio, es una barrera total al transporte que impide el transporte de sedimentos desde las playas de Denia hasta la bahía de Xavea y más al Sur.

Las barreras al transporte sólido litoral pueden ser artificiales, y en este caso estaríamos hablando de *Unidades Morfodinámicas Artificiales*, y siempre que alguna de las barreras cumpla la condición de artificial. Dentro de cada una de las Unidades, podemos encontrar barreras de orden menor, y singularidades, que permiten dividir la Unidad en Subunidades, de primer y segundo orden, que permiten establecer tramos costeros sobre los que puede actuarse con un cierto grado de independencia. Establecemos la diferencia en el plazo de afección, así cuando la afección al equilibrio sea a corto y medio plazo, tendremos *Subunidades de Primer Orden*, y cuando la afección sea a corto plazo la subunidad será de *Segundo Orden*. Como en el caso de las unidades, cuando las barreras sean naturales, la subunidad será natural, y si las barreras son naturales y/o artificiales, la subunidad será artificial.

Considerando las barreras y singularidades naturales en el tramo de costa que conforma el Ovalo Valenciano, se establecen diversas subunidades naturales, en nuestro caso las playas se encuadrarían en la Subunidad Morfodinámica Natural de 1^{er} Orden "**La Plana**": tramo litoral limitado por el Cabo de Oropesa y el delta del río Mijares. Nuevamente un cabo, el de Oropesa, se constituye en una singularidad doble geométrica - dinámica que permite establecer dos subunidades; a barlomar del cabo de forma una playa apoyada, playa de Morro de Gos, mientras que a sotamar se constituye en un abrigo que da lugar a una bahía con las formaciones de Benicassim, con una dinámica local particular, figura 7.

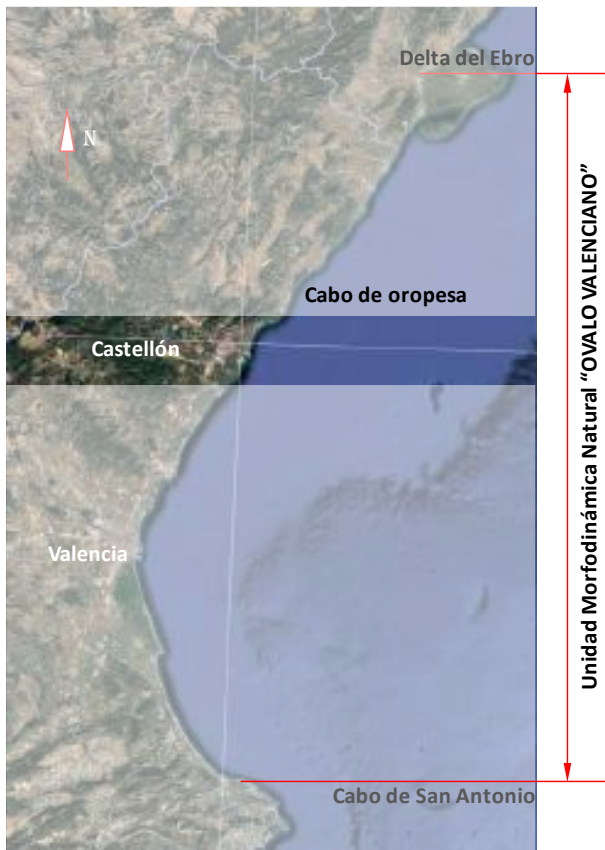


Figura 7. Subunidad Morfodinámica Natural de 1^{er} Orden "VALENCIA". (Elaboración propia)

La configuración actual del frente litoral de la Comunidad Valenciana es quien marca la división de unidades y subunidades, la construcción de barreras artificiales, diques de abrigo y defensas de costas, es quien marca los límites y quien la conforma realmente. Por tanto, es esta división la que debe considerarse al estudiar nuestro litoral, marcando las zonas de actuación e influencia de las actuaciones, desde las obras de defensa y regeneración, hasta las posibles nuevas obras de abrigo. La posible incorporación de nuevas barreras provocaría una nueva división, por lo que podríamos llegar a establecer que la configuración de unidades y subunidades es dinámica, cambiante, y no estática o fija.

dan lugar a la siguiente división de la costa, figura 8:

Unidad Morfodinámica Artificial "**Castellón**": tramo litoral limitado por el Delta del Ebro, barrera natural situada al norte, y las obras de abrigo del Puerto de Castellón, al sur. Este tramo presenta mayor variedad de formas costeras, desde acantilados bajos, costa rocosa baja y playas de arena y gravas, la dinámica es claramente norte-sur, con tramos de dinámica contraria y significativa como es el tramo entre el cabo de Oropesa y el puerto de Castellón. Las fuentes de materiales más importantes son el río Ebro, e históricamente el Mijares.

Unidad Morfodinámica Artificial "**Valencia**": tramo litoral limitado por las barreras artificiales de los puertos de Castellón, al norte, y Valencia, al sur. El frente litoral es un

Las barreras naturales y/o artificiales

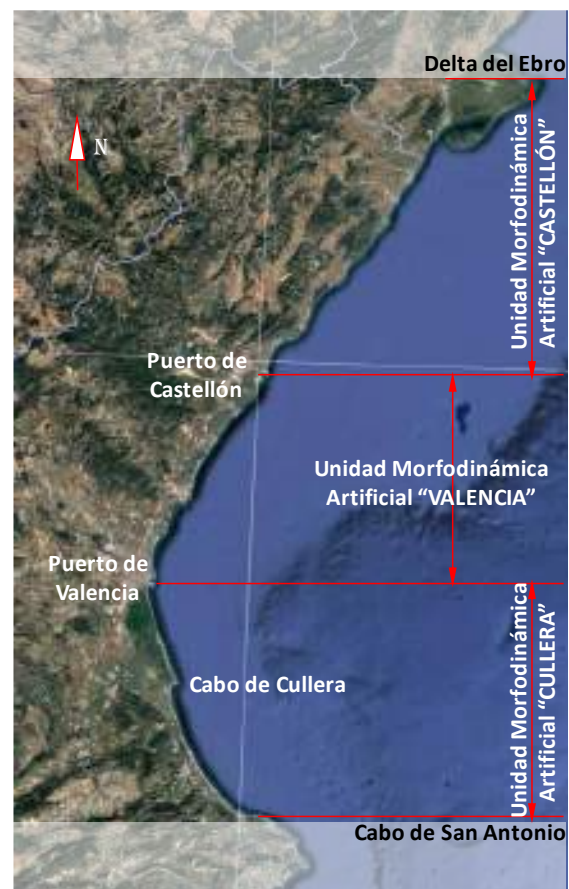


Figura 8. Unidad Morfodinámica Artificial "VALENCIA". (Elaboración propia)



Figura 9. Subunidad Morfodinámica Artificial de 1^{er} Orden "ALMASSORA". (Elaboración propia)

continuo arenoso que encierra en su trasdós marjales y albuferas, actualmente desecadas en su mayoría; el frente está fuertemente antropizado, lo que da lugar a un gran número de subunidades. La dinámica litoral es norte-sur. Las fuentes de materiales lo son históricas, ríos Ebro, Mijares, Palencia, Júcar; actualmente el gran número de barreras, y el represamiento de los cauces, como ocurre en todo el Ovalo, han reducido la influencia de los aportes sedimentarios fluviales a esporádicos aportes en caso de avenidas, y en este caso el tamaño de los sedimentos es incompatible con la formación de depósitos costeros.

Unidad Morfodinámica Artificial "**Cullera**": tramo litoral limitado por las obras de abrigo del Puerto de Valencia, al norte, y el Cabo de San Antonio, al sur. La geomorfología del tramo es idéntica al de la unidad anterior. La dinámica litoral es norte-sur, con la particularidad que, en el extremo sur, la costa de Denia, la dinámica puede definirse como nula, la orientación del frente litoral en este tramo así lo provoca.

Para los frentes que analizamos en este documento quedarían enmarcados en la Unidad Morfodinámica Artificial "**Valencia**", figura 8.

Para los frentes que analizamos en este documento quedarían enmarcados en la Unidad Morfodinámica Artificial "**Valencia**", figura 8.

Dentro de las unidades artificiales definidas podemos pasar al establecimiento de las de primer orden, que para nuestro caso será la Subunidad Morfodinámica Artificial de 1^{er} Orden "**Almassora**" figura 9, frente entre el puerto de Castellón y la desembocadura del río Mijares, y que en la práctica podríamos considerarla como una unidad con un funcionamiento independiente del resto de la subunidad.

5. DINÁMICA LITORAL

La costa de Almassora, limitada al norte por el puerto de Castellón y al sur por la desembocadura del río Mijares, presenta un funcionamiento independiente del resto de la subunidad morfodinámica La Plana en la cual se engloba, como señalábamos anteriormente,

de tal manera que este tramo litoral ha experimentado continuos episodios de erosión a lo largo del tiempo.

En la figura 10 hemos situado la costa de Almassora y los puntos SIMAR, puntos de obtención de datos del clima marítimo, facilitados por Puertos del Estado, apartado de Oceanografía, los puntos enmarcados son los del modelo que permite aportar datos a partir del modelo de propagación SIMAR.



Figura 10. Localización puntos del modelo (SIMAR)
(Puertos del Estado / *Elaboración propia*)

El conjunto de datos SIMAR está formado por series temporales de parámetros de viento y oleaje procedentes de modelado numérico. Son datos simulados y no proceden de medidas directas de la naturaleza. Para generar los campos de oleaje se ha utilizado en modelo numérico WaveWatch III, los datos se generan con una cadencia horaria y cubre el periodo 1958-2005. El modelo WaveWatch III usado para generar los datos incluye efectos de refracción y asomeramiento. El punto SIMAR 2084119, es el más próximo a la costa y en el extremo sur del frente estudiado, sus datos de localización son, longitud 0,00°E, latitud 39,92 °N, en segundo punto, SIMAR 2085119, enfrentado a la costa, pero más alejado a la misma, con los datos de localización longitud 0,08°E, latitud 39,92 °N. Para comparar vamos a presentar los datos de los dos puntos del modelo.

En la figura 11 hemos representado las rosas del oleaje en los dos puntos SIMAR, hemos recogido los datos entre los años 200 y 2020, en el último los datos no son completos del año, se han llevado hasta el límite de los datos recogidos. En las gráficas hemos introducido la *línea de costa asociada* (LCA), línea que asociamos al frente litoral de Almassora, e igualmente la *normal a la línea de costa asociada* (NLCA), en esta última nos permite discernir entre los sentidos del transporte. Aparentemente en el caso de SIMAR 2084119 la refracción del oleaje y el efecto de abrigo de las obras de abrigo del puerto de Castellón parece dar paso a un transporte en sentido sur-norte, pero la energía del oleaje sigue dando sentido a un transporte norte-sur, más clara en el punto SIMAR 2085119. El oleaje reinante es claramente el cuadrante con transporte norte-sur, y los dominantes igualmente.

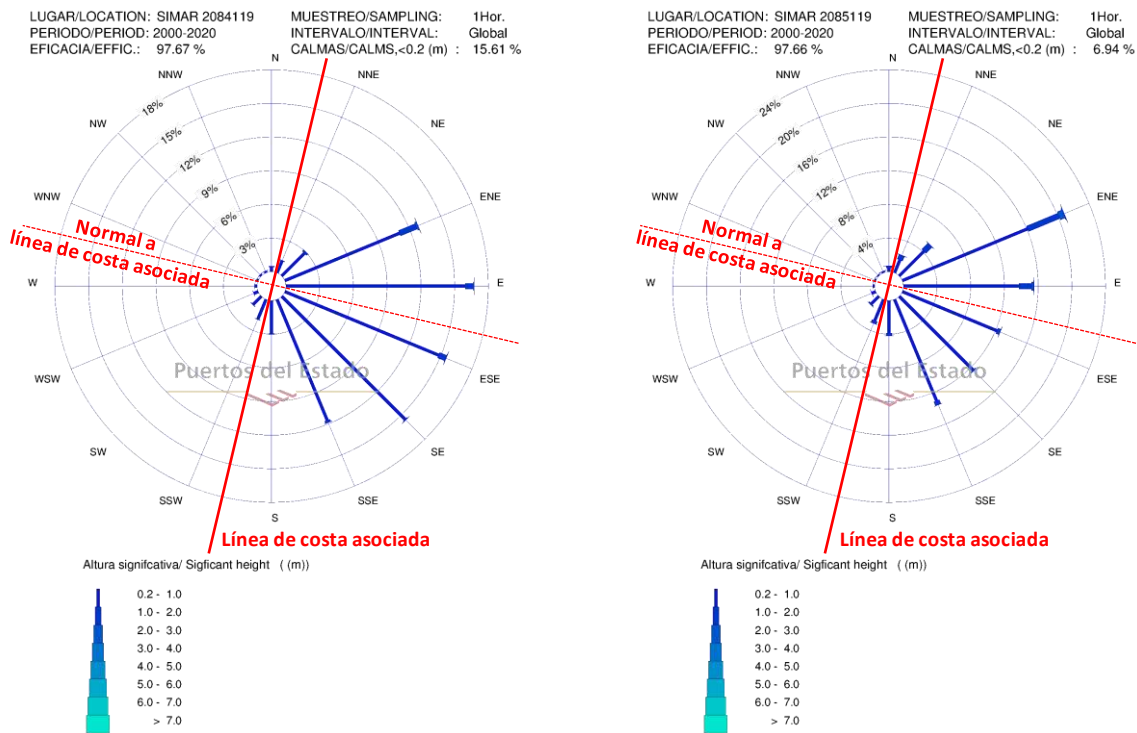


Figura 11. Rosas del oleaje. (Puertos del Estado / Elaboración propia)

	Altura significativa del oleaje (m)				Altura significativa del oleaje (m)			
	SIMAR 2084119 (2019)				SIMAR 2085119 (2019)			
	H _s máx.	Dir.	Día	Hora	H _s máx.	Dir.	Día	Hora
Enero	1,88	80	03	11	2,42	55	10	05
Febrero	1,71	53	03	11	3,14	16	03	06
Marzo	1,93	82	26	22	2,14	78	26	21
Abril	3,06	77	20	10	3,64	65	20	10
Mayo	1,53	147	17	01	1,60	149	17	01
Junio	1,44	83	08	14	1,59	78	08	14
Julio	1,51	161	29	19	1,58	165	29	18
Agosto	1,47	167	09	17	1,65	50	20	14
Septiembre	3,14	71	11	10	4,04	61	11	10
Octubre	2,08	81	22	16	2,41	56	22	13
Noviembre	1,85	156	22	21	2,11	165	22	20
Diciembre	3,38	73	04	07	4,00	64	04	07

Tabla I. Altura máxima mensual (2019)

En la Tabla I recogemos las alturas máximas mensuales en el año 2019, la tabla recoge la altura máxima, en metros, la dirección del oleaje, con referencia al norte, el día y la hora en que se registra dicha altura. Vemos que existen algunas discrepancias entre los datos registrados, en algunos casos se evidencia la refracción del oleaje y pérdida de altura de ola, mientras que en otros casos (enero, febrero y agosto) no podríamos validarlos en principio. Algo muy evidente es que la dirección del oleaje nos marca un transporte norte-sur, al tener una dirección inferior a los 90°N.

	Altura significativa del oleaje (m)				Altura significativa del oleaje (m)			
	SIMAR 2084119 (2020)				SIMAR 2085119 (2020)			
	H _s máx.	Dir.	Día	Hora	H _s máx.	Dir.	Día	Hora
Enero	5,39	85	20	06	6,07	76	20	06
Febrero	1,58	75	05	04	1,81	67	05	04
Marzo	2,19	77	24	09	2,59	69	24	09
Abril	2,17	77	22	20	2,47	72	22	20
Mayo	1,12	108	09	00	1,26	76	24	15
Junio	1,80	152	11	17	1,93	157	11	17
Julio	1,20	162	19	19	1,23	167	19	19
Agosto	1,54	72	29	13	1,79	65	29	12
Septiembre	1,52	75	07	15	1,78	69	07	14
Octubre	1,08	206	02	13	1,95	10	02	01

Tabla II. Altura máxima mensual (2020)

En la Tabla II recogemos los mismos datos, pero referentes al año 2020, y que como podemos ver faltarían los dos últimos meses. En este caso la discrepancia se centra en el mes de mayo.

La conclusión que podemos alcanzar en las dos tablas es que el oleaje nos marca, según la dirección recogida en las tablas, son los del primer cuadrante los que presentan la mayor altura, por tanto, se confirma la conclusión de que el transporte sólido litoral presenta una componente clara en sentido norte-sur.

Tabla Hs (m) vs Dirección (SIMAR 2084119 / 2019)

			≤ 0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	> 5,0	TOTAL
Calmas			2.143											2.143
Dirección	N	00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	NNE	22	0.023	0.069	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.092
	NE	45	1.593	0.470	0.229	0.092	---	---	---	---	---	---	---	2.384
	ENE	67	8.917	10.029	2.797	0.848	0.539	0.275	0.092	---	---	---	---	23.496
	E	90	9.100	7.221	2.074	0.779	0.493	0.149	0.011	---	---	---	---	19.828
	ESE	112	8.722	4.034	0.241	0.011	---	---	---	---	---	---	---	13.009
	SE	135	8.527	4.481	0.550	---	---	---	---	---	---	---	---	13.559
	SSE	157	7.152	6.361	1.249	0.241	0.057	---	---	---	---	---	---	15.060
	S	180	2.728	2.579	0.367	0.011	---	---	---	---	---	---	---	5.685
	SSW	202	1.479	0.791	0.011	---	---	---	---	---	---	---	---	2.281
	SW	225	0.149	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.149
	WSW	247	0.046	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.046
	W	270	0.046	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.046
	WNW	292	0.011	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.011
NW	315	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
NNW	337	0.023	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.023	
TOTAL			48.516+ 4.332	36.034	7.519	1.983	1.089	0.424	0.103	---	---	---	---	100%

Tabla III. Hs vs Dirección

En la Tabla III recogemos el régimen de oleaje en el punto SIMAR 2084119 en el año 2019, y como en las tablas anteriores son los oleajes del primer cuadrante los reinantes y dominantes, marcando igualmente el sentido norte-sur.

Tabla Hs (m) vs Dirección (SIMAR 2084119 / 2020)

			≤ 0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	> 5,0	TOTAL
Calmas			7.112											7.112
Dirección	N	00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	NNE	22	0.073	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.073
	NE	45	1.178	0.349	0.058	---	---	---	---	---	---	---	---	1.585
	ENE	67	5.919	6.574	2.545	0.771	0.247	---	0.073	0.058	0.029	0.102	0.015	16.332
	E	90	7.737	7.810	1.527	0.393	0.291	0.058	0.044	0.087	0.175	0.145	0.116	18.383
	ESE	112	13.104	4.843	0.145	---	---	---	---	---	---	---	---	18.092
	SE	135	12.318	4.887	0.073	---	---	---	---	---	---	---	---	17.277
	SSE	157	8.639	5.832	0.407	0.087	---	---	---	---	---	---	---	14.965
	S	180	3.229	1.513	0.160	0.044	---	---	---	---	---	---	---	4.945
	SSW	202	0.625	0.465	0.029	---	---	---	---	---	---	---	---	1.120
	SW	225	0.029	0.044	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.073
	WSW	247	0.015	0.015	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.029
	W	270	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	WNW	292	0.015	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.015
NW	315	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
NNW	337	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
TOTAL			52.880+ 7.112	32.330	4.945	1.294	0.538	0.058	0.116	0.145	0.204	0.247	0.131	100%

Tabla IV. Hs vs Dirección

La Tabla IV recoge los datos para el año actual, 2020, y como en el caso anterior siguen los oleajes del primer cuadrante los reinantes y dominantes, recogiendo los oleajes de la DANA-Gloria. Es de destacar que son los oleajes del ENE y E, y SSE y S, los que marcan las direcciones principales en las dos anualidades analizadas.

Tabla Hs (m) vs Dirección (SIMAR 2085119 / 2019)

			≤ 0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	> 5,0	TOTAL
Calmas			2.143											2.143
Dirección	N	00	---	0.172	0.080	0.011	---	0.011	---	---	---	---	---	0.275
	NNE	22	0.149	0.756	0.172	0.206	0.057	0.057	0.023	---	---	---	---	1.421
	NE	45	1.811	2.281	0.894	0.275	0.172	---	---	---	---	---	---	5.433
	ENE	67	7.576	12.149	4.699	2.235	1.043	0.665	0.355	0.115	0.011	---	---	28.848
	E	90	6.670	5.994	0.802	0.218	0.115	0.034	---	---	---	---	---	13.834
	ESE	112	7.289	3.748	0.241	0.057	---	---	---	---	---	---	---	11.335
	SE	135	6.017	3.954	0.527	0.069	---	---	---	---	---	---	---	10.567
	SSE	157	6.109	6.029	1.192	0.298	0.138	0.011	---	---	---	---	---	13.777
	S	180	2.040	2.017	0.676	0.195	---	---	---	---	---	---	---	4.928
	SSW	202	1.456	3.014	1.261	0.080	---	---	---	---	---	---	---	5.811
	SW	225	0.596	0.504	0.046	0.011	---	---	---	---	---	---	---	1.158
	WSW	247	0.092	0.115	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.206
	W	270	0.046	0.092	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.138
	WNW	292	0.046	0.023	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.069
NW	315	0.011	0.011	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.023	
NNW	337	---	0.034	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.034	
TOTAL			39.908+ 2.143	40.894	10.590	3.656	1.524	0.779	0.378	0.115	0.011	---	---	100%

Tabla V. Hs vs Dirección

La Tabla V es referente al punto SIMAR 2085119, y para el año 2019, y como en los casos anteriores, y era de esperar, son los oleajes del primer cuadrante los reinantes y dominantes.

Tabla Hs (m) vs Dirección (SIMAR 2085119 / 2020)

			≤ 0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	> 5,0	TOTAL
Calmas			3.709											3.709
Dirección	N	00	0.015	0.102	---	0.044	---	---	---	---	---	---	---	0.160
	NNE	22	0.189	0.494	0.087	0.087	---	---	---	---	---	---	---	0.858
	NE	45	1.047	1.702	0.582	0.073	0.044	0.015	---	0.029	---	---	---	3.490
	ENE	67	6.501	9.119	3.185	1.905	0.596	0.058	---	0.029	0.116	0.189	0.364	22.062
	E	90	7.155	6.937	1.483	0.218	0.189	0.058	0.058	0.044	0.044	0.015	---	16.201
	ESE	112	12.173	4.407	0.175	---	---	---	---	---	---	---	---	16.754
	SE	135	8.857	4.857	0.131	---	---	---	---	---	---	---	---	13.845
	SSE	157	7.083	5.570	0.509	0.131	---	---	---	---	---	---	---	13.293
	S	180	2.371	1.963	0.262	0.015	0.015	---	---	---	---	---	---	4.625
	SSW	202	1.382	2.371	0.364	0.058	0.029	---	---	---	---	---	---	4.203
	SW	225	0.145	0.291	0.029	0.044	---	---	---	---	---	---	---	0.509
	WSW	247	---	0.058	0.058	---	---	---	---	---	---	---	---	0.116
	W	270	---	0.058	0.044	---	---	---	---	---	---	---	---	0.102
	WNW	292	---	0.015	0.015	---	---	---	---	---	---	---	---	0.029
	NW	315	---	0.015	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.015
NNW	337	---	0.029	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.029	
TOTAL			46.917+ 3.709	37.987	6.923	2.574	0.873	0.131	0.058	0.102	0.160	0.204	0.364	100%

Tabla VI. Hs vs Dirección

Por último, la Tabla VI, en el mismo punto SIMAR, pero en el año 2020, nos señala lo mismo que en el caso anterior, oleajes reinantes y dominantes del primer cuadrante ENE y E.

La conclusión es idéntica a las anteriormente expuestas, los oleajes del primer cuadrante son los reinantes y dominantes, lo que da lugar a un sentido del transporte norte-sur, pero existe un pico en el segundo cuadrante que significaría un sentido sur-norte, pero es evidente por la dirección y energía del oleaje que el transporte neto es norte-sur.

Del estudio de la tasa de transporte medio anual, según algunos estudios realizados, para un sedimento $D_{50} = 0,16$ mm se obtuvo que el volumen de arena movilizada en toda la longitud de la playa es de unos $10.700 \text{ m}^3/\text{año}$. Los mismos estudios señalan respecto a la dinámica sedimentaria, que de todo el material que circula en la costa al norte del puerto de Castellón, a la playa de Ben Afeli únicamente recibe una fracción de sedimento estimada en un volumen de $10.000 \text{ m}^3/\text{año}$ que se limita a las fracciones más finas, con un patrón de traslación del sedimento en dirección norte-sur. Según lo estimado hay un déficit, si la capacidad de transporte se estima en más de diez mil metros cúbicos ($10.700 \text{ m}^3/\text{año}$), y el volumen estimado que sobre pasa la barrera del puerto es de diez mil metros cúbicos ($10.000 \text{ m}^3/\text{año}$), es evidente que señala un frente litoral de Almassora recesivo.

Por otro lado, en la práctica se define el puerto de Castellón como una barrera total, por tanto, el volumen señalado que sobrepasa el puerto no sería real, pero aun considerando que así sea se señala que es arena muy fina y difícilmente alcanzaría el estrán y menos aún la playa seca, que, dado que se define como de gravas, y así son las últimas alimentaciones,

supone un perfil con fuertes pendiente en el arranque, desde la orilla, del estrán, dificultando más la llegada a playa seca. En conclusión, la costa es recesiva.

6. EVOLUCIÓN FRENTE LITORAL DE ALMASSORA

El frente litoral de Almassora, playas de Ben Afeli y La Torre, es un frente claramente recesivo, que se ve agravado por formar parte del frente costero más recesivo del Ovalo Valenciano, y que comprende desde el Cabo de Oropesa hasta el entorno del puerto de Sagunto.

La recesión de las playas de Ben Afeli y La Torre podríamos fijar su inicio en las primeras obras que conformaron el actual puerto de Castellón, la recesión se pudo ver de forma muy clara en los trabajos realizados entre 1981 y 1984, y donde se compararon los perfiles transversales de playas entre la campaña realizada en 1981, la batimetría anterior a la ejecución de los dos diques exentos y los perfiles levantados en 1984, y donde se pudo observar la recesión del frente precisamente en el tramo de Ben Afeli.

6.1. Proyecto BEACHMED

En 2003 y 2004 se realiza el proyecto BEACHMED, dentro del proyecto europeo *INTERREG III – MEDOCC*, cuyo objetivo era establecer la situación de los litorales de la Comunidad Valenciana, y plantear la posibilidad de regeneración mediante alimentación artificial, analizando para ello los bancos de arena sumergidos que puedan permitir dicha actuación para toda la Comunidad.

Una parte importante fue precisamente el establecer la situación del litoral, estable, en acreción o en recesión, y para ello se empleó la restitución fotográfica de los vuelos aéreos disponible en su momento, desarrollándose el Modelo MEFOT, modelo que desarrolle personalmente, y que permitió dicha clasificación y determinar volúmenes de sedimentos erosionados o acumulados.

En la figura 12 representamos la posición de la línea de costa correspondiente a los vuelos de 1947, 1957, 1965, 1972, 1977, 1981, 1994 y 2000; a cada vuelo le corresponde una línea, pero hay que indicar que se considera el vuelo de 1947 como el origen y se representa como una línea recta en negro.

La interpretación que podemos hacer de la gráfica es que, entre el puerto de Castellón y el delta del Mijares, playas de Serrallo, Ben Afeli y Riu Millars, prácticamente no se mueve, hay un retroceso de la línea de costa entre 1947 y 1957, y el resto de vuelos se representan todos en una misma línea en la práctica, lo que se corresponde con el escollero de defensa que ya existía en el frente de Almassora.

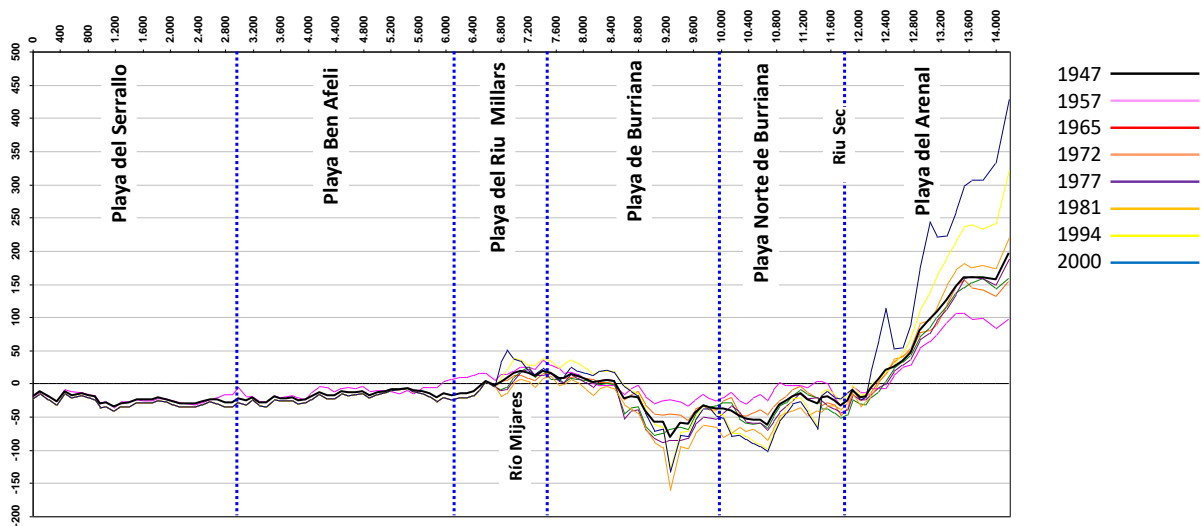


Figura 12. Evolución de la línea de costa. (Elaboración propia)

Los límites de esta gráfica y las que veremos seguidamente son los puertos de Castellón y Burriana, y las denominaciones de las playas son las que en el momento de redacción del proyecto Beachmed se emplearon.

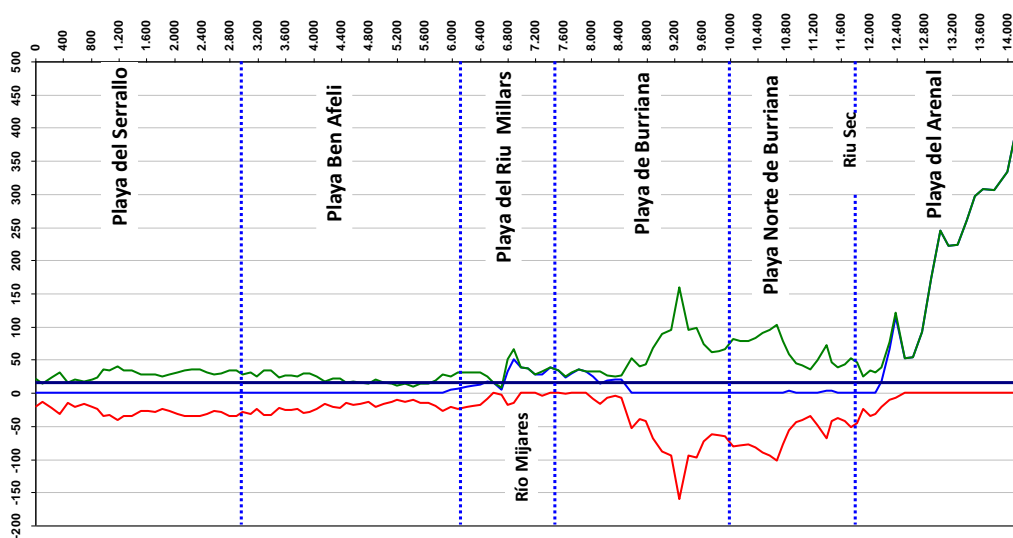


Figura 13. Posiciones extremas de la línea de costa restituida. (Elaboración propia)

La figura 13 representa las posiciones extremas de las distintas posiciones de la línea de costa, es decir la posición más avanzada (en azul) y la más retrasada (en rojo). Se representa igualmente la oscilación (en verde), o diferencia entre la posición más avanzada y la más atrasada, a lo que unimos una línea que representa el valor de 15 m que consideramos como oscilación natural (en azul oscuro), y que nos marca los tramos estables frente a los no estables.

La interpretación que podemos entresacar de la figura 13 es casi la misma que en la anterior, el tramo de costa de Almassora no muestra nada debido a la presencia del escollero de defensa, la mayor información se puede ver al sur del delta del Mijares, **Análisis de la dinámica y procesos litorales del frente litoral de Almassora (Castellón), actuaciones realizadas, evolución y pronosis y propuesta de alternativas para su protección y regeneración**

recesión de la costa de Burriana, salvo la playa del Arenal apoyada en el puerto de Burriana.

En la figura 14 representamos la tasa de evolución de la costa, claramente podemos ver que la costa de Almassora es recesiva con una tasa negativa, el delta mantiene un cierto equilibrio entre avance y retroceso, y destaca la importante tasa de acreción de la playa del Arenal en Burriana, gracias al apoyo que representa el dique de abrigo del puerto.

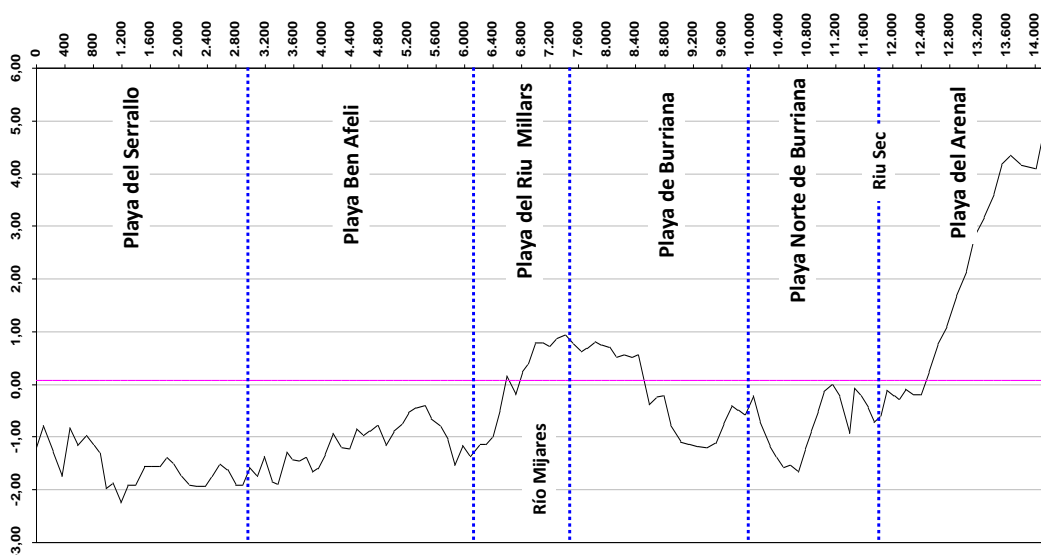


Figura 14. Tasa de evolución. (Elaboración propia)

Volumen total erosionada (m ³)	13.260.289		
Volumen total acumulado (m ³)		6.361.796	
Diferencia (m ³)			-6.898.493
<hr/>			
Volumen total erosionada (m ³ /año)	250.194		
Volumen total acumulado (m ³ /año)		120.034	
Diferencia (m ³ /año)			-130.160
<hr/>			
Longitud de costa en recesión (m)			10.034
<hr/>			
Volumen total erosionada (m ³ /ml)	1.325		
Volumen total acumulado (m ³ /ml)		1.477	
Diferencia (m ³ /ml)			152
<hr/>			
Volumen total erosionada (m ³ /ml.año)	25		
Volumen total acumulado (m ³ /ml.año)		28	
Diferencia (m ³ /ml.año)			3

Tabla VII

El proyecto Beachmed discretiza el frente litoral y encuadra la costa de Almassora en el tramo entre los puertos de Castellón y Burriana, límites que definíamos en las gráficas anteriores, y en la Tabla VII recogemos los datos calculados en dicho frente entre puertos.

Es un tramo, puerto de Castellón-puerto de Burriana, recesivo con una pérdida neta en cincuenta y tres años (53 años) cercana a los siete millones de metros cúbicos (6.898.493 m³), que supone una afección cercana al setenta por cien (70,77 %) de frente litoral en recesión,

diez kilómetros de costa (10.034 m) se encuentran en recesión de un frente total de algo más de catorce kilómetros (14.179 m), y que supone casi establecer que la costa de Almassora y norte del puerto de Burriana, salvo el Arenal, es una costa en recesión.

El tramo de costa entre los puertos de Castellón y Burriana se encuadra en el frente, definido en el proyecto Beachmed, como Valencia Norte, frente litoral limitado por los puertos de Castellón y Valencia, al norte y sur respectivamente. Con un desarrollo, correspondiente a playas de algo más de sesenta kilómetros. La unidad en conjunto se calificó como regresiva, siendo el tramo costero más recesivo. En la tabla VIII podemos ver con detalle las características más importantes del frente costero. Es también la zona con mayores actuaciones antrópicas, entre obras de abrigo de instalaciones portuarias, espigones de defensa, defensas longitudinales, ocupación de espacios dunares, presión urbanística y afección de las praderas de posidonia.

Volumen total erosionada (m ³)	66.991.622		
Volumen total acumulado (m ³)		18.772.998	
Diferencia (m ³)			- 48.218.624
Volumen total erosionada (m ³ /año)	1.179.649		
Volumen total acumulado (m ³ /año)		236.114	
Diferencia (m ³ /año)			- 845.869
Longitud de costa en recesión (m)			46.044
Volumen total erosionada (m ³ /ml)	1.178		
Volumen total acumulado (m ³ /ml)		309	
Diferencia (m ³ /ml)			- 867
Volumen total erosionada (m ³ /ml.año)	22		
Volumen total acumulado (m ³ /ml.año)		6	
Diferencia (m ³ /ml.año)			- 16

Tabla VIII

En la aplicación del modelo se destacaba que la zona más recesiva es el frente litoral entre el puerto de Burriana y puerto Siles, que coincide, igualmente, con el frente con mayor capacidad de transporte sólido litoral, figura 15. Destacar que más del 75 % de las playas se encuentran precisamente en recesión.

Merece especial atención el tramo entre Port-Saplaya y el puerto de Valencia. En el último periodo analizado el tramo es recesivo. Este cambio de situación debe de ser considerado con especial interés frente a posibles actuaciones. Por otro lado, se confirma el fuerte carácter recesivo de la unidad de actuación, en la que confluyen todas las acciones que provocan recesión, incluyendo la nula función de fuente de sedimentos de los cauces de la unidad, y los efectos barrera de puertos situados fuera de la misma. En la figura 15, y en el subtramo entre Saplaya y el puerto de Valencia, se ha grafiado los valores correspondientes al último periodo analizado.

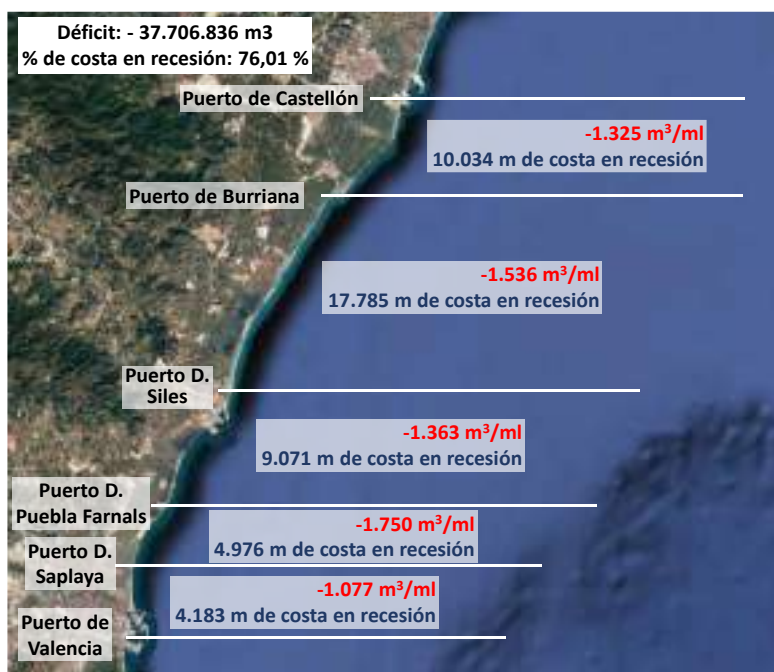


Figura 15. Resultados Beachmed-Valencia Norte. (Elaboración propia)

Existe una cierta uniformidad en todo el frente, al mantenerse un valor de recesión por metro lineal casi igual en todos los subtramos, oscilando entre 1.325 y 1.750, sin contar, evidentemente, el tramo entre Saplava y puerto de Valencia.

El tramo total de costa en recesión es de 46.044 metros, frente a un desarrollo total de 60.573, lo que supone que el 76 % de la costa está en recesión,

cifra muy elevada ya que supone que más de las tres cuartas parte tiene problemas de estabilidad.

6.2. Evolución Google Earth

Por un lado, se realiza un seguimiento, aunque únicamente sea de la línea de orilla apoyándonos en las imágenes de los vuelos, en el punto anterior, y seguidamente vamos a ver como ha evolucionado la costa de Almassora apoyándonos en las imágenes del Google Earth. Comenzamos señalando que tenemos dos grupos de imágenes, con la playa de Ben Afeli con los dos diques exentos, y la playa de Ben Afeli modificada.

En la figura 16 recogemos las imágenes correspondientes al primer grupo, dos diques exentos, y establecemos de norte a sur un numero de cinco celdas que conforman el frente de Almassora.

	Celda 1	Celda 2	Celda 3	Celda 4	Celda 5
Año 2002	56	48	21	19	33
Año 2007	57	32	22	48	36
Año 2009	51	30	11	14	24
Año 2011	53	26	19	16	14
Año 2012	55	26	13	16	14
Año 2014	54	26	16	14	16

Tabla IX

En la tabla IX recogemos la anchura mínima de cada una de las celdas que definimos, anchura en metros, y medida desde el limite interior de la playa seca. Las fechas de las imágenes podríamos asimilarlas a un periodo de calmas, es decir contamos con perfil de

equilibrio de calmas, o berma o verano. La conclusión que podríamos establecer con el seguimiento de las imágenes de Google Earth, de que el tramo norte, playa de Ben Afeli, celda 1, aparentemente parece ser estable, la diferencia entre la posición más avanzada y la más retrasada es de seis metros (6 m) y además mantienen una anchura mínima recomendada. El resto de celdas no mantienen esa aparentemente estabilidad, la anchura mínima se sitúa por debajo de los veinte metros, incluso los diez, lo que sitúa estas celdas en una situación por debajo de las anchuras recomendadas para playas sin formas naturales, que se recomienda en cincuenta y cinco metros (55 m), en el caso de contar con un escarpe natural la anchura recomendada, mínima, es de cuarenta y cinco metros (45 m).



Figura 16. Evolución Google Earth (2002-2014). (Elaboración propia)



Figura 17. Denominación celdas. (Elaboración propia)

En la figura 17 podemos ver las celdas definidas tras la regeneración de la playa de Ben Afeli, encuadrada en las tres primeras (celda 1/celda 2/celda 3). La Tabla X recoge los mismos datos que exponíamos en el caso anterior, anchura mínima de cada celda en metros.

	Celda 1	Celda 2	Celda 3	Celda 4	Celda 5
Año 2015	45	32	18	11	10
Año 2016	47	30	21	11	8
Año 2017	56 (32)	33	29	9	13
Año 2018	55 (39)	33	35	17	17

Tabla X

Aparentemente las dos primeras celdas, 1 y 2, han pasado a ser más estables, aunque no presentan la anchura mínima recomendada, ni los cuarenta y cinco metros (45 m) en la



Figura 18. Evolución Google Earth (2015-2018). (Elaboración propia)

celda 1, ni los cincuenta y cinco en la celda 2; hemos señalado en el caso de la celda 1 una anchura menor por considerar el cordón dunar regenerado como escarpe natural. Las celdas al sur, principalmente la playa de La Torre, sigue dando problemas de recesión con anchura mínimas inferiores a los diez metros (10 m).

Una primera conclusión que podríamos llegar a establecer es que la actuación en Ben Afeli parece que ha sido relativamente efectiva, aun sin conseguir las anchuras mínimas de la playa seca, siendo necesario, probablemente, nuevas recargas de sedimentos, como, igualmente, actuaciones en La Torre, ya que no consigue alcanzar valores que podamos considerar como mínimos, y conseguir en todos los casos la sostenibilidad del frente.

7. ACTUACIONES REALIZADAS

En el Anexo VII recogemos las actuaciones más importantes ejecutadas en el frente litoral de Almassora, actuaciones que se inician en la década de los cuarenta, del siglo pasado, y se siguen ejecutando.

Casi podría decirse que la costa de Almassora es un catálogo de las tipologías de obras para la defensa, protección y regeneración de playas, pero aún le faltarían algunos tipos que incluir en el catálogo.

Con las primeras actuaciones ejecutadas, escollero de defensa y espigones transversales, lo que demostró la dinámica litoral es que la falta de una alimentación natural no permite la formación de depósitos, playas apoyadas, a barlomar de los espigones, y evidentemente, como ya sabemos, los escolleros de defensa no consiguen detener el proceso de recesión y a medio-largo plazo fracasan en su intención de rigidizar la costa, salvo que se diseñen de forma que puedan permitir una línea de costa rigidizada, que no fue el caso de las playas que nos ocupan.

Los diques exentos construidos en los ochenta, primera experiencia en este campo de actuación no fue, inicialmente, funcional debido a los cambios en la batimetría entre el momento de redacción del proyecto y la construcción, con pocos años pasados la profundidad había aumentado en más de un metro, lo que significó el deterioro de los diques exentos, pero resultaron funcionales, aunque de forma limitada por la falta de alimentación.

Un problema añadido, tras la construcción de los diques exentos, es la falta de alimentación natural, y la no aportación de sedimentos de forma artificial, y es precisamente la falta de alimentación el principal riesgo de esta costa, la barrera del puerto de Castellón, y la práctica no aportación del río Mijares, nos debe de llevar a la alimentación artificial y lograr

que el periodo de residencia de los sedimentos aportados sea el mayor posible, es decir poder alcanzar la sostenibilidad.

Década 1940 - 1950	Construcción del escollero de defensa
1950 - 1958	Construcción cuatro (4) espigones transversales
1970 - 1977	Construcción de nueve (9) espigones
1982	Construcción diques exentos (2)
1985	Alimentación artificial
1990 - 1992	Adecuación de espigones y alimentación artificial
2016 - 2017	Regeneración Ben Afeli

Tabla XI

En la tabla XI hemos resumida las actuaciones más importantes realizadas en el frente de Almassora.

8. PROPUESTAS DE ACTUACIÓN

En varios puntos tanto de la Memoria como de los Anexos, hemos señalado la falta de alimentación natural del frente de Almassora, la barrera que representa el puerto impide una alimentación del frente que nos ocupa, incluso aunque haya un sobrepaso de sedimentos de barlomar a sotamar de la obra de abrigo del puerto, ya señalábamos que el tamaño e los sedimentos que posiblemente sobrepasen no son sedimentos que alimenten de forma efectiva el perfil de la playa, y por otro lado la no actividad del río Mijares nos dan un déficit de alimentación, y que podríamos decir que más que déficit nula alimentación. Por ello una de las acciones que hay que abordar es la *Alimentación Artificial*.

Pero tenemos que buscar que esa alimentación artificial sea sostenible, o al menos, que el periodo de residencia de los sedimentos aportados sea el mayor posible, y para ello deberíamos jugar con actuaciones como espigones, diques exentos o trasvases inversos.

En la figura 19 podemos ver tres espigones transversales, centrándonos en los dos últimos, que cierran las celdas 4 y 5 hemos visto en la tabla X que su tendencia es a la regresión, presentando anchuras mínimas inferiores a los diez metros (10 m), y siempre



inferiores a las anchuras recomendadas, sí bien en las formaciones apoyadas y abrigadas llegan a superar los cincuenta metros (> 50 m), en las formaciones apoyadas, pero en las abrigadas son inferiores a los treinta metros (< 30 m).

Figura 19. Espigones transversales. (Elaboración propia)

Podríamos pensar que serían necesarios más espigones y reducir los frentes de las celdas, en estos momentos en el entorno de los setecientos metros (700 m), y reducirlos a la mitad, trescientos cincuenta metros (350 m), pero vamos a barajar otras alternativas.

En el caso de la celda 3 aparentemente es estable, y su frente es inferior al de las celdas 4 y 5, pero la cercanía en el tiempo de la actuación en Ben Afeli puede enmascarar la evolución real.

Los diques exentos parecen una alternativa viable, en la figura 20 vemos que ha permitido la formación de un tómbolo y aparentemente, tras la actuación de Ben Afeli, parecen haber estabilizado la costa en las celdas 1 y 2. Podríamos pensar que la ejecución de diques exentos entre los espigones que enmarcan el resto de celdas podría ser una buena alternativa.



Figura 20. Dique exento. (Elaboración propia)



Figura 21. Alternativa diques exentos. (Elaboración propia)

La figura 21 representa una propuesta idealizada de lo que podría ser la construcción de tres diques exentos más una alimentación artificial. La solución de diques exentos tendría dos variantes. La primera alternativa sería de diques exentos a Nivel Medio del Mar (N.M.M.) de tal manera que no serían visibles desde la costa, como ejemplo podemos ver en la figura 22 el caso de la playa del Forti en Vinaroz. La segunda alternativa sería la construcción de arrecifes artificiales a baja profundidad, en este caso cumpliríamos con dos objetivos, por un lado, la protección de la costa, y en segundo lugar la recuperación del ecosistema subacuático, al construir una plataforma en que se podría regenerarse la flora y



Figura 22. Diques exentos a N.M.M. (Playa del Forti, Vinaroz).

fauna; en el caso de arrecifes artificiales a baja profundidad podrían ser arrecifes aislados o una barrera de arrecifes, desde el punto de vista de coste primaria la primera opción, arrecifes artificiales aislados.



Figura 23. Espigones en "T". (Elaboración propia)

Otra alternativa sería la construcción de espigones en "T", figura 23, en este caso los martillos que añadiríamos a los espigones actuales, que en su caso podría revisarse y contemplar la posibilidad de aumentar su desarrollo, como señalamos sería añadir dos martillos, a barloomar y sotamar dando la forma de la "T". El objetivo es encerrar las celdas de forma que las corrientes de retorno que sacarían los sedimentos de la celda se verían rotas y los sedimentos volverían a la celda, los sedimentos quedarían confinados en cada celda.



Figura 24. Espigones en "L" y trasvase inverso. (Elaboración propia)

Una segunda variante de construir martillos sería la conformación de espigones en "L", figura 24 y en este caso combinándolos con alimentación artificial y trasvase inverso. El sistema funciona de la siguiente forma, dado que el transporte es norte-sur, los sedimentos que se aporten se acumularían a barloomar de los espigones en "L", cuando la playa apoyada alcance determinada anchura, a definir, se procedería a recolocar los sedimentos de sobrellenado en el extremo norte de la celda, en cierta forma podríamos decir que se busca generar circuitos cerrados de transporte de sedimentos en las celdas.

Lo mismo podría hacerse en las celdas 1 y 2, determinar el límite de las playas apoyadas y abrigadas y recolocar los sedimentos para garantizar una anchura mínima en cada celda.

En principio no podemos apuntar por alguna de las alternativas apuntadas y que vamos resumir en la tabla XII, y cuya discusión realizaremos.

A. Alimentación Artificial	A.1. Alimentación artificial. A.2. Alimentación artificial y recolocación de sedimentos.
B. Espigones Transversales + Alimentación Artificial	Tres espigones transversales centrados en las celdas 3, 4 y 5, y alimentación artificial.
C. Diques exentos a N.M.M. + Alimentación Artificial	C.1. Tres diques exentos a Nivel Medio del mar en las celdas 3, 4 y 5, y alimentación artificial. C.2. Tres arrecifes artificiales a baja profundidad en las celdas 3, 4 y 5, y alimentación artificial.
D. Espigones Transversales en "T" + Alimentación Artificial	D.1. Tres espigones en "T" sobre los tres espigones al sur y alimentación artificial. D.2. Tres espigones en "T" sobre los tres espigones al sur, alimentación artificial y recolocación de sedimentos
E. Espigones Transversales en "L" + Alimentación Artificial	Tres espigones en "L" sobre los tres espigones al sur, alimentación artificial y trasvase inverso.

Tabla XII

Aunque no se ha señalado en cada actuación debemos señalar que hay dos acciones comunes para cualquiera de las alternativas, la primera, y principal es la *Alimentación Artificial*, y la segunda es la implantación de un *Programa de Seguimiento* para la ejecución de la recolocación de sedimentos o trasvase inverso. En el caso del programa de seguimiento proponemos la adopción del Método BP, desarrollado en el Laboratorio de Puertos y Costas de la Universidad Politécnica de Valencia (LPC-UPV), precisamente por el autor del presente informe y que podemos definir como un método de alta precisión y muy bajo coste.

Desde el punto de vista del coste de implantación es evidente que la alternativa **A.1.** es la de menor coste de implantación, pero lo que debemos buscar es la sostenibilidad o el mayor periodo de residencia posible de los sedimentos, pensemos que, si periódicamente hay que proceder a alimentaciones artificiales, puede resultar al final de mayor coste si sumamos todas las actuaciones.

La construcción de espigones es menor que la de diques exentos, serían pues las alternativas **B**, **C** y **E** las preferentes frente a las alternativas **D**; **D.1.**, **D.2.** y **E.** serían las preferentes dentro del grupo de espigones, y mejor **D.2.** y **E.**, siendo esta última la de menor coste. La conclusión es que en el caso de espigones consideramos que la alternativa **E.** sería la preferente.

Los diques exentos tienen un coste mayor frente al resto de alternativas, pero presentan ciertas ventajas como es la restauración de la flora y fauna subacuática, como su diseño de forma que no se apreciarían desde la playa salvo en caso de bajamar, reduciendo de esta forma el impacto visual de exceso de escolleras.

Hay una variable que no hemos introducido en momentos anteriores, y es la determinación de la denominada “*cota de inundación*”, o nivel máximo que puede alcanzar el N.M.M. considerando la suma de tres efectos, pleamar viva equinoccial, marea meteorológica ascendente, y set-up del oleaje y a lo que habría que añadir un cuarto efecto, la elevación del nivel N.M.M. por efecto del calentamiento global, para lo que se definirían varios escenarios, y que en un principio y a falta de definirlo con exactitud debemos señalar que superaría los dos metros (+ 2,00 m). esta variable debe tenerse en cuenta para evitar que la zona litoral sea inundada por el oleaje, se emplearía, por ejemplo, en la determinación de la cota que debería alcanzar un cordón dunar para evitar esa inundación por desbordamiento del mar, es necesario, pues, conocer esa cota de inundación y la cota del vial, la cota del cordón regenerado, y en su caso plantear la necesidad de regenerar un escarpe, cordón dunar, para la defensa de la zona litoral.

9. CONCLUSIONES

Varias son las conclusiones que podemos establecer después de analizar las bases de datos estudiadas y la información bien alcanzada personalmente o por otras fuentes.

La primera conclusión es que es evidente que el frente litoral de Almassora es una costa en recesión, efecto que se inicia con las primeras obras de abrigo del puerto de Castellón, y que se ha visto agravado por la practica ausencia de aportes sedimentarios desde el continente y por obras de defensa que no han resuelto el problema pero sí que lo han agravado, como es el caso del escollero de defensa, primera actuación acometida y que demostró su ineficacia incluso como solución de cristalización de la línea de costa.

La costa de Almassora ha sido, históricamente, un frente de prueba de diversas soluciones de defensa y regeneración, en algunos casos no funcionales por no contemplar la necesidad de actuaciones de acompañamiento, como es la alimentación artificial y diques exentos.

La actuación ejecutada recientemente en la playa de Ben Afeli para ser que es funcional, aunque seria necesario dar tiempo para poder concluir dicha efectividad.

La actuación debe contemplar, casi obligatoriamente, con una alimentación artificial dada la ausencia de alimentación natural desde el continente o desde el norte del puerto de Castellón.

Se recomienda la adopción de un Programa de Seguimiento del frente litoral de Almassora que permita comprobar la efectividad de las actuaciones que se acometan y adelantarse a efectos recesivos, en su caso, como poder definir mucho mejor la dinámica y procesos

litorales. El método aconsejado es el Método BP desarrollado por el LPC-UPV, por su efectividad demostrada, sencillez y bajo coste.

Se recomienda la determinación de la cota de inundación como variable a considerar en el diseño de actuaciones en playa seca y zona litoral, y evitar el riesgo de inundación por desbordamiento del mar.

Como actuación de regeneración y protección d la costa de Almassora consideramos que las propuestas **C.** y **E.** son las recomendadas, (**C.**: Diques exentos a N.M.M. + Alimentación Artificial y Programa de Seguimiento / **E.**: Tres espigones en “L” sobre los tres espigones al sur, alimentación artificial y trasvase inverso y Programa de Seguimiento).

Valencia, octubre 2020

Fdo.: José Cristóbal Serra Peris



ANÁLISIS DE LA DINÁMICA Y PROCESOS LITORALES DEL FRENTE LITORAL DE ALMASSORA (CASTELLÓN), ACTUACIONES REALIZADAS, EVOLUCIÓN Y PROGNOSIS Y PROPUESTA DE ALTERNATIVAS PARA SU PROTECCIÓN Y REGENERACIÓN

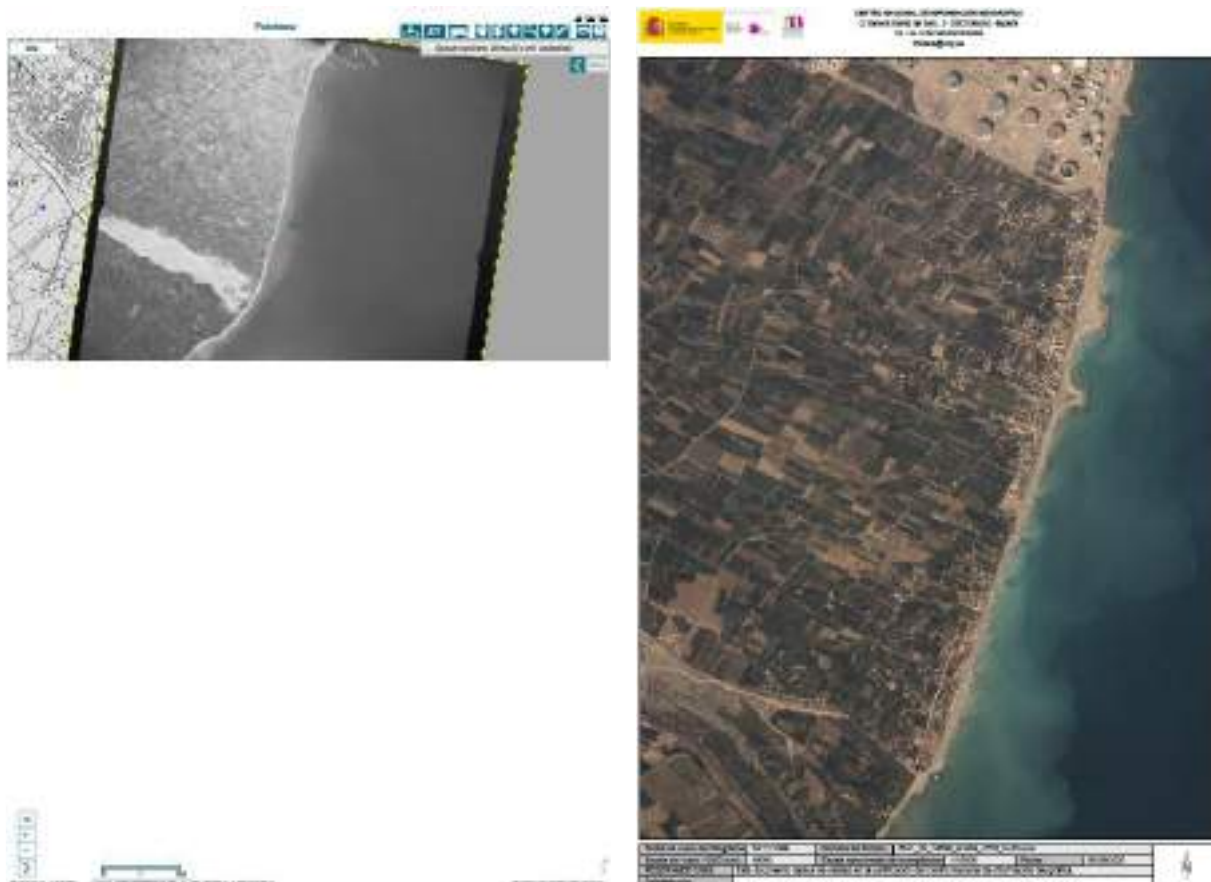


ANEXO I. FOTOTECA

ANÁLISIS DE LA DINÁMICA Y PROCESOS LITORALES DEL FRENTE LITORAL DE ALMASSORA (CASTELLÓN), ACTUACIONES REALIZADAS, EVOLUCIÓN Y PROGNOSIS Y PROPUESTA DE ALTERNATIVAS PARA SU PROTECCIÓN Y REGENERACIÓN. ANEXO I. FOTOTECA

1. INTRODUCCIÓN

En el presente Anexo recogemos las imágenes obtenidas a partir del visor de la GVA y del Centro Nacional de Información Geográfica (Fototeca.cnig), hemos reunido las dos bases de información para darle continuidad a las imágenes de los vuelos y las ortofotos que podemos obtener de las dos bases de datos.



En la imagen superior podemos ver la información que nos facilitan las dos bases de datos. El objetivo de estas imágenes es poder ver la evolución de la costa desde la primera imagen con la que podamos contar; en algunos casos se ha podido medir, por ejemplo, anchuras de playa, mientras que en otras no, e incluso donde se ha podido medir no se puede asegurar si es correcta debido a la dificultad de interpretar la imagen.

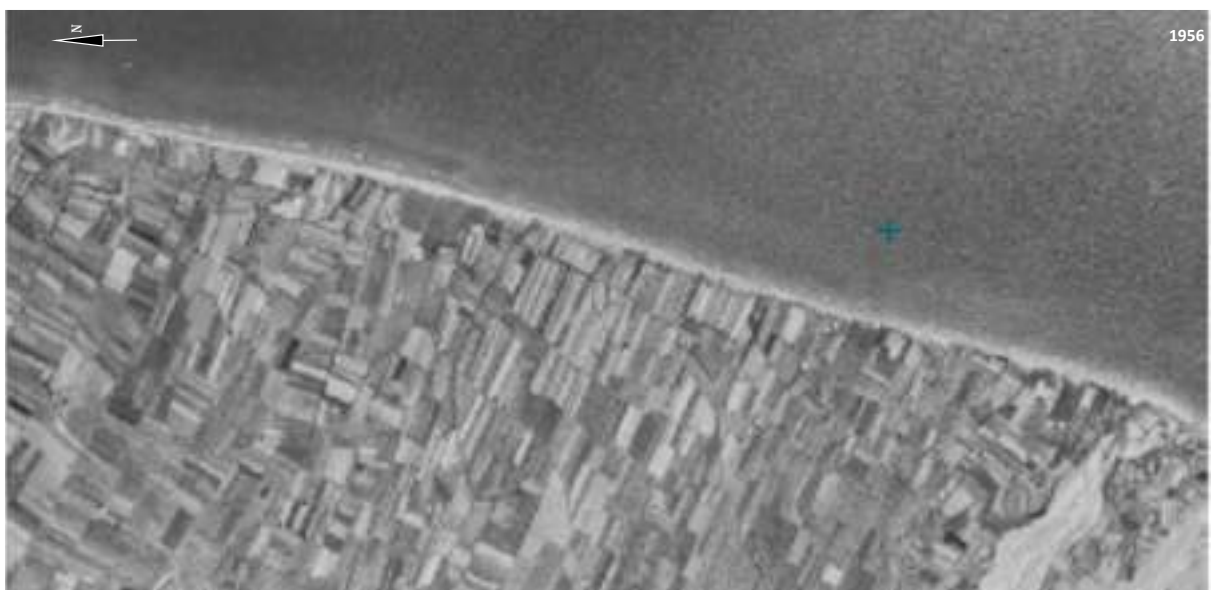


Detalle del frente que recogemos en el presente Anexo, observar la denominación dado a los espigones extremos y que la base de la GVA define como “escollera”, Mitgera, al norte, y Vora Riu, al sur; se le da peso a la del Maso, mientras el resto no merece reconocimiento.



Fotograma correspondiente, según la base de datos, al conocido como vuelo americano de 1945. Podemos ver que no existe un desarrollo urbano, hay edificaciones dispersas y probablemente asociadas a la explotación agrícola del suelo. En teoría entre 1940 y 1950 se construye la defensa longitudinal de escollera y aparentemente parece detectarse en la playa el escollerado.

La imagen que corresponde a la fecha de 1956, inferior página, ya sí que podemos observar la presencia de un espigón, señalar que entre 1950 y 1958 se ejecutan cuatro espigones. Aparentemente la presumible playa seca es muy similar entre las dos imágenes, y algo que las identifica es el retroceso de la línea de costa en el frente al norte, Ben Afeli, mientras que La Torre también retrocede, pero aún mantiene una aparente playa seca, la evolución muestra a la clara el sentido del transporte sólido litoral, norte-sur, y la recesión hay que buscarla en la barrera que representa el puerto de Castellón.

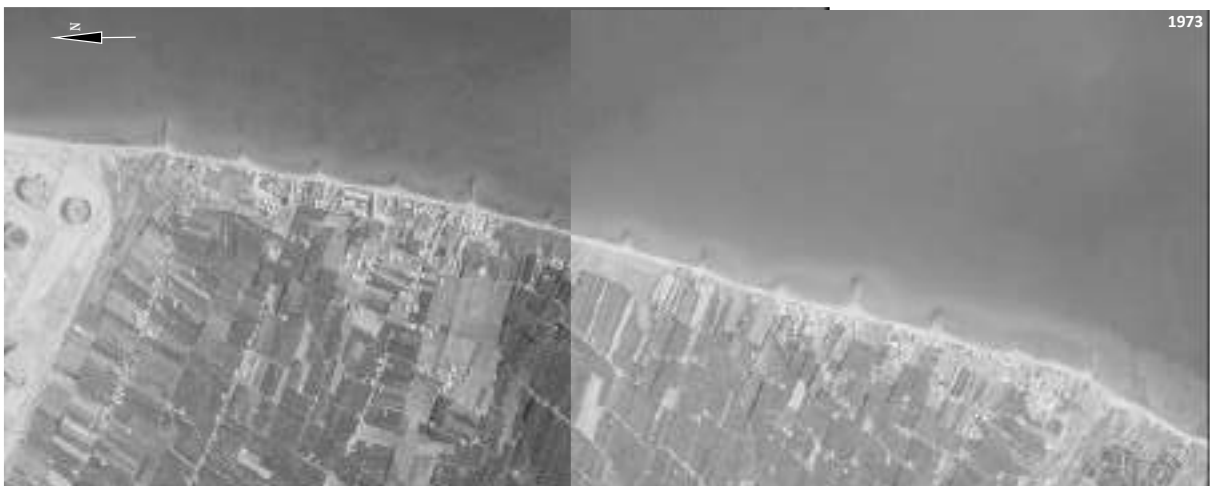


Análisis de la dinámica y procesos litorales del frente litoral de Almassora (Castellón), actuaciones realizadas, evolución y prognosis y propuesta de alternativas para su protección y regeneración.
Anexo I. Fototeca



La imagen de 1967, en el margen superior, muestra la clara recesión entre este fotograma y el anterior (1956), han pasado diez años, podríamos aventurarnos a decir que la línea de costa es el escollerado de defensa y llegan a distinguirse los espigones, en numero de cuatro, que se ejecutaron entre 1950 y 1958.

La imagen de 1973, al pie de página, muestra, por un lado, que la zona litoral empieza a ser urbanizada, nos es generalizado, pero en los extremos se detecta el uso urbano del frente. Por otro lado, ya se han construido el total de espigones que se proyectaron y construyeron, entre 1950 y 1958 se construyeron cuatro, y entre 1970 y 1977 se terminaron de construir el resto. Señalar que el fotograma indica que la imagen fue tomada entre 1973 y 1980. En detalle podemos ver la presencia del escollerado de defensa, los espigones construidos, y la franja clara no es playa seca, es el vial que recorre las playas de Ben Afeli y La Torre





La imagen la hemos fijado en 1980, aunque realmente comprende un periodo entre 1980 y 1986. En 1982 se construyeron dos diques exentos, que podemos ver en la imagen superior, en el situado al norte ya no está el camino de acceso ejecutado para su ejecución, mientras en el segundo todavía está dicho acceso, por ello habría que considerar que la imagen corresponde a 1982 o 1983. No existe playa seca, algunos retazos en el apoyo de los espigones existentes, y que apenas se aprecian, como efecto positivo de los diques exentos, aunque destaca la playa apoyada en el espigón sur, inmediato a la desembocadura del río Mijares.

La imagen de 1987, al pie de página, muestra en Ben Afeli una playa resultado de la alimentación artificial realizada en 1986, el resto del frente se encuentra como lo veíamos en la imagen anterior, 1980, exiguas playas en el entorno de los espigones existentes y la playa de la Torre en su extremo final apoyada en el último espigón (escollera de Vora Riu).





En 1990 se reparan cuatro espigones de los existentes en origen en la playa de Almassora y se ejecuta una alimentación artificial, efectos que podemos comprobar en la imagen de 1991, y que podemos ver en el margen superior de la página. Se evidencia el efecto positivo de las actuaciones realizadas, los espigones retienen más sedimentos, formando playas apoyadas, y podríamos atrevernos a decir que las playas de Ben Afeli y La Torre se han regenerado, aunque el extremo norte de Ben Afeli no muestra una acreción aceptable.

Pasa un año y podemos ver cómo ha evolucionado la playa en 1992, imagen inferior margen de página. Pocas variaciones podemos observar entre las dos imágenes, 1991 y 1992, pero sí que podemos comprobar que el sentido del transporte litoral es norte-sur, el extremo norte de Ben Afeli muestra una playa abrigada a sotamar del espigón norte, escollera de la Mitgera, y apoyada a barlomar del primer dique exento; como en el caso de La Torre, los extremos norte apoyados en los espigones regenerados han perdido playa seca dejando la escollera de defensa como línea de costa.





En 1993 se reparan siete espigones más del frente litoral de Almassora y se ejecuta una nueva alimentación artificial. La imagen de 1999, en el margen superior de la página, muestra el efecto positivo de dichas actuaciones. Por un lado, la playa de Ben Afeli, entre el espigón norte, que se ha alargado en comparación con la imagen de 1992, y el primer dique exento, formando una celda que presenta una playa seca importante, y que comparada con la siguiente celda vemos un fuerte retroceso en esta última, como en el tómbolo que forma el dique exento, pero el resto de playa muestra una acreción frente a lo que veíamos en 1992.

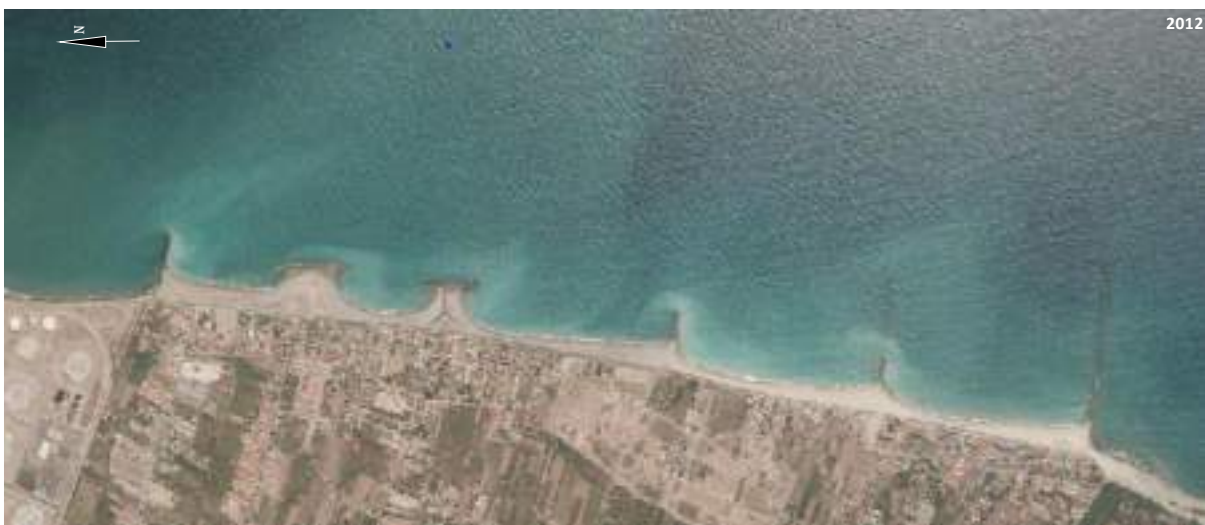
La imagen de 2003, en el margen inferior de la página, vemos una prolongación del espigón sur, escollera de Vora Riu, y se aprecia que parte del espigón se encuentra por encima del Nivel Medio del Mar (N.M.M.), y el final se encuentra sumergido, o a N.M.M. En Ben Afeli parece existir una cierta compensación entre la primera celda y la segunda, es evidente la acreción de esta última en comparación con la imagen anterior, 1999, tras cuatro años; el resto del frente muestra igualmente una relativa acreción.





La imagen de 2007, en el margen superior de la página, puede verse más claramente la adecuación de los espigones, parcialmente por encima del N.M.M. y sumergidos en el tramo final de la playa de La Torre. Por la imagen es evidente que se ha procedido a una alimentación artificial dadas las anchuras que se aprecian en la playa seca en todo el frente, sobre todo en el tramo que correspondería a la playa de La Torre. Otro aspecto destacable es la mayor densidad de urbanizaciones en el entorno litoral.

La imagen de 2012, margen inferior de la página, muestra una cierta semejanza con la anterior, probablemente se han ejecutado obras de mantenimiento y conservación entre 2007 y 2011, aunque se detecta una cierta recesión de los frentes, principalmente en La Torre. Hay que señalar el pase de sedimentos de norte a sur en los espigones, y que en algunos se realiza sobre la parte sumergida de los mismos como podemos apreciar por los penachos que observamos en la imagen, aspecto que igualmente podemos ver en otras imágenes.





La imagen superior corresponde al año 2015 y aparentemente muestra cierta semejanza con la que veíamos anteriormente de 2012, y no ha habido actuaciones previas de alimentación artificial, pero sí que es evidente que el frente presenta anchuras óptimas, en Ben Afeli, sobre todo en las dos celdas al norte, pero igualmente, y en las mismas celdas se pueden observar anchuras que no sobrepasarían la recomendada para el entorno en el cual se encuentra, como igualmente en La Torre encontramos la misma situación, anchuras en zonas apoyadas y abrigadas que podrían considerar como aceptables, pero en las zonas centrales, sobre todo, de las celdas que observamos, la anchura es reducida.

Pero lo más interesante es comparar la imagen anterior con la que se corresponde con el año 2017, al pie de página, y donde vemos que ha desaparecido uno de los diques exentos, siendo sustituido por un espigón normal a la costa, que se acompañó con una alimentación artificial que se centra en Ben Afeli, mientras que La torre muestra cierta recesión con relación al año 2015.



Análisis de la dinámica y procesos litorales del frente litoral de Almassora (Castellón), actuaciones realizadas, evolución y prognosis y propuesta de alternativas para su protección y regeneración.
Anexo I. Fototeca



La imagen de 2018, en margen superior de la página, aparentemente es semejante a la que recogíamos de 2017, parece mantener cierta estabilidad en el tramo de actuación, Ben Afeli, y La Torre igualmente, solamente ha pasado un año entre imágenes, pero no sabemos las fechas, pero sí que se han realizado obras de emergencia para reparar daños provocados por temporales en febrero, marzo y octubre de 2018, actuaciones que pueden haber dado como resultado una semejanza entre las dos imágenes.

Por último, recogemos la imagen de 2020, en el margen inferior de la página; aún podemos decir que la actuación de Ben Afeli ha resultado hasta cierto punto efectiva, aunque en la celda norte aparentemente se ha producido una acomodación de la playa de la playa con recesión; recesión que es más acusada en La Torre, con tramos en lo que prácticamente no hay playa seca.



Análisis de la dinámica y procesos litorales del frente litoral de Almassora (Castellón), actuaciones realizadas, evolución y prognosis y propuesta de alternativas para su protección y regeneración.
Anexo I. Fototeca



**ANÁLISIS DE LA DINÁMICA Y PROCESOS LITORALES
DEL FRENTE LITORAL DE ALMASSORA (CASTELLÓN),
ACTUACIONES REALIZADAS, EVOLUCIÓN Y PROGNOSIS
Y PROPUESTA DE ALTERNATIVAS PARA SU PROTECCIÓN Y
REGENERACIÓN**



ANEXO II. GOOGLE EARTH

ANÁLISIS DE LA DINÁMICA Y PROCESOS LITORALES DEL FRENTE LITORAL DE ALMASSORA (CASTELLÓN), ACTUACIONES REALIZADAS, EVOLUCIÓN Y PROGNOSIS Y PROPUESTA DE ALTERNATIVAS PARA SU PROTECCIÓN Y REGENERACIÓN. ANEXO II. GOOGLE EARTH

1. INTRODUCCIÓN

En el presente Anexo recogemos las imágenes obtenidas a partir de la aplicación Google Earth, en periodo analizado corresponde entre los años 2002 y 2018, con imágenes que en algunos casos coinciden con las recogidas en el Anexo I.

Una de las posibilidades que os ofrece la aplicación es la de poder medir la anchura de la playa seca, lo que hemos hecho, pero mostrando el valor mínimo de las diversas celdas en que hemos dividido el frente litoral de Almassora, las celdas las hemos definido partiendo de la última visión de la costa.



Según la compartimentación ejecutada podríamos establecer que las celdas 1 y 2 corresponderían a la playa de Ben Afeli, mientras que el resto se corresponderían con la playa de La Torre.

En las siguientes paginas recogemos las imágenes y los valores determinados. Añadir que en esta ocasión podemos establecer la fecha de la obtención de la imagen y que únicamente hemos indicado el mes y año.



La imagen correspondiente al mes de agosto de 2002 no presenta las celdas que con anterioridad hemos definido, pero pueden intuirse. Consultado el clima marítimo podemos establecer que con anterioridad de la toma de la imagen se presentó un largo periodo de calmas. A la vista de las anchuras mínimas vemos que únicamente la *celda 1* cumpliría con la anchura mínima, dado que dada la conformación del límite de la plata seca la anchura recomendada es de cincuenta y cinco metros (55,00 m); la *celda 2* no cumple, aunque lo haría si el escarpe fuera un cordón dunar, y el resto del frente se encuentra por debajo de los mínimos expuestos, solamente la que podríamos asimilar a la *celda 5* cumpliría con el mínimo en el caso de que el escarpe fuera un cordón dunar.

La imagen de julio de 2007, al pie de página, ya podemos encontrarnos con las cinco celdas que definíamos al principio. Desde el punto de vista del clima marítimo, aparentemente con anterioridad han concurrido pequeños temporales y podemos pensar que su efecto sobre la playa no habría sido importante como para provocar un fuerte retroceso de la línea de costa por el efecto de oscilación. La *celda 1* cumple, como con anterioridad al superar la anchura mínima, pero el resto de celdas no cumple, salvo la *celda 4* sí el escarpe fuera un cordón dunar. En general podemos establecer que entre 2002 y 2007 hay regresión del litoral, salvo en Ben Afeli, *celda 1*.



Análisis de la dinámica y procesos litorales del frente litoral de Almassora (Castellón), actuaciones realizadas, evolución y prognosis y propuesta de alternativas para su protección y regeneración.
Anexo II. Google Earth



La imagen de mayo de 2009, en el margen superior de esta página, se tomó una semana después de un pequeño temporal y consideramos, como en el caso anterior, que el retroceso de la línea de costa no podemos considerarlo como muy importante, y en el momento de medir la anchura mínima de cada celda se ha tenido presente dicha circunstancia. Es evidente el retroceso generalizado de todo el frente, las anchuras mínimas se han reducido en todas las celdas, llegando, en algunos casos, *celdas 3 y 4*, a valores muy próximos a lo que se considera como oscilación natural de una playa de arenas, diez metros (10 m), y que en este frente a falta de datos deberá ser superior al valor expuesto.

La imagen de julio de 2011, al pie de página, se toma después de un periodo de calmas superior al mes, por tanto, no consideramos que se haya producido retroceso de la línea de costa por acciones de temporales. En este caso salvo la *celda 1* el resto del frente se define por recesión, pero incluso la *celda 1* tampoco en que presente una acreción destacable; las celdas 2 y 5 retroceden, mientras que las *celdas 3 y 4* avanzan, pero valores pequeños. Hemos definido que el frente se encuentra en recesión, salvo el tramo norte de Ben Afeli, por el riesgo que representan las escasas anchuras de las formaciones encerradas en las celdas, y que, en conjunto, valor medio, el frente es recesivo.





La imagen de septiembre de 2012 se toma después de cuatro meses sin prácticamente temporales, es pues un perfil de calmas, y que curiosamente tras la toma de la imagen sí que concurrió un temporal. Comparando esta imagen con la anterior, julio 2011, prácticamente son idénticas, únicamente la *celda 3* presenta una recesión, más o menos importante. Las anchuras que presentan las celdas son inferiores a los valores mínimos, salvo la *celda 1*, que consideramos como estables, o al menos con capacidad de absorber temporales.

La imagen de julio de 2014, igualmente puede considerarse como de perfil de calmas, y si comparamos con la imagen anterior prácticamente se mantiene el frente litoral, los avances o retrocesos de las anchuras son mínimas, de un par de metros, y como ocurría en el caso anterior la anchura mínima de las celdas son inferiores a los valores mínimos, la *celda 1* roza la recomendada, que consideramos como estables, o al menos con capacidad de absorber temporales.



Análisis de la dinámica y procesos litorales del frente litoral de Almassora (Castellón), actuaciones realizadas, evolución y prognosis y propuesta de alternativas para su protección y regeneración.
Anexo II. Google Earth



La imagen de octubre de 2015 es posterior a una serie de temporales, deberemos considerar que el perfil de las playas es de temporales y deberemos tenerlo presente en el momento de definir las anchuras mínimas de las diversas celdas en que hemos compartimentado el frente de Almassora. Las *celdas 2 y 3* aparentemente muestran una acreción, aunque no muy importante, y el resto son claramente recesivas, fundamentalmente la *celda 1* que retrocede prácticamente diez metros, y no es la oscilación natural. Como en los casos anteriores el frente presenta anchuras por debajo de las mínimas recomendadas; y pero nos olvidemos que las anchuras que presentamos en las imágenes son las mínimas de cada celda.

La imagen de noviembre de 2016 muestra un oleaje rompiendo sobre la costa, no podemos definir claramente si las playas muestran perfil de calmas o de temporales, en una situación posterior a temporales, pero alejados temporalmente, las medidas se han corregido para intentar aproximarnos a la línea de orilla media. Podríamos establecer que las situaciones de las celdas son similares a la que presentaban en la imagen anterior con pequeñas modificaciones de avance o retroceso, siendo este ultimo muy significativo en la *celda 5*, que se encuentra por debajo de los diez metros (10,00 m), y en cualquier caso no presentan los valores recomendados.





La imagen de septiembre de 2017 es posterior a un periodo de calmas, y presenta variaciones con relación a la imagen anterior, con avance y retrocesos, las *celdas 2, 3 y 5* avanzan, mientras que la *celda 4* retrocede, y en cualquier caso están por debajo de la anchura mínima recomendable. Mención aparte merece la *celda 1*, por un lado, recogemos la distancia mínima entre el borde interior de la playa seca y la orilla aparente, con un resultado de cincuenta y seis metros (56,00 m) valor que cumple con el mínimo recomendable, pero entre paréntesis recogemos la anchura desde el pie de la duna regenerada y la orilla aparente, treinta y dos metros (32,00 m), y en este caso no cumple con la recomendada de cuarenta y cinco metros (45,00 m).

La última imagen con que contamos es la correspondiente a agosto de 2018, y como la anterior es posterior a un periodo de calmas. Con relación a la imagen anterior la *celda 1* mantiene sus dimensiones aparentemente, si bien su anchura desde el pie de la duna ha aumentado, pero nos quedaremos con la total, desde el vial, ya que en cualquier caso no es la anchura recomendada. Las tres últimas celdas 3, 4 y 5 han avanzado, pero no de forma natural debe de haber existido una alimentación artificial.





ANÁLISIS DE LA DINÁMICA Y PROCESOS LITORALES DEL FRENTE LITORAL DE ALMASSORA (CASTELLÓN), ACTUACIONES REALIZADAS, EVOLUCIÓN Y PROGNOSIS Y PROPUESTA DE ALTERNATIVAS PARA SU PROTECCIÓN Y REGENERACIÓN



ANEXO III. SEDIMENTOLOGÍA



José C. Serra Peris
Catedrático de Universidad de Puertos y Costas
Universidad Politécnica de Valencia

ANÁLISIS DE LA DINÁMICA Y PROCESOS LITORALES DEL FRENTE LITORAL DE ALMASSORA (CASTELLÓN), ACTUACIONES REALIZADAS, EVOLUCIÓN Y PROGNOSIS Y PROPUESTA DE ALTERNATIVAS PARA SU PROTECCIÓN Y REGENERACIÓN. ANEXO III. SEDIMENTOLOGÍA

1. INTRODUCCIÓN

En el presente Anexo recogemos los resultados de la toma de muestras y la sedimentología del frente de Castellón, recogida en la Ecocartografía de Castellón, realizada por Hitdma-Ecomar, la toma de muestras se centra en 2009, y los resultados se corresponden al año 2010, el trabajo se realizó por encargo del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

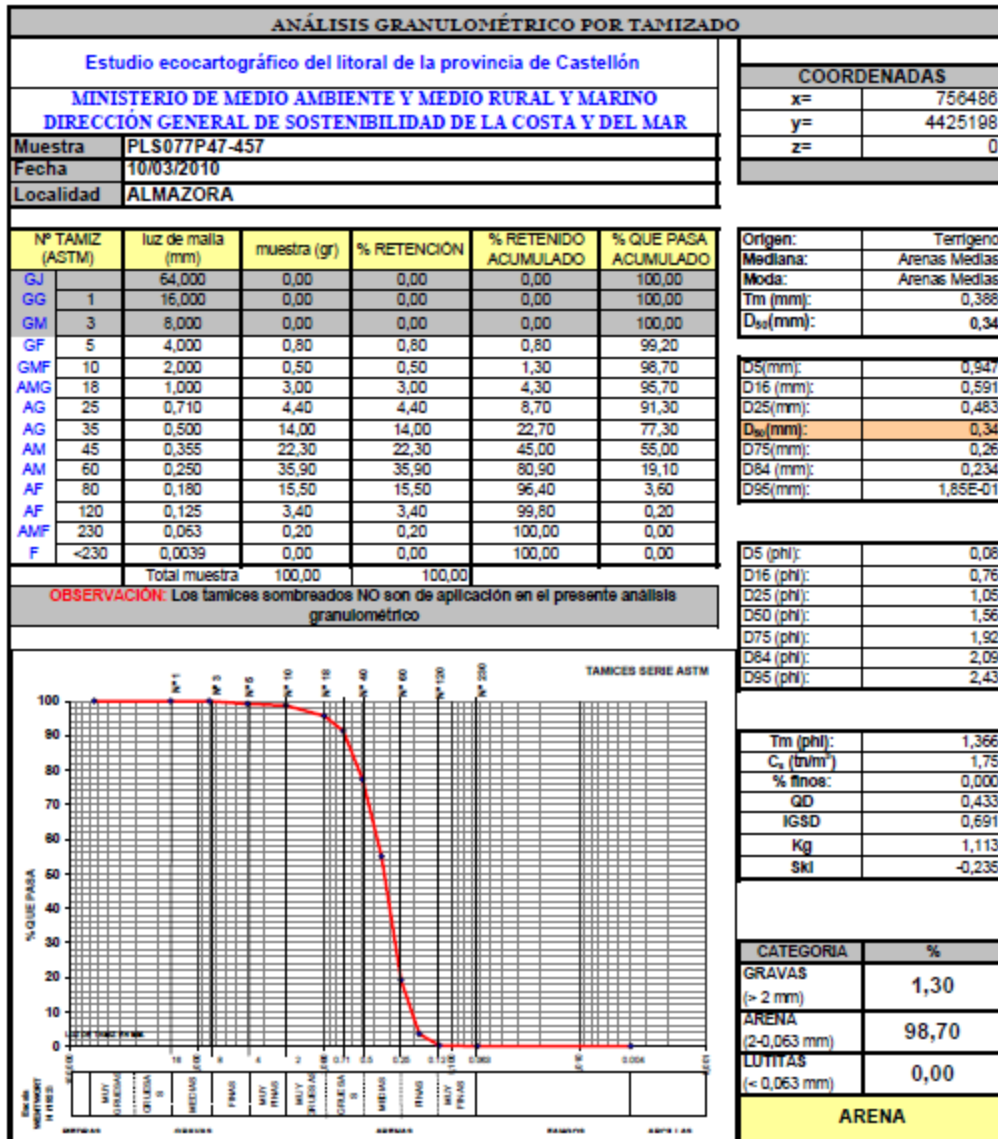
La información se acompaña con la clasificación textural, que no hemos recogido en las siguientes páginas. Donde hemos expuesto en primer lugar las muestras que se corresponderían con la playa de Ben Afeli, tanto playa seca, como estrán y playa sumergida, y en segundo lugar la playa de La Torre.



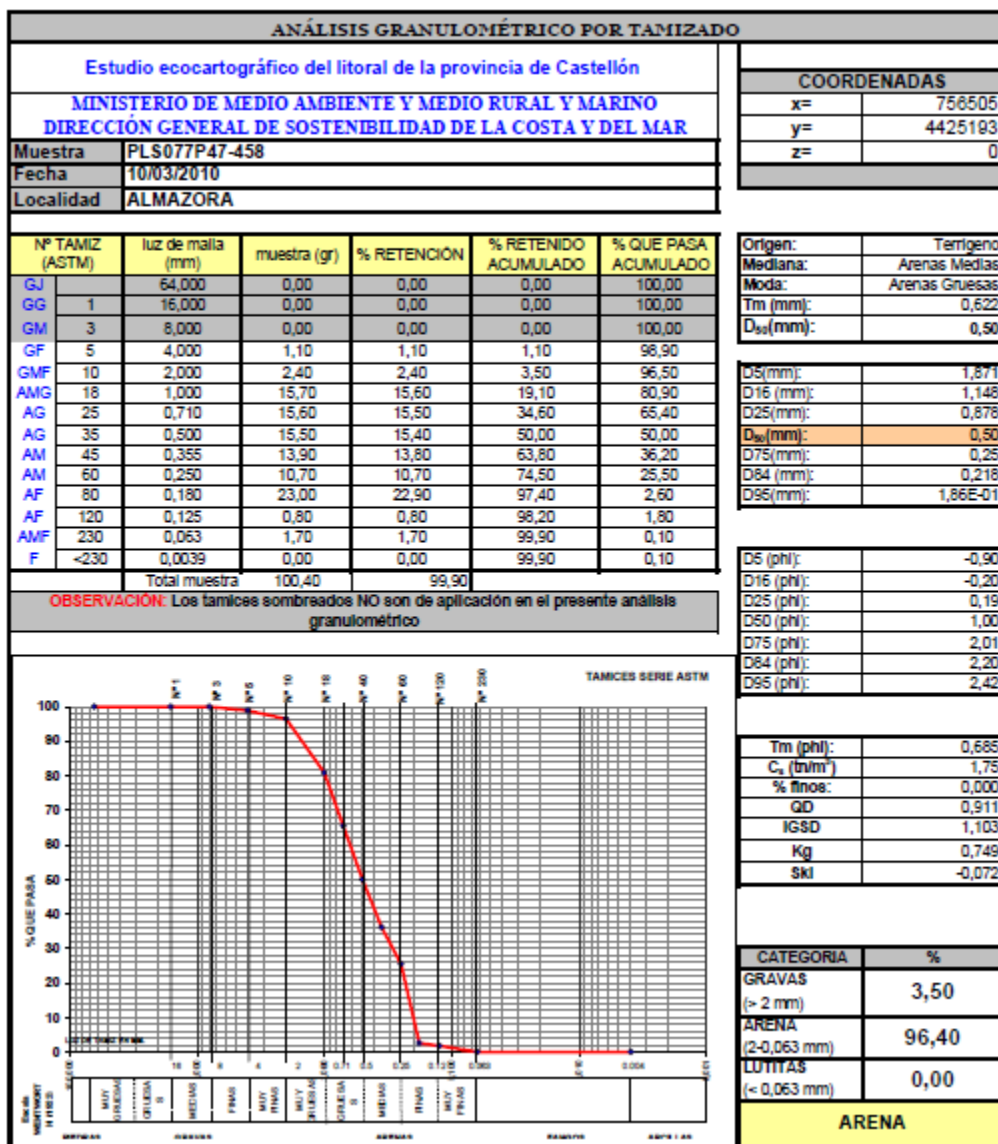
Hay un dato que queremos apuntar y es el contenido en materia orgánica (M.O.). En playa seca y estrán la M.O. oscila entre un tres y un ocho por mil (0,3 % / 0,8 %), valor inferior al uno por cien y que concuerda en lo esperado; el máximo valor determinado es superior al tres por cien (3,11 %) y se corresponde con una muestra que podríamos localizar en el prodelta del Mijares. Igualmente, en la playa sumergida el valor de la M.O. queda dentro de los valores esperados, aunque aparentemente existe una cierta estratificación del valor, así en el entorno de la isobata -8,00 la M.O. es superior al dos por cien, e inferior al tres (2,55 %), mientras que, para profundidades menores y mayores a la isobata establecida anteriormente, la M.O. se sitúa en el uno y medio por cien (1,5 %).

En cada ficha que recogemos en las páginas siguientes estableceremos alguna conclusión si consideramos de interés.

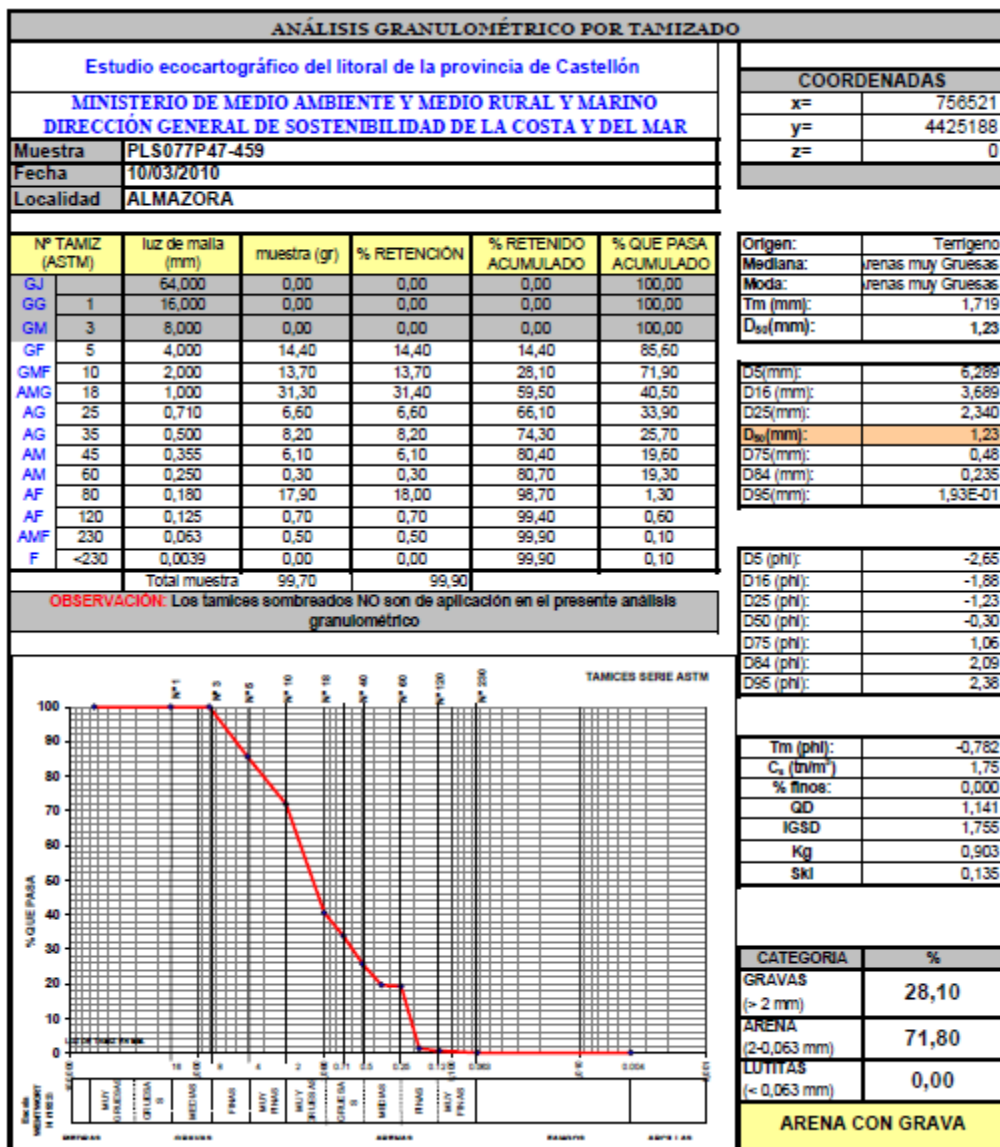
PLAYA BEN AFELI



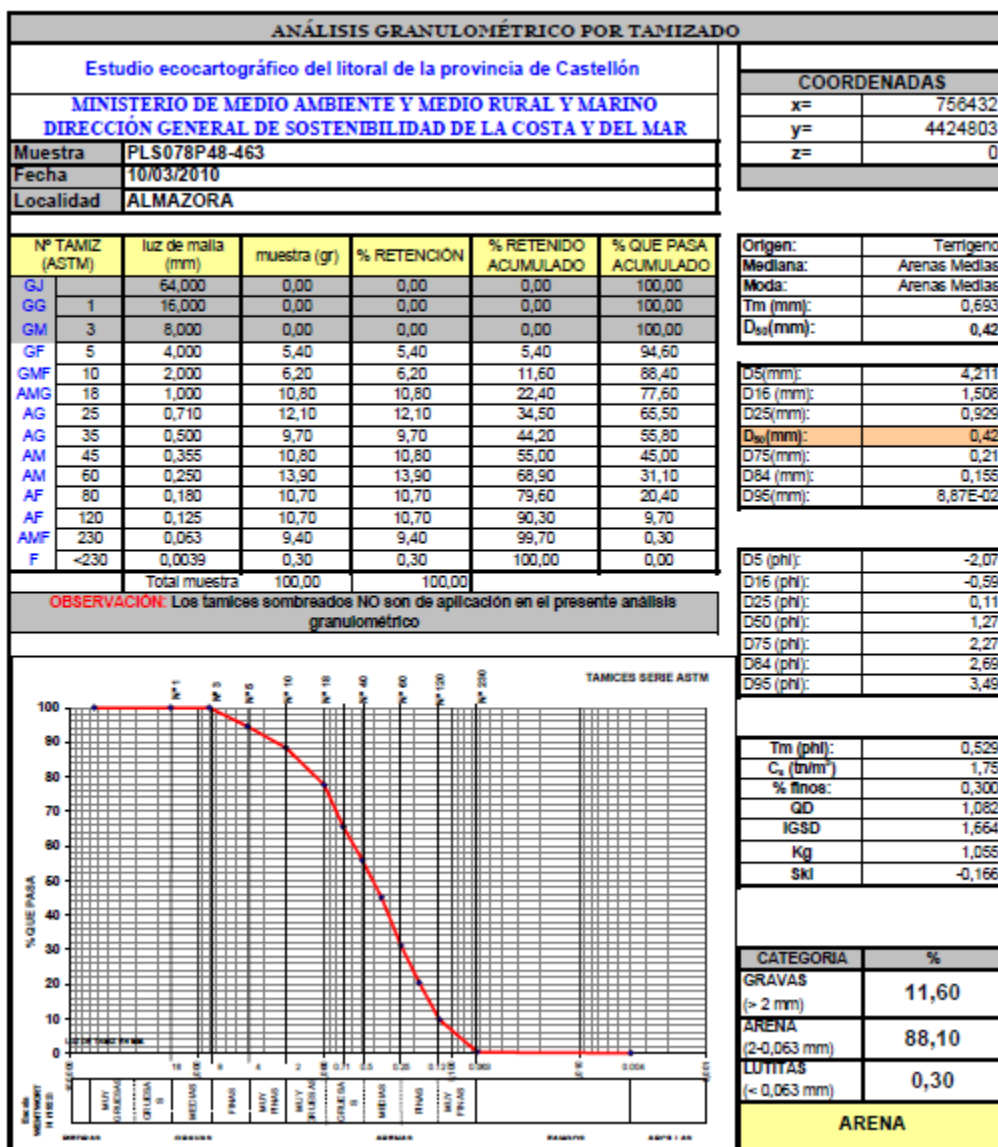
Muestra de arena, curva hiperbólica, lo que nos define un sedimento depositado por el oleaje.



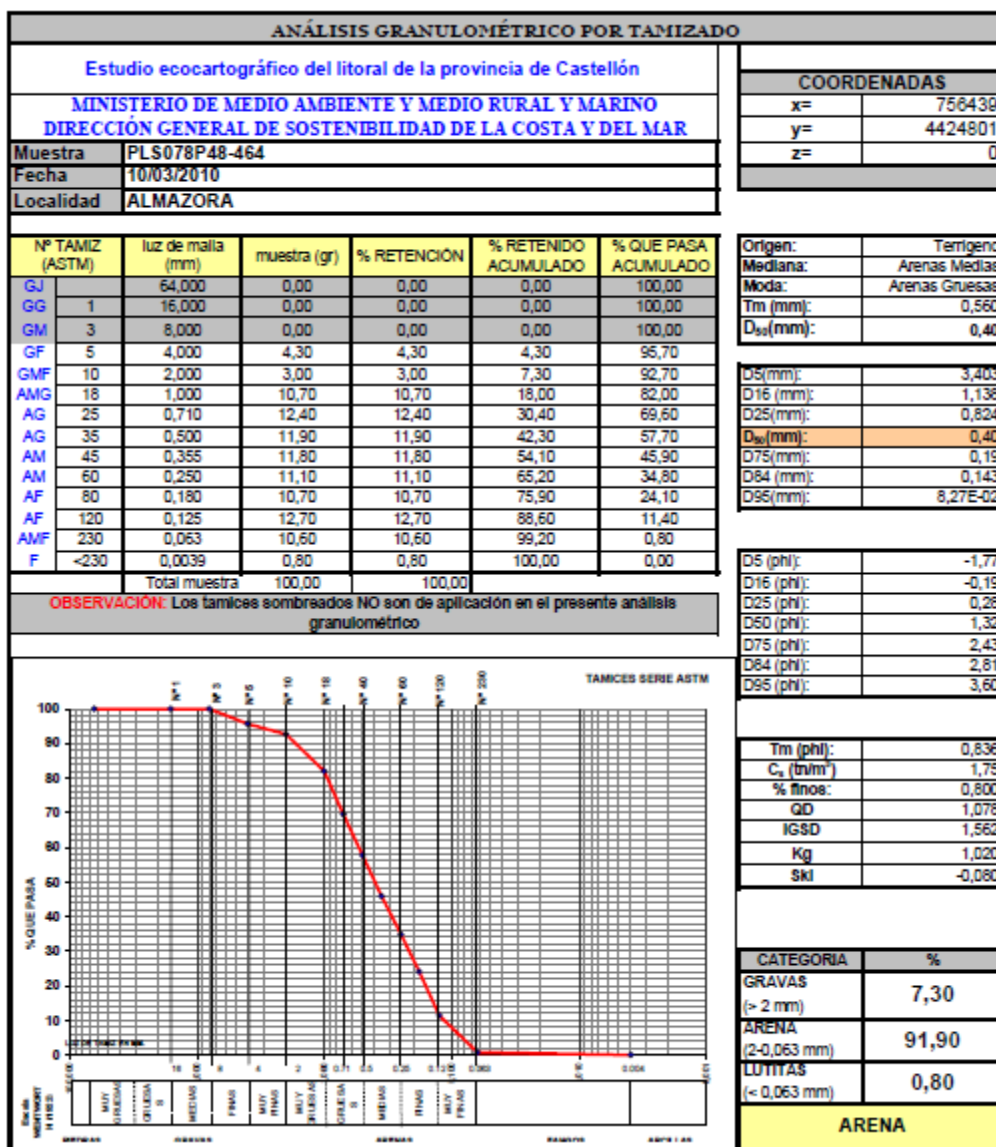
Muestra con un mayor contenido en gravas que en el caso anterior, aunque podemos seguir definiendo los sedimentos como arena, curva entre hiperbólica y parabólica, aunque aparentemente el oleaje como agente sedimentario tiene un mayor peso.



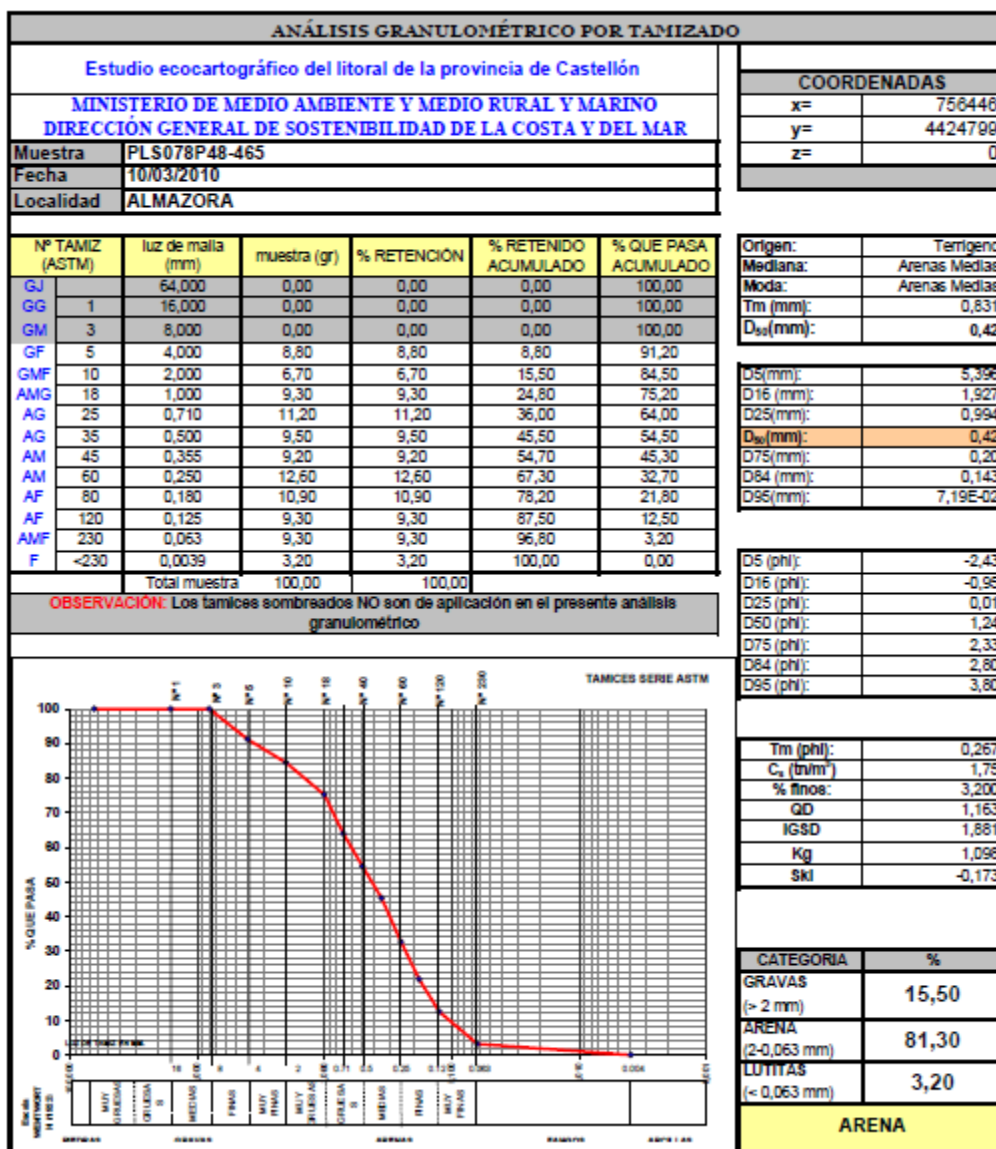
Muestra de grava y arena, curva parabólica, lo que puede llevarnos a considerar la fuerte presencia de arenas de aportación artificial de origen continental.



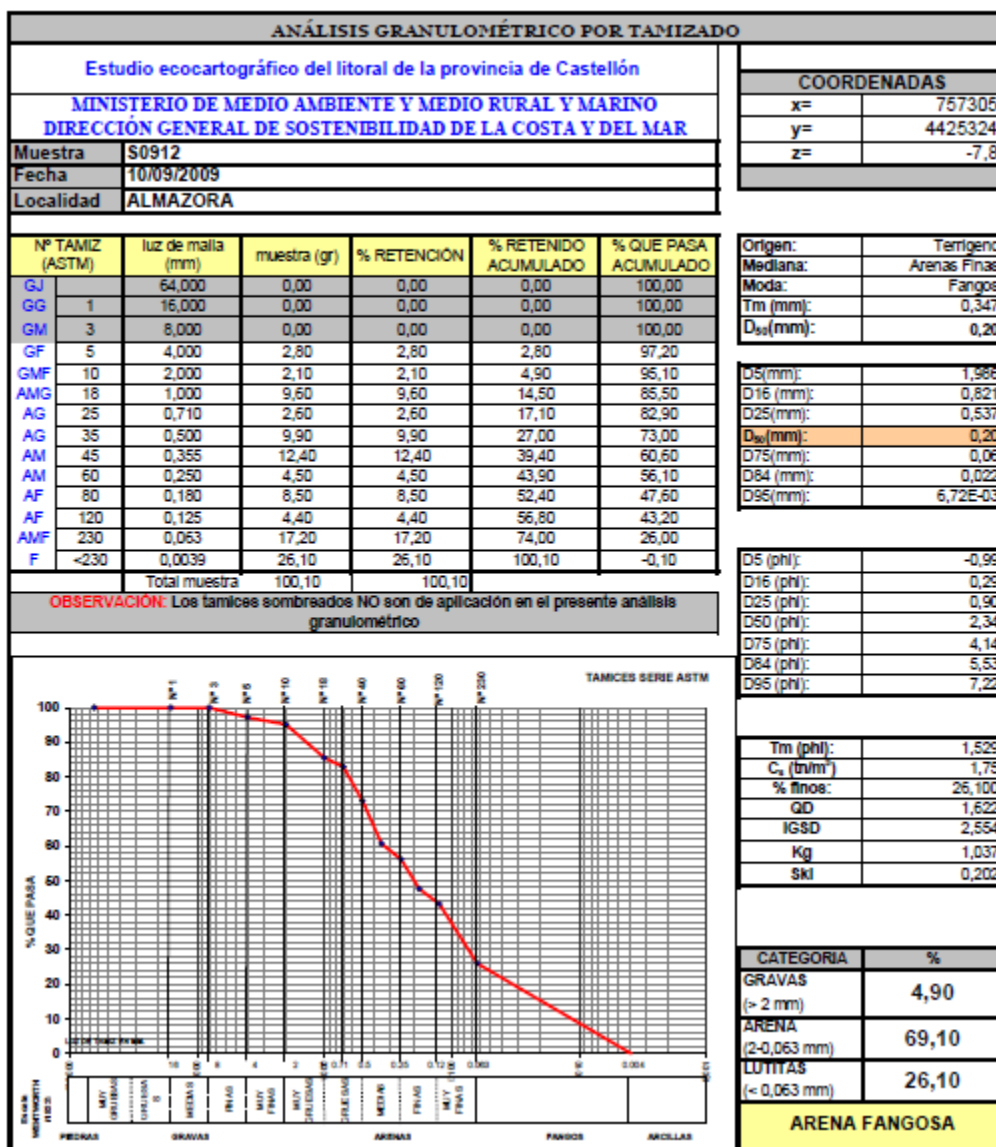
Muestra de arena pero con presencia importante de gravas sí lo comparamos con muestras de arenas anteriores, la curva es parabólica lo que no define un agente sedimentario como el oleaje o el viento, lo que puede señalarnos que las arenas son de aportación continental.



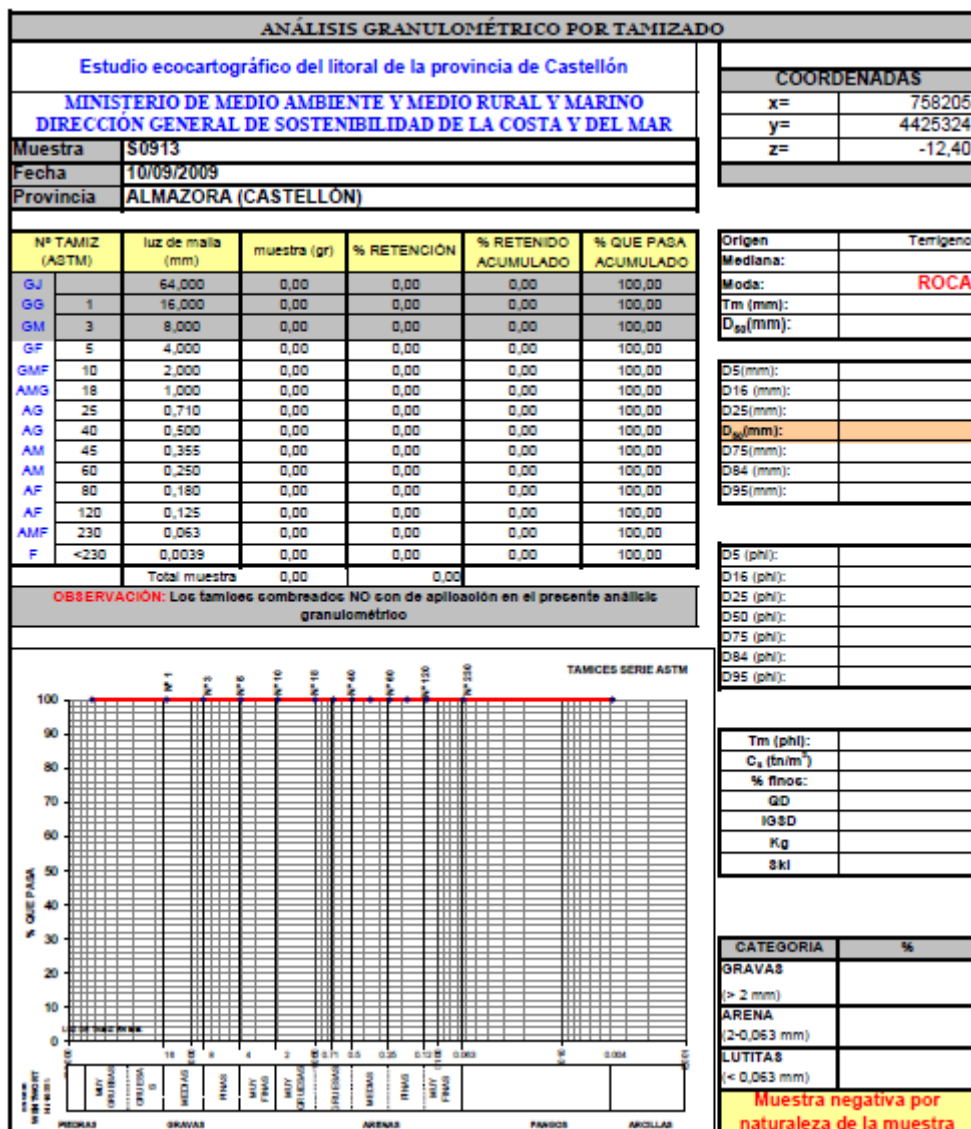
Muestra de arena con poco peso de la fracción gravas, la curva es parabólica lo que nos sitúa como en el caso anterior.



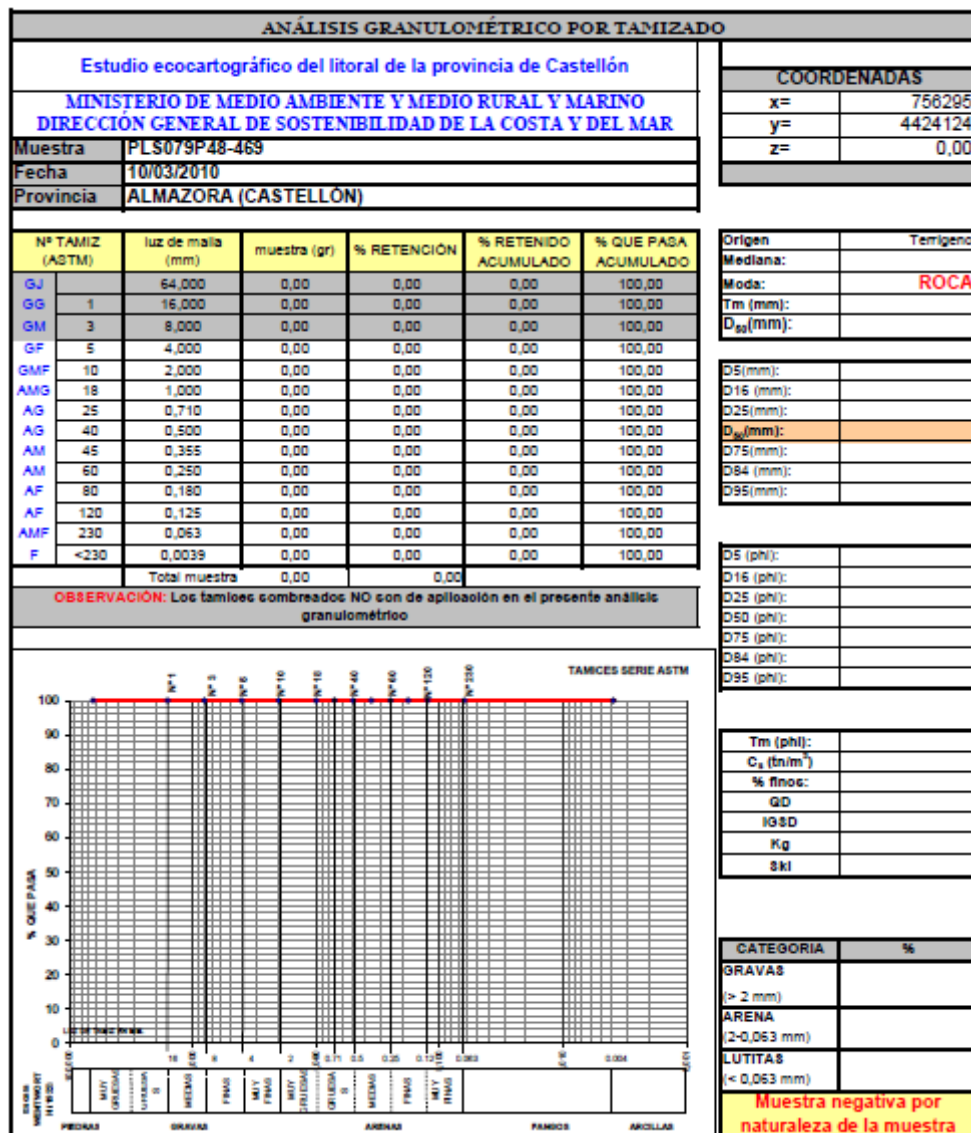
Muestra de arena con semejanza con muestras anteriores por la presencia de la fracción gravas con peso relativo importante, y curva parabólica como en anteriores casos. En general las muestras de playa seca, en el entorno de la orilla, muestras cierto origen continental, lo que nos acerca a que se trata de arenas de aportación artificial y de origen continental o de machaqueo.

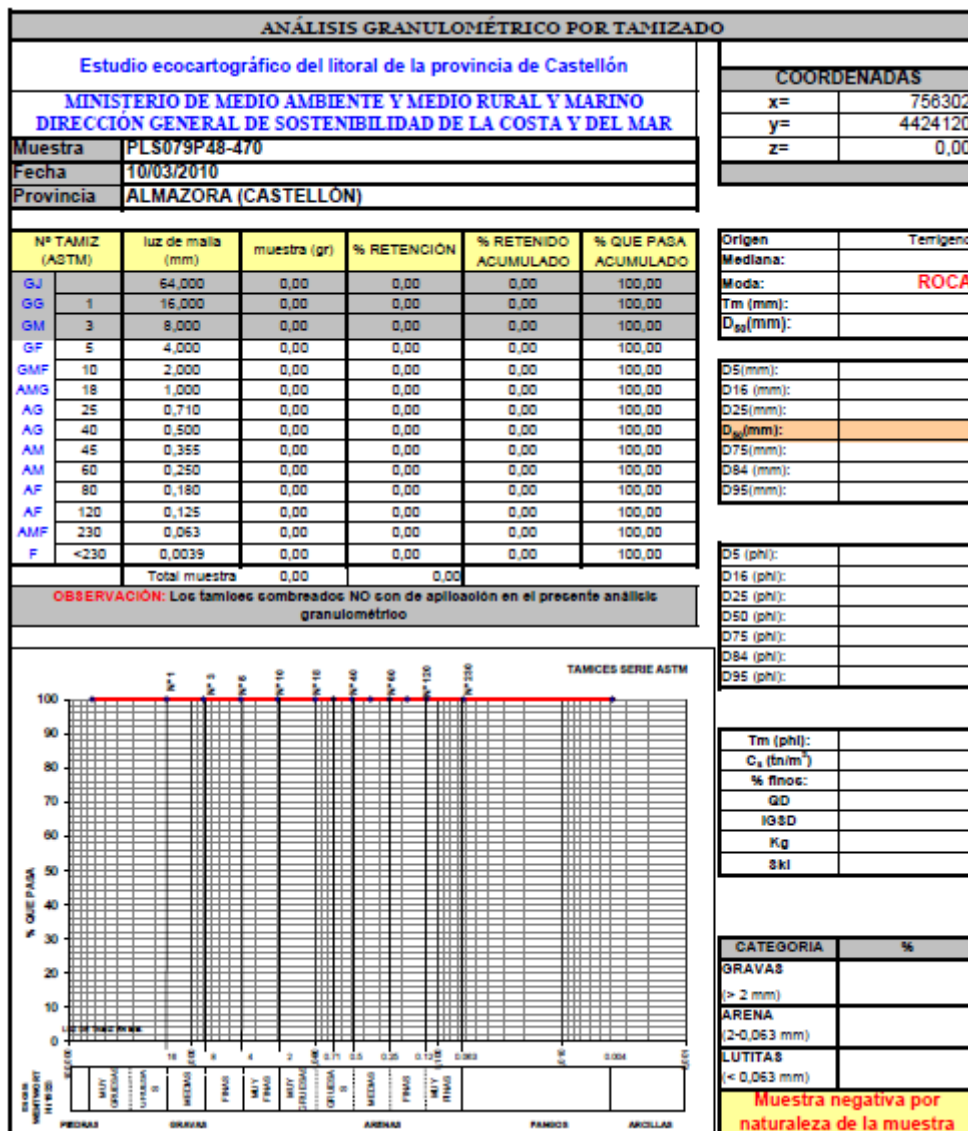


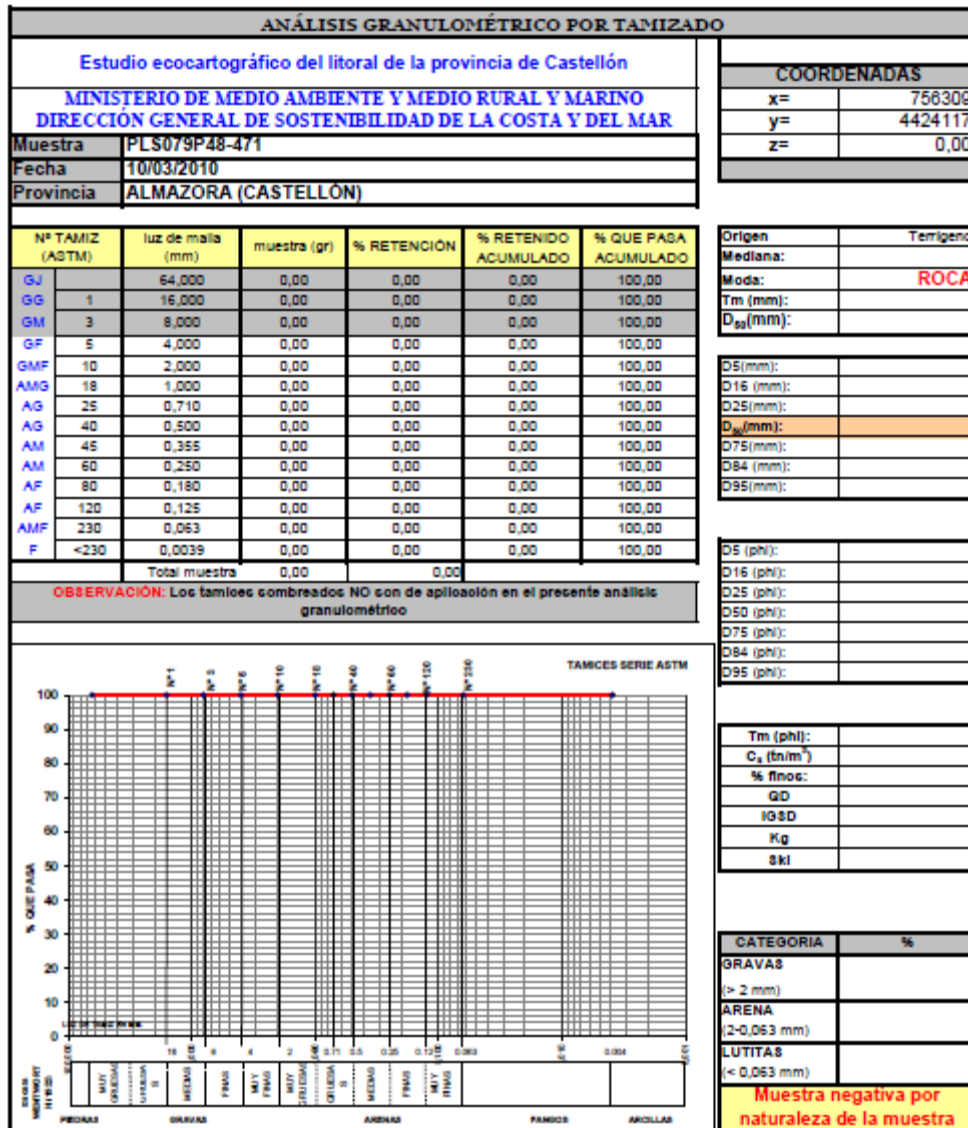
Muestra de arena de la playa sumergida, muestra de arena con alto porcentaje de finos, la curva es parabólica lo que en cierta forma contradice a lo esperado.

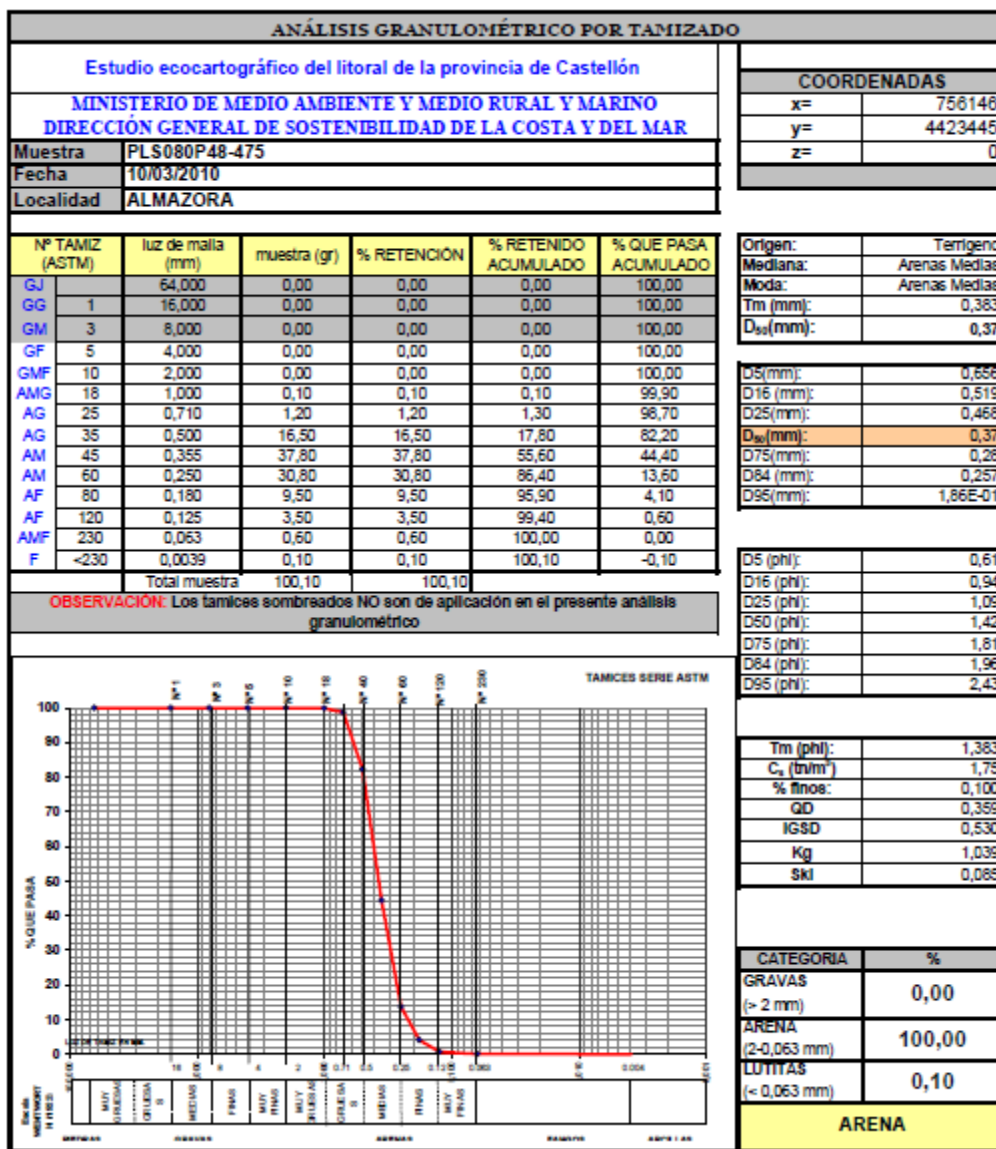


PLAYA LA TORRE

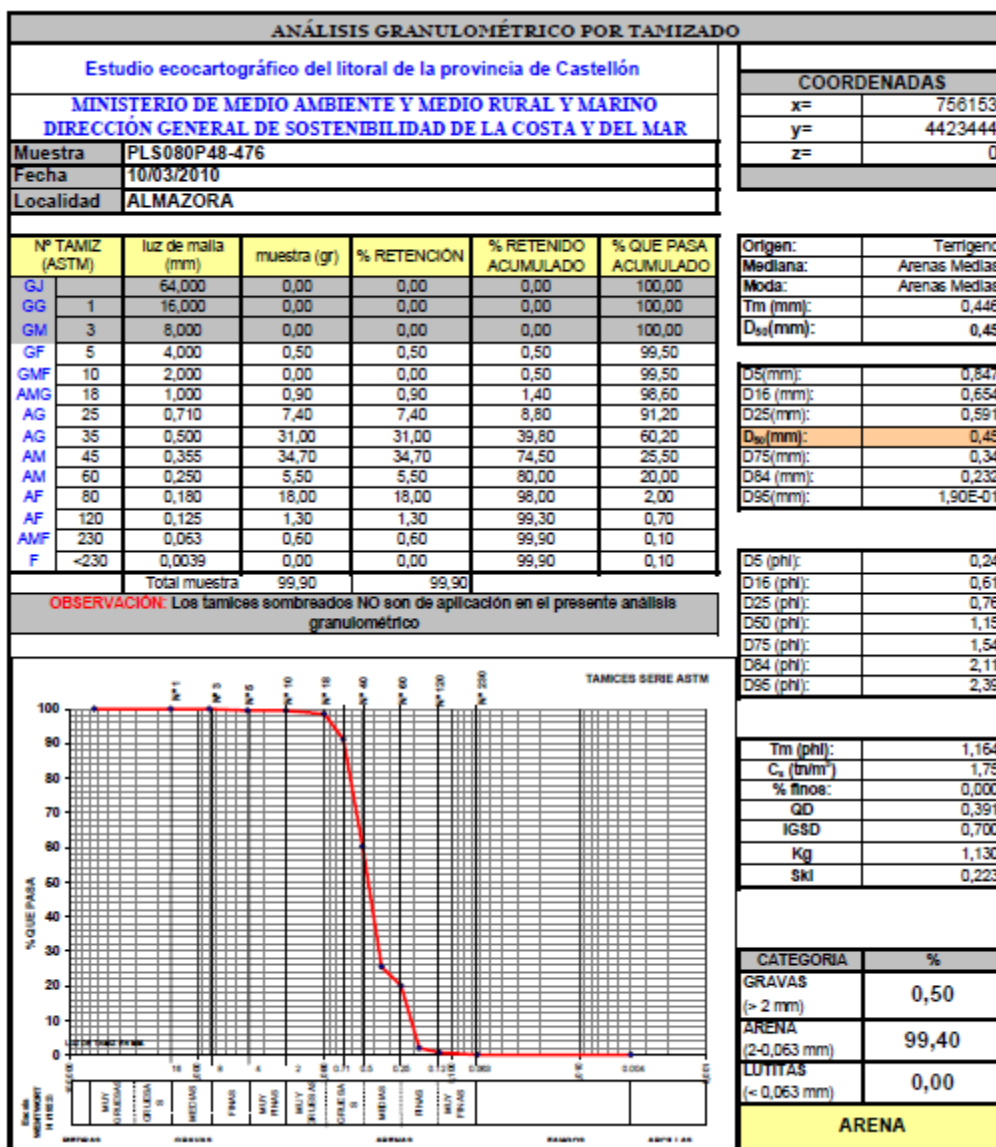




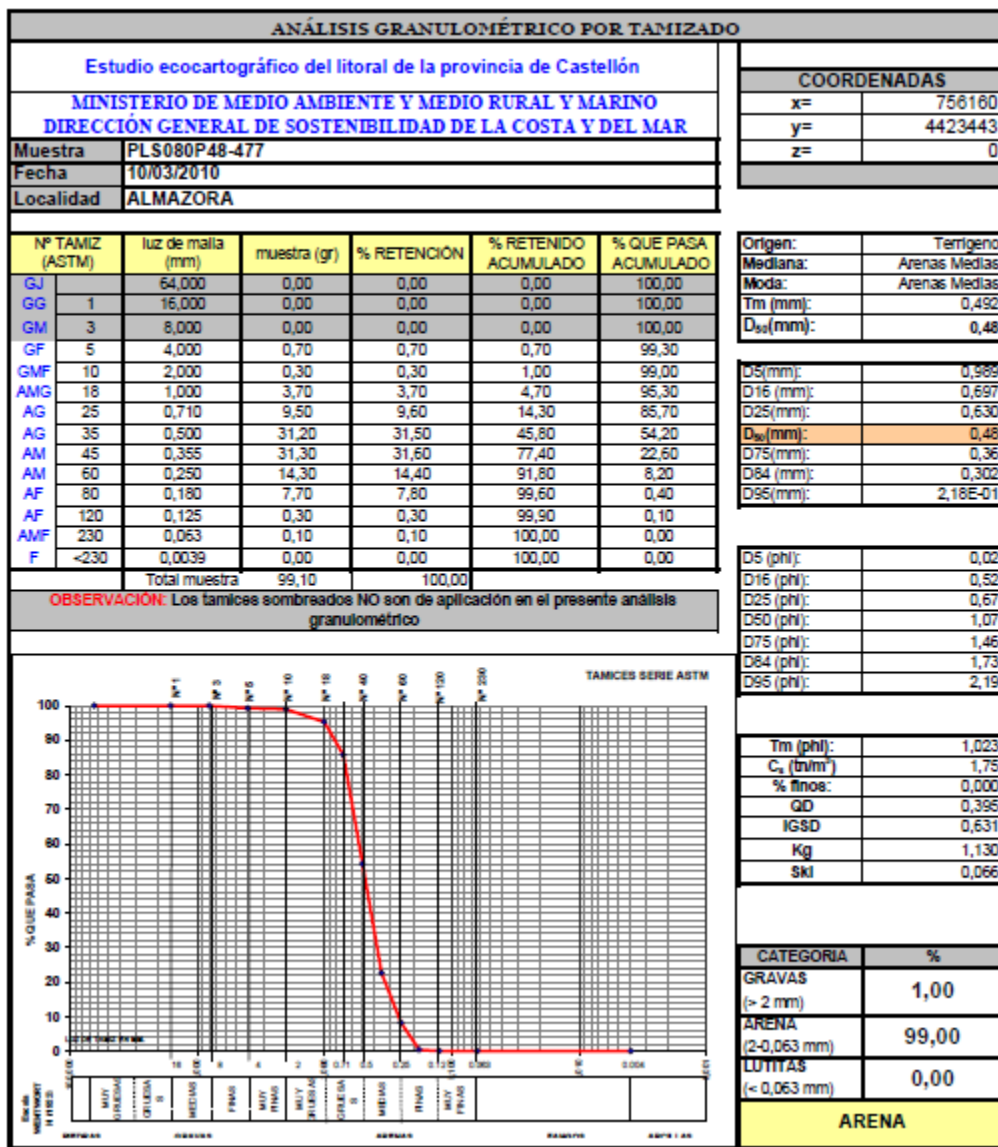




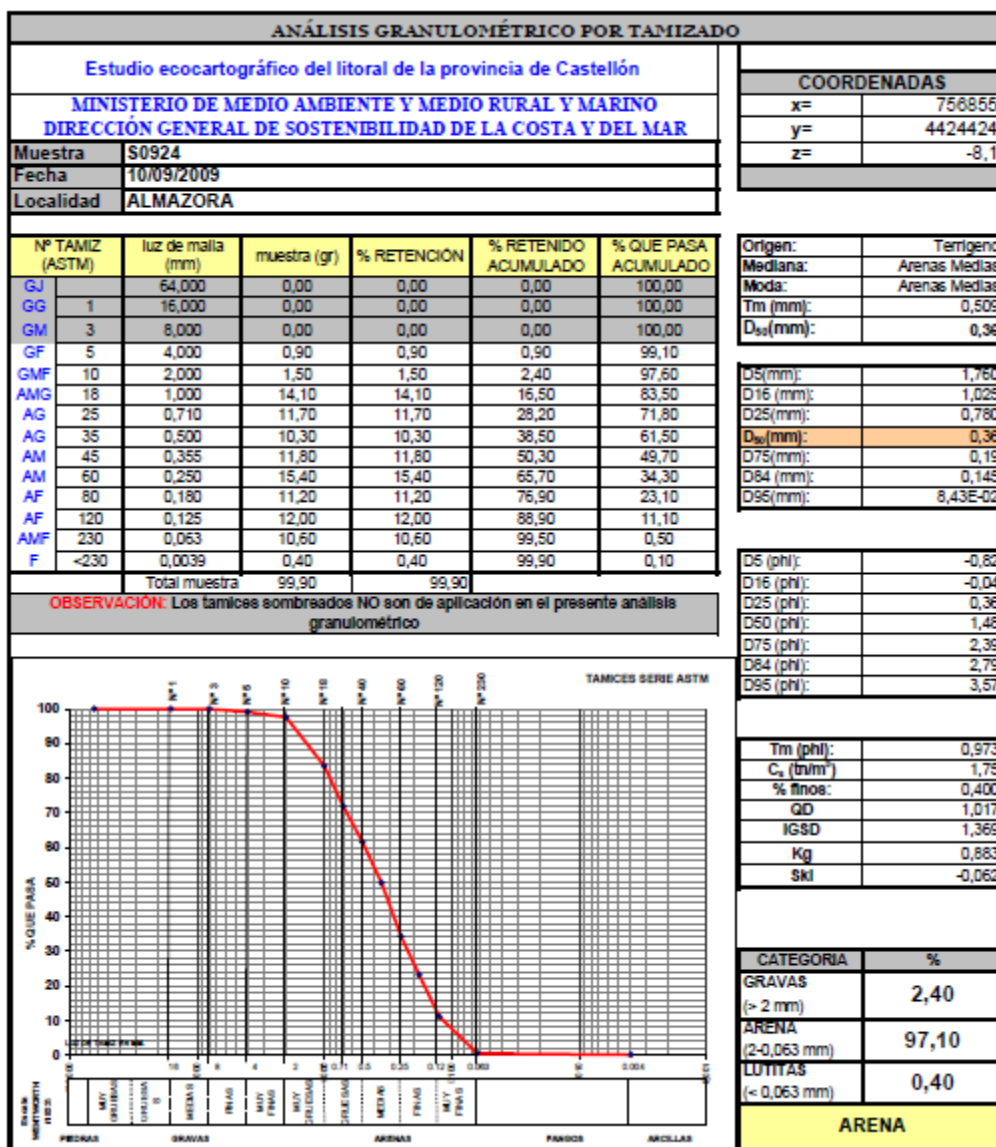
Muestra de arenas al completo, sin presencia de gravas, muestra claramente hiperbólica que nos define un agente sedimentario como el oleaje.



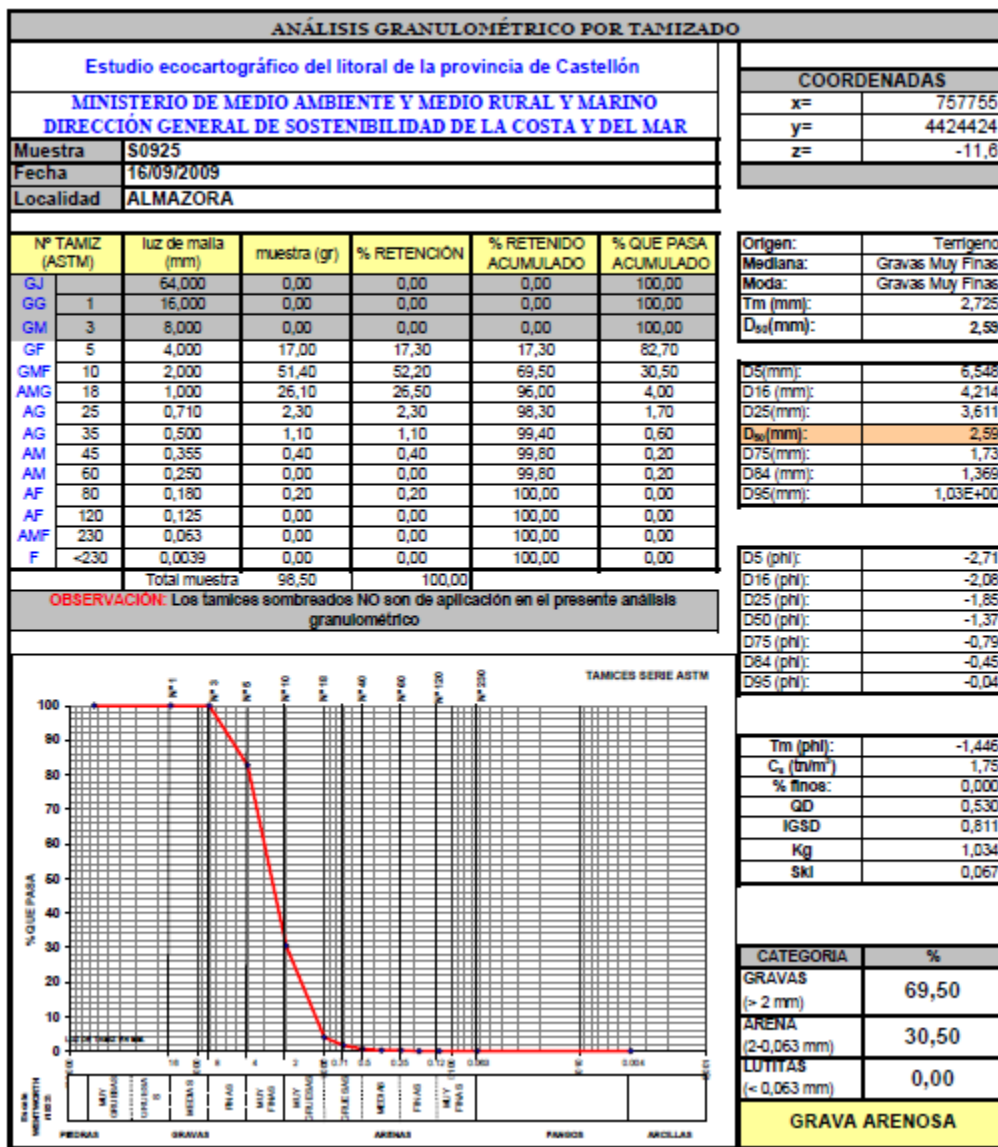
Muestra muy semejante a la anterior, casi el cien por cien de arena, y curva hiperbólica, agente sedimentario oleaje.



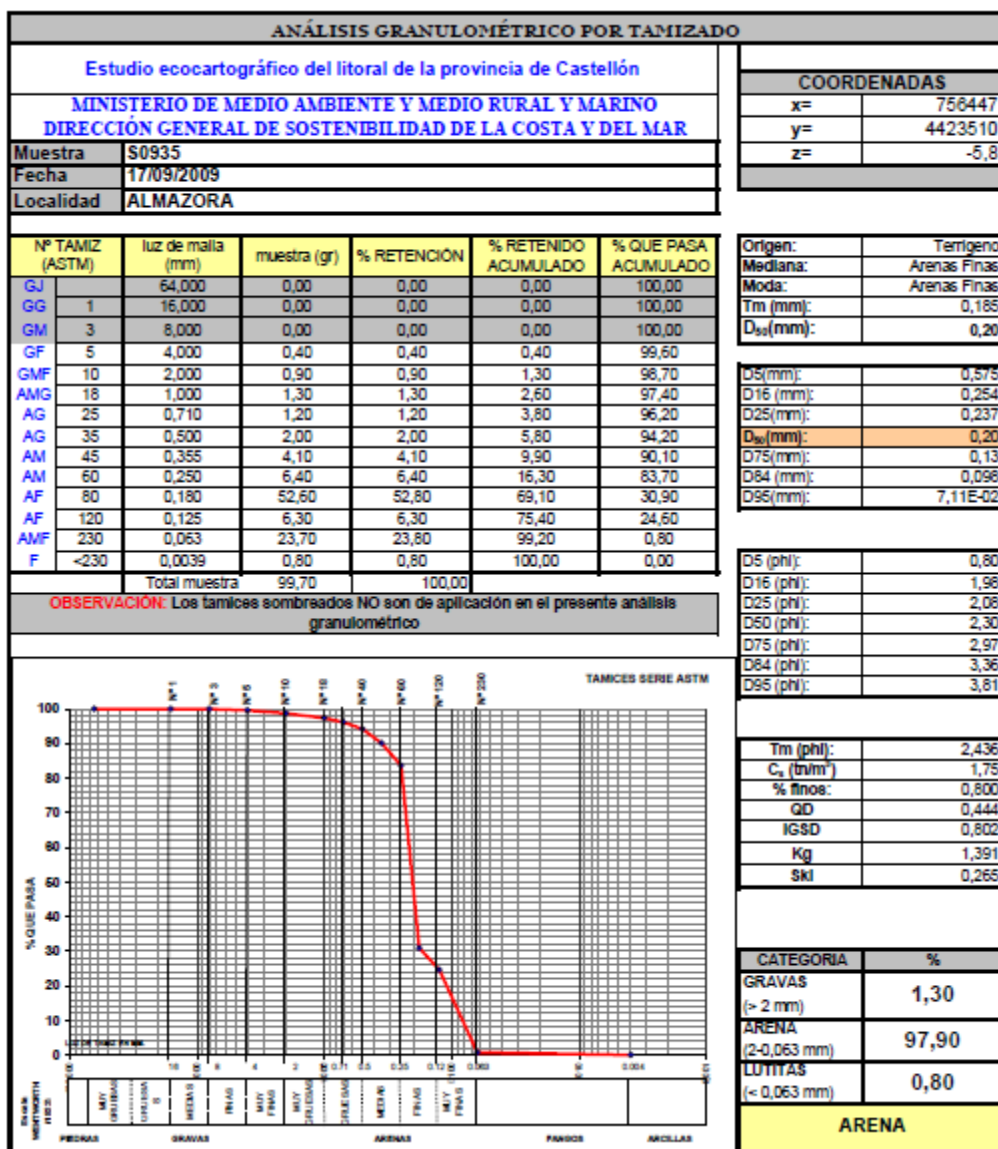
Gran uniformidad en las muestras que recogemos, totalmente arena, aunque en este caso la presencia de gravas existe, pero es mínima, y curva hiperbólica como en los casos anteriores.



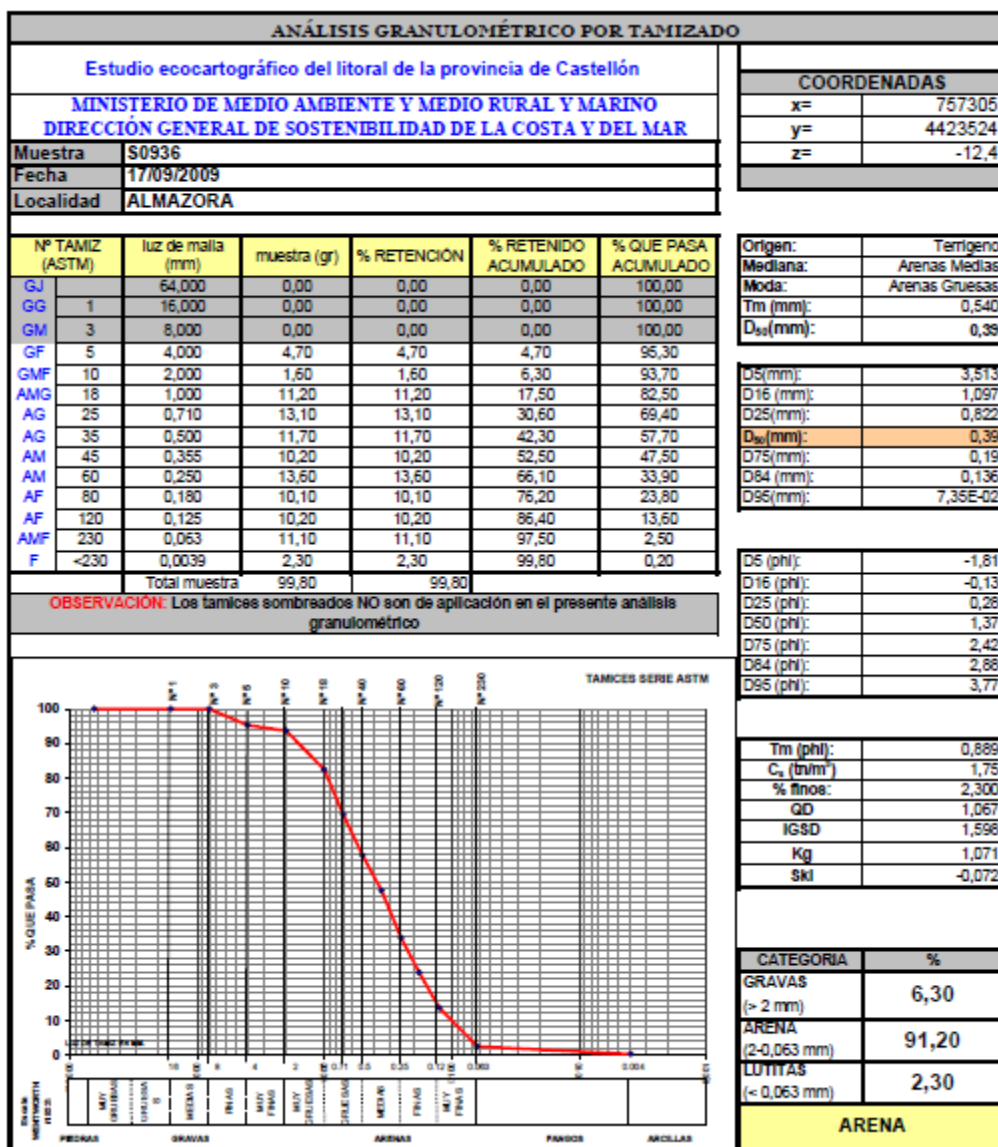
Muestra de arena, pero va incorporándose fracción gravas, aunque más bien gravilla por el tamaño de la luz de malla, la curva es semejante a de la muestra de Ben Afeli y a la misma profundidad, S0912. La muestra denota una bimodalidad.



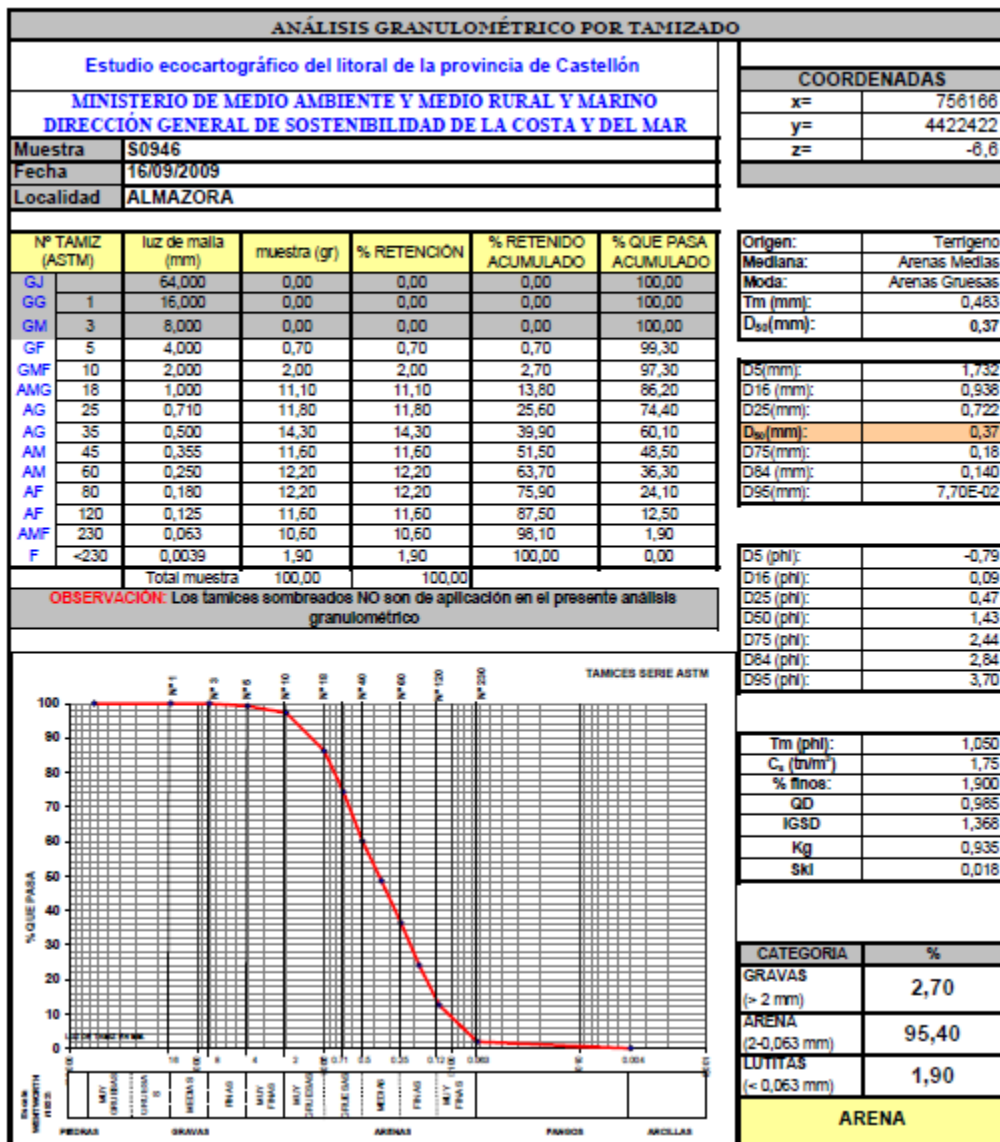
Muestra de grava arenosa, aunque predomina la presencia de gravas y gravilla, y curva hiperbólica, pero parece contradecir la premisa de que en la playa sumergida predominan la arena o tamaños más pequeños, mientras que los tamaños mayores se localizan en playa seca o estrán.



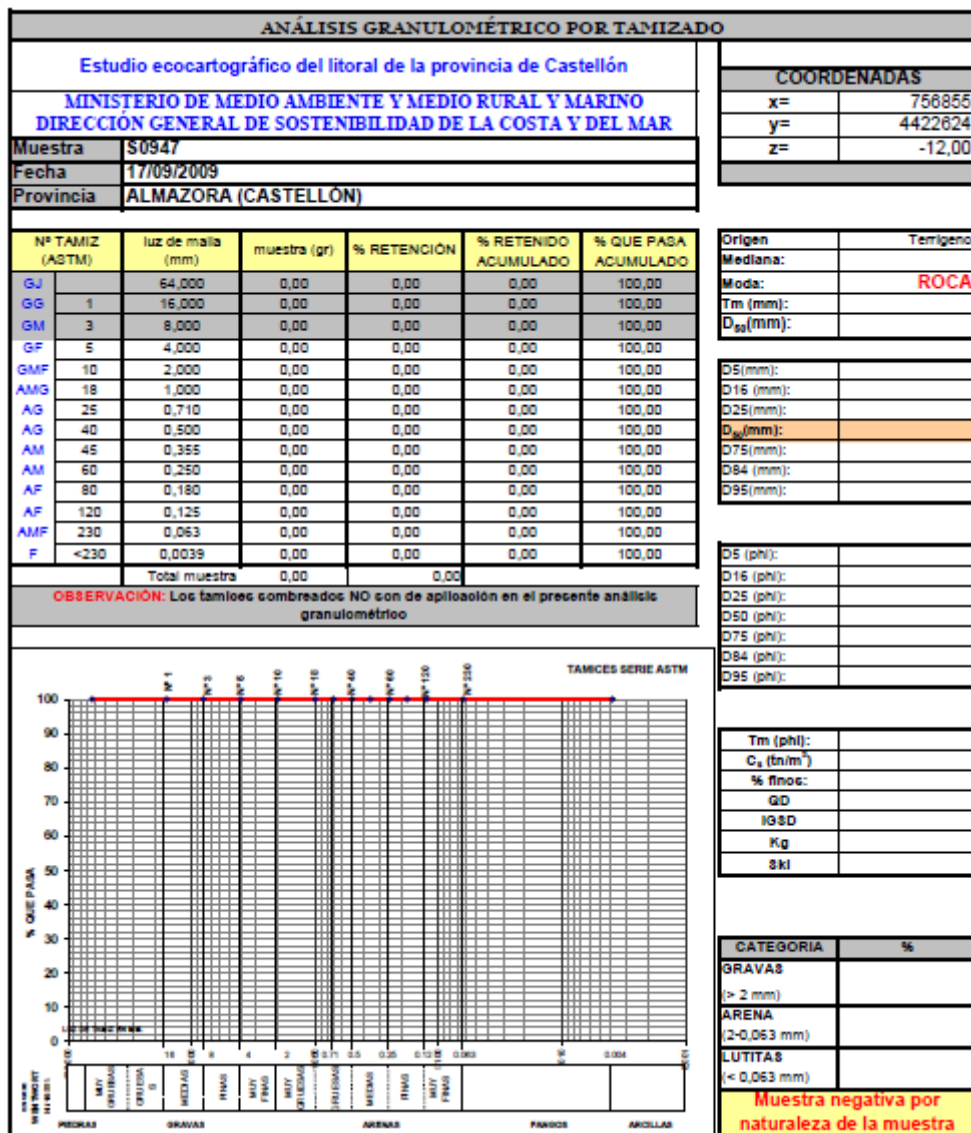
Muestra de arena y curva hiperbólica, acorde con la profundidad en la que se ha tomado la muestra.

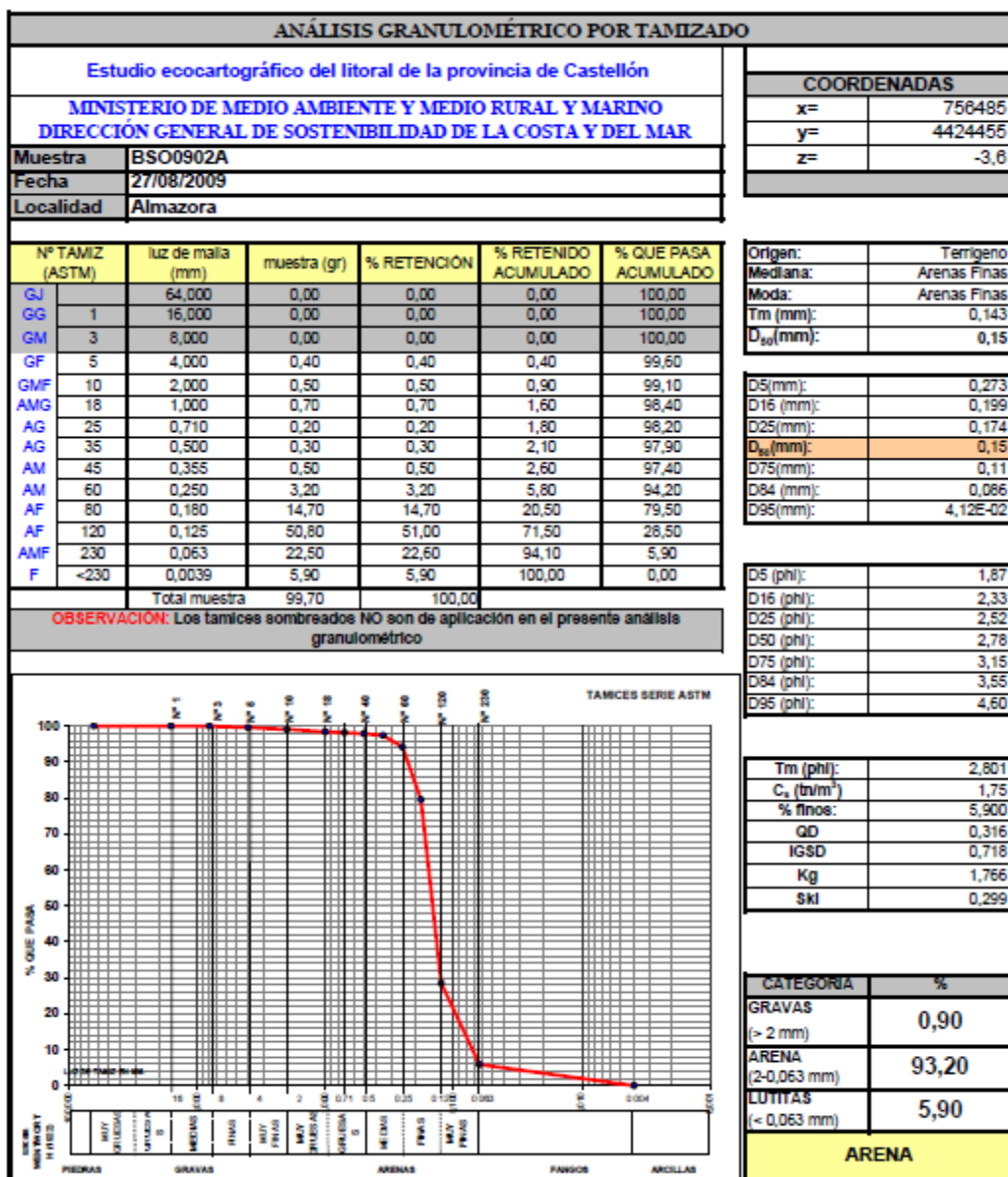


Muestra de arena, con baja presencia de grava o gravilla, curiosamente la curva es parabólica.

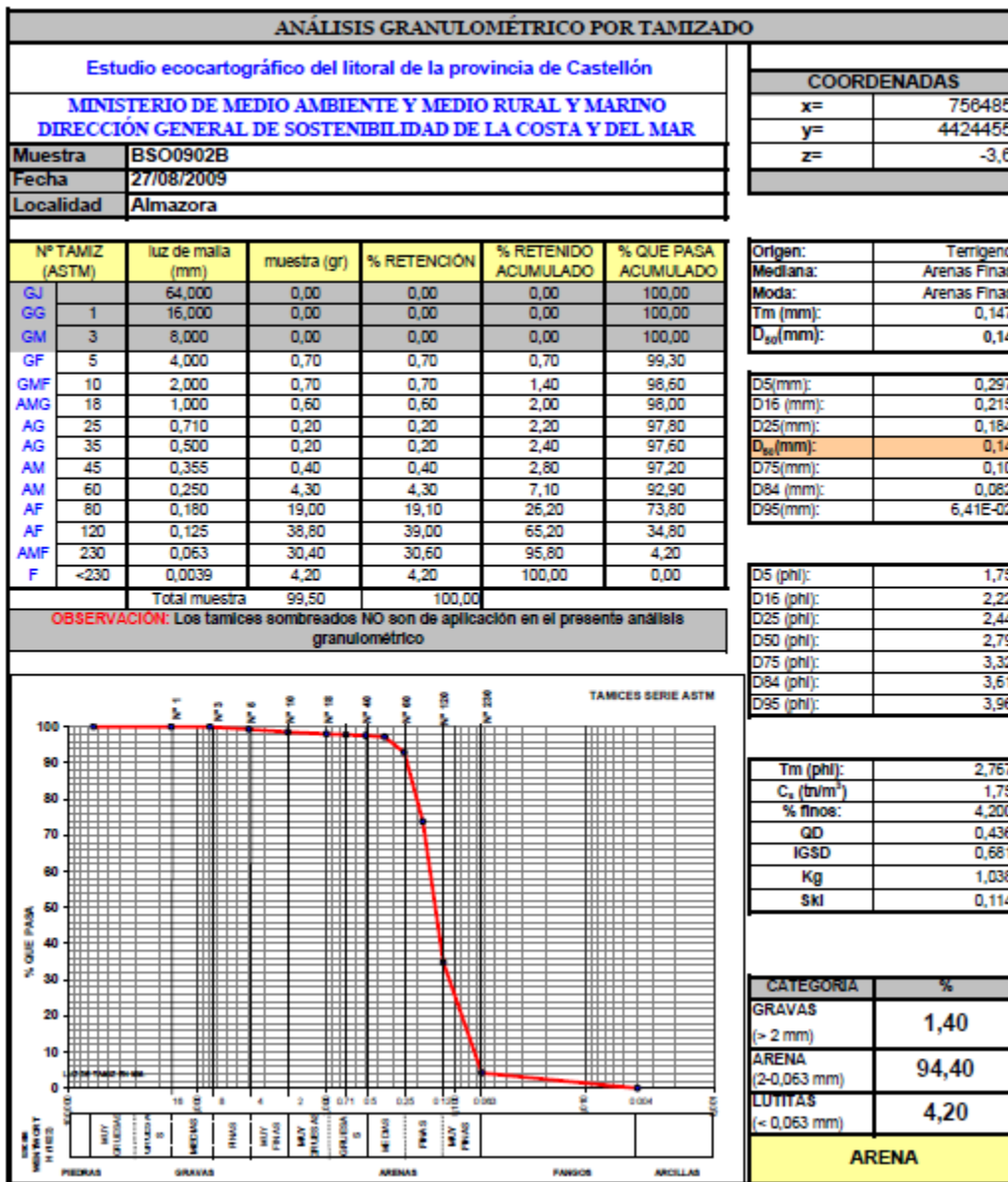


Muestra en cierta forma parecida a la anterior, arena con presencia de gravas de pequeño diámetro y curva parabólica.

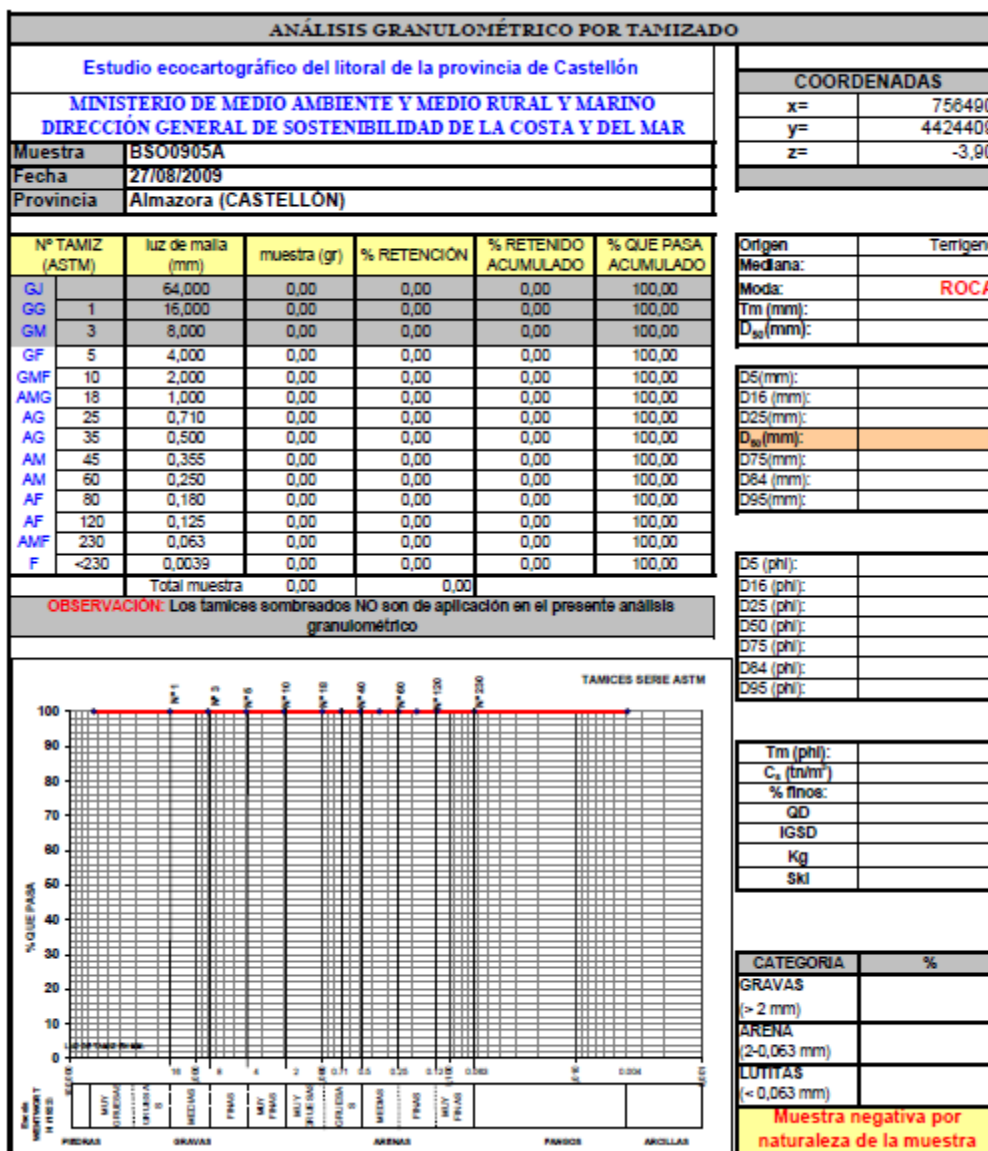


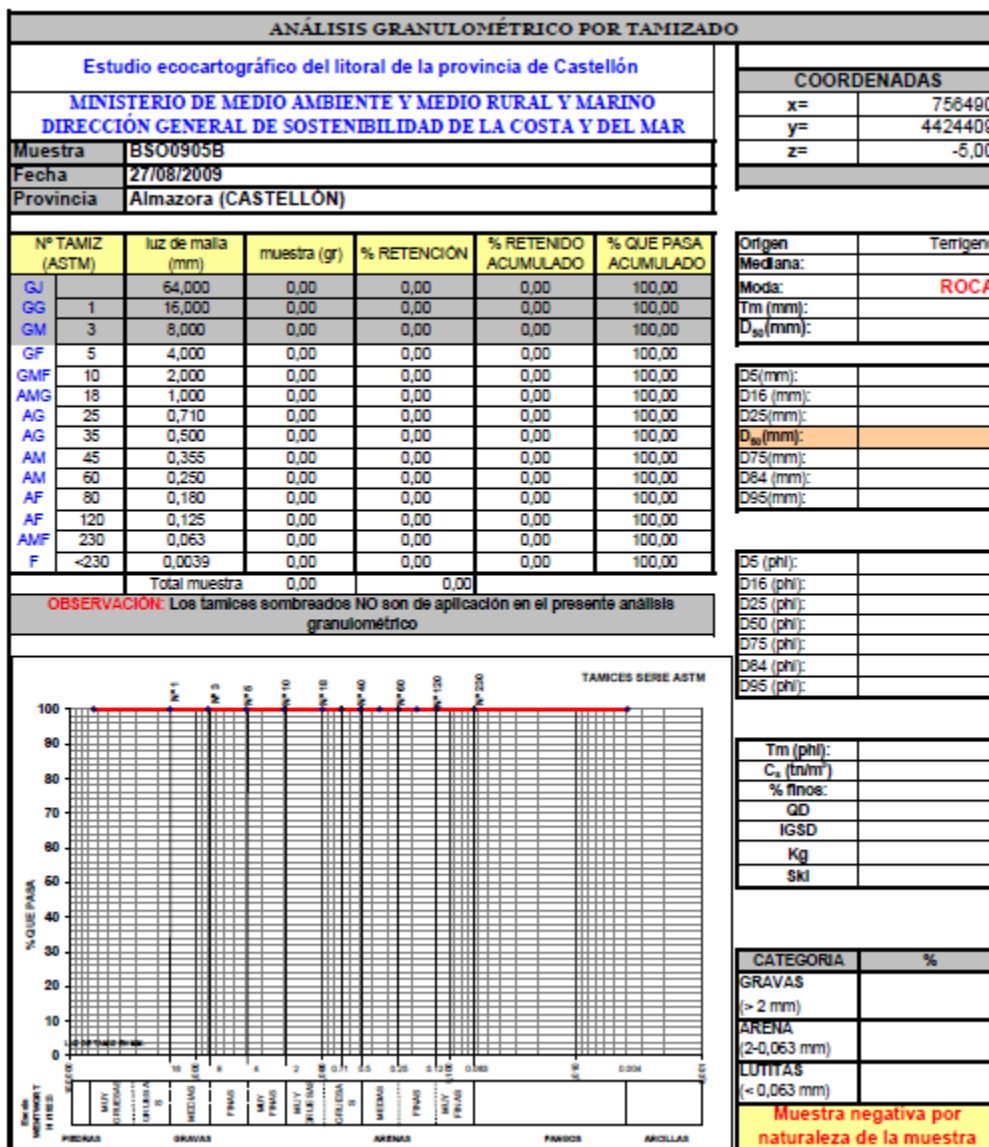


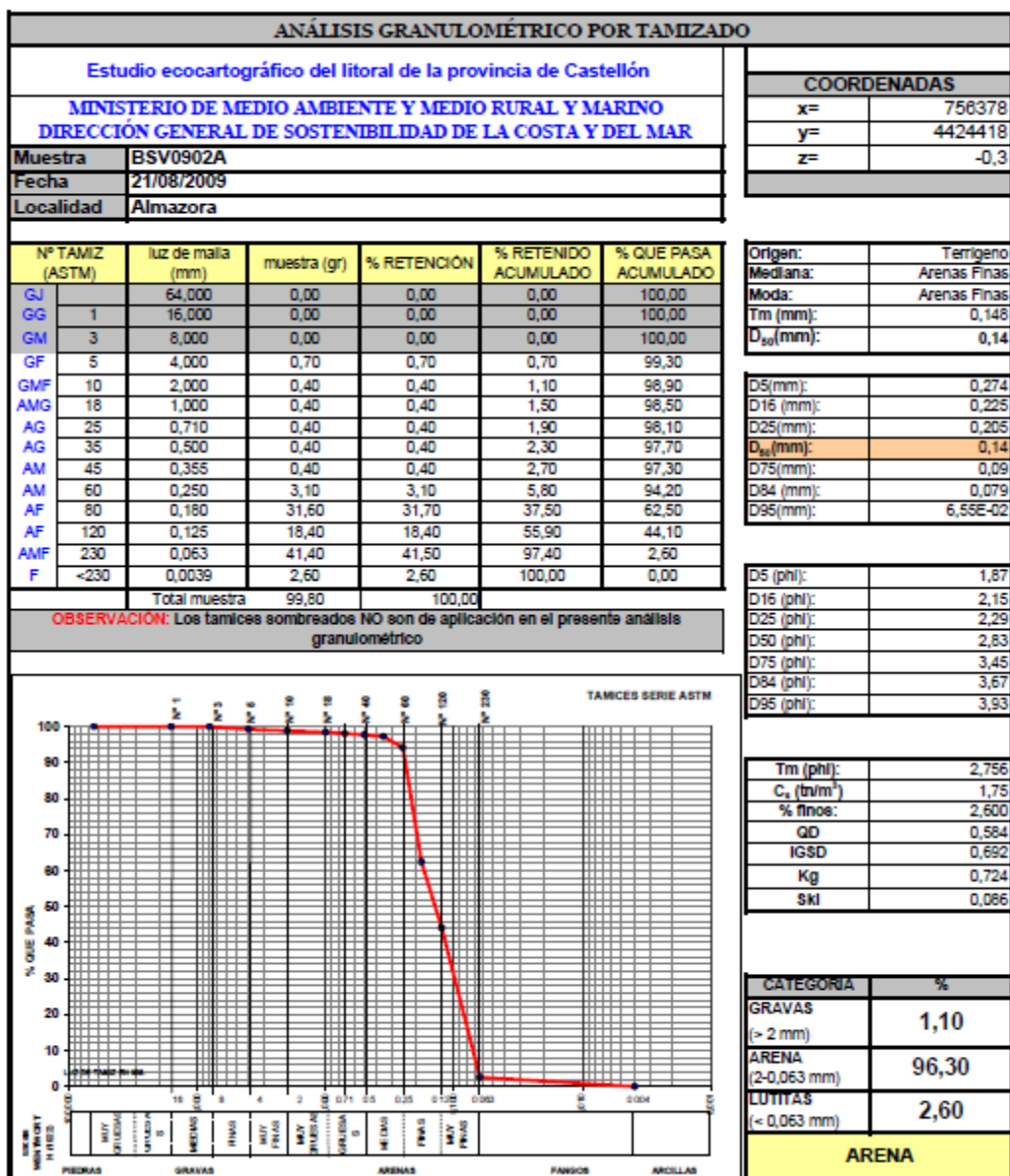
Muestra que es de esperar en el estrán, arena y curva hiperbólica.



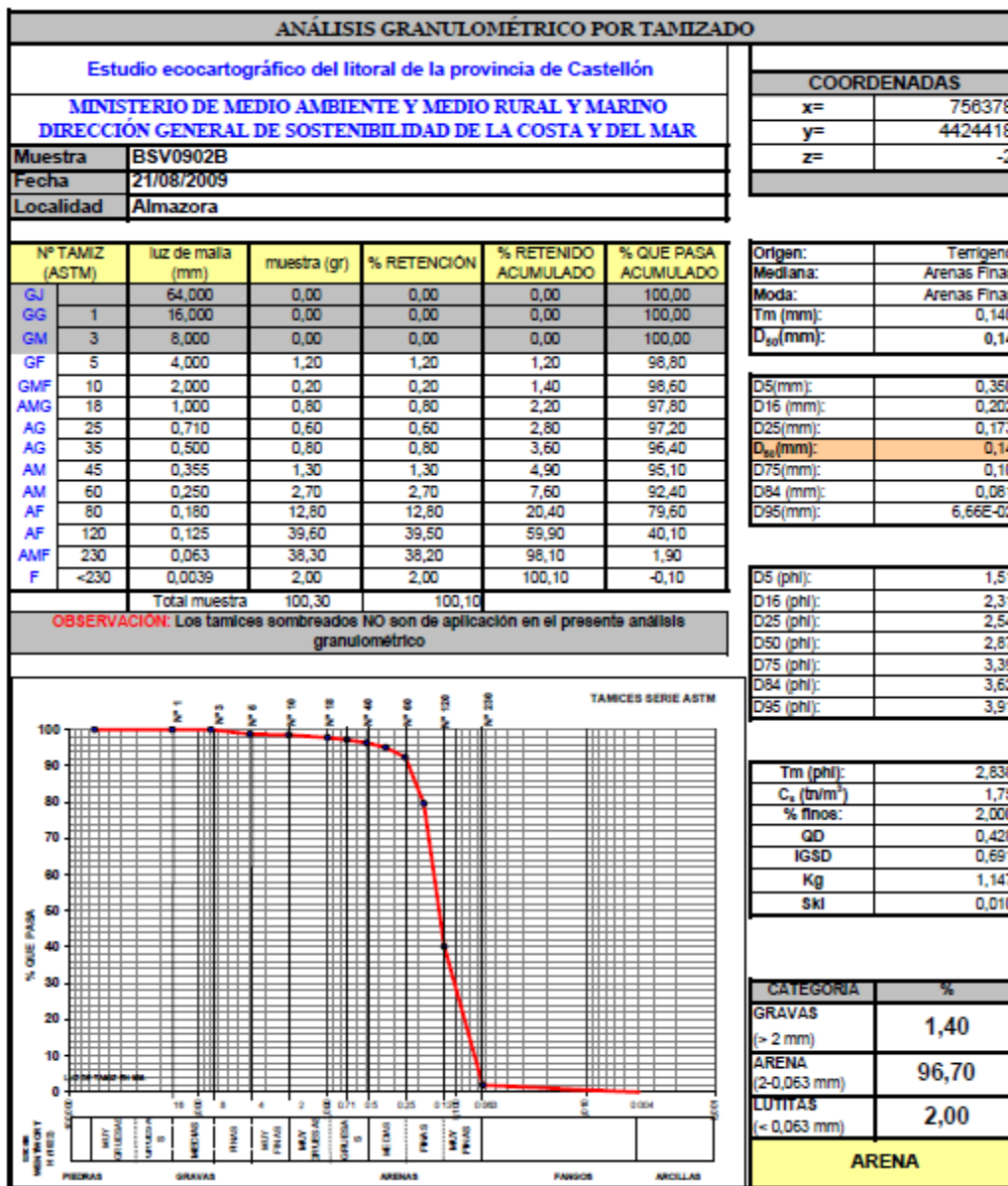
Muestra idéntica a la anterior, por profundidad y por sus características, arena y curva hiperbólica.



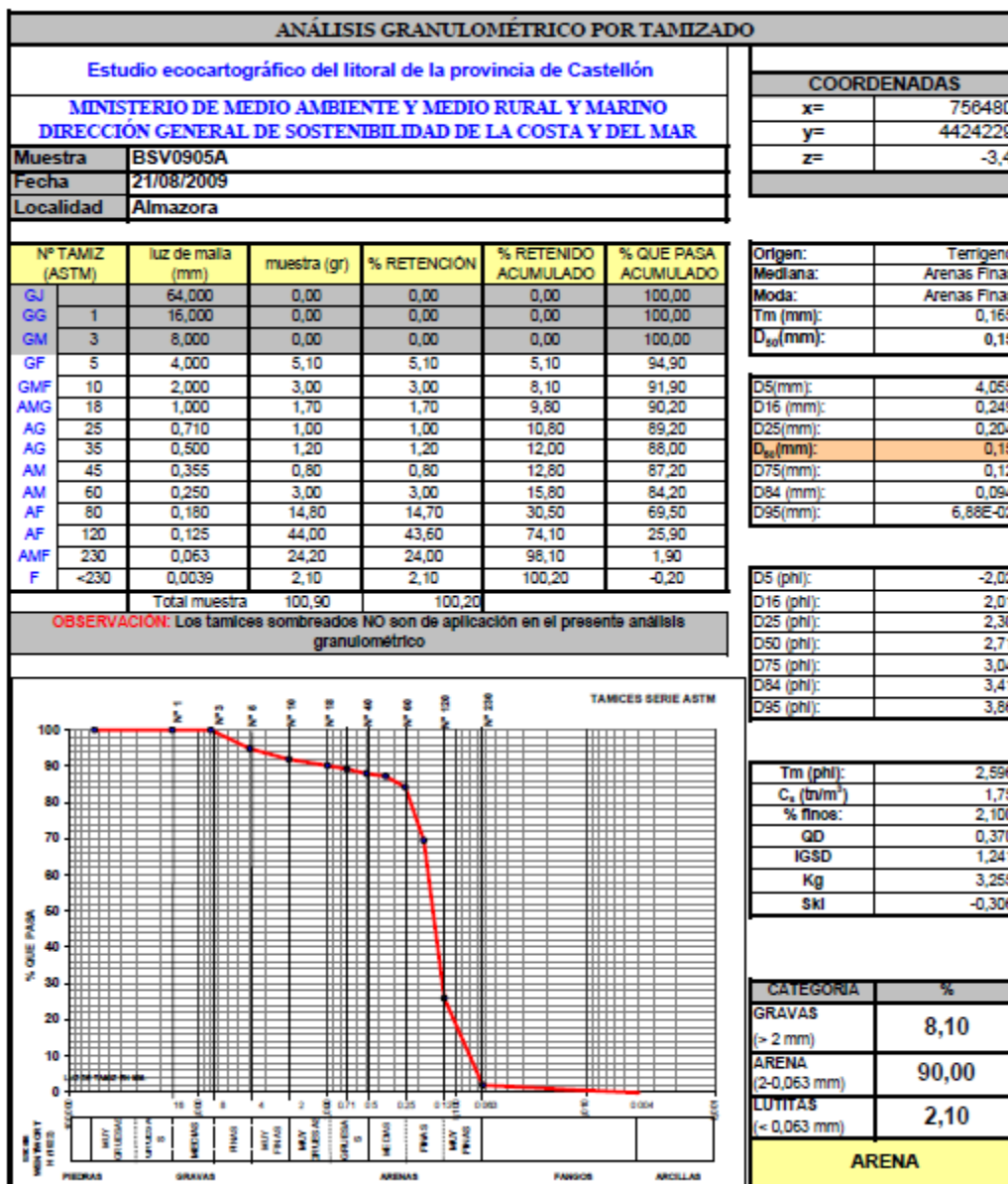




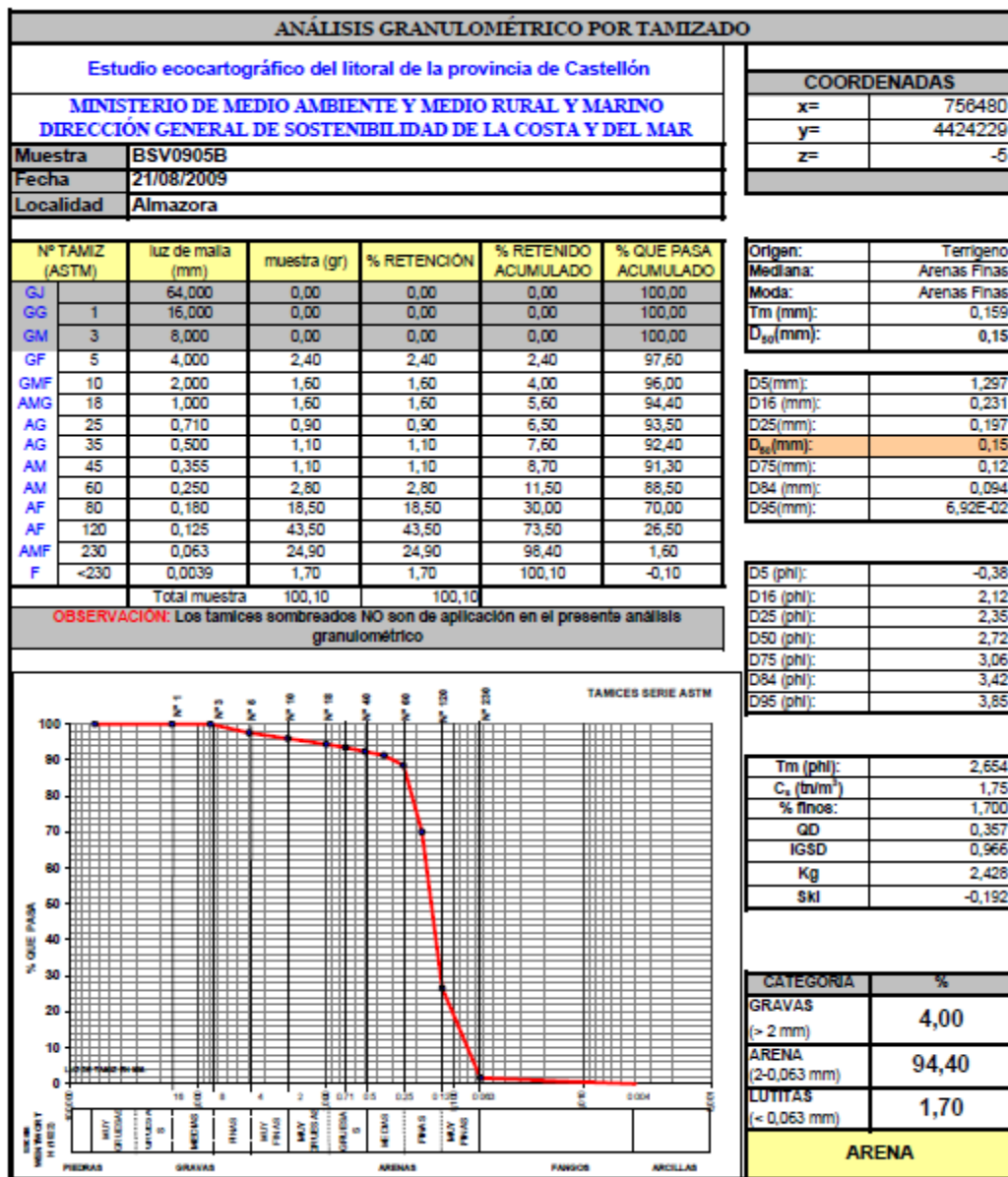
Muestra de arena muy fina, con alguna presencia de grava, también de pequeño tamaño, y curva hiperbólica.



Muestra similar a la anterior.



Muestra igualmente similar a las anteriores muestras.



Muestra igualmente similar a las anteriores muestras. Aparentemente el tramo final de La Torre, y en el estrán, las muestras son compatibles con lo esperado, arenas finas y curva hiperbólica.

2. FUENTE DE SEDIMENTOS

Dentro de la sedimentología habría que añadir la mineralogía, y en este caso deberíamos recurrir a los resultados de la Tesis Doctoral, Procesos Litorales de las Costas de Castellón (Serra Peris, José; 1986), y que nos marcan las fuentes de sedimentos, y que dados los años en los que se realizó el trabajo los resultados se corresponderían con las condiciones originales de las playas, dado que fue previo a cualquier alimentación artificial ejecutada.

Por ello queremos recoger en el presente Anexo los resultados de la sedimentología determinada en la Tesis Doctoral señalada, para ello primeramente presentaremos los resultados para finalmente concluir.

En 1981 intervine por medio de una asistencia técnica para Ingeniería'75 en el trabajo de "Bases para la ordenación y regeneración de las playas de la costa de Almazora (Castellón)", entre los trabajos realizados estuvieron el levantamiento de perfiles trasversales de la playa, que en su momento presentaremos, y la toma de muestras de arenas de todo el frente de Almassora, analizando la granulometría y la mineralogía. Los resultados se utilizaron en la realización de la Tesis Doctoral.



Figura 1. Localización de las muestras. (Fuente: Elaboración propia)

En la figura 1 representamos la localización de las muestras tomadas entre febrero y marzo de 1981, y cuyos resultados recogemos seguidamente. Las muestras se tomaron en las formaciones arenosas que se localizaron en el frente de Almassora, formaciones que eran playas apoyadas a barlomar de los espigones, o playas abrigadas a sotamar de los espigones, señalar que las muestras de playa seca se tomaron eliminando la capa superior de la playa entre quince y veinte centímetros.

2.1. Granulometría

En las siguientes páginas recogemos los resultados de los análisis granulométricos, con la tabla y resultado del tamizado de la muestra y la representación de las curvas granulométricas, tanto del retenido, línea discontinua, como del acumulado, línea continua.



Figura 2. Distribución espigones en 1981. (Fuente: Elaboración propia)

En la figura 2 hemos señalado los espigones transversales que existían en el frente de Almassora durante la realización de la campaña de toma de muestras de arena y levantamiento de perfiles transversales a la costa.

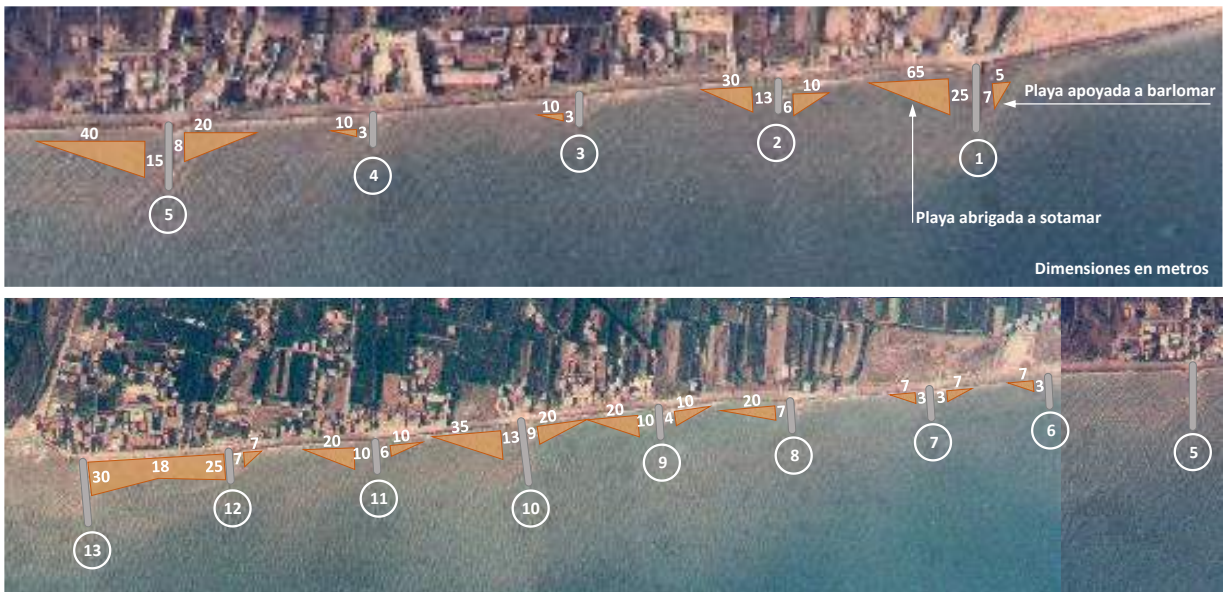


Figura 3. Distribución de playas en 1981. (Fuente: Elaboración propia)

En la figura 3 detallamos las formaciones arenosas, o de gravas y arena que forman los espigones que se distribuyen a lo largo del frente costero de Almassora, son playas apoyadas o abrigadas, siendo más estas últimas, en los casos de espigones que no presentan playas a barlomar, playas apoyadas, hay que señalar que por sus pequeñas dimensiones no se consideraron para definir las, las dimensiones que se detallan son en metros.

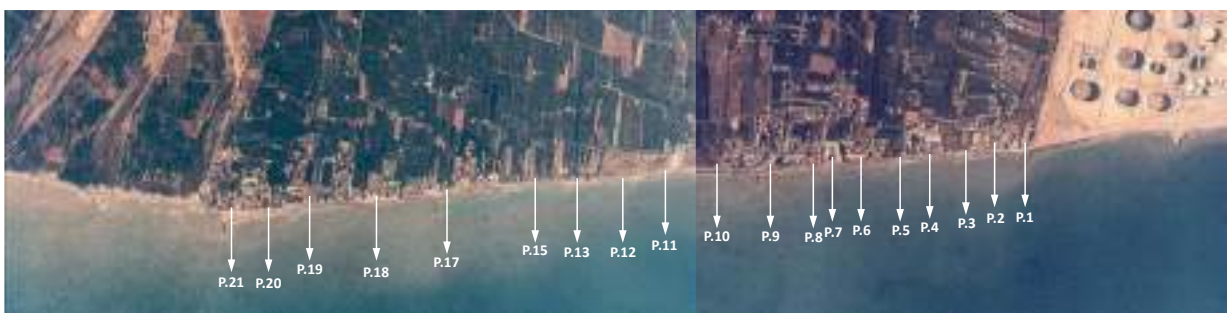
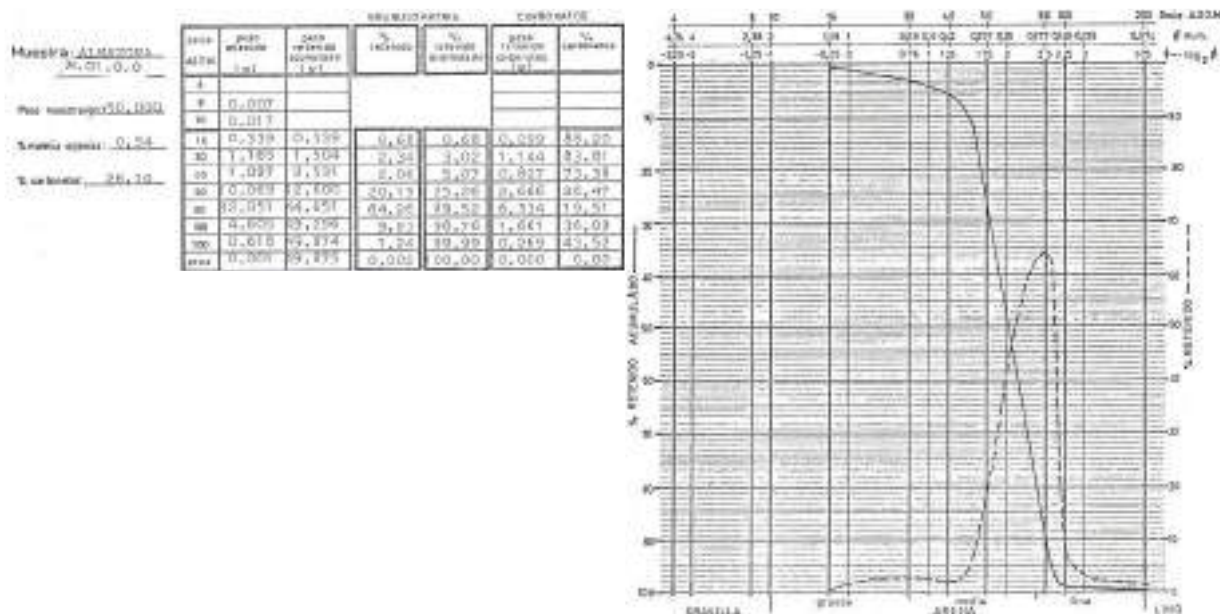


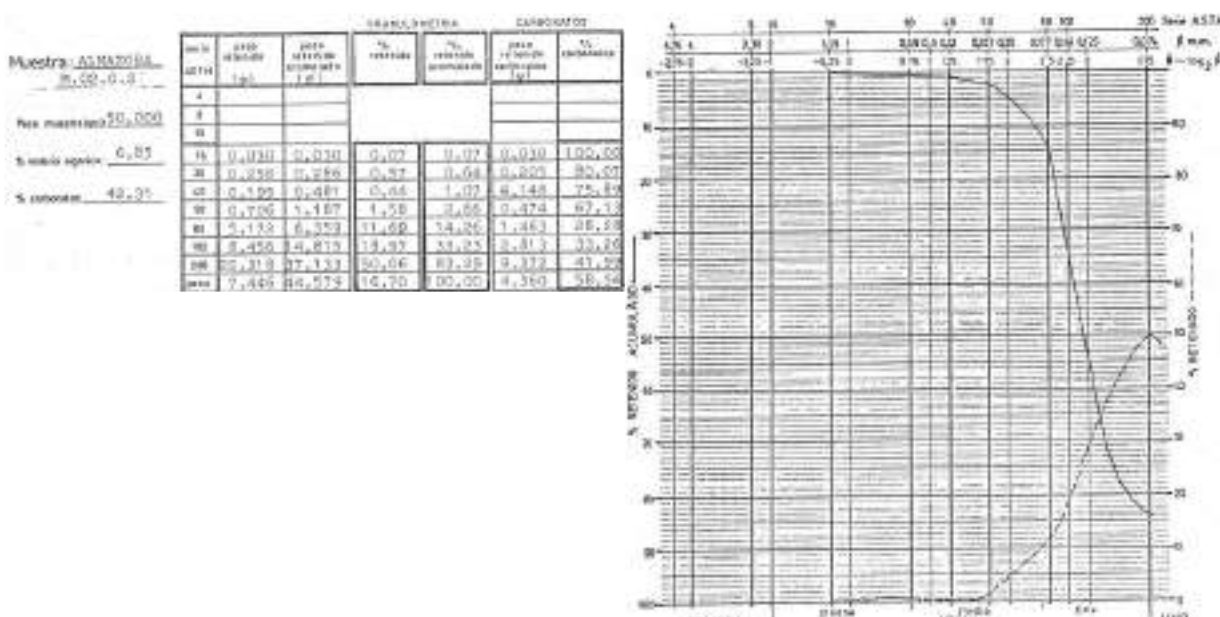
Figura 4. Perfiles transversales de las playas de Almassora en 1981. (Fuente: Elaboración propia)

En la figura 4, y para completar la información relativa a las campañas de toma de muestras y perfiles de 1981, definimos los perfiles de playa ejecutados, y que en su momento expondremos.

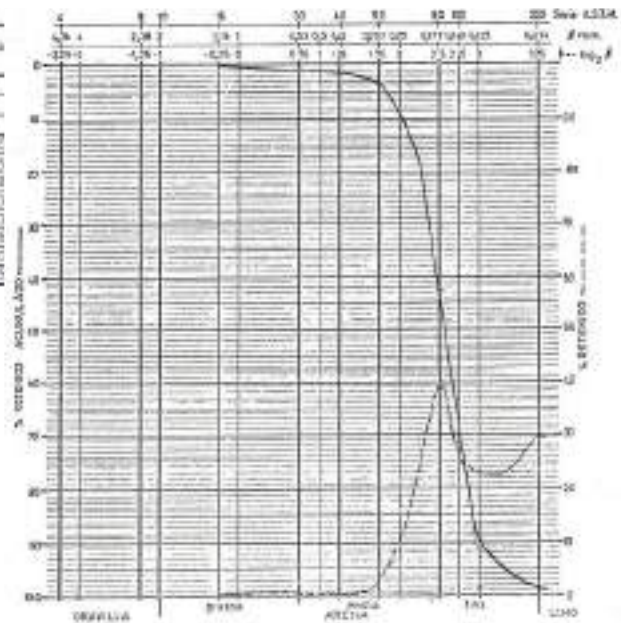


Muestra **M.01.0.0**, muestra de arena en playa seca a sotamar del espigón "1". La muestra podemos calificarla como arena fina, con un bajo contenido de M.O. (0,54 %), dentro de lo que cabria esperar, y un contenido en carbonatos igualmente esperado (26,10 %).

Muestra **M.02.0.S**, muestra de arena tomada en la traza del perfil P.2 en playa sumergida, el perfil se alinea en el centro de la unidad entre los dos primeros espigones de la playa Ben Afeli. La muestra puede clasificarse como arena fina/limo, situando la moda en el tamiz nº 200 (luz de la malla 0,074 mm).



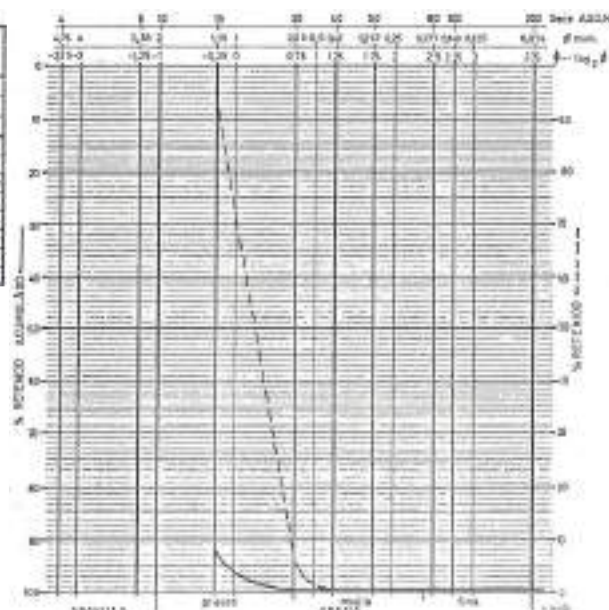
		GRAVILLAS		CARBONATOS	
peso arena (g)	peso carbonatos (g)	% arena	% carbonatos	peso arena (g)	% carbonatos
4					
8	0,051				
16	0,066				
32	0,213	0,213	0,43	0,181	80,0
63	0,330	0,547	0,68	1,17	0,263
125	0,153	0,700	0,51	1,40	0,116
250	1,781	1,887	3,41	1,83	0,013
500	9,089	30,270	30,20	4,281	0,218
1000	2,792	31,761	30,12	69,20	4,210
2000	4,559	18,166	29,84	98,85	6,140
4000	0,180	18,506	1,14	100,00	0,283



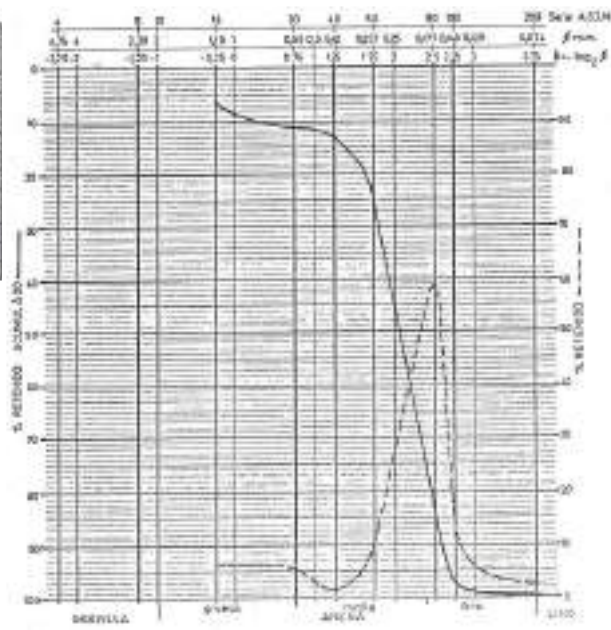
Muestra **M.03.0.S**, muestra de arena tomada en playa sumergida en la traza del perfil transversal P.3., muestra de arena fina, moda en tamiz nº 80, muestra bimodal, con una segunda moda en el tamiz nº 200, que debemos apuntar a la aportación de arenas muy fina y limos que logran sobrepasar el espigón “1”,

Muestra **M.03.1.0**, muestra de arena en la playa apoyada a barlomar en el espigón “2”, coincidiendo con la traza del perfil P.3. la muestra se puede clasificar como gravilla y arena gruesa, las curvas granulométricas poca información, aunque señala una curva hiperbólica. La M.O. es muy baja, como era esperable (0,30 %), y un contenido elevado de carbonatos (80,09 %) asumible con relación al tamaño de la muestra.

		GRAVILLAS		CARBONATOS	
peso arena (g)	peso carbonatos (g)	% arena	% carbonatos	peso arena (g)	% carbonatos
4					
8	18,817				
16	18,814				
32	17,050	17,050	30,10	82,10	13,650
63	1,316	18,366	7,13	99,48	1,098
125	0,012	18,378	0,06	99,94	0,003
250	0,019	18,397	0,10	99,64	0,013
500	0,038	18,435	0,20	99,84	0,011
1000	0,019	18,450	0,06	99,92	0,006
2000	0,009	18,459	0,05	99,97	0,004
4000	0,004	18,463	0,02	100,00	0,000



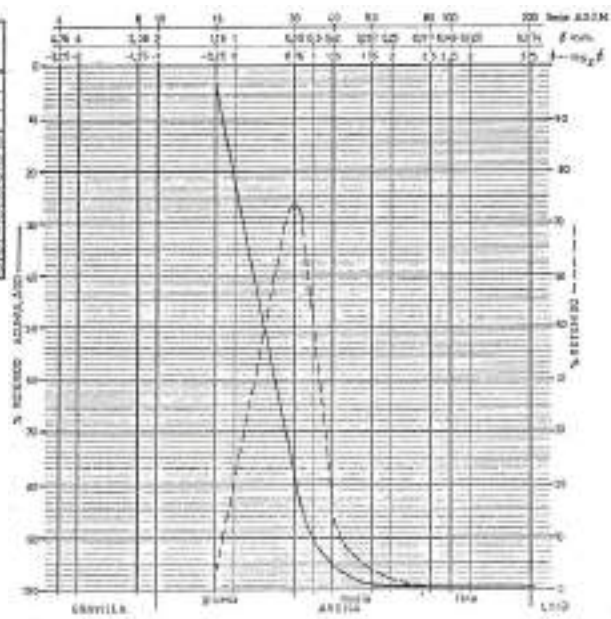
Muestra: M.04.0.0 N.04.0.0	GRANULOMETRÍA				CARBONATOS	
	grava mm > 2	arena gruesa mm 0,25 - 2	% arena fina	% arena mediana	arena total (mm > 0,075)	% carbonatos
4	0,248					
8	1,725					
16	3,709	3,709	6,74	6,74	2,337	88,08
30	2,400	3,333	2,98	11,60	2,021	82,84
60	0,699	3,311	1,58	13,48	0,547	78,36
80	4,640	10,311	10,52	23,70	1,164	25,01
100	26,066	26,519	59,10	62,80	4,486	17,01
200	6,328	45,945	14,57	37,37	3,736	13,04
400	1,138	44,103	3,63	22,22	0,478	41,27
total	0,000	44,103	0,000	200,00	0,000	0,00



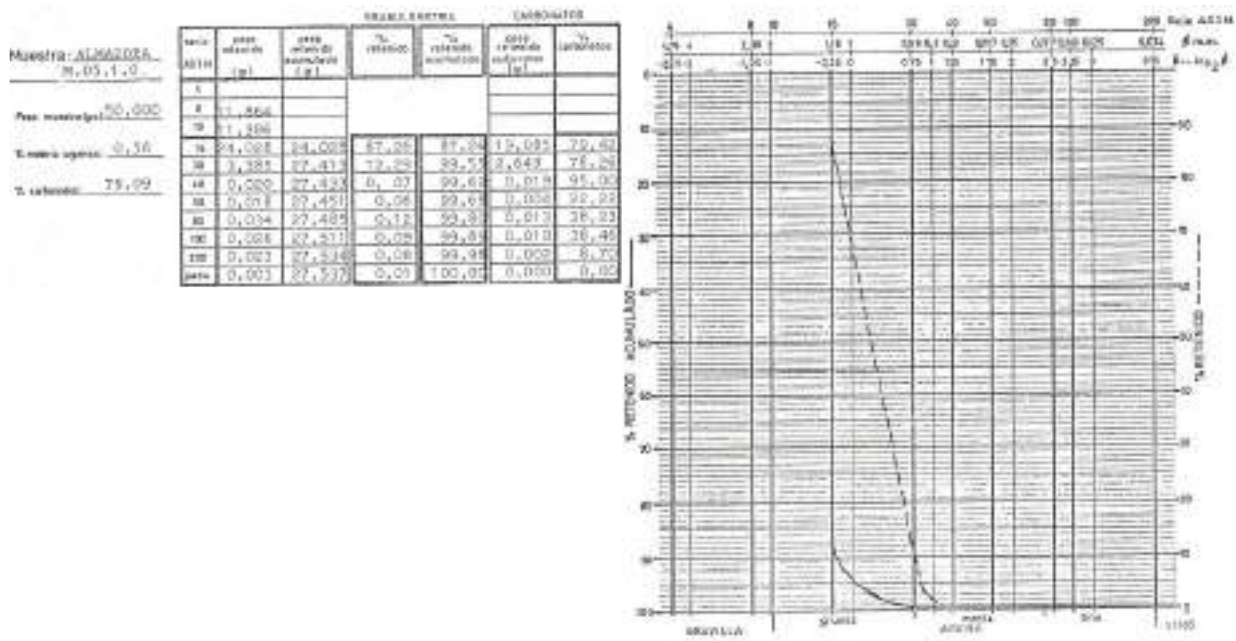
Muestra **M.04.0.0**, muestra de playa seca tomada a sotamar del espigón “2”, en una relativamente grande comparada con otras formaciones, y que pone en evidencia que las playas abrigadas tienen unas mayores dimensiones, en general, frente a las apoyadas. La muestra es de arena finas, aunque apunta cierta bimodalidad en la fracción de arena gruesa. Presenta un mayor porcentaje de M.O. (1,29 %), y un contenido en carbonatos dentro de los porcentajes habituales (29,94 %).

Muestra **M.05.0.0**, muestra tomada en una pequeña playa a sotamar del espigón “3” conformada por arenas y grava, lo que llevo a la toma de tres muestras en playa seca. En este caso la muestra es de arena medio/gruesa, con un contenido en M.O. bajo (0,58 %) y un contenido en carbonatos relativamente alto (78,46 %), probablemente debido a la presencia de las gravas en la playa.

Muestra: M.05.0.0 N.05.0.0	GRANULOMETRÍA				CARBONATOS	
	grava mm > 2	arena gruesa mm 0,25 - 2	% arena finas	% arena mediana	arena total (mm > 0,075)	% carbonatos
4						
8	0,276					
16	0,179					
30	3,379	1,379	3,41	3,43	3,401	88,08
60	18,653	26,032	70,71	77,14	25,095	79,36
100	18,653	26,032	18,59	23,43	13,716	70,09
200	3,343	26,628	4,00	20,43	2,207	53,06
400	0,495	22,124	0,50	22,27	0,147	24,73
800	0,030	22,152	0,03	22,26	0,018	60,01
total	0,000	22,187	0,03	22,29	0,012	34,20
total	0,000	22,194	0,01	200,00	0,000	0,00

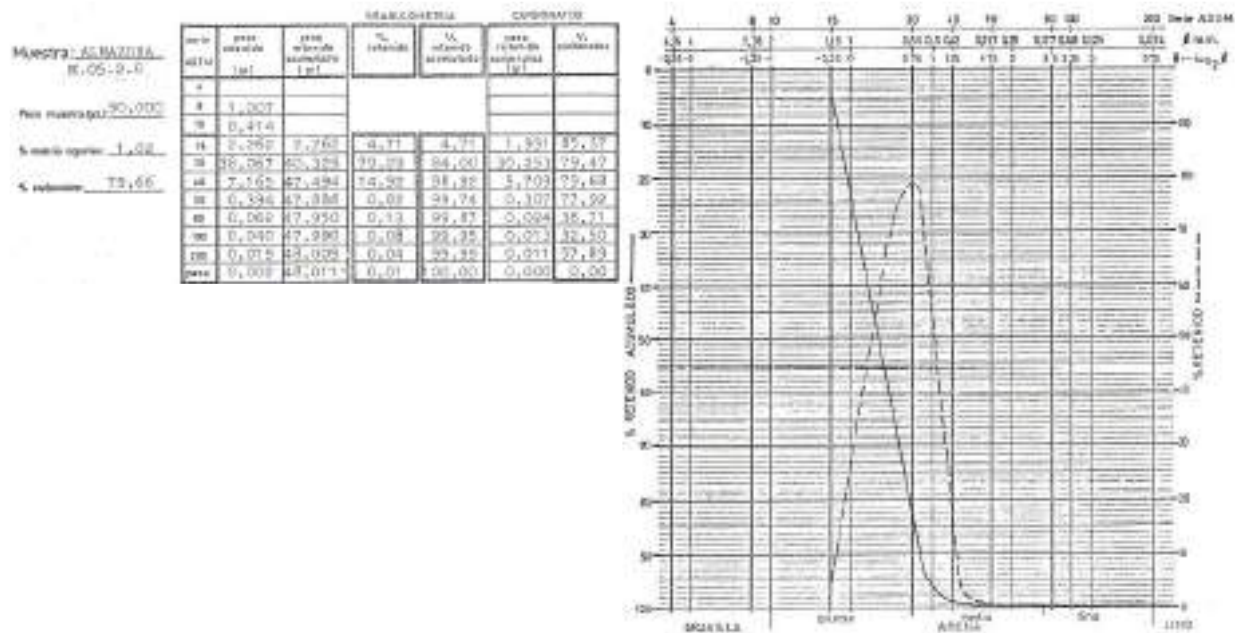


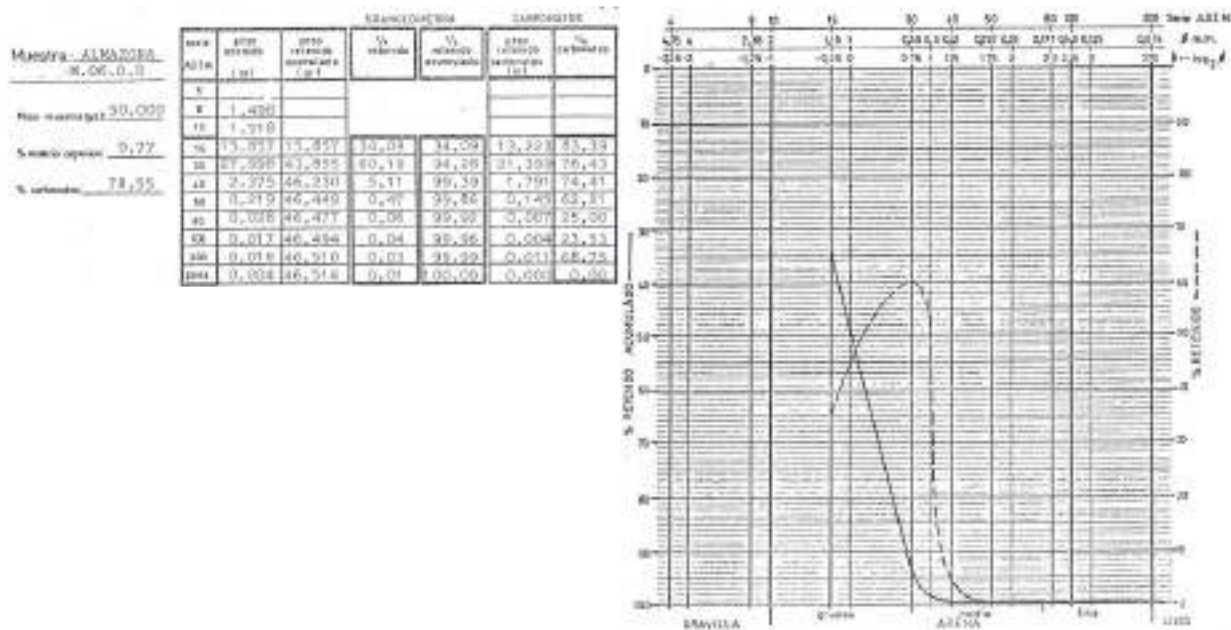
Nuestra **M.05.1.0**, muestra tomada en la misma formación que la anterior, en este caso la arena es gruesa, con un bajo contenido en arenas medio/finas. La M.O. es idéntica a la muestra anterior (0,56 %) y mantiene un alto contenido en carbonatos (79,09 %) acorde con



la presencia de gravilla y gravas.

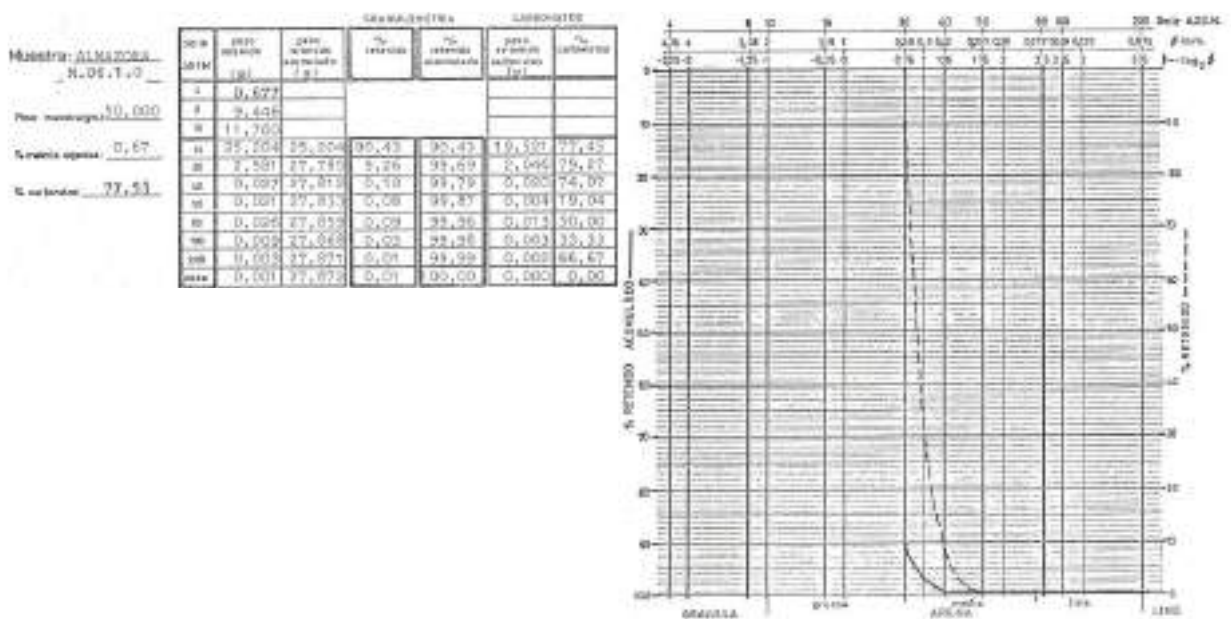
Muestra **M.05.2.0**, muestra en la misma localización que las anteriores, arena medio/gruesa y escasa arena fina. Destaca de las anterior por un mayor contenido en M.O., aunque sin ser un valor que se salga de lo esperado (1,02 %), mientras que mantiene el contenido en carbonatos (79,66 %), en cierta forma podríamos establecer que con una única muestra hubiera sido suficiente para caracterizar los sedimentos.

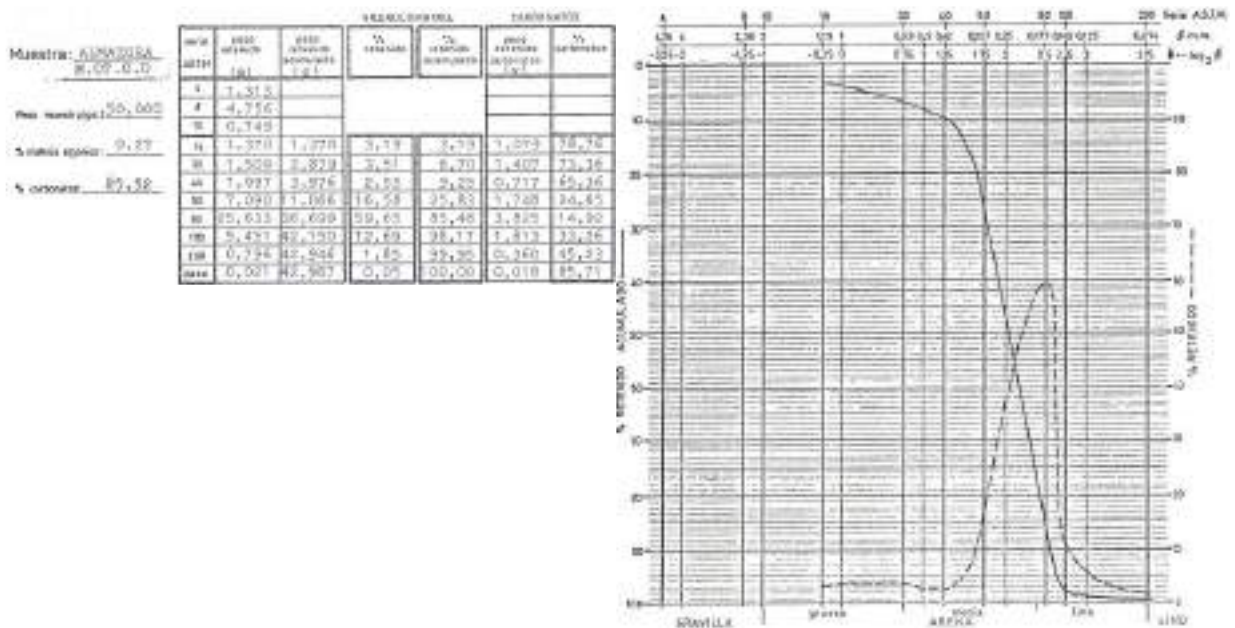




Muestra **M.06.0.0**, muestra tomada a sotamar del espigón “4” en condiciones similares a las anteriores y por ello se tomaron dos muestras. En este caso la muestra es similar a las tomadas en el M.05., arena gruesa/media y escaso contenido en arenas finas, inferiores en porcentaje como vemos en la tabla. La M.O. es un valor intermedio con los anteriores (0,77 %) y mantiene el alto contenido en carbonatos (78,55 %).

Muestra **M.06.1.0**, en este caso la muestra es de arena gruesa, pero con importante presencia de gravilla y gravas, y sigue mostrando, como en casos anteriores de un muy bajo porcentaje de arenas medio/finas, por debajo del uno por mil. La M.O. es semejante a la muestra anterior (0,67 %) y sigue manteniendo un alto contenido en carbonatos (77,53 %), recordemos que habitualmente, y como media, el contenido en carbonatos en arenas de

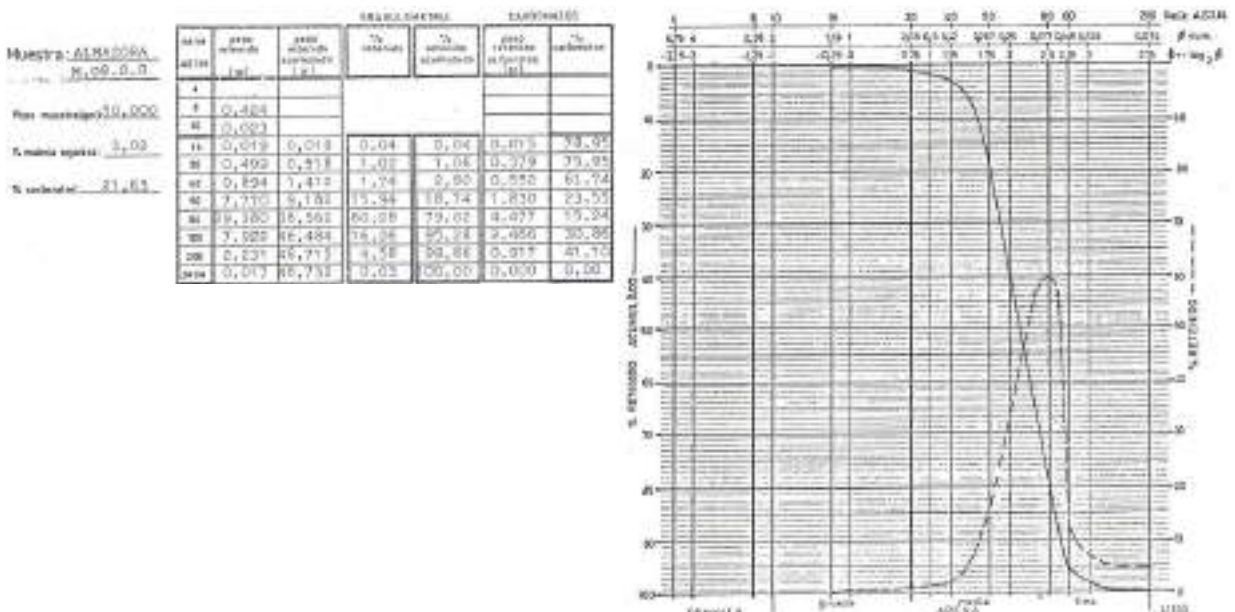


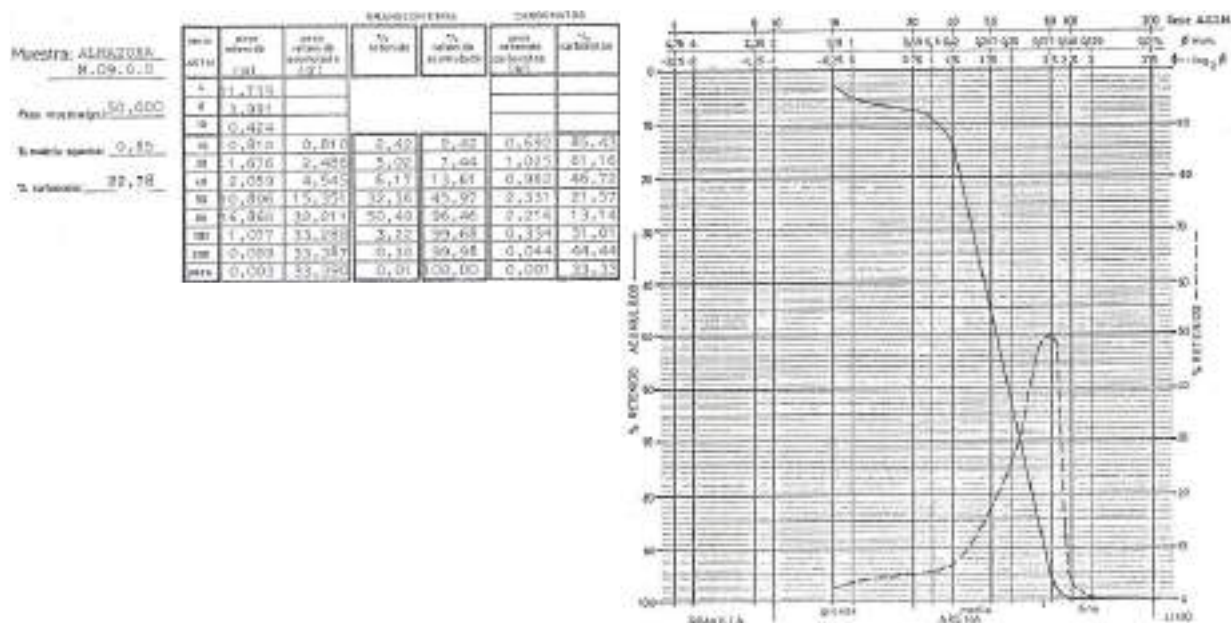


playa seca se encuentra en el entorno del treinta por cien.

Muestra **M.07.0.0**, muestra tomada a barlomar del espigón “9”, se observa alguna grava y gravilla aislada, pero la muestra es claramente de arena fina como vemos en la tabla y la gráfica. La M.O. vuelve a valores habitualmente bajo (0,27 %), y ya no se denota la importante presencia de gravas dado el bajo valor de los carbonatos de la muestra (25,52 %), valor que es el esperado en este tipo de muestras de arena.

Muestra **M.08.0.0**, muestra tomada a barlomar del espigón “10” con una distribución muy similar a la de la anterior muestra, arena fina, destacar que en la parte interior de la playa encontramos gravilla. La M.O. en este caso da un salto (3,02 %) y presenta un valor elevado para playa seca, aunque siempre pueden darse valores altos en playa seca. El contenido en carbonatos (21,63 %) se encuentra dentro del intervalo esperado para este tipo

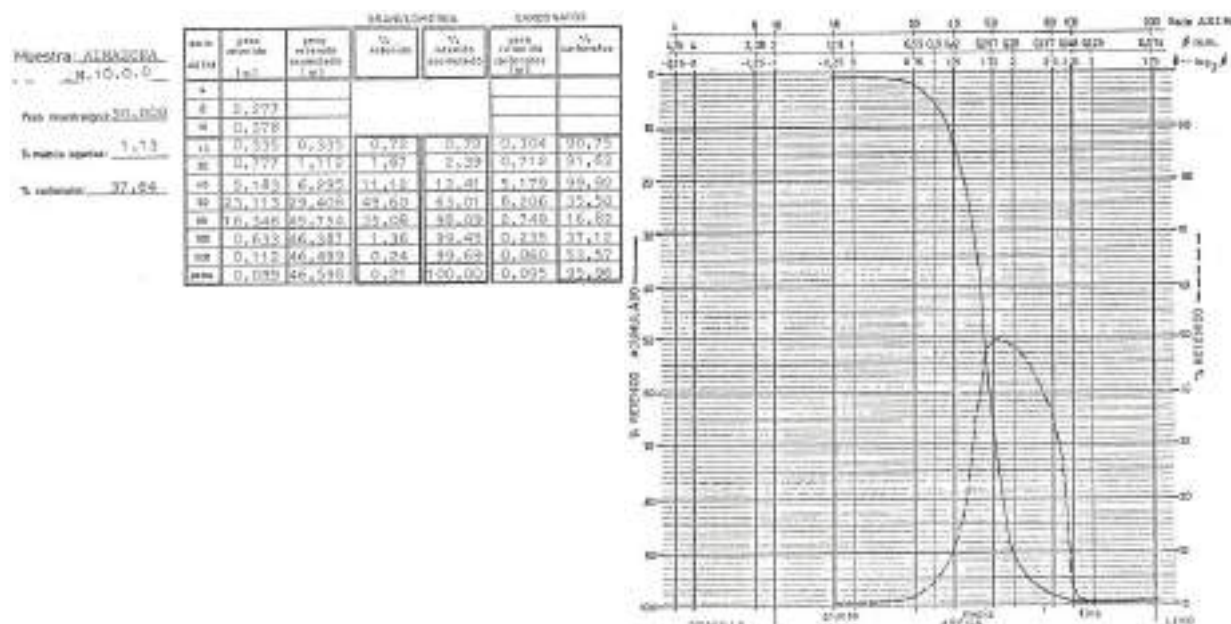


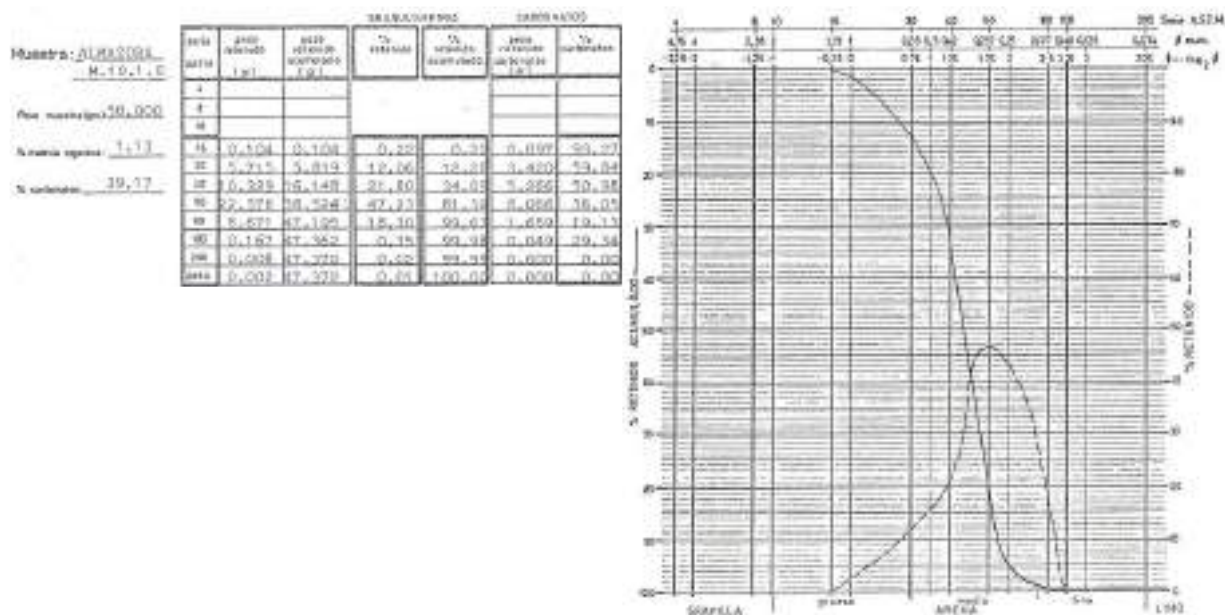


de formaciones.

Muestra **M.09.0.0**, muestra tomada a barlomar del espigón “12”, siendo similar a las anteriores, arena fina, aparentemente el tramo sur de la costa de Almassora, playa de La Torre, se muestra de arena fina o arena medio/fina con una cierta clasificación por tamaños, disminuyendo conforme no alejamos de la playa de Ben Afeli. La M.O. se mantiene por debajo del uno por cien (0,85 %), y el contenido en carbonatos (22,78 %) igualmente se mantiene dentro de los márgenes esperados.

Muestra **M.10.0.0**, muestra tomada a barlomar del espigón “13”, en la formación arenosa más extensa en todo el tramo de costa de Almassora, la arena es medio/fina, con una curva entre parabólica e hiperbólica, más próxima a esta última. La M.O. supera el uno por cien (1,13 %), pero no es destacable, y sí que vemos un aumento del contenido en carbonatos

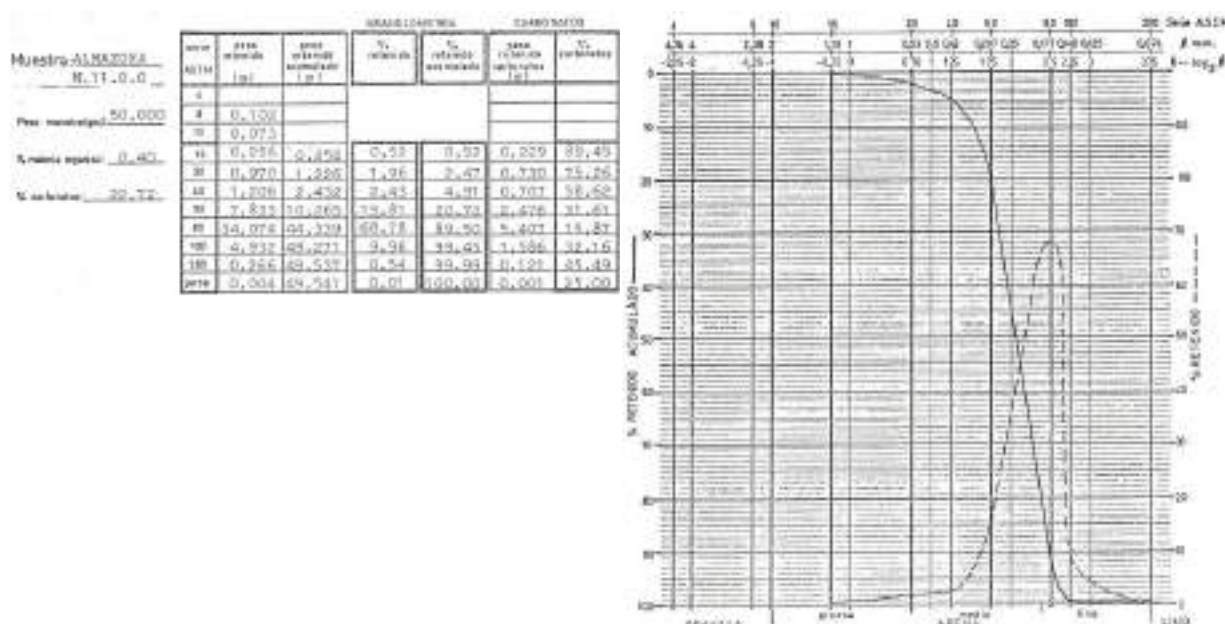




(37,64 %) muy presentes en la fracción gruesa de la arena.

Muestra **M.10.1.0**, muestra tomada en la misma formación que la anterior, pero en este caso la arena es de tamaño medio, y la curva de porcentaje acumulado se acerca más a la forma parabólica, destacando que no presenta tamaños de gravilla o grava. La M.O. es idéntica a la anterior (1,13 %) y el contenido en carbonatos semejante (39,17 %), achacable, como en el caso anterior, al alto porcentaje de la fracción gruesa e la arena.

Muestra **M.11.0.0**, muestra tomada en el frente del delta del río Mijares, la arena es de tamaño fino, y la curva del retenido acumulado muestra una forma parabólica acorde con la zona de toma de la muestra, delta. El contenido en M.O. es bajo (0,40 %), y el contenido en carbonatos (22,72 %) se encuentra dentro del intervalo esperado, inferior al treinta por ciento, pero veamos que como en casos anteriores son las fracciones gruesas las que



presentan un mayor contenido.

2.2. Mineralogía

Completamos la información sedimentológica con los resultados del análisis mineralógico de las muestras, no todas se han analizado, únicamente las fracciones que presentaban suficiente volumen como para poder extraer información de la composición mineralógica. La nomenclatura empleada es la misma que la utilizada para el análisis granulométrico.

Los resultados se recogen en una serie de tablas donde indicamos la fracción analizada, señalando la luz del tamiz, su peso con relación a la muestra completa e igualmente el porcentaje de carbonatos, tanto de la fracción como de la muestra completa. Las especies mineralógicas que aparecen son las potencialmente esperadas en las muestras de arena, en tanto por cien, pero dejando espacio a minerales que pueden surgir y que no sean los habituales, dado que el análisis es por conteo directo aquellos minerales que no cumplen con el mínimo peso para ser reflejado en la tabla se añaden en una última fila por la posible relevancia que puedan tener.

Muestra: **M.01.0.0**

TAMIZ (A.S.T.M.): 80 (0,180 mm)		% Retenido: 64,26	% Retenido Acumulado: 89,52			
% Materia Orgánica: 0,54		% Carbonatos Muestra: 26,10	% Carbonatos Fracción: 19,51			
CUARZO BLANCO	Redondeado	2	CUARZO AZUL	AZUL	GRANATE	
	Muy rodado	43		CLARO	EPIDOTA	
	Poco rodado	20		OSCURO	6	TURMALINA
	No rodado	10		GRISACEO	10	ANFIBOLES
CUARZO ROJO	rojo	3			BIOTITA	
			CUARZO VERDE		MOSCOVITA	
			CUARZO NEGRO		OPACOS (Óxidos)	
		CUARZO				
CUARZO AMARILLO		6	CUARZO			
Algún ANFIBOL en alteración.						

Muestra **M.01.0.0**, la fracción analizada es la del nº 80, el mineral mayoritario es el cuarzo, destacando el blanco (75 %), especie mayoritaria en todas las muestras de arena de playa, las diversas coloraciones son las únicas pistas que podemos tener en cuanto a su origen, en nuestro caso el amarillo destacaría por su origen, aporte del Ebro.

Muestra **M.02.0.S**, la fracción analizada es la nº 200 por las razones ya apuntadas de presentar un volumen de muestra que potencialmente puede ser analizada, representa más del cincuenta por cien de la muestra (50,06 %). Destaca, como era de esperar, la presencia del cuarzo blanco (55 %), con un mayor peso del cuarzo rojo y amarillo, encontramos más especies del mismo mineral y conviene destacar la presencia de turmalina, especie que tiene dos orígenes, el río Ebro y el Mijares.

Muestra: **M.02.0.S**

TAMIZ (A.S.T.M.): 200 (0,074 mm)			% Retenido: 50,06			% Retenido Acumulado: 83,29		
% Materia Orgánica: 6,85			% Carbonatos Muestra: 42,31			% Carbonatos Fracción: 41,99		
CUARZO BLANCO	Redondeado		CUARZO AZUL	AZUL		GRANATE		
	Muy rodado	29		CLARO	5	EPIDOTA		
	Poco rodado	20		OSCURO	6	TURMALINA		1
	No rodado	6		GRISACEO		ANFIBOLES		
CUARZO ROJO	rojo	16			BIOTITA			
			CUARZO VERDE		3	MOSCOVITA		
			CUARZO NEGRO			OPACOS (Óxidos)		
		CUARZO						
CUARZO AMARILLO		14	CUARZO					
Algunas micas, alteradas en general.								

De la muestra **M.03.0.S**, se han analizado dos fracciones, las nº 80 y 200, por considerarlas como las que más información pueden darnos, como era de esperar el cuarzo blanco es el de mayor presencia (68 % / 50 %). La fracción nº 200 es la que presenta mayor variedad de especies minerales, destacando la presencia de turmalina, y no encontramos el cuarzo amarillo. Algo que si se mantiene es que el contenido en carbonatos siempre es mayoritario en las fracciones gruesas y en la muy fina, como vemos en esta muestra y la anterior con peso superior al cuarenta por cien. Añadir que tanto esta muestra como la anterior son de playa sumergida, y otro detalle es que, como señalábamos, la fracción más fina es la que presenta mayor variedad de especies minerales, bajando la presencia del cuarzo blanco.

Muestra: **M.03.0.S**

TAMIZ (A.S.T.M.): 80 (0,180 mm)			% Retenido: 29,84			% Retenido Acumulado: 42,85		
% Materia Orgánica: 1,38			% Carbonatos Muestra: 34,42			% Carbonatos Fracción: 27,33		
CUARZO BLANCO	Redondeado		CUARZO AZUL	AZUL	8	GRANATE		
	Muy rodado	18		CLARO		EPIDOTA		
	Poco rodado	38		OSCURO		TURMALINA		
	No rodado	12		GRISACEO		ANFIBOLES		
CUARZO ROJO	rojo	22			BIOTITA			
			CUARZO VERDE			MOSCOVITA		
			CUARZO NEGRO			OPACOS (Óxidos)		2
		CUARZO						
CUARZO AMARILLO			CUARZO					
Algunos cuarzoes recubiertos de óxidos								

Muestra: **M.03.0.S**

TAMIZ (A.S.T.M.): 200 (0,074 mm)			% Retenido: 29,84			% Retenido Acumulado: 98,85		
% Materia Orgánica: 1,38			% Carbonatos Muestra: 34,42			% Carbonatos Fracción: 42,06		
CUARZO	Redondeado	3	CUARZO	AZUL		GRANATE		1

Muestra: **M.03.0.S**

TAMIZ (A.S.T.M.): 200 (0,074 mm)		% Retenido: 29,84	% Retenido Acumulado: 98,85				
% Materia Orgánica: 1,38		% Carbonatos Muestra: 34,42	% Carbonatos Fracción: 42,06				
BLANCO	Muy rodado	28	AZUL	CLARO		EPIDOTA	1
	Poco rodado	18		OSCURO	11	TUIRMALINA	3
	No rodado	1		GRISACEO	9	ANFIBOLES	
CUARZO ROJO	rojo			5	BIOTITA	2	
	tonalidad	18	CUARZO VERDE		MOSCOVITA		
			CUARZO NEGRO		OPACOS (Óxidos)		
		CUARZO					
CUARZO AMARILLO			CUARZO				
Algún ANFIBOL							

Muestra: **M.04.0.0**

TAMIZ (A.S.T.M.): 80 (0,180 mm)		% Retenido: 59,10	% Retenido Acumulado: 82,80				
% Materia Orgánica: 0,30		% Carbonatos Muestra: 29,94	% Carbonatos Fracción: 17,25				
CUARZO BLANCO	Redondeado	1	CUARZO AZUL	AZUL		GRANATE	
	Muy rodado	61		CLARO		EPIDOTA	
	Poco rodado	17		OSCURO		TURMALINA	
	No rodado	4		GRISACEO		ANFIBOLES	
CUARZO ROJO	rojo	1			BIOTITA		
			CUARZO VERDE		1	MOSCOVITA	
			CUARZO NEGRO			OPACOS (Óxidos)	
		CUARZO					
CUARZO AMARILLO		15	CUARZO				
Alguna lamina de MOSCOVITA. Algún CUARZO bipiramidado gris.							

La muestra **M.04.0.0**, la fracción nº 80 es la analizada, que es la mayoritariamente se analiza. Mantiene la tónica ya vista, el cuarzo blanco es el mayoritario (83 %), destacando la presencia del cuarzo amarillo (15 %), como los indicios de micas (Moscovita), mineral que es habitual en las playas del Ovalo Valenciano.

Muestra: **M.07.0.0**

TAMIZ (A.S.T.M.): 80 (0,180 mm)		% Retenido: 59,65	% Retenido Acumulado: 85,48				
% Materia Orgánica: 0,27		% Carbonatos Muestra: 25,52	% Carbonatos Fracción: 14,92				
CUARZO BLANCO	Redondeado		CUARZO AZUL	AZUL		GRANATE	
	Muy rodado	25		CLARO		EPIDOTA	
	Poco rodado	35		OSCURO		TURMALINA	
	No rodado	15		GRISACEO	5	ANFIBOLES	
CUARZO ROJO	rojo	10			BIOTITA		
			CUARZO VERDE		MOSCOVITA		
			CUARZO NEGRO		OPACOS (Óxidos)		
		CUARZO					
CUARZO AMARILLO		10	CUARZO				
Algún grano de ANFIBOL							

La muestra **M.07.0.0**, es analizada en la fracción nº 80, como la anterior, el cuarzo blanco mantiene su fuerte presencia (75 %), destacando la presencia del cuarzo amarillo, y la poca variedad del resto de especies de cuarzo y el resto.

Muestra: **M.08.0.0**

TAMIZ (A.S.T.M.): 80 (0,177 mm)			% Retenido: 60,28			% Retenido Acumulado: 79,02		
% Materia Orgánica: 3,02			% Carbonatos Muestra: 21,63			% Carbonatos Fracción: 15,24		
CUARZO BLANCO	Redondeado		CUARZO AZUL	AZUL		GRANATE		
	Muy rodado	20		CLARO		EPIDOTA		
	Poco rodado	46		OSCURO	6	TURMALINA		
	No rodado	11		GRISACEO	5	ANFIBOLES		
CUARZO ROJO	rojo	5				BIOTITA		
			CUARZO VERDE			MOSCOVITA		
			CUARZO NEGRO			OPACOS (Óxidos)		1
CUARZO AMARILLO		6	CUARZO					
Alguna lamina de moscovita								

La muestra **M.08.0.0**, como la anterior es la fracción nº 80 la analizada, e igualmente es el cuarzo blanco el mayoritario (77 %), importante la presencia del cuarzo amarillo y los indicios de moscovita, y como en el caso anterior la menor presencia de especies minerales.

Muestra: **M.10.0.0**

TAMIZ (A.S.T.M.): 50 (0,297 mm)			% Retenido: 49,60			% Retenido Acumulado: 63,01		
% Materia Orgánica: 1,13			% Carbonatos Muestra: 37,64			% Carbonatos Fracción: 35,50		
CUARZO BLANCO	Redondeado	5	CUARZO AZUL	AZUL		GRANATE		
	Muy rodado	50		CLARO		EPIDOTA		
	Poco rodado	22		OSCURO	2	TURMALINA		
	No rodado	17		GRISACEO		ANFIBOLES		
CUARZO ROJO	rojo	2				BIOTITA		
			CUARZO VERDE			MOSCOVITA		
			CUARZO NEGRO			OPACOS (Óxidos)		1
CUARZO AMARILLO		1	CUARZO					
Óxidos en alteración. Turbidez de cuarzoes coloreados								

Muestra: **M.10.1.0**

TAMIZ (A.S.T.M.): 50 (0,297 mm)			% Retenido: 47,23			% Retenido Acumulado: 81,32		
% Materia Orgánica: 1,13			% Carbonatos Muestra: 39,17			% Carbonatos Fracción: 36,05		
CUARZO BLANCO	Redondeado	2	CUARZO AZUL	AZUL		GRANATE		
	Muy rodado	20		CLARO		EPIDOTA		
	Poco rodado	53		OSCURO		TURMALINA		
	No rodado	13		GRISACEO	1	ANFIBOLES		
CUARZO ROJO	rojo	1				BIOTITA		
			CUARZO VERDE			MOSCOVITA		
			CUARZO NEGRO			OPACOS (Óxidos)		4

			CUARZO			
CUARZO AMARILLO		6	CUARZO			
Numerosos cuarzos con inclusiones de óxidos. Turbidez en los cuarzos, con distribución desigual de color. Escasa mica, muy alterada.						

La muestra **M.10.0.0**, presenta una fracción con mayor presencia que es la analizada, la nº 50, es destacable el peso del cuarzo blanco (94 %), valor máximo en todo el frente, y menor presencia de especies minerales, pero sigue manteniendo el cuarzo amarillo, valor mínimo (1 %).

La muestra **M.10.1.0**, es analizada con la misma fracción, nº 50, importante presencia del cuarzo blanco (88 %), aumenta la presencia del cuarzo amarillo (6 %), presentan ambas muestras cierta similitud en las especies minerales con peso.

Muestra: **M.11.0.0**

TAMIZ (A.S.T.M.): 80 (0,177 mm)			% Retenido: 68,78			% Retenido Acumulado: 89,50		
% Materia Orgánica: 0,40			% Carbonatos Muestra: 22,72			% Carbonatos Fracción: 15,87		
CUARZO BLANCO	Redondeado		CUARZO AZUL	AZUL		GRANATE		
	Muy rodado	39		CLARO		EPIDOTA		
	Poco rodado	19		OSCURO	6	TURMALINA		
	No rodado	10		GRISACEO	8	ANFIBOLES		
CUARZO ROJO	rojo	3				BIOTITA		
			CUARZO VERDE			MOSCOVITA		
			CUARZO NEGRO			OPACOS (Óxidos)		
		CUARZO						
CUARZO AMARILLO		15	CUARZO					
CUARZO transparente bipiramidado. Alguna MOSCOVITA								

La muestra **M.11.0.0**, sigue la norma de muestras anteriores, la fracción analizada es la nº 80, el cuarzo blanco es mayoritario (68 %), importante peso del cuarzo amarillo (15 %), como en la muestra M.04.0.0, escasas especies minerales e indicios de moscovita.

2.3. Conclusiones

Es difícil establecer conclusiones comparando los resultados de la ecocartografía (2009-2010) con los datos establecidos en 1981, el primero son resultados tras diversas alimentaciones artificiales, mientras que los segundos son de las arenas originales de las playas de Almassora. Vamos a centrarnos en los resultados de la década de los ochenta del siglo pasado.

Con relación al tamaño medio de los granos el tramo norte, entre los espigones "1" y "4", que correspondería a las muestras M.01.0.0 y M.06.0.0-1.0, y que podíamos definir como la playa de Ben Afeli, el tamaño medio varía entre 0,177 y 1,19 mm, no podemos establecer una evolución hacia tamaños menores o mayores; pero en el tramo sur, que podríamos

Análisis de la dinámica y procesos litorales del frente litoral de Almassora (Castellón), actuaciones realizadas, evolución y prognosis y propuesta de alternativas para su protección y regeneración.

Anexo III. Sedimentología

asimilar a la playa de La Torre, entre M.07.0.0 y M.11.0.0, sí que podemos ver un tamaño medio que se mantiene en la práctica, 0,177 mm, arena fina, y que ya apuntábamos de que aparentemente los tamaños en todo el frente van disminuyendo conforme nos desplazamos hacia el delta del Mijares.

El análisis mineralógico puede ser el que más información nos da para establecer ciertas conclusiones.

En primer lugar, cuanto menor sea el tamaño medio del grano, cuanto mayor sea el número del tamiz, es mayor la presencia de especies minerales, que lo podemos ver cuando comparamos los resultados entre la fracción nº 80 y la nº 200.

La presencia de cuarzo blanco no nos dice nada, tanto esta especie de cuarzo como el cuarzo rojo son especies minerales muy habituales en las arenas de nuestras playas, con el mayor peso pasa el cuarzo blanco, que en algunos casos llega a superar el noventa por cien (M.10.0.0, 94 %) y en general superan el setenta (> 70 %).

Lo más importante es la presencia de cuarzo amarillo y turmalina, que nos permiten establecer las fuentes de sedimentos.

Cuarzo Amarillo, el cuarzo amarillo tiene una única fuente, los aportes del río Ebro, mineral que podemos detectar desde el delta del Ebro hasta las playas de Denia, y que marca la importancia de este cauce como fuente de sedimentos para todo el Ovalo Valenciano. En la actualidad no podemos considerar esta fuente por diversas causas, por un lado, el represamiento del cauce del Ebro, la importante disminución de sedimentos que alcanzan la desembocadura y la presencia de múltiples barreras, y entre ellas la total del Puerto de Castellón, por tanto, podemos concluir que ya no alcanzan la costa de Almassora los aportes tanto del Ebro como de los cauces que al norte del puerto pudieran aportar sedimentos a la unidad que nos ocupa.

Turmalina, este mineral tiene dos fuentes, el río Ebro, del cual ya hemos concluido que en la actualidad no es fuente de alimentación para las playas de Almassora, y la segunda fuente es el río Mijares. Sí analizáramos la evolución de este mineral desde el Ebro, comparando las mineralogías de las formaciones arenosas, analizadas en la década de los ochenta del siglo pasado, y por consiguiente considerar arenas originales sin alimentaciones artificiales que las enmascaren, podemos comprobar que conforme nos vamos desplazando desde el delta del Ebro hasta el cabo de Oropesa, la turmalina va presentándose en cada vez menores tamaños y los granos son muy rodados, pero si hacemos lo mismo desde el sur del cabo de Oropesa, playas de Benicassim, en estas playas encontramos turmalina en las fracciones gruesas y con formas piramidales perfectas, lo que nos demuestra que la fuente es

Análisis de la dinámica y procesos litorales del frente litoral de Almassora (Castellón), actuaciones realizadas, evolución y pronosis y propuesta de alternativas para su protección y regeneración.

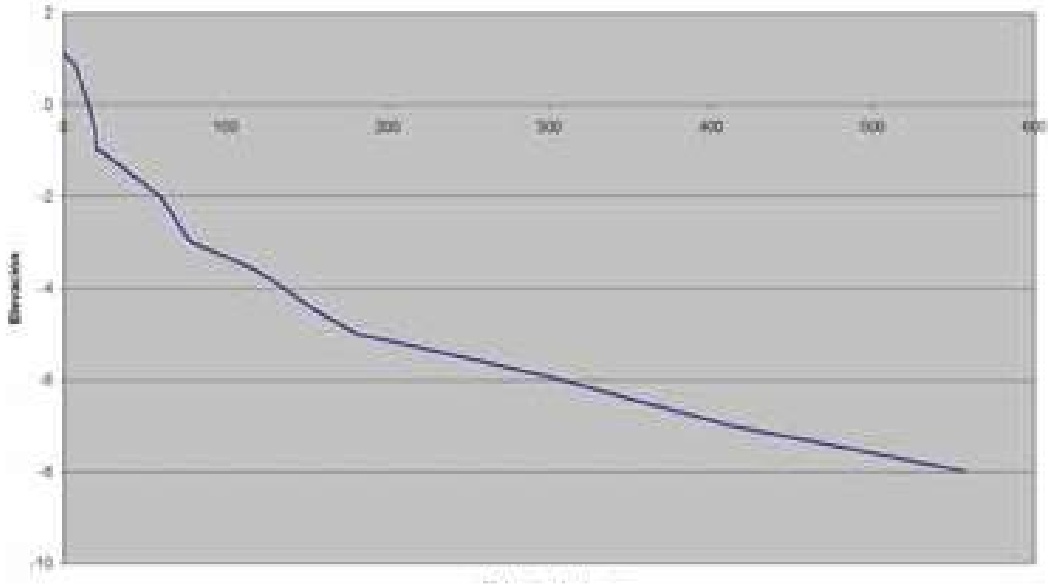
Anexo III. Sedimentología

muy cercana, y únicamente puede ser del Mijares, por tanto este cauce igualmente ha alimentado las playas de Almassora. Pero en la actualidad la funcionalidad del Mijares como fuente de alimentación se ve reducida tanto por el represamiento del cauce como por su escasa actividad.

La conclusión final podría ser que en la actualidad no existen fuentes continentales que puedan alimentar las playas de Almassora, situación que se repite en la práctica totalidad de nuestras costas.



ANÁLISIS DE LA DINÁMICA Y PROCESOS LITORALES DEL FRENTE LITORAL DE ALMASSORA (CASTELLÓN), ACTUACIONES REALIZADAS, EVOLUCIÓN Y PROGNOSIS Y PROPUESTA DE ALTERNATIVAS PARA SU PROTECCIÓN Y REGENERACIÓN



ANEXO IV. PERFILES TRASVERSALES

ANÁLISIS DE LA DINÁMICA Y PROCESOS LITORALES DEL FRENTE LITORAL DE ALMASSORA (CASTELLÓN), ACTUACIONES REALIZADAS, EVOLUCIÓN Y PROGNOSIS Y PROPUESTA DE ALTERNATIVAS PARA SU PROTECCIÓN Y REGENERACIÓN. ANEXO IV. PERFILES TRASVERSALES

1. INTRODUCCIÓN

En el presente Anexo recogemos los perfiles trasversales levantados en 1981 en las playas de Almassora y los establecidos apoyándose en la batimetría y que fijamos en 2010.



Figura 1. Frente litoral de Almassora'1981 (Fuente: Elaboración propia)

En la figura 1 podemos ver el frente litoral de Almassora en el año 1981, cuando se realizaron las campañas de sedimentología y el levantamiento de perfiles trasversales de las formaciones de playa.



Figura 2. Frente litoral de Almassora'2009 (Fuente: Elaboración propia)

La figura 2, por su parte, representa, aunque con la diferencia de un año, la costa de Almassora en 2009, y que quiere darnos una imagen de la costa en 2010, fecha que consideramos que es el origen de la batimetría, Ecocartografía de Castellón, que nos ha permitido definir los perfiles en 2010.



Figura 3. Perfiles levantados en 1981. (Fuente: Elaboración propia)

2. PERFILES 1981

En la figura 1 representamos la situación del frente litoral durante las campañas de 1981, y podemos ver las formaciones de playas, apoyadas y abrigadas del frente litoral de Almassora, hemos representado con formas triangulares por sencillez. En la figura 3 vemos la distribución de perfiles, señalar que hay dos saltos de numeración y se corresponden a dos perfiles que se tomo la decisión de no levantarse, en circulo hemos señalado los perfiles definidos en 2010 y que mas adelante veremos.

El método empleado para el levantamiento de los perfiles fue el conocido como de “*corredera y escandallo*”, no se contaba en ese momento del “*método BP*” desarrollado por mí en el Laboratorio de Puertos y Costas de la Universidad Politécnica de Valencia (LPC-UPV) y que consiste en un método de precisión y que permite determinar perfiles transversales con un error de un centímetro, mientras que el empleado en su momento presentaba un error entre veinte y veinticinco centímetros (20-25 cm).

El primer sistema conocido como *escandallo y corredera*, está formado por el escandallo pieza de plomo, figura 4, conocida como muerto, sujeta por una cuerda o cadena marcada, y la corredera una cuerda igualmente marcada, para conocer la profundidad y la distancia, el escandallo puede tener una concavidad en su base que se rellena con sebo para determinar las características del fondo, arena, grava o roca, lo que se identifica por las marcas o los sedimentos adheridos al sebo.

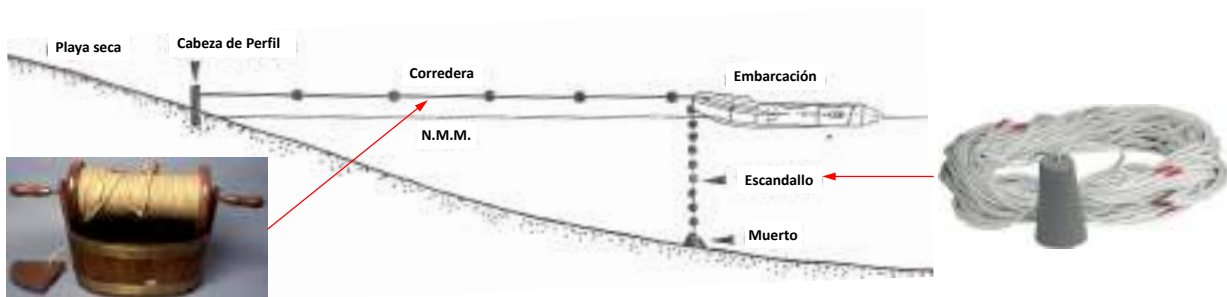


Figura 4. Método de corredera y escandallo. (Fuente: Elaboración propia)

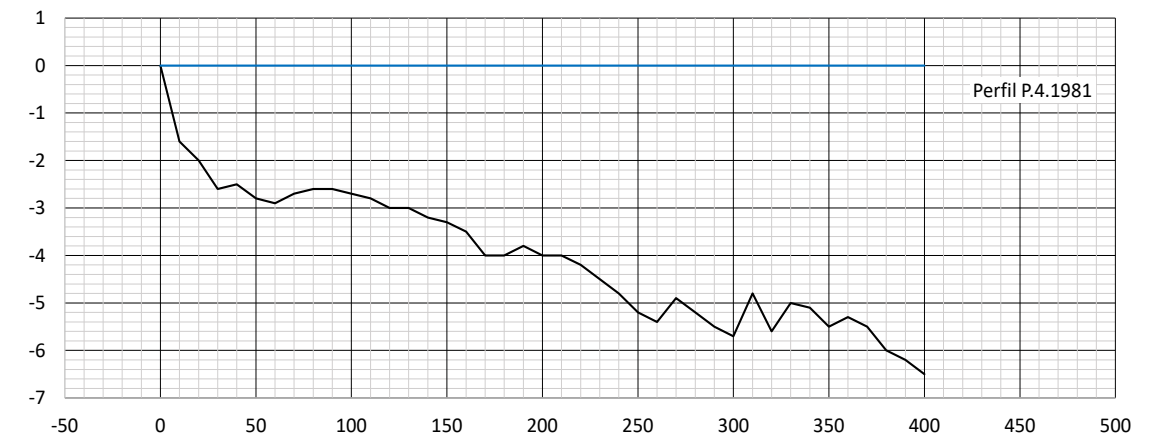
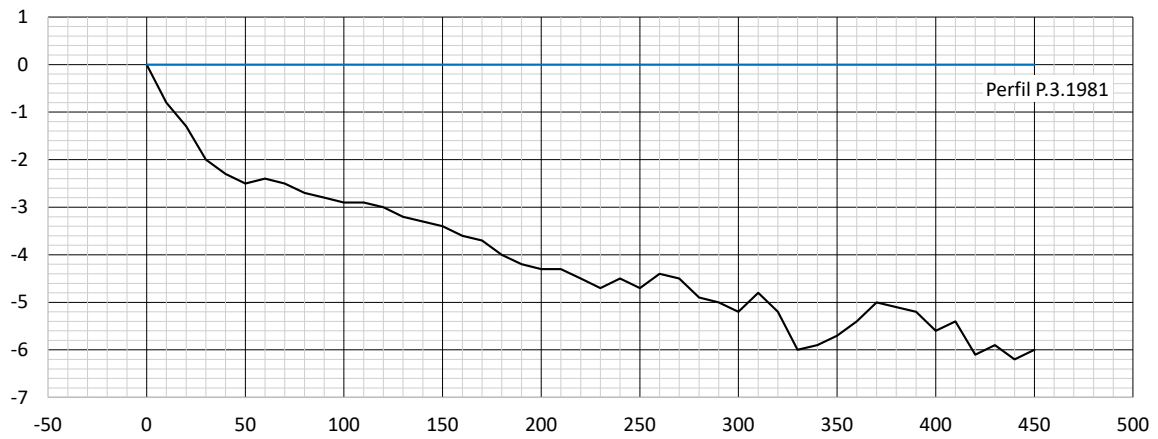
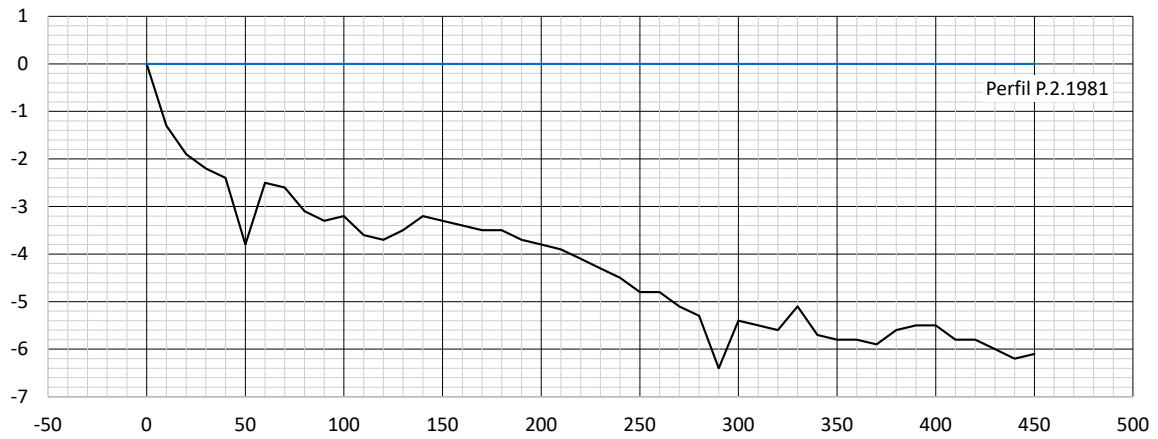
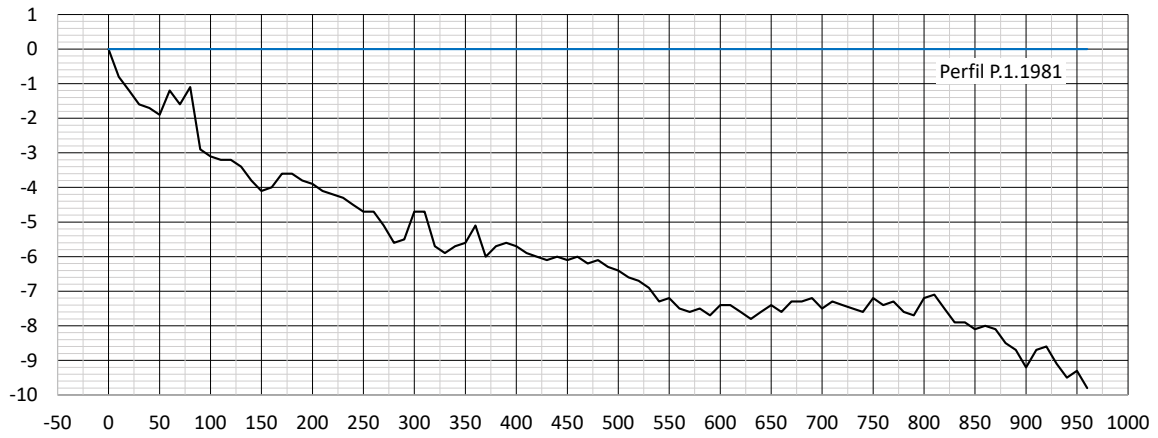
El método consistía en fijar la corredera a un punto en playa seca, o fuera de la misma, el objetivo es fijar un origen de distancias, la corredera se encuentra en una embarcación a la que se le exige que tenga poco calado para poder acercarse lo más posible a la orilla,

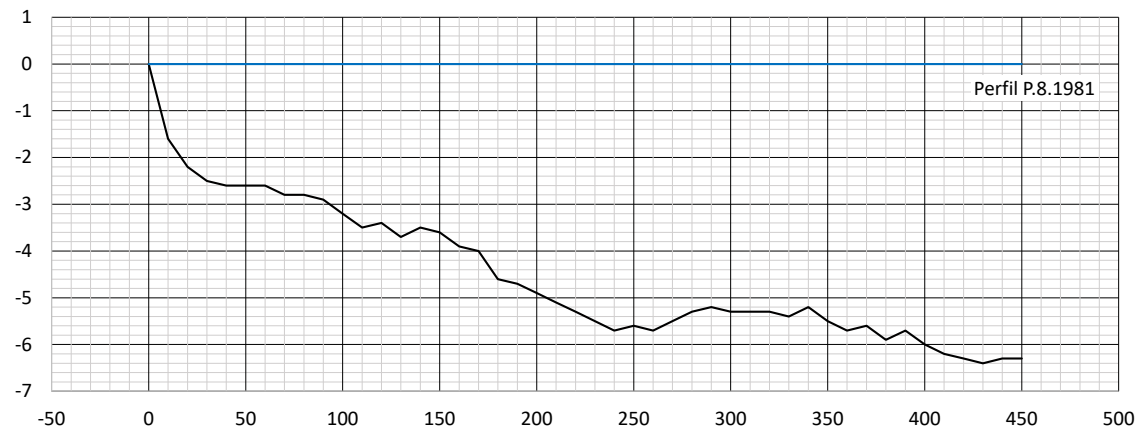
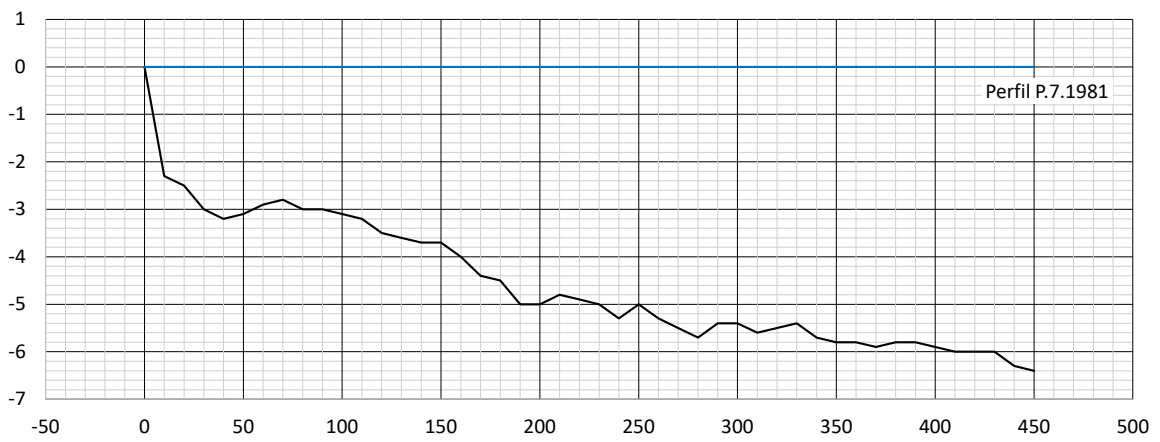
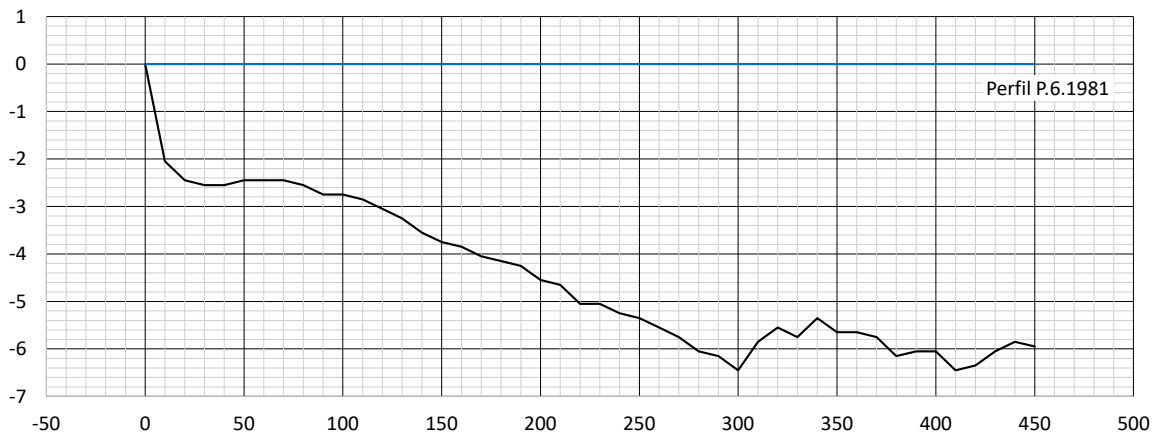
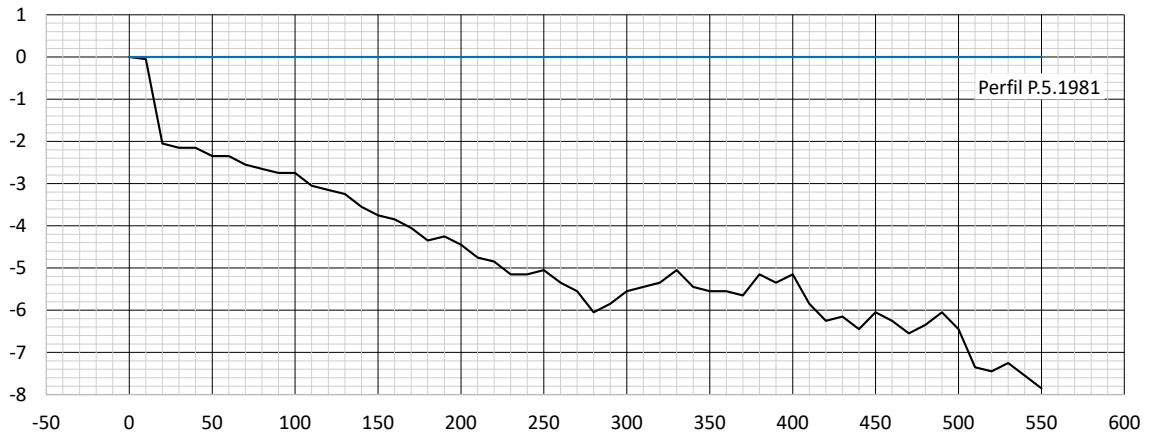
conocido como *dingui* o zodiac en su acepción más popular, conforme la embarcación se alejaba de la orilla, va soltando corredera, procurando que estuviera tensa, y a las distancias prefijadas se dejaba caer el escandallo, cuando este estaba tenso podíamos determinar la profundidad a la distancia que hemos prefijado, y así sucesivamente hasta la distancia o profundidad máximas, en general el perfil batimétrico se llevaba hasta los ocho metros de profundidad. El método parece sencillo, y el instrumental no es complejo, es económico y no sofisticado, y el personal puede reducirse a cuatro personas. Pero existían diversas fuentes de error.

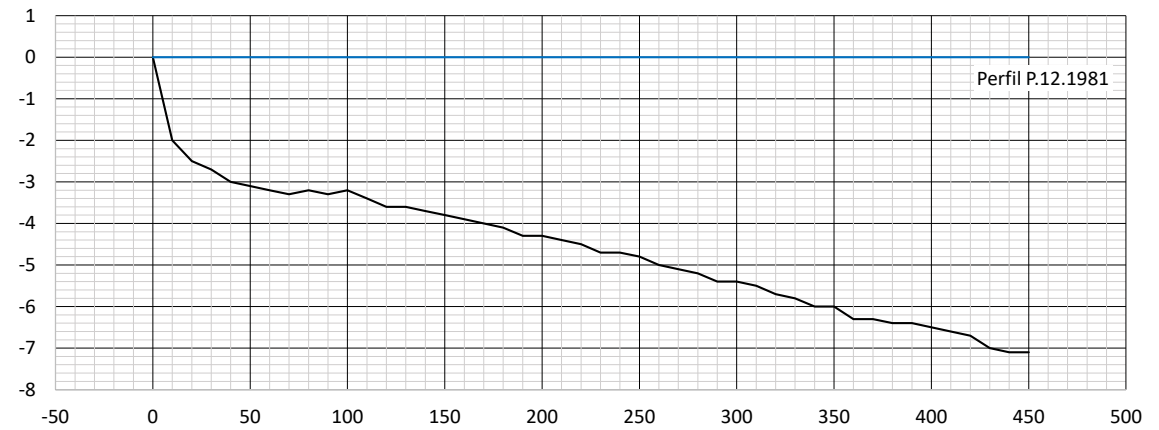
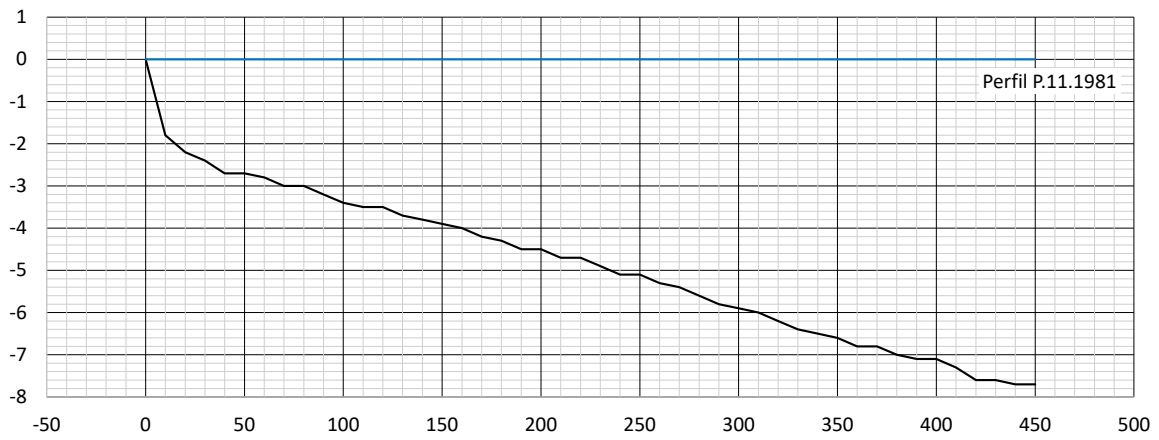
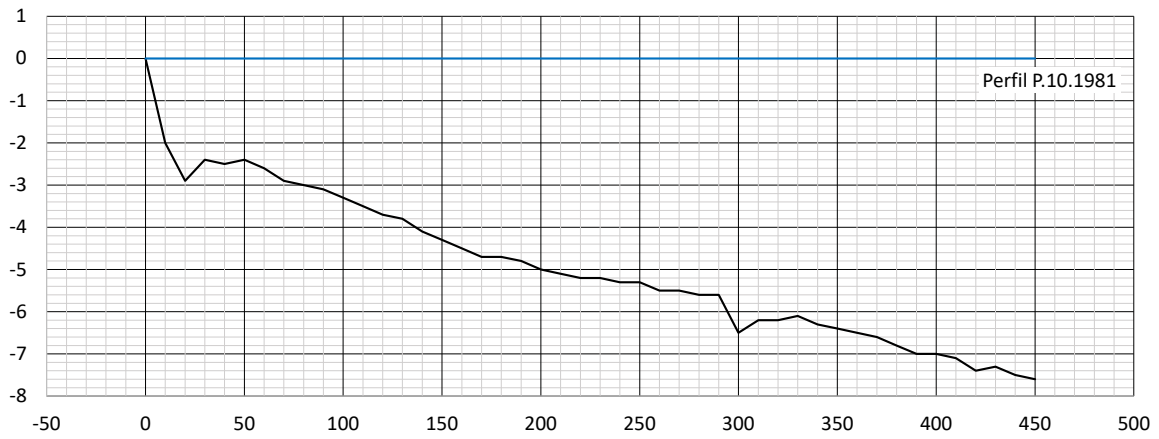
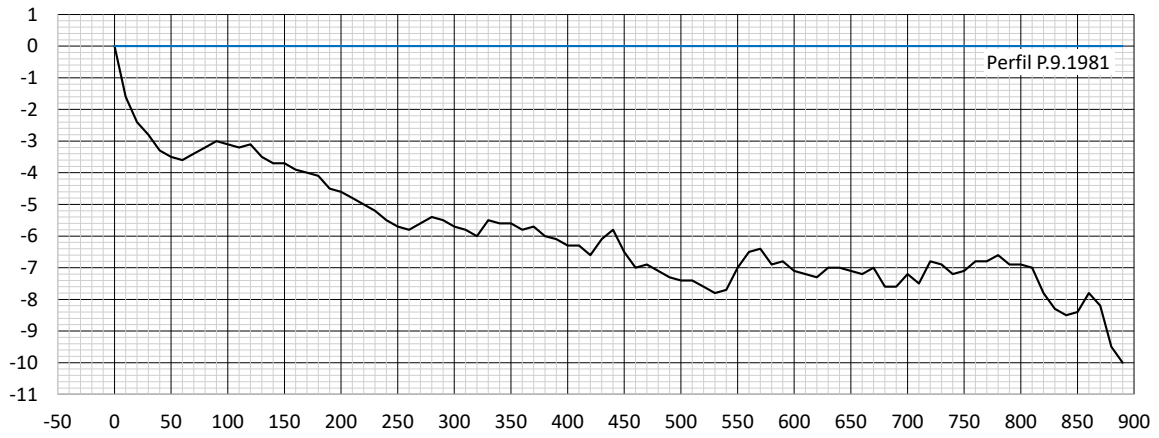
La profundidad tiene tres fuentes de error, el primero es el marcado de la cadena, es evidente que no podemos marcar cada cinco o diez centímetros ya que en este caso tendríamos dificultad en su manejo, por tanto, hay que ser muy preciso en definir la profundidad medida cuando, en general, las marcas se sitúan cada veinticinco centímetros; en segundo lugar hay que poder definir el N.M.M. lo que resulta fácil si no hay nada de oleaje, pero ya con poco la oscilación de la lámina de agua podía hacer difícil determinar el punto medio, y finalmente había que saber la posición del nivel del mar, pleamar, bajamar o de camino a uno de los puntos máximo y mínimo, esto obligaba a conocer la evolución de la marea a lo largo del trabajo de campo, se tenían dos posibilidades, sí hay mareógrafo cercano podríamos conocer la curva de la marea astronómica, y sí no lo hay debíamos construir un mareógrafo, era sencillo únicamente necesitábamos un punto fijo en la costa del que podíamos definir su cota referida al Cerro de Alicante y cada quince minutos medir la posición de la lámina de agua, esto suponía que el equipo debía aumentarse con un nuevo personaje, y al mismo tiempo cada vez que se determina la profundidad tomar nota de la hora en que se tomaba el valor, comparando la curva de la marea tomada en el mareógrafo provisional con la hora y profundidad tomada sumariamos o restaríamos y se tendría la profundidad del punto tomado.

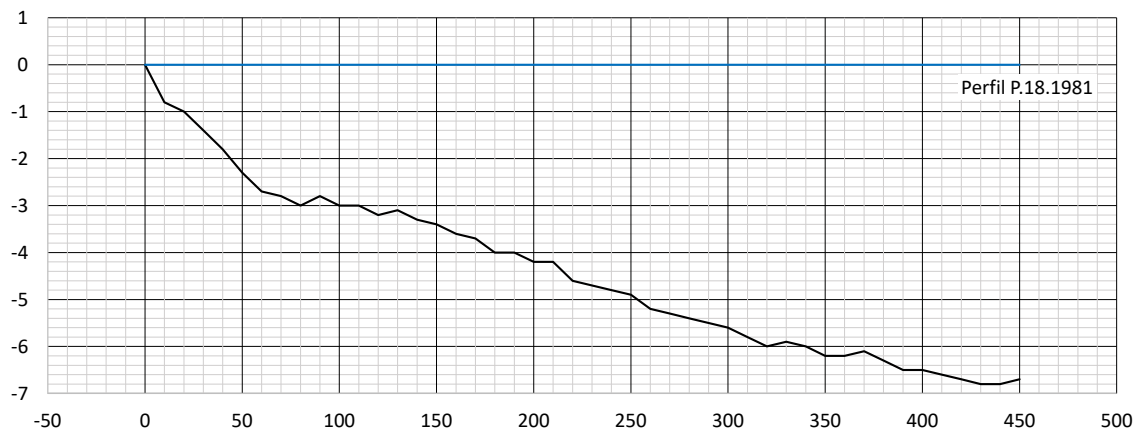
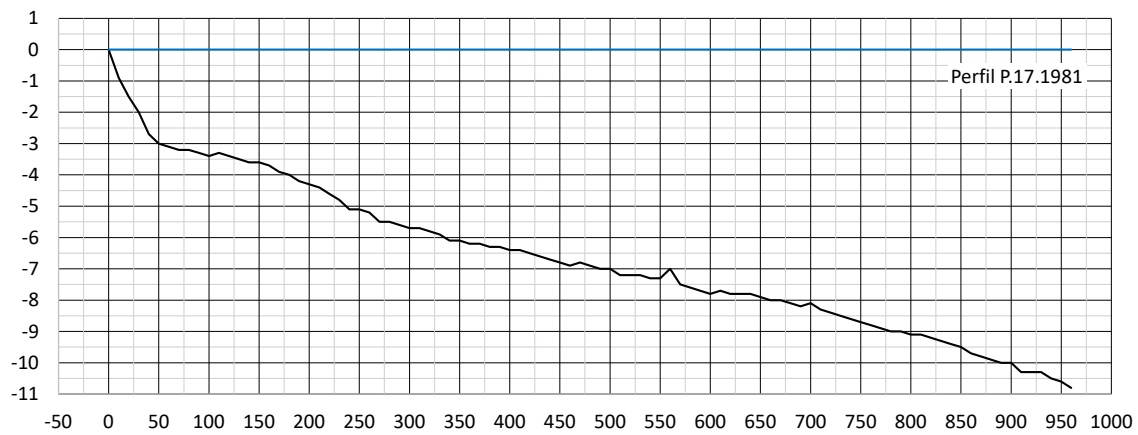
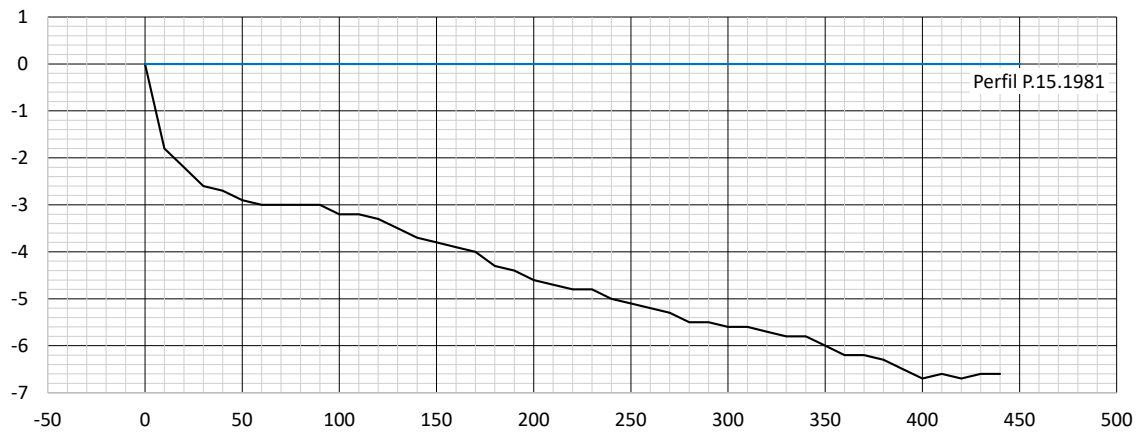
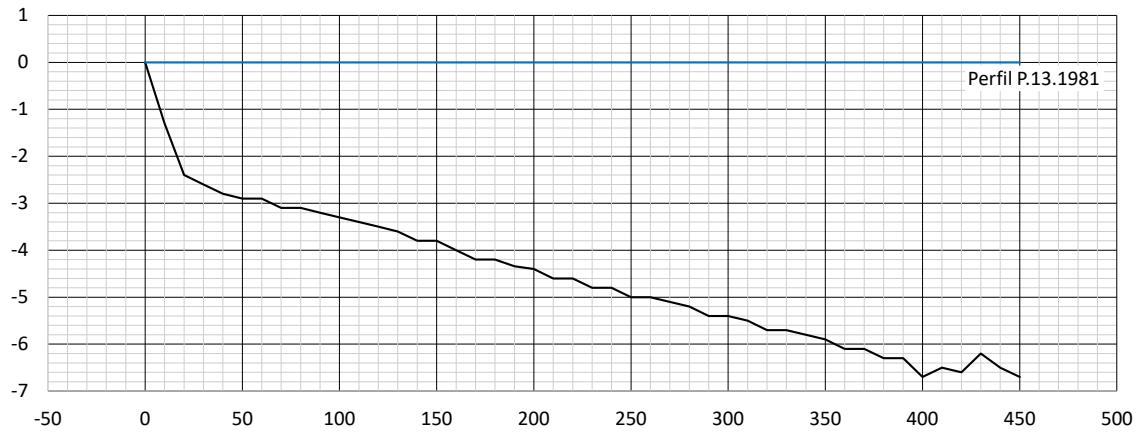
Tras los trabajos realizados en campo el LPC-UPV se estableció que el error estimado con la técnica de escandallo y corredera era entre veinte y veinticinco centímetros (20/25 cm), como ya habíamos señalado.

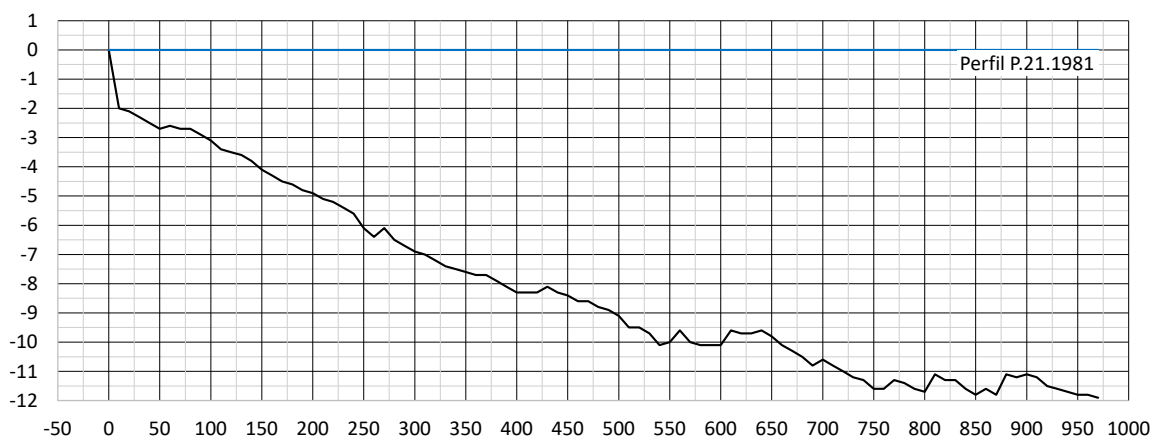
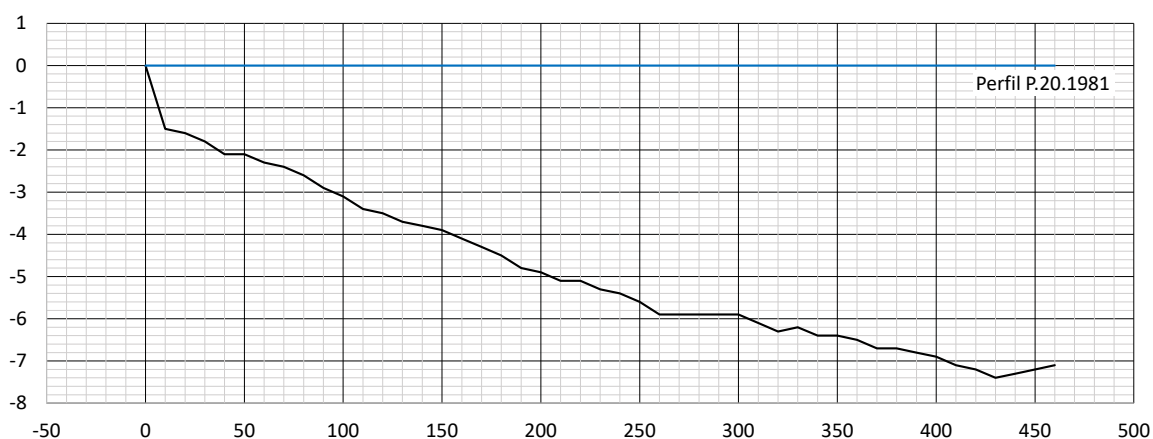
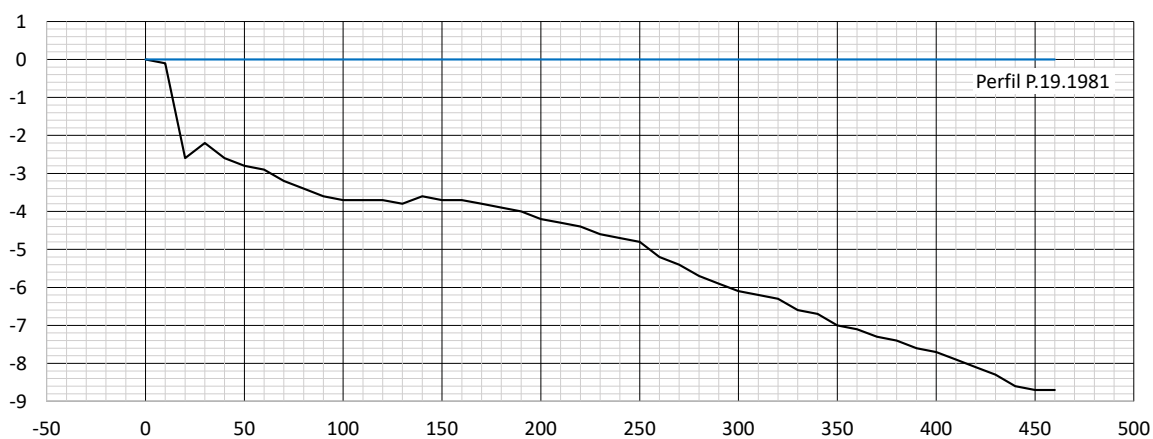
En las siguientes páginas recogemos los perfiles levantados entre febrero y marzo de 1981.











Los perfiles muestran dos tendencias bien distintas; en la zona norte, playas de Ben Afeli y La Torre, parcialmente esta última, los perfiles son muy irregulares, sobre todo en la parte final del perfil, playa sumergida, y en algunos casos difícil de establecer diferencia entre estrán y playa sumergida, con perfiles próximos a playa sumergida, según la clasificación de P. Suarez Bores, como el perfil P.8.1981.

El tramo final de la costa de Almassora, prácticamente playa de La Torre, y a partir del perfil P.10.1981, los perfiles se vuelven más uniformes, en incluso podemos ver diferencia física entre estrán y playa sumergida, situando dicho punto en el entorno de la isobata -3,00,

Análisis de la dinámica y procesos litorales del frente litoral de Almassora (Castellón), actuaciones realizadas, evolución y prognosis y propuesta de alternativas para su protección y regeneración.

Anexo IV. Perfiles transversales

como podemos ver en el perfil P.12.1981, la pendiente media de la playa sumergida se estima en el uno y medio por cien (1,55 %), valor elevado para este tramo del perfil, que habitualmente suele estar en el entorno del uno por cien.

La conclusión que podemos establecer, considerando el error que se comete por el método de escandallo y corredera, los perfiles se estabilizan en el semitramo final del frente de Almassora, el tramo al norte muestra muchas irregularidades, según los pescadores del lugar estas irregularidades las achacan a restos de edificaciones, aunque la razón puede estibar en la presencia de bolos, bloques, encostramientos y afloramientos rocosos masivos que la ecocartografía de los fondos nos señala.

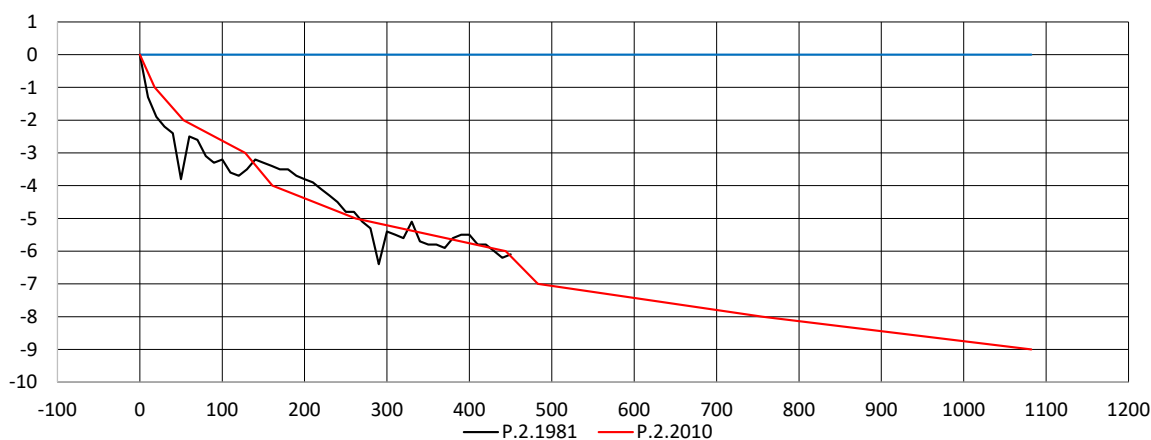


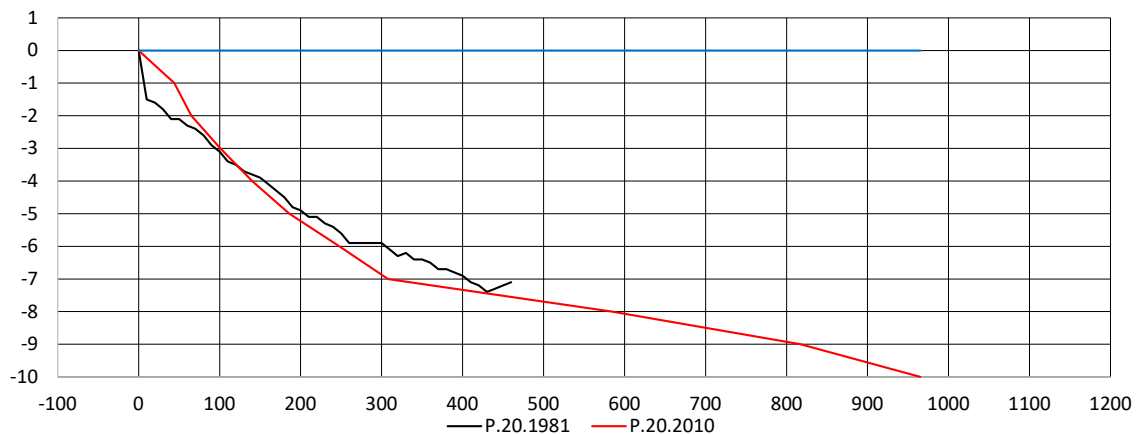
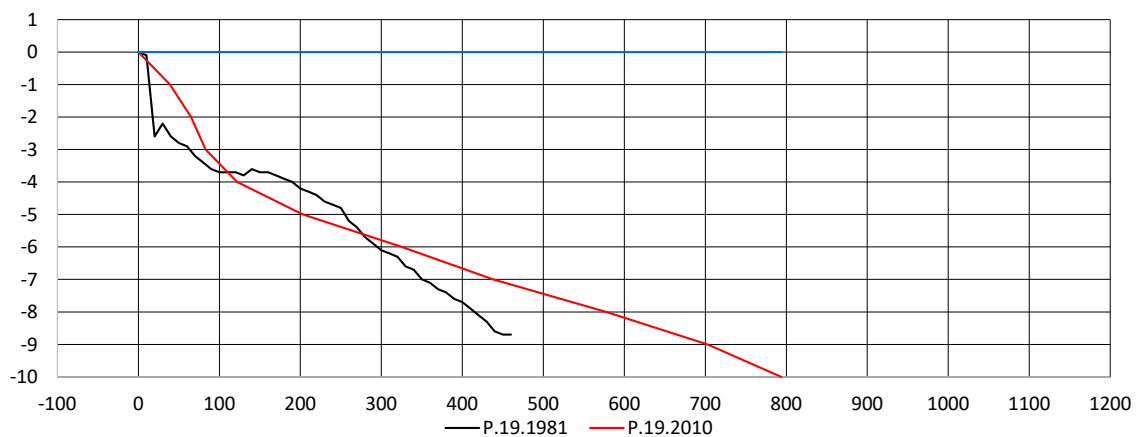
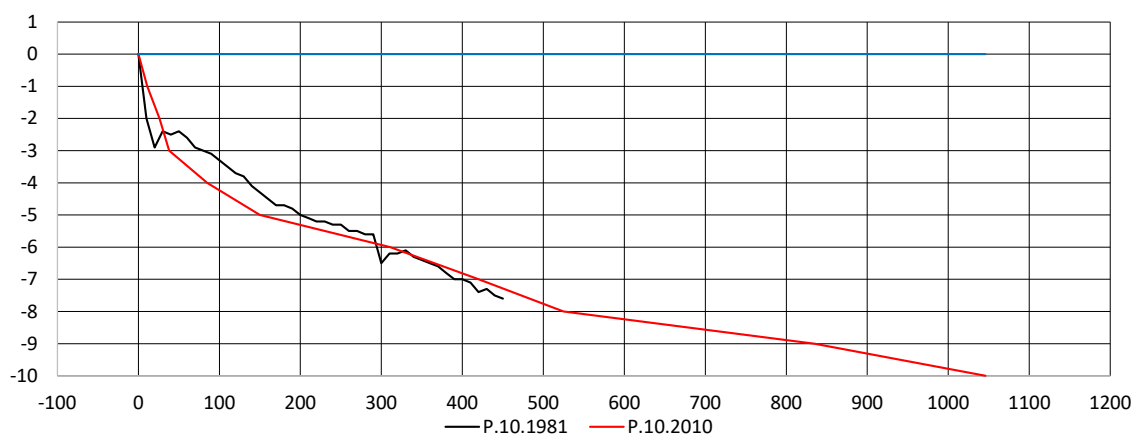
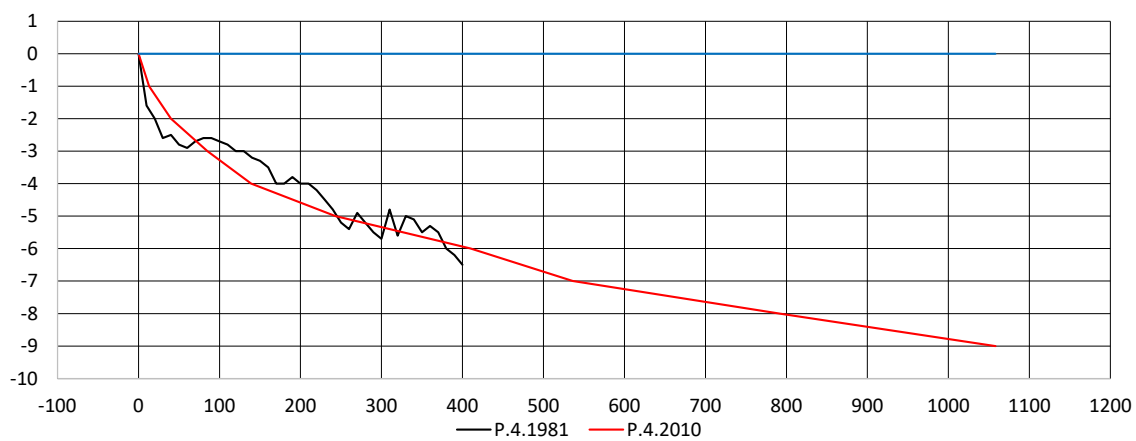
Figura 5. Perfiles 2010. (Fuente: Elaboración propia)

3. PERFILES 2010

En este caso los perfiles se han establecido partiendo de la batimetría del frente costero de Almassora, figura 5. La base de la figura anterior es realmente de 2009, pero lo vamos a considerar como de 2010.

En este caso, aunque no se han establecido por el método de corredera y escandallo y el BP, no podemos definir error en la forma del perfil, y las profundidades son metro a metro. En la siguientes paginas representamos estos perfiles de 2020, donde hemos representado el perfil de 1981 y el que consideramos como 2020.





No hay coincidencia en el desarrollo del perfil, en el caso de 2020 hemos decidido alcanzar la profundidad de -10,00, mientras que los perfiles de 1981, coincidentes, se desarrollan hasta los cuatrocientos cincuenta metros, aparentemente existe cierta similitud entre ambas campañas, sí así podemos denominarlos, pero destacar que la pendiente del estrán de los perfiles de 2020 se sitúan en valores elevados compatibles con playa alimentadas artificialmente. En todo caso y por la similitud de perfiles si la campaña de 1981 era de playa en recesión, lo mismo podríamos concluir de la situación de 2020.



ANÁLISIS DE LA DINÁMICA Y PROCESOS LITORALES DEL FRENTE LITORAL DE ALMASSORA (CASTELLÓN), ACTUACIONES REALIZADAS, EVOLUCIÓN Y PROGNOSIS Y PROPUESTA DE ALTERNATIVAS PARA SU PROTECCIÓN Y REGENERACIÓN



ANEXO V. MEDIOAMBIENTE

ANÁLISIS DE LA DINÁMICA Y PROCESOS LITORALES DEL FRENTE LITORAL DE ALMASSORA (CASTELLÓN), ACTUACIONES REALIZADAS, EVOLUCIÓN Y PROGNOSIS Y PROPUESTA DE ALTERNATIVAS PARA SU PROTECCIÓN Y REGENERACIÓN. ANEXO V. MEDIOAMBIENTE

1. INTRODUCCIÓN

En el presente Anexo recogemos información del frente y entorno de la costa de Almassora partiendo de dos bases de datos; por un lado, la información recogida en la Ecocartografía de Castellón, y, por otro lado, la información referente a cuestiones medioambientales del entorno.

2. ECOCARTOGRAFÍA DE CASTELLÓN

Los estudios ecocartográficos (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, MITECO) del litoral español comprenden una serie de estudios de ingeniería marítima y ecología del medio marino, con sus resultados perfectamente estructurados en un Sistema de Información Geográfica (GIS) y bases de datos asociadas.

Entre otras cosas incluyen una batimetría de detalle realizada con sonda Multihaz de la plataforma costera sumergida, a escalas 1:1.000 y 1:5.000; información y cartografiado de las comunidades bentónicas y la biocenosis y se ha elaborado una base de datos de todas las especies, analizado diferentes parámetros, entre los cuales cabe citar la abundancia, la riqueza específica y la diversidad; elaboración de una serie de mapas temáticos indicando, entre otras variables, los usos y clasificación del suelo, geología, espacios naturales protegidos y recursos pesqueros. También se han elaborado una serie de fichas temáticas relativas a los puntos en los que se han tomado muestras y en las que se recoge toda la información obtenida; información detallada de la franja costera, en relación con sus condicionantes ambientales y patrimoniales más significativos, información estructurada en un Sistema de Información Geográfica (GIS) para poder realizar un estudio rápido y eficaz de la misma, además de facilitar la actualización y ampliación de la misma en función de las necesidades existentes en cada momento.

El objetivo de estos estudios es la obtención de un soporte cartográfico detallado de un área de costa determinado, junto con una descripción de la misma, que contenga datos relativos a las comunidades naturales, paisaje y elementos patrimoniales, todo ello tanto terrestre como marino.

En nuestro caso hemos acudido a la Ecocartografía de Castellón y que seguidamente detallamos, realizada durante los años 2009 y 2010, la Ecocartografía del litoral de la



Figura 1.- Batimetría

provincia de Castellón ha estudiado un total de ciento noventa kilómetros (190 km) de costa repartidos en 16 municipios a lo largo de toda la provincia.

2.1. Batimetría

En la figura 1 recogemos la batimetría en el frente litoral de Almassora. Indicar que las líneas de igual profundidad, isobatas, se han representado metro a metro.

Las isobatas hasta la -18 no son uniformes, aparentemente a partir de dicha profundidad sí que parecen uniformes y paralelas a la costa. Esta batimetría es la que

hemos empleado para la definición de los perfiles de playas que hemos recogido en el Anexo IV. Perfiles.



Figura 2.- Calidad de aguas

2.2. Calidad aguas

En esta ocasión la información sobre *Calidad de Aguas* únicamente contamos con las aguas al norte de Puerto de Castellón, como vemos en la figura 2.

En la figura 3 presentamos la hoja de toma de datos para el informe de Aguas Marinas, donde se indica la población

enfrentada, la fecha de toma de la muestra y profundidades a las que se toman muestras, así como algunos parámetros fácilmente identificables y tomas en el momento de la toma de muestras. La figura 4 recoge los resultados de las analíticas ejecutadas. No consideramos esta información, por un lado, por su localización a barlomar del puerto, y por otro lado no consideramos que dicha información pueda ser relevante para los objetivos del estudio.

INFORME DE AGUAS MARINAS - Análisis Físicos -



Estudio Ecocartográfico del litoral de la provincia de Castellón							
Datos Estación				Meteorología		Transparencia/Secchi	
Población	Provincia			Viento	Transparencia (m.)		
Castellón	Castellón			BRISAS	5		
Fecha	Profundidad (m.)			Estado del Mar	Coeficiente de extinción		
04/08/2009	5			CALMA	0,34		
Coord. X (UTM ED50)	Coord. Y (UTM ED50)					Profundidad capa eufótica (m.)	
758442	4430338					13,56	
Estación C4-06		Campana VERANO				Punto de Compensación (Medina, 2001)	
						6,77	
Nivel Muestreo(n)	Temp.(°C)	Salinidad(g/l)	Oxígeno(g/l)	pH	Irred.(μDcm2)	Turbidez(NTU)	Clorofila(μg/l)
0	27,84	37,55	5,95	8,13	736	8	0,59
-2	27,81	37,4	5,81	8,14	809	8	0,8
8	27,83	37,8	5,90	8,14	854	8	0,68

Figura 3.- Calidad de aguas

RESULTADOS

Parámetro	Resultado	Método
Sólidos suspendidos	28,5 mg/l	PI-HE-A01 Gravimetría
Nitratos (N-NO ₃)	<0,025 mg/l	PI-HE-A12 Fotometría
Nitritos (N-NO ₂)	<0,005 mg/l	PI-HE-A10 Fotometría
Fosfatos (P-PO ₄)	<0,01 mg/l	PI-HE-A08 Fotometría
Amonio (N-NH ₄)	<0,20 mg/l	PI-HE-A14 Fotometría
Cadmio (Cd)	<0,025 mg/l	PI-HE-A19 AA Grafito
Cobre (Cu)	<0,02 mg/l	PI-HE-A22 AA Grafito
Mercurio (Hg)	<0,3 μg/l	PI-HE-A24 AA Vapor frío
Aceites y grasas	<0,5 mg/l	PI-HE-A04
Carbono orgánico total	1,9 mg/l	PI-HE-A33
Coliformes fecales	2 ufc/100	PI-HE-A02 FM 0,45μm, 44°C, 24 h
Coliformes totales	2 ufc/100	PI-HE-A02 FM 0,45μm, 37°C, 24 h

Figura 4. - Calidad de aguas

2.3. Comunidades Marinas

En la figura 5 recogemos la información relativa a las comunidades marinas en el frente litoral de Almassora, y que desarrollamos seguidamente.

Caulerpa prolifera. Talo sifonal de color verde claro, formado por un estolón fino, que se arrastra por el suelo y que puede llegar a medir un metro (1 m) de longitud. De este estolón salen unos rizoides que se fijan al sustrato, y frondas, que son como unas hojas planas, lanceoladas y con márgenes no dentados, que pueden llegar a medir de quince a treinta centímetros (15 - 30 cm) de altura y tres



Figura 6. *Caulerpa prolifera*

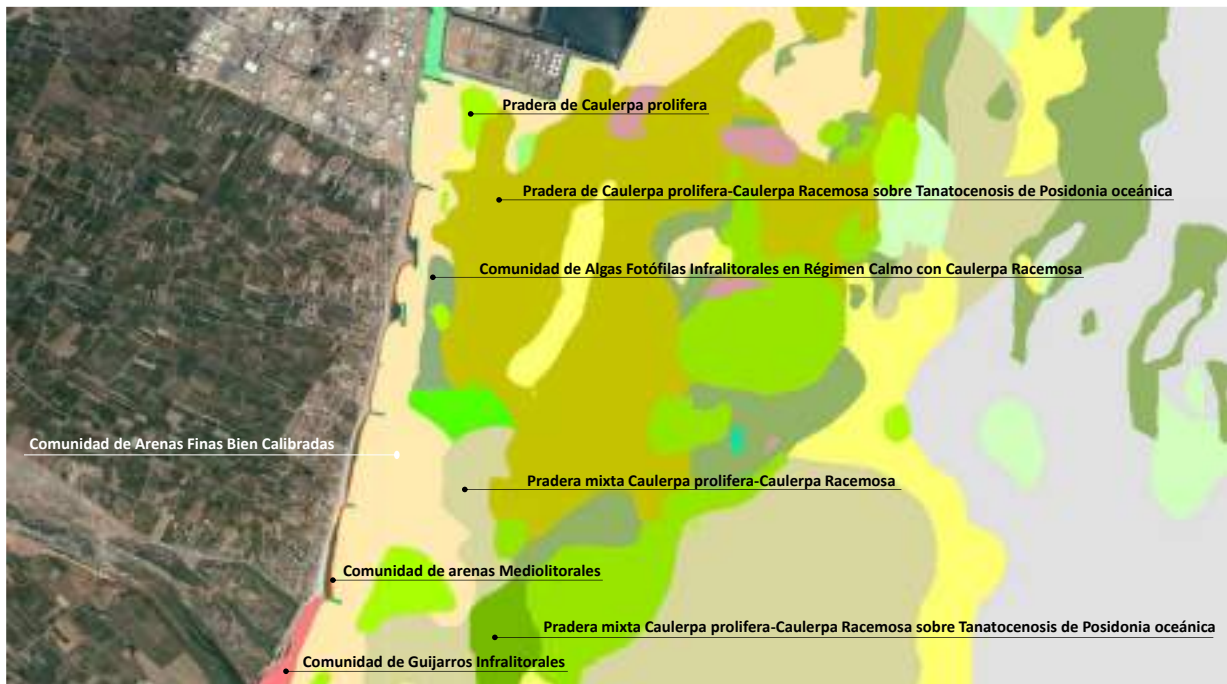


Figura 5. – Comunidades marinas

centímetros (3 cm) de anchura. La consistencia es bastante coriácea debido a la gruesa cutícula que la reviste.

Podemos encontrarla en fondos blandos o fangosos, de uno (1 m) a entre quince y veinte metros (15-20 m) de profundidad, frecuentemente cerca de praderas de posidonia. También se la puede encontrar fijada en sustratos más duros. Especie autóctona del Mediterráneo también presente en el Atlántico tropical y subtropical.

Como otras especies de este género, *Caulerpa prolifera* también tiene un carácter invasor en las costas Mediterráneas, con la diferencia de ser una especie autóctona.

Caulerpa racemosa. Alga asesina. Especie con una importante expansión en el mar Mediterráneo desde finales del siglo XX, lo que puede poner en peligro las praderas de fanerógamas protegidas de *Posidonia Oceánica* y *Cymodocea nodosa*.

La especie es de origen tropical, la mayor parte de las variedades proceden del Mar Rojo. La variedad invasora es nativa del suroeste de Australia. Fue observada por primera vez en 1926, quedando confinada su expansión a la cuenca oriental durante más de 60 años. Procede del Mar Rojo, entrando por el Canal de Suez a través del transporte marítimo, ya sea a través de las aguas de lastre o en fragmentos enganchados en las anclas de las embarcaciones o en las redes de pesca.

Especie anual y pseudoperenne, conserva una parte del talo cada nueva temporada. La tasa de crecimiento vegetativo de *C. racemosa* es cuatro veces superior a la de *C.*

taxifolia y, a diferencia de ésta, produce propágulos sexuales viables que multiplican la probabilidad y la velocidad de dispersión.

Se desarrolla sobre un amplio rango de profundidades, hasta los sesenta metros (60 m) y es capaz de colonizar todo tipo de biocenosis fotófilas infralitorales y circalitorales y sustratos rocosos y arenosos.



Figura 7. *Caulerpa racemosa*

Según observaciones efectuadas, esta alga parece preferir fondos con profundidades superiores a los veinte metros (20 m), donde ha colonizado los principales tipos de hábitats infralitorales y parte de los circalitorales: biocenosis de algas fotófilas sobre roca, praderas de *P. Oceánica* y fondos sedimentarios detríticos con y sin comunidades de maërl.

Comunidad de matas muertas de Posidonia Oceánica. Esta biocenosis se instala en los tramos donde, por muerte de la pradera de *Posidonia*, las hojas han desaparecido y sólo quedan los rizomas, pudiendo aparecer en toda la franja de profundidades de distribución de la pradera. Esta comunidad se distribuye de forma muy irregular y cuando aparece generalmente forma un mosaico intermitente entre la comunidad de pradera de *Posidonia Oceánica*.



Figura 8. Tanatocenosis de *Posidonia Oceánica*

Se caracteriza por agrupar especies fotófilas: *Acetabularia acetabulum*, *Colpomenia sinuosa*, *Halopteris scoparia*, *Cladosthephus hirsutus*, *Padina pavonica*, *Jania Rubens*, *Cymodocea nodosa*; y especies de moluscos, crustáceos y poliquetos que viven entre los rizomas.

Su aparición siempre va asociada a la muerte de la pradera y puede ser resultado de un proceso natural o, por el contrario, ser el resultado de un impacto antrópico. Si el impacto se incrementa, la biocenosis aumentará de superficie a costa siempre de la porción de pradera viva.

Comunidad de algas fotófilas infralitorales de régimen calmo. Esta comunidad se instala sobre roca o sedimentos consolidados, bien iluminados y protegidos de un fuerte hidrodinamismo por la configuración geomorfológica del litoral o por la profundidad.

Aunque sus necesidades de iluminación la hacen ser una comunidad típica de fondos poco profundos, una gran transparencia de las aguas puede permitir que sobrepase los treinta metros (30 m) de profundidad.



Figura 9. Algas fotófilas infralitorales

La comunidad de algas fotófilas es una comunidad de una gran riqueza de especies y de una gran complejidad estructural. En condiciones óptimas da lugar a lo que podríamos considerar como verdaderos bosques a la escala del tamaño de estas especies, entre treinta y cuarenta centímetros 30-40 cm.

Las especies indicadoras de calidad pertenecientes a esta comunidad son muy sensibles a todo tipo de contaminación orgánica o industrial, sufriendo sus poblaciones importantes retrocesos. El aumento de la turbidez produce impacto sobre estas especies al reducir de forma significativa su capacidad fotosintetizadora. El aumento de la sedimentación actúa también sobre la fauna al colmatar las microcavidades donde se desenvuelve o al obturar sus sistemas de filtración.

Comunidad de guijarros infralitoral. Se localiza en las acumulaciones superficiales entre medio metro hasta los tres o cuatro metros (0,5 / 3-4 m) de profundidad de guijarros y cantos más o menos grandes propios de calas o zonas geomorfológicamente protegidas del fuerte hidrodinamismo. Aun así, la movilidad de sus componentes por acción del oleaje es continua.



Figura 10. Comunidad de guijarros infralitoral

La constante movilidad de guijarros y cantos por acción del oleaje impide que estos presenten una cobertura vegetal importante, limitándose a especies cespitosas e incrustantes. Los períodos de calma prolongados en las calas protegidas, un mayor tamaño en los cantos o un poco de profundidad permitirán a dicha cobertura vegetal y a su fauna evolucionar hacia aspectos empobrecidos de la comunidad de algas fotófilas infralitorales en régimen calmo. Es una comunidad que supone un incremento de la diversidad de especies en el entorno de fondos arenosos que suelen rodearla.

La mayor amenaza son los contaminantes costeros, hidrocarburos, vertidos industriales y/o urbanos y todo tipo de ocupación permanente de esta franja costera como

consecuencia de las actuaciones en el litoral. Su degradación por contaminación orgánica o industrial conlleva la desaparición de las especies más sensibles y la aparición o permanencia de especies de amplia valencia ecológica. En la fase más degradada sólo algas cianofíceas y ciertas especies de poliquetos consiguen sobrevivir.

Comunidad de Arenas Mediolitorales. Comunidad propia de playas arenosas. Aparece, como su nombre indica, en la franja de playa influenciada por las mareas y la rompiente del oleaje e inmediatamente por debajo de la comunidad supralitoral, estando sometida a un mayor grado de humedad que la anterior comunidad.

Unas condiciones de mayor humedad potencian una fauna algo más abundante compuesta por gusanos poliquetos errantes y crustáceos, que viven entre los granos de arena. Comunidad pobre en especies, pero muy singulares por sus adaptaciones a vivir en las condiciones ambientales de esta franja litoral. Es una comunidad muy homogénea a escala regional. La mayor amenaza son los contaminantes costeros y todo tipo de ocupación permanente de esta franja costera como consecuencia de las actuaciones en el litoral. La limpieza repetitiva de arribazones de la playa mediante retirada mecánica es una amenaza constante.



Figura 11. – Morfología marina

2.4. Morfología marina

En la figura 11 recogemos la información sobre las características de los fondos marinos del frente litoral de Almassora. Destacar que la presencia de bolos, bloques o encostramientos pueden ser los responsables que que los perfiles tomados en la campaña de 1981 presenten, en el tramo final, de la playa sumergida, importantes oscilaciones del fondo,



Figura 12. – Caracterización playas

que los pescadores de la zona señalaban como restos de edificaciones costeras, y que probablemente sean los fondos señalados. Añadir que los espigones y diques se definen como afloramientos rocosos masivos.

2.5. Caracterización playas

En la figura 12 se recogen las dos formaciones que conforman la costa de Almassora, playas de ben Afeli y La Torre, aunque evidentemente es una única formación natural, en actualidad formada por

unidades entre espigones y diques.

ESTUDIO ETOCARTOGRAFICO DEL LITORAL DE LA PROVINCIA DE CASTELLÓN ICP: 12-0281-07		ESTUDIO ETOCARTOGRAFICO DEL LITORAL DE LA PROVINCIA DE CASTELLÓN ICP: 12-0281-07					
FICHA DE PLAYAS				FICHA DE PLAYAS			
CODIGO PLAYA	HECTÁREAS	UBICACIÓN	PROVINCIA	CODIGO PLAYA	HECTÁREAS	UBICACIÓN	PROVINCIA
0002	10,50	1022	ARAGONIA CASTELLÓN	0003	14,00	1023	ARAGONIA CASTELLÓN
Caracterización de la Playa: Playa de Ben Afeli Superficie total playa: 10500 m ² Ancho: 210 m Longitud: 80 m Perímetro: 73 m Ancho máximo: 100 m Ancho mínimo: 40 m				Caracterización de la Playa: Playa de La Torre Superficie total playa: 14000 m ² Ancho: 100 m Longitud: 200 m Perímetro: 100 m Ancho máximo: 100 m Ancho mínimo: 5 m			
Descripción cartográfica 		Perfil de la Playa 		Descripción cartográfica 		Perfil de la Playa 	

Figura 13. – Caracterización playas

En la figura 13 recogemos un detalle de las fichas que definen las dos formaciones de Almassora. En cualquier caso se recomienda la lectura en la memoria de la Guía de Playas.

2.6. Usos del suelo

En la figura 14 recogemos los usos del suelo en el frente litoral de Almassora, destacando el uso urbanístico que se extiende en la casi totalidad del frente.



Figura 14. – Usos del suelo



Figura 15. – Definición del D.P.M.T.

Completamos los usos del suelo con la definición del Dominio Público Marítimo Terrestre (D.P.M.T.). la línea roja nos define el limite interior de la Servidumbre de Protección y la línea verde el limite interior del D.P.M.T., señalar que en el frente de uso agrícola la servidumbre de protección se ha llevado a los cien metros, de acuerdo con la Ley de Costas.

3. PATRIMONIO NATURAL

El río Mijares es el curso fluvial más importante de la provincia de Castellón, nace a 1.600 metros de altitud en la provincia de Teruel y desemboca en el mar Mediterráneo, entre los términos municipales de Almazora y Burriana. Este tramo final forma un delta de tres brazos, una zona húmeda que destaca por la biodiversidad, especialmente por la avifauna que acoge. Estos valores naturales justifican que el espacio natural esté incluido en la Red europea Natura 2000, protegido como ZEPA (Zona de Especial Protección de Aves) y LIC (Lugar de Interés Comunitario) y también



Figura 16. Desembocadura del Mijares



Figura 17. Detalle desembocadura del Mijares

reconocido como Zona Húmeda y Refugio de Caza. Finalmente, la Generalitat Valenciana protegió el espacio natural mediante la declaración del Paisaje Protegido de la Desembocadura del río Mijares, realizada en 2005. El Paisaje Protegido abarca una extensión de 424 hectáreas, que comprenden el lecho del río y algunas zonas ribereñas de los municipios de Almazora, Burriana y Vila-real, desde el puente de la carretera CV-10 hasta la desembocadura en el mar.

En el tramo final del río, entre la población de Almazora y la desembocadura al mar, el curso fluvial adquiere una notable importancia ecológica por la formación de lagunas poco profundas, muy ricas en biodiversidad, que caracterizan las zonas húmedas litorales. Morfológicamente, se trata de un pequeño delta fluvial, de tres brazos, la salida al mar está cerrada por una playa de gravas, que sólo se ve interrumpida cuando los temporales de mar o las avenidas del río rompen la barra litoral, circunstancia poco frecuente.

La presencia permanente de agua condiciona la existencia de las comunidades vegetales, que se adaptan a las diferentes condiciones ambientales. En las zonas de lagunas abunda la vegetación acuática y subacuática, junto con especies y comunidades más típicas de las riberas y lechos fluviales. En cuanto a la fauna, esta zona húmeda presenta una elevada diversidad de especies, algunas de gran interés para la conservación, especialmente abundantes y variadas son las comunidades de aves. Estos valores justifican que el espacio natural esté incluido, como ya indicábamos, en la Red europea Natura 2000, protegido como ZEPA (Zona de Especial Protección de Aves) y LIC (Lugar de Interés Comunitario) y también catalogado como Zona Húmeda.

**ANÁLISIS DE LA DINÁMICA Y PROCESOS LITORALES
DEL FRENTE LITORAL DE ALMASSORA (CASTELLÓN),
ACTUACIONES REALIZADAS, EVOLUCIÓN Y PROGNOSIS
Y PROPUESTA DE ALTERNATIVAS PARA SU PROTECCIÓN Y
REGENERACIÓN**



ANEXO VI. EL PUERTO DE CASTELLÓN

ANÁLISIS DE LA DINÁMICA Y PROCESOS LITORALES DEL FRENTE LITORAL DE ALMASSORA (CASTELLÓN), ACTUACIONES REALIZADAS, EVOLUCIÓN Y PROGNOSIS Y PROPUESTA DE ALTERNATIVAS PARA SU PROTECCIÓN Y REGENERACIÓN. ANEXO VI. EL PUERTO DE CASTELLÓN

INTRODUCCIÓN

El puerto de Castellón constituye una singularidad geométrica y dinámica, según la clasificación genética de P. Suarez Bores, contribuyendo a la formación de una playa apoyada al norte de las instalaciones, playa del Pinar, mientras que al sur no genera una playa abrigada, la playa del Serrallo en la práctica ha desaparecido y muestra una línea de costa escollerada y playas alimentadas por los aportes realizados en Almassora.

Originalmente la playa del Serrallo, al sur del Grao, estaba completamente poblada de alquerías, barracas, villas de más o menos categoría, y las acequias propias de una exuberante marjalería, que llegaban casi hasta la misma orilla de la mar. Todo duró hasta que comenzó la construcción del puerto de Castellón, ya que a partir de ese momento la costa entro en recesión, sin pausa, arrasando todas cuantas propiedades encontró a su paso, hasta que se llegó a la decisión de construir el escollerado de defensa.

Castelló de la Plana se sitúa a cinco kilómetros (5 Km) de la costa, entre la ciudad y su Grau y puerto se encuentran terrenos de fértil huerta y de marjalería, con un nivel freático alto y zonas pantanosas, factor que condiciono la evolución urbana hacia occidente, quedando segregado el distrito marítimo, con el puerto e instalaciones industriales, del resto de la ciudad.

La línea de costa castellonense apenas experimentó variaciones importantes durante siglos. La existencia de un pequeño embarcadero, el Guerau de la mar y unas cuantas casas de pescadores está documentada en la Edad Media. La actividad comercial del siglo XIX puso de manifiesto la necesidad de contar con un puerto moderno. Madoz (1845) escribe: *“Careciendo de un buen puerto que pudiera facilitar grandes operaciones mercantiles, solo se concreta su movimiento a la importación y exportación de algunos efectos y frutos”*. La construcción del puerto se convirtió en una prioridad para la industria, el comercio y la ciudad en general. En 1891 se colocó la primera piedra.



Figura 1. Playas y Puerto de Castellón

La historia del puerto de Castellón comenzó a trazarse en 1865. Fue en ese año cuando un grupo de 39 políticos y empresarios castellanenses decidieron escribir a la reina Isabel II reclamando un puerto en la ciudad de Castellón “*para exportar cerámica artística, productos agrícolas y propiciar el desarrollo de la industria y el comercio*”. Isabel II atendió la petición y aprobó construir el puerto en el Grao, en 1882, después fue declarado de interés general de segundo orden, lo que implicaba que los costes de su construcción serían asumidos por el Estado.

Desde la segunda mitad del siglo XIX, con el inicio del muelle de Levante, había comenzado a cambiar la línea de costa por el efecto de acumulación de arenas en las playas del norte, debido al sistema de corrientes. Así pues, el Pinar se fue alejando hasta su situación actual a unos cuatrocientos metros (400 m) del agua. En la playa del Serrallo, al sur, se produce el efecto contrario y algunas alquerías quedan sumergidas bajo las aguas.

El puerto de Castellón es una singularidad importante para la evolución de la playa de Almassora, de la descripción anterior se concluye que las obras de abrigo han supuesto la ruptura del transporte sólido litoral y así como supuso la desaparición de la playa del Serrallo, y la sustitución de la línea de costa por un escollerado, lo mismo ha supuesto para la costa de Almassora, e incluso de la Burriana, donde también la escollera, como defensa longitudinal, ha convertido la línea de costa en una línea rigidizada.

En la figura 2 podemos ver el borrador de la planta del Puerto de Castellón, fechado en 1871, y que termina en el plano del proyecto, de 1878.

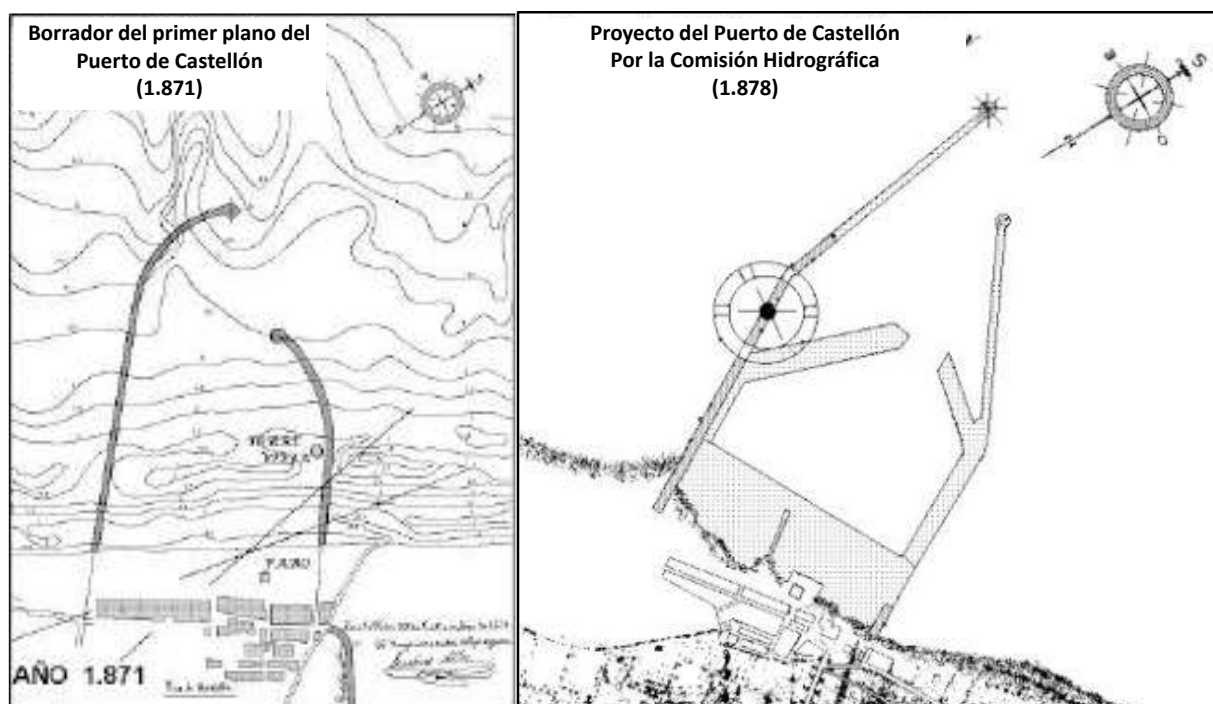


Figura 2. Plano del Puerto de Castellón (1871 – 1878)

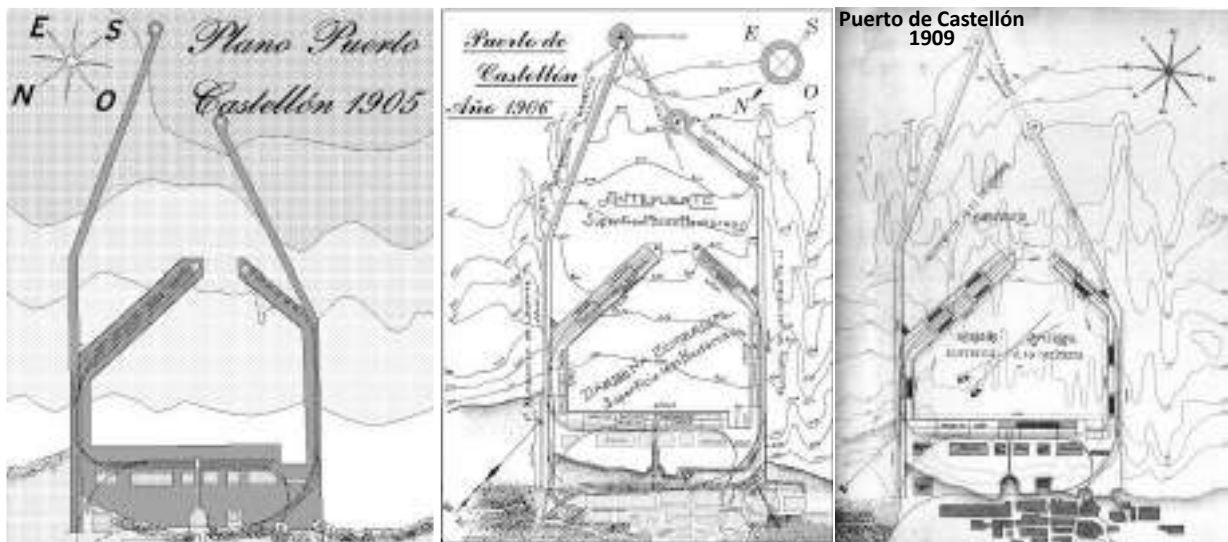


Figura 3. Plano del Puerto de Castellón (1905-1906-1909)

La figura 3 nos muestra el Puerto de Castellón en la primera década del siglo XX, y que muestra en cierta forma los efectos sobre la costa al norte y sur de las instalaciones.

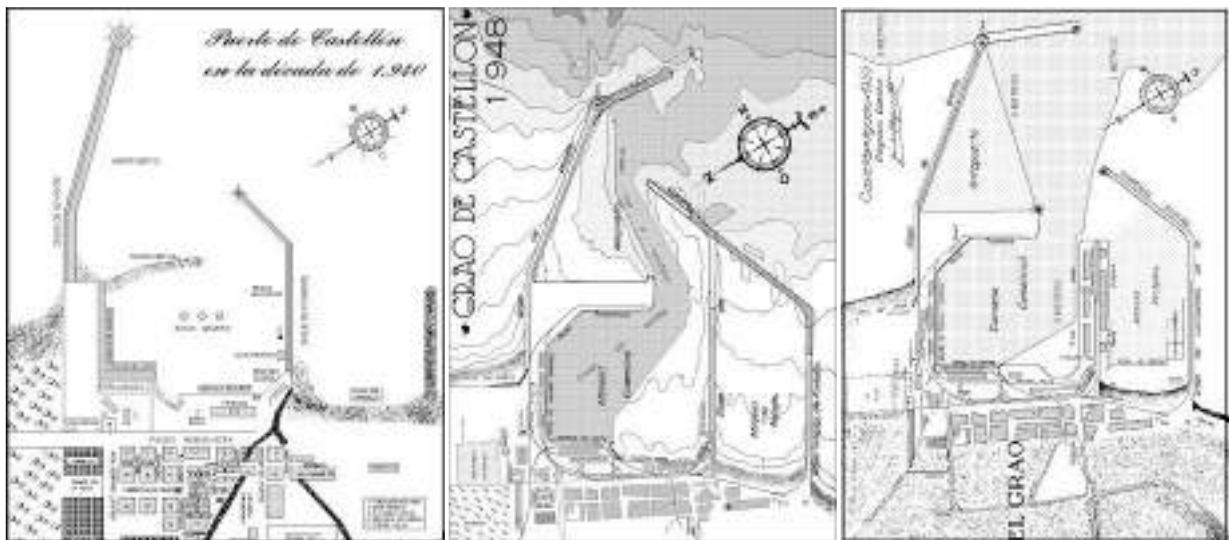


Figura 4. Plano del Puerto de Castellón (1940-1948-1955)

La figura 4 recogemos los planos del puerto en la década de los cuarenta, del siglo XX, incluyendo el plano de 1955. Estos planos queremos compararlos con las fotografías aéreas de los años 1945 y 1956, figura 5.

Las imágenes, fotografías aéreas y ortofotos, que seguidamente mostramos, nos dan una lectura de las sucesivas ampliaciones del Puerto de Castellón, como de sus efectos sobre las playas de El Pinar, a barlomar, y la desaparecida playa del Serrallo, a sotamar, playa que también ha sido ocupada por las instalaciones portuarias.



Figura 5. Imágenes del Puerto de Castellón (Fototeca/Visor GVA)



Figura 6. Imágenes del Puerto de Castellón (Fototeca/Visor GVA)

La playa de El Pinar se ve poco a poco que va avanzando en el apoyo del dique de abrigo, mientras que a sotamar vemos la desaparición del Serrallo, y que, en determinado momento, aparentemente, deja de retroceder, pero realmente es que la línea de costa se ha sustituido por un escollero de defensa.

En la figura 7 vemos la ampliación hacia el norte del puerto, en sentido contrario a lo



Figura 7. Imágenes del Puerto de Castellón (Fototeca/Visor GVA)



Figura 8. Imágenes del Puerto de Castellón (Fototeca/Visor GVA)



Figura 9. Imágenes del Puerto de Castellón (Fototeca/Visor GVA)

que anteriormente era ampliación hacia el sur.

Las figuras 8 y 9 nos muestran ampliaciones hacia el este, lo que supuso definir, con toda seguridad, que las obras de abrigo del Puerto de Castellón son una barrera total, sí ya no lo era, al transporte sólido litoral, y con un efecto inmediato al modificar la zona de sombra,



Figura 10. Imágenes del Puerto de Castellón (Fototeca/Visor GVA)



Figura 11. Imágenes del Puerto de Castellón (Fototeca/Visor GVA)

peo en principio no afecta a las playas al sur por el escollerao existente. Las figuras 10 y 11 nos muestran la ampliación hacia el sur, aumentando el efecto sombra.



Figura 12. Definición de zona de sombra

En la figura 12 vemos la delimitación de la zona de sombra, y que englobaría a parte de la playa de ben Afeli, aspecto que en su momento expondremos las posibles ventajas o inconvenientes de la zona de sombra.



**ANÁLISIS DE LA DINÁMICA Y PROCESOS LITORALES
DEL FRENTE LITORAL DE ALMASSORA (CASTELLÓN),
ACTUACIONES REALIZADAS, EVOLUCIÓN Y PROGNOSIS
Y PROPUESTA DE ALTERNATIVAS PARA SU PROTECCIÓN Y
REGENERACIÓN**



ANEXO VII. ACTUACIONES EJECUTADAS

ANÁLISIS DE LA DINÁMICA Y PROCESOS LITORALES DEL FRENTE LITORAL DE ALMASSORA (CASTELLÓN), ACTUACIONES REALIZADAS, EVOLUCIÓN Y PROGNOSIS Y PROPUESTA DE ALTERNATIVAS PARA SU PROTECCIÓN Y REGENERACIÓN. ANEXO VII. ACTUACIONES EJECUTADAS

1. INTRODUCCIÓN

En el presente Anexo vamos a dar un repaso a las actuaciones realizadas en el frente costero de Almassora, así como su funcionalidad.

En la figura 1 hemos recogido la imagen de 1956 con el frente litoral entre el Puerto de Castellón y la desembocadura del río Mijares. En el Anexo VI ya hemos planteado la problemática generada por las obras de abrigo del Puerto de Castellón y sus efectos sobre las playas a barlomar y sotamar, mientras al norte, barlomar, la playa de El Pinar se muestra en acreción con un avance importante de la línea de costa, al sur, sotamar, la costa retrocede y deja algunas edificaciones bajo las aguas, coincidiendo en lo que los pescadores señalaban de las oscilaciones de los perfiles de playa en el tramo de playa sumergida.

Las obras del puerto, aunque no fueran una barrera total, sí que eran barrera, dejando pasar hacia el sur un volumen pequeño de sedimentos y de tamaño más bien fino, y en la imagen podemos ver el retroceso de la costa.

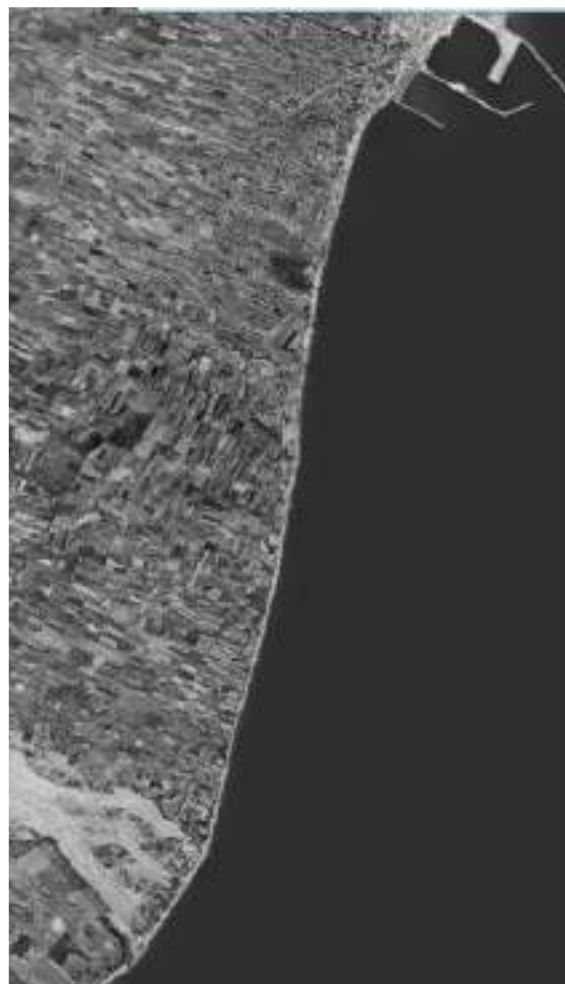


Figura 1. Frente litoral de Almassora, 1956

Un segundo punto que queremos tocar es el de la zona de sombra, en la figura 2 hemos representado la “zona de sombra” sobre la imagen de 1956. La determinación de la zona de sombra, más sencilla, es la de trazar una alineación apoyada en los puntos de difracción del oleaje en las obras de abrigo, dique y contradique, y que marcan en la línea de costa el frente que queda al abrigo del puerto. Esta playa abrigada tiene unas condiciones de dinámica particulares, y la primera que podemos apuntar es que se encuentra abrigada a los oleajes del primer cuadrante, oleajes de barlomar, lo cual significa que son los oleajes del segundo cuadrante, sotamar, los que alcanzan este frente litoral, y en consecuencia el transporte de

Análisis de la dinámica y procesos litorales del frente litoral de Almassora (Castellón), actuaciones realizadas, evolución y prognosis y propuesta de alternativas para su protección y regeneración. Anexo VII. Actuaciones ejecutadas



Figura 2. Zona de sombra, 1956

sedimentos es sur-norte, propiciando la formación de una playa a sotamar del puerto, y a partir del punto que definíamos como límite de la zona de sombra, es el que marca el inicio de los proceso de recesión, por un lado por la ruptura de la corriente de transporte, y por otro lado, los sedimentos que entran en la zona de sombra quedan atrapados en la misma.

La zona de sombra definida prácticamente se mantiene inalterada hasta la década de los noventa, en el siglo pasado, con las ampliaciones hacia el este y sur del puerto.



Figura 3. Escollero de defensa

2. OBRAS DE DEFENSA 1940-1950

Entre 1940 y 1950 se ejecuta el escollero de defensa, figura 3, en la imagen hemos señalado la escollera que corresponde al frente litoral de Almassora, en la realidad se extiende hasta el contradique del puerto.

Las defensas longitudinales, como la que señalamos en este punto suelen ejecutarse cuando aún contamos con una playa, pero con el tiempo, a medio plazo, la playa al pie de la escollera, sin alimentación de sedimentos, termina por desaparecer y el perfil de la playa suele pasar a playa submarina, figura 4, y a largo plazo la escollera suele amenazar ruina,

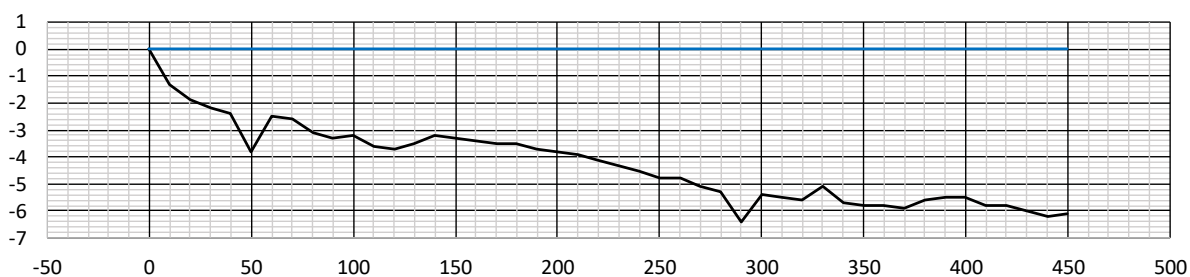


Figura 4. Perfil playa submarina

rodando las piezas a la playa sumergida y/o hundiéndose al pie de la misma, dejando de ser una defensa de la costa.

El objetivo de este tipo de defensa es rigidizar la línea de costa, asemejándola a una costa rocosa baja, pero la ausencia de una alimentación sostenible, como hemos señalado con anterioridad, deja en precario la defensa, la recesión sigue, aunque por la parte sumergida, están y playa sumergida, desestabilizando la defensa. Por otro lado, y en el caso de que los sedimentos pasen de barlomar del puerto a sotamar, parte de ellos quedan atrapados en la zona de sombra, y por su tamaño, cerca de arenas finas, dificulta que la dinámica logre subir esos sedimentos hacia la orilla y playa seca.

En nuestro caso, sin alimentación efectiva desde el norte, ni del sur por el río Mijares, la recesión sigue en el tramo sumergido, y la traslada al delta del Mijares. La ineficacia de4l sistema lleva a adoptar otros sistemas de defensa.

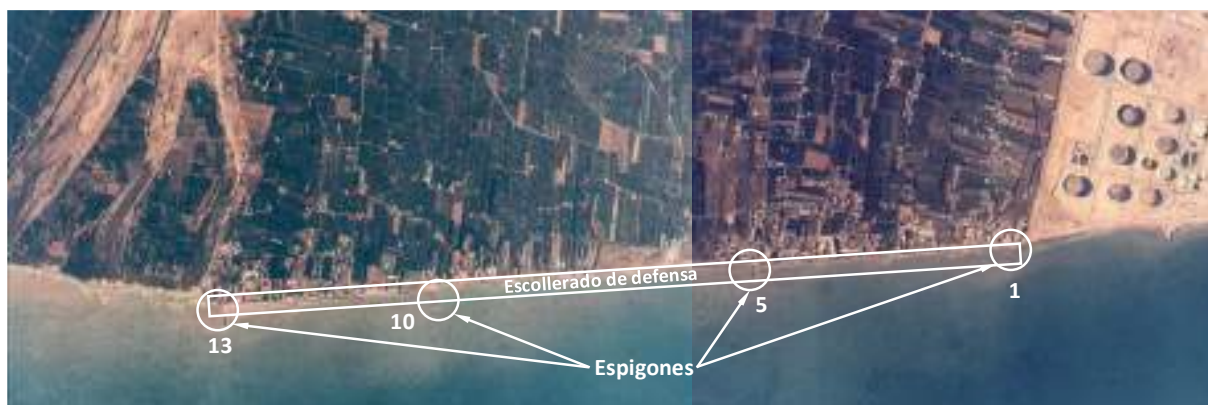


Figura 5. Espigones ejecutados

3. ESPIGONES DE DEFENSA 1950-1958

Vista la poca funcionalidad de la defensa longitudinal, escollerado de defensa, se acomete la ejecución de cuatro espigones, figura 5, y que hemos numerado por diferenciarlos del resultado final. El objetivo de estos espigones era crear barreras parciales al transporte y que generaran playas apoyadas a barlomar de los mismos.

El objetivo se cumplió parcialmente, a barlomar de los espigones se formaron playas apoyadas, pero de pequeñas dimensiones, y por otro lado estas playas se formaron con los aportes de sedimentos del propio frente de Almassora, concretamente las arenas del estrán son las que pasaron a formar parte de las playas, lo que redundó en erosionar más aun el frente costero y precipitar la formación de playas submarinas y poner en riesgo la escollera de defensa. La causa de este efecto hay que seguir achacándola a la falta de alimentación natural.



Figura 6. Espigones ejecutados

4. ESPIGONES DE DEFENSA 1970-1977

Con el objetivo de seguir formando playas apoyadas se construyen nueve espigones más, figura 6, pero el resultado sigue siendo el mismo, formación de muy pequeñas playas a barlomar de los espigones ejecutados, alimentadas por los propios sedimentos del frente litoral, procedentes de la playa sumergida dada la inexistencia de alimentación natural tanto desde barlomar como de sotamar, el escollerao queda aún más en precario, con roturas parciales e inundación, en caso de temporal de la vía existente en el frente, como de la zona agrícola situada en la zona litoral, e igualmente los espigones ya ejecutados muestran desmoronamientos.

5. BASES PARA LA ORDENACIÓN Y REGENERACIÓN DE LAS PLAYAS DE LA COSTA DE ALMAZORA (CASTELLÓN) Y PROYECTO DE DEFENSA

En 1981 se realiza un estudio con el objetivo de definir las bases para la ordenación y regeneración de las playas de Almassora, y entre los trabajos se encontraba el análisis de la sedimentología y el levantamiento de perfiles trasversales de playa, siendo el punto de partida para terminar con la realización de un proyecto de defensa y regeneración de las playas, en los Anexos III y IV se recogen precisamente los trabajos ejecutados.

En la figura 7 recogemos precisamente las formaciones de playas que en el momento de realizar los trabajos de campo nos encontramos. Por una parte, hemos representado tanto los espigones



Figura 7. Frente litoral de Almassora'1981 (Fuente: Elaboración propia)

como las formas de playa, apoyadas y abrigadas, en la parte superior, y en la inferior la imagen del frente de Almassora para que pueda compararse.

Estos trabajos permiten la redacción del proyecto de defensa consistente en dos espigones exentos, figura 8.



Figura 8. Diques exentos construidos

En la figura 9 podemos ver el dique exento construido en la playa de Ben Afeli, situado al norte, y que mantiene el camino ejecutado para su construcción, como igualmente podemos ver la playa que genera tanto la presencia del dique exentos como el camino de construcción y que en conjunto forman un espigón en "T".



Figura 9. Dique exento norte



Figura 10. Dique exento sur

La figura 10 corresponde al dique exento situado en la misma playa de Ben Afeli, pero en posición sur, y en este caso el camino de construcción no se ha retirado completamente.

completamente.

En este punto queremos exponer los resultados de la construcción de los dos diques exentos. Por un lado, es evidente que su ejecución permite la formación de playas, por el efecto barrera, en el caso del dique exento norte y abrigo, al mismo tiempo, y en el caso del dique exento sur también se combina el efecto abrigo del dique y la barrera que supone el arranque del camino de construcción, señalar que en ambos casos el camino de construcción se apoyó en los espigones existentes.

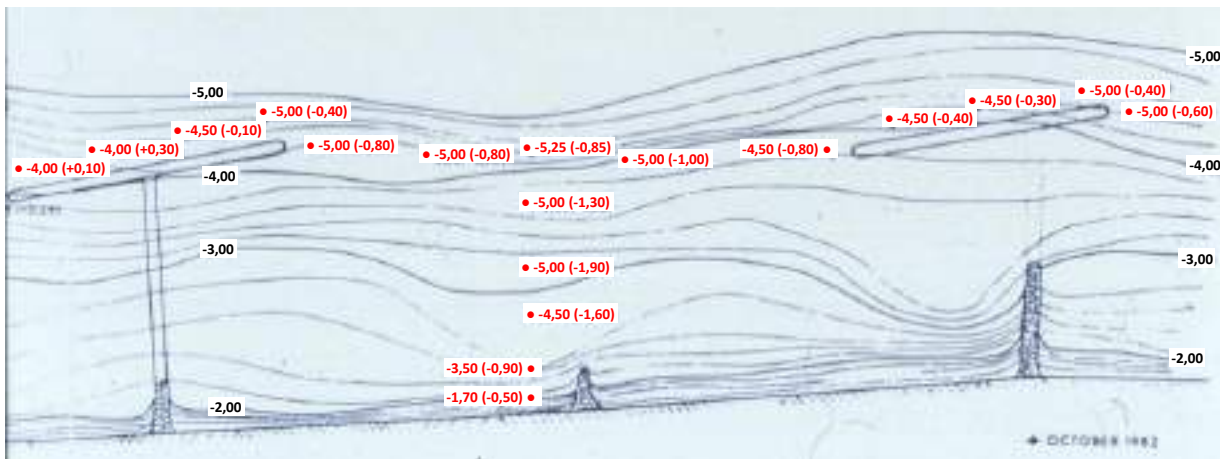


Figura 11. Modificación de la batimetría antes de la ejecución de los diques exentos

En la figura 11 hemos querido reflejar la batimetría que se definía en los trabajos de campo realizados y la que se determinó antes de la ejecución de los diques exentos. Como podemos ver la profundidad en la que se ejecutaron los diques es mayor que la definida en el proyecto, y ello supuso, dado que los diques se calcularon en rotura, que lo ejecutado no cumplía con los requisitos previos, lo que provocó que parte de los mismos, sobre todo los morros, se desmoronaran parcialmente, dando la sensación de que no eran eficaces. En la figura mencionada en negro hemos indicado las isobatas originales, y en rojo las profundidades determinadas, incluyendo la diferencia con la profundidad original.

La figura 12 recoge las trazas de tres perfiles ejecutados en marzo de 1984, y la figura 13 representa el perfil de marzo de 1981 comparado con el de 1984. Comparando los perfiles es evidente el efecto positivo de las obras ejecutadas, aunque podemos notar que, a partir de determinada profundidad, en el entorno de -3,00, el perfil señala recesión, lo que nos está indicando lo que ya preveíamos, que la playa sumergida es quien alimenta estas formaciones que han surgido en la playa de Ben Afeli, lo que se hace extensible a prácticamente todo el frente, sobre todo en el extremo norte,

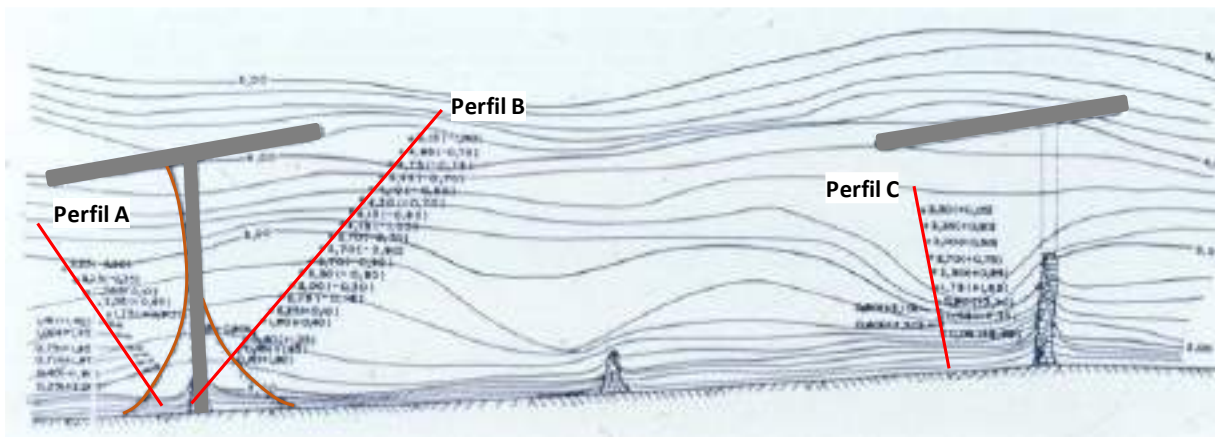


Figura 12. Perfiles batimétricos marzo 1984

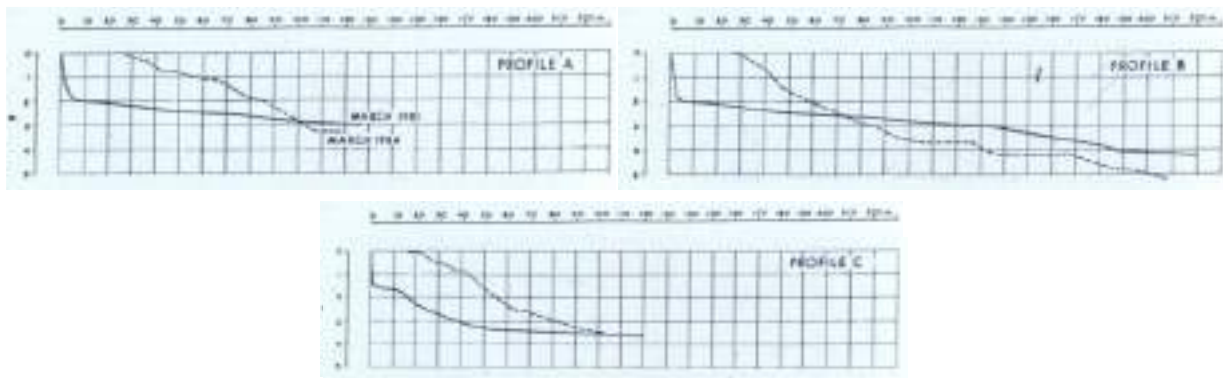


Figura 13. Perfiles batimétricos marzo 1981/1984

y que deja más en precario al escollero de defensa original, provocando, en ocasiones, cortes en la vía existente.

La conclusión es la misma que en los casos anteriores, las playas generadas están alimentadas por las arenas presentes en la playa sumergida, no existe alimentación natural, y se evidencia la necesidad de alimentaciones artificiales.

6. ALIMENTACIÓN ARTIFICIAL

En el punto anterior concluíamos que se hacía patente la necesidad de alimentación artificial de las playas ante la ausencia de una alimentación natural desde el continente, por ello se procede en diversas etapas a realizar dicha actuación.

En 1986 se realizó una alimentación con el vertido de ciento veinte mil metros cúbicos (120.000 m^3), la figura 14 denota precisamente dicha alimentación al observar que la celda entre los dos diques exentos ha experimentado una acreción, que igualmente podemos ver en la playa de La Torre en su tramo final.

En 1990 se adecuan cuatro espigones y se vierten ciento cincuenta mil metros cúbicos de arena (150.000 m^3), operación que se repite en 1993, reparando siete espigones y vertiendo ciento noventa mil metros cúbicos de arena (190.000 m^3).



Figura 14. Frente litoral de Almassora 1986/1992

7. REGENERACIÓN AMBIENTAL Y LUCHA CONTRA LA EROSIÓN EN LA PLAYA DE BENAFELÍ, TÉRMINO MUNICIPAL DE ALMAZORA (CASTELLÓN)

El proyecto de regeneración de la playa de Ben Afeli se centra en el frente de dicha denominación, en la figura 15 hemos enmarcado precisamente el frente de actuación entre el primer espigón al norte, límite entre los municipios de Castellón y Almassora, y al sur el espigón señala el inicio de la playa de La Torre, un frente de mil setecientos metros (1.700 m), y que definen como una playa con un ancho medio de cuarenta metros (40 m), que en algunos puntos se reduce a veinte (20 m), y que vemos que no cumpliría con los mínimos que en algunos puntos hemos señalado.



Figura 15. Regeneración playa Ben Afeli

En origen la playa está limitada por dos espigones, y entre ambos podemos ver dos tómbolos generados por dos diques exentos, de un desarrollo de ciento noventa metros (190 m), el ubicado al norte, y ciento setenta (170 m) el situado al sur, y que dividen la playa en tres celdas, la celda norte, entre el espigón transversal situado al

sur del Puerto de Castellón y el primer dique exento del norte, una celda central entre los dos diques exentos, y la celda sur entre el segundo exento desde el norte y el espigón transversal que separa esta playa con la de la Torre. La playa limita su interior con una carretera y un núcleo residencial que presenta una disposición paralela a la línea de costa.

El proyecto plantea la modificación de las estructuras existentes mediante una actuación mixta de diques exentos y espigones de manera que se contemplan las siguientes actuaciones:

Acortamiento del dique exento situado al norte en sesenta y cinco metros (65 m) desde su extremo sur, de manera que se quede con una longitud total de ciento veinticinco metros (125 m), y disminución de su cota de coronación hasta la +1.00 m. El todo uno y escollera de cinco y seis toneladas (5-6 t) desmontados se reservan para su utilización posterior en la construcción del espigón previsto.

Sustitución del dique exento sur por un espigón perpendicular a la costa, con una longitud total de doscientos ochenta y cinco metros (285 m), longitud medida desde el muro que limita la playa. Se proyecta un primer tramo emergido de doscientos diez metros (210 m), que parte en su arranque a la +1.70 y corona en su extremo a la cota +1.00 m, y un segundo tramo sumergido de setenta y cinco metros (75 m) a la -1.00 m hasta alcanzar los -5.5 m de profundidad.

Prolongación en ochenta y cinco metros (85 m) del actual espigón perpendicular que limita al sur, con una solución de dique sumergido a la cota -1.00 m y nueve metros y medio (9,5 m) de anchura.

Recarga del perfil de la playa, en las tres celdas, mediante la redistribución de cerca de cincuenta mil metros cúbicos (49.463 m³) de la grava recuperada del desmontaje de los tómbolos existentes antes de la ejecución de las actuaciones, y de cerca de ochenta y cuatro mil metros cúbicos (83.776m³) de grava procedente de la Rambla de la Viuda. El material se distribuye de la siguiente forma, algo más de treinta y cuatro mil metros cúbicos (34.837 m³) en la celda norte, cuarenta y cinco mil metros cúbicos (45.473 m³) en la celda central, y cerca de cincuenta y tres mil metros cúbicos (52.929 m³) de grava en la celda sur. La cota de berma de la playa seca es la +2,00 m en las tres celdas de actuación.

En principio la playa resultante contaría con un ancho mínimo efectivo de unos sesenta metros (60 m) que cumpliría con los requisitos ya señalados en otros puntos.



Figura 16. Actuaciones ordenación y cordón dunar

Las actuaciones se completan con la regeneración de un cordón dunar en la celda norte (celda uno), un paseo peatonal en la playa de La Torre, en las celdas cuatro y cinco, y un cordón dunar en la última celda, celda cinco, de la playa de la Torre, figura 16.

Añadir que en diversas ocasiones se han ejecutado actuaciones de reparación tras temporales.