

# SOLICITUD DE CONCESIÓN

## PARA LA MODIFICACIÓN DEL SISTEMA CONVENCIONAL DE BALIZAMIENTO POR SISTEMAS MÁS ECOLÓGICOS

• SITGES •



**N A R**

Natural Art Reef Association



**THALASSA**

Estudios Ambientales Marinos





*“Lo que una persona no descubra, otra lo hará”.*

*Jacques Cousteau*



# ÍNDICE

|   |    |
|---|----|
| 1._ EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO  | 5  |
| 1.1 NIVEL MEDIO DEL MAR                             | 8  |
| 1.2 MODIFICACIÓN DEL OLEAJE Y ALTURA DE OLA         | 11 |
| 1.3 EVIDENCIA DEL CAMBIO CLIMATICO EN BIODIVERSIDAD | 15 |
| 2._ ESTUDIO BÁSICO DE DINÁMICA LITORAL              | 18 |
| 2.1 ESTUDIO CAPACIDAD DE TRANSPORTE LITORAL         | 19 |
| 2.2 BALANCE SEDIMENTARIO Y EVOLUCIÓN LINEA DE COSTA | 21 |
| 3._ DECLARACIONES                                   | 27 |
| 3. 1 CUMPLIMIENTO LEY DE COSTAS                     | 27 |
| 3.2 CUMPLIMIENTO INSTALACIÓN DE ARRECIFES           | 27 |
| 3.3 COMPATIBILIDAD DE LAS OBRAS                     | 30 |
| 4._ DATOS SOLICITANTE                               | 34 |
| 5._ CONCLUSIÓN                                      | 34 |
| 6._ BIBLIOGRAFÍA                                    | 35 |



## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <i>Anomalías de salinidad en la costa catalana</i>  | 6  |
| <i>Anomalías de temperatura en la costa catalana</i>                                      | 7  |
| <i>Anomalías de temperatura superficial</i>   | 8  |
| <i>Efecto de la presión atmosférica y el viento sobre nivel del mar</i>                   | 9  |
| <i>Serie cronológica de nivel del mar medio mundial</i>                                   | 10 |
| <b>ALTURA SIGNIFICANTE DE OLEAJE</b>  | 12 |
| <i>Dirección del oleaje - Rosa de los vientos</i>   | 13 |
| <i>Dirección del oleaje - Rosa de los vientos</i>   | 14 |
| <i>Longitud de costa y superficies que ocupan las playas en las comarcas Catalanas.</i>   | 18 |
| <i>Intercambio de sedimento</i>   | 22 |
| <i>Retroceso línea de costa 2050</i>  | 24 |
| <i>Variación neta de la costa de inundación a largo del litoral español</i>               | 25 |
| <i>Retroceso de las playas por aumento del nivel medio a lo largo del litoral español</i> | 25 |
| <i>Variación de la marea meteorológica</i>  | 31 |
| <i>Variación neta de la cota de inundación</i>  | 32 |
| <i>Fotografía del primer diseño utilizado como boya de balizamiento ecológica</i>         | 35 |



## 1.\_ EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Que asistimos en la actualidad a un cambio global del clima del planeta es un hecho incuestionable. Entre la comunidad científica existe un amplísimo consenso acerca de que el sistema climático planetario, formado por la atmósfera, los océanos, biosfera, litosfera y la criosfera, está experimentando cambios que no son atribuibles solamente a la variabilidad interna del propio sistema.

Por citar algunos ejemplos, en la actualidad se sabe que el aumento medio de la temperatura sobre la superficie terrestre desde 1850 ha sido de unos 0,8 °C, siendo las emisiones de gases de efecto invernadero, y en particular las de CO<sub>2</sub>, las principales responsables de tal aumento de temperatura. Otros efectos observados, que se asocian con un grado de probabilidad muy alto a forzamientos antropogénicos, son el aumento del contenido de calor de los océanos, la elevación del nivel del mar entre 1 y 2 mm/año, o el retroceso de los glaciares continentales y la capa de hielo del Ártico (Bindoff et al., 2007).

El medio marino es particularmente vulnerable tanto a la acción humana como a la acción del cambio climático, que puede alterar de forma importante las condiciones físicas y químicas del Mediterráneo, y por ende las condiciones ambientales. Los ecosistemas marinos, o la misma morfología de la costa pueden sufrir las consecuencias de un cambio global del clima del planeta.

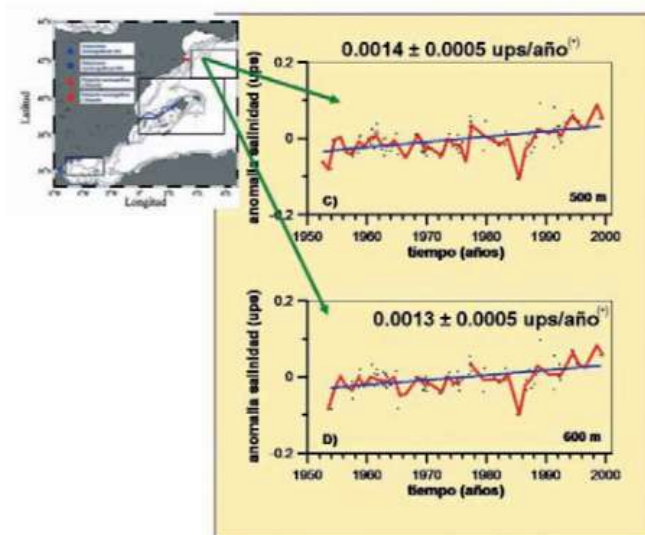
A partir del 1948 se han alternado dos periodos claramente diferenciados en lo que respecta a los datos oceánicos y atmosféricos. Desde 1948 hasta mediados de los años 70 se produjo un descenso de la temperatura del aire y la temperatura superficial del mar Mediterráneo. Desde mediados de los 70 hasta la actualidad ha cambiado esta tendencia con un fuerte ascenso de las temperaturas.

El aumento medio de la temperatura superficial del mar para el periodo 1948-2005 varía entre 0,12 °C y 0,5 °C a lo largo del litoral mediterráneo. En profundidades intermedias (200 m a 600 m) la temperatura aumentó desde 1948 hasta 2000 entre 0,05 °C y 0,2 °C, y la

salinidad se incrementó entre 0,03 y 0,09. En las capas profundas (1000 m a 2000 m) el aumento de temperatura osciló entre 0,03 °C y 0,1 °C y el de salinidad entre 0,05 y 0,06.

El aumento de temperatura de las capas intermedias y profundas puede parecer pequeño, pero hay que tener en cuenta el alto calor específico del mar, por lo que incrementos pequeños de temperatura requieren que el mar absorba enormes cantidades de calor. El aumento de salinidad refleja la disminución de las precipitaciones en el Mediterráneo, así como la disminución del aporte de los ríos debido a las obras hidráulicas llevadas a cabo en sus cauces.

Las observaciones realizadas desde mediados del siglo XX en el marco de distintos proyectos oceanográficos y recopilados en la base de datos MEDAR/MEDATLAS (2002) permiten estudiar cuál ha sido la evolución de las distintas masas de agua. En la **Ilustración 1** se muestra la serie temporal de anomalías de salinidad para dos profundidades correspondientes a la posición que ocupa el ALI (Agua Levantina Intermedia).

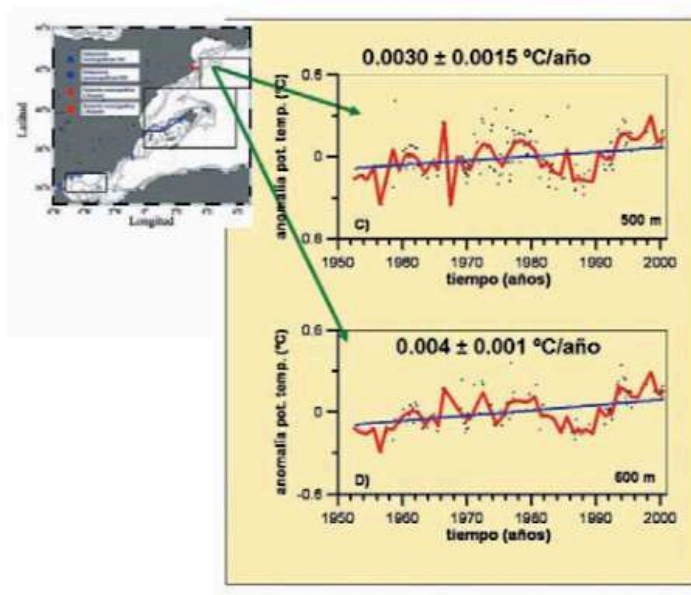


#### ANOMALÍAS DE SALINIDAD EN LA COSTA CATALANA

1. *Serie de anomalías de salinidad a 500 y 600 m en la zona de la costa catalana y mar de Ligur. El mapa de la esquina superior izquierda muestra el área rectangular de la que se recopilaron los datos de Temperatura y Salinidad disponibles en MEDAR/ MEDATLAS desde 1943 hasta el año 2000.*

Tanto el ALI como el APMO (Agua Profunda del Mediterráneo Occidental) han aumentado su salinidad desde 1943, e incluso antes si se consideran distintos trabajos publicados anteriormente. Este aumento de salinidad parece ser el resultado de un aumento de la evaporación neta producto de una combinación de factores. Por una parte, un aumento de la evaporación y descenso de las precipitaciones, y por otra, un descenso de los aportes de agua dulce de los ríos que vierten tanto en la cuenca oriental, como es el caso del Nilo o los ríos que desembocan al mar Negro, como en la cuenca occidental, como ha sido el caso del Ebro.

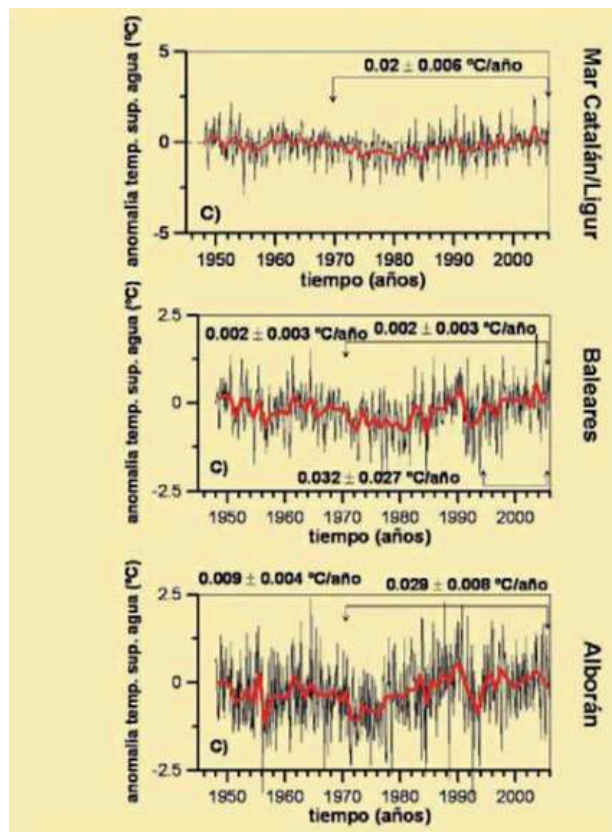
Además de aumentar su salinidad, las aguas intermedias y profundas han aumentado su temperatura. La **Ilustración 2** muestra el aumento medio de la temperatura y salinidad en profundidades correspondientes a las aguas intermedias y profundas respectivamente en la zona del mar Catalán/mar Liger..



## ANOMALÍAS DE TEMPERATURA EN LA COSTA CATALANA

2. *Serie de anomalías de temperatura a 500 y 600 m en la zona de la costa catalana y mar de Liger. El mapa de la esquina superior izquierda muestra el área rectangular de la que se recopilaron los perfiles de Temperatura y Salinidad disponibles en MEDAR/ MEDATLAS desde 1943 hasta el año 2000.*

La **Ilustración 3** muestra aumento medio de la temperatura superficial del mediterráneo entre 0,002 y 0,009 °C/año.



### ANOMALÍAS DE TEMPERATURA SUPERFICIAL

#### 3. Serie de anomalías de temperatura superficial. Datos de NCEP.

En la estación oceanográfica de L'Estartit se ha producido un aumento de la temperatura del agua de unos 0,025 °C/año. Este valor coincide con el observado a partir de los datos del Reanálisis del NCEP, y por tanto reflejan el periodo de fuerte ascenso de las temperaturas que a escala global se ha registrado desde mediados de los años 70.

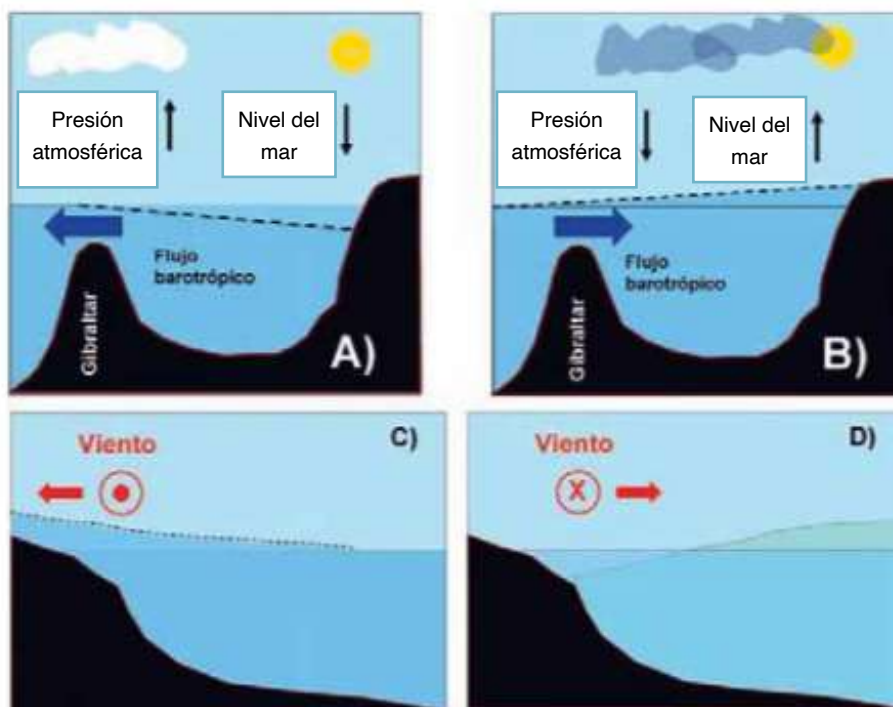
### 1.1 NIVEL MEDIO DEL MAR

El nivel del mar, a escalas temporales mensuales y de más baja frecuencia, puede considerarse el resultado conjunto de diversas causas: los agentes meteorológicos (presión



atmosférica y viento) (**Ilustración 4**), el efecto estérico (producido por la expansión o contracción del volumen de agua debido a cambios en la temperatura y en la salinidad), variaciones de la masa total de agua líquida (ligado a variaciones en el ciclo hidrológico o deshielo) y el efecto de la circulación oceánica, todo ello contaminado por el “ruido”, inherente a toda serie temporal. Dicho ruido está asociado a los errores de medida o a causas que no se pueden determinar.

De los efectos consignados, el forzamiento meteorológico y la circulación tienen promedio nulo a escala global, es decir, no pueden dar lugar a cambios en el nivel medio global, aunque sí cambiar significativamente en el tiempo en una región concreta. Por el contrario, la contribución estérica y los cambios de masa son los dos componentes fundamentales de las variaciones globales de nivel del mar.

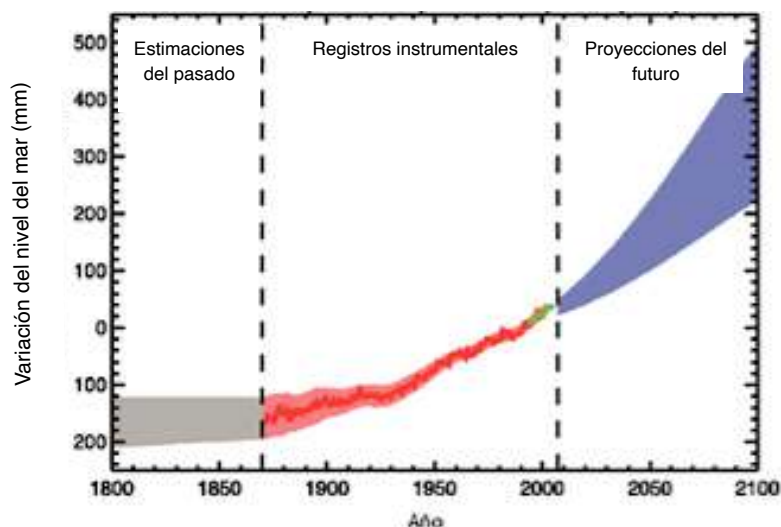


#### **EFFECTO DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA Y EL VIENTO SOBRE NIVEL DEL MAR**

4. *Efecto de la presión atmosférica y el viento sobre el nivel del mar Mediterráneo. A) y B) Muestran flujo barotrópico saliente o entrante a través de Gibraltar para un acceso y descenso de la presión atmosférica respectivamente. C) Apilamiento de agua contra la costa para vientos paralelos a la costa. D) Efecto opuesto. (Fuente: IEO-Cambio Climático en el Mediterráneo Español).*

Cada uno de estos factores que se acaban de revisar brevemente puede variar a distintas escalas temporales, pero, aunque existen controversias concernientes a las variaciones del nivel del mar global, se puede establecer que, básicamente, éste ha aumentado a lo largo del siglo XX a un ritmo de entre 1 y 2 mm/año (Church et al. 2001).

El nivel del mar disminuyó en el Mediterráneo desde los años 50 hasta mediados de los 90. Ello fue debido a un anómalo ascenso de la presión atmosférica. El descenso de ésta desde mediados de los años 90 y la aceleración del aumento de las temperaturas en la misma década coinciden con un acusado aumento del nivel del mar de entre 2.5 mm/año y 10 mm/año. Concretamente para Cataluña, el aumento de nivel del mar desde la década de los 90 se cifra en 2,4 mm/año en L'Estartit (Vargas *et al.* 2010), aunque con fluctuaciones interanuales.



#### **SERIE CRONOLÓGICA DE NIVEL DEL MAR MEDIO MUNDIAL**

5. *Serie cronológica de nivel del mar medio mundial (desviación de la media de 1980 a 1999) en el pasado y proyección futura. (Fuente IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007).*

No hay mediciones mundiales del nivel del mar antes de 1870 (**Ilustración 5**). El sombreado gris muestra la incertidumbre en cuanto a las tasas de variaciones del nivel del mar calculadas a largo plazo. La línea roja es una reconstrucción del nivel del mar medio mundial a partir de mediciones de mareas y el sombreado rojo denota el rango de

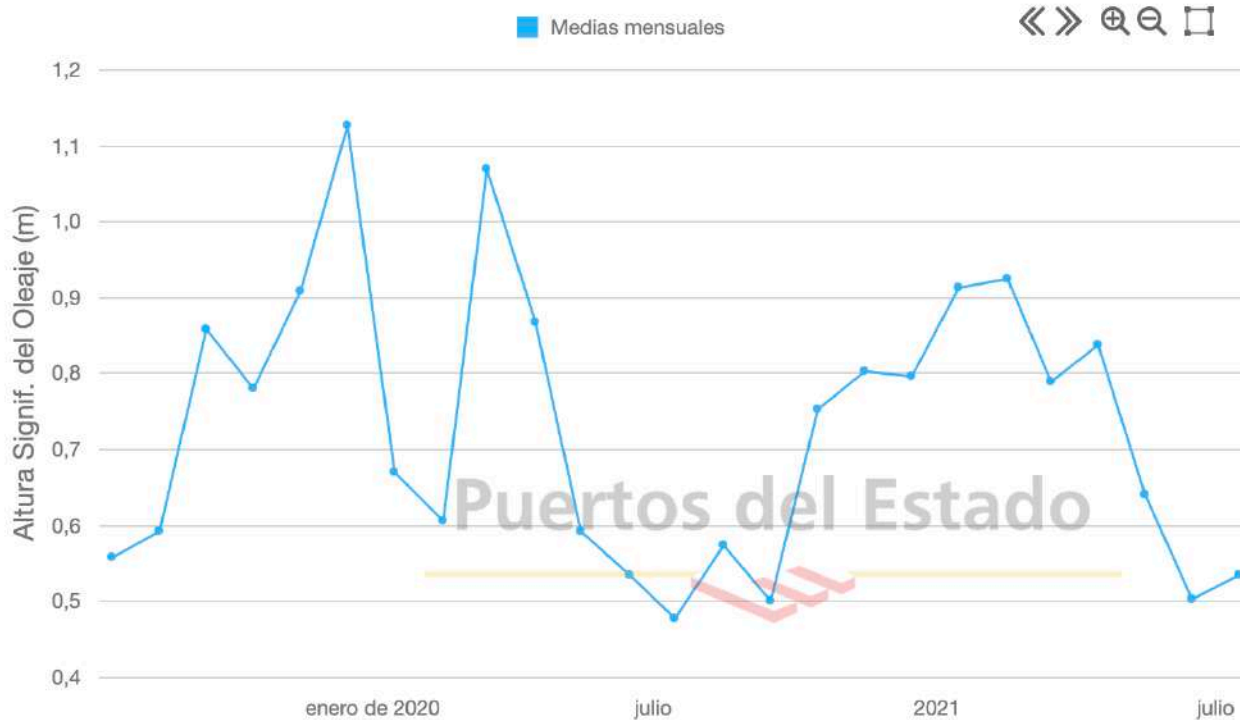
variaciones a partir de la curva. La línea verde muestra el nivel del mar medio mundial observado con altimetría satelital. El sombreado azul representa el rango de las proyecciones de los modelos para el escenario A1B del IE-EE en el siglo XXI, en comparación con la media de 1980-1999, y se ha calculado independientemente de las observaciones. Más allá del año 2100, las proyecciones dependen cada vez más de los escenarios de emisiones.

Por último, atendiendo a los sucesivos informes del IPCC, se han establecido diferentes predicciones de subida del mar, que han ido cambiando bastante con el tiempo. Así en su primer informe (1990) establecía una subida del nivel del mar entre 50 y 95 cm para los próximos 100 años; en el siguiente (1998) estos valores se redujeron a 23 - 49 cm, y en el tercer informe se situaban entre 9 y 88 cm. En el último informe elaborado por el IPCC, estos valores vuelven a cambiar, estableciéndose para diferentes escenarios de aumentos de temperatura en función de las emisiones de CO<sub>2</sub>, y contemplando en el peor de los escenarios una subida de entre 26 y 59 cm.

## 1.2 MODIFICACIÓN DEL OLEAJE Y ALTURA DE OLA

Se utilizó la Boya costera de Barcelona II Modelo Triaxys código 1731 para la descarga de datos.

| Mes     | Altura Signifi... | Dir ° | Periodo de ... | Año  | Día | Hora |
|---------|-------------------|-------|----------------|------|-----|------|
| Enero   | 3.5               | 83    | 9.4            | 2021 | 10  | 4    |
| Febrero | 2.93              | 95    | 8.1            | 2021 | 22  | 1    |
| Marzo   | 2.7               | 84    | 9              | 2021 | 20  | 14   |
| Abril   | 2.15              | 71    | 8.5            | 2021 | 27  | 13   |
| Mayo    | 1.66              | 117   | 6              | 2021 | 11  | 16   |
| Junio   | 1.29              | 106   | 6.6            | 2021 | 18  | 5    |
| Julio   | 1.45              | 202   | 4.9            | 2021 | 13  | 18   |



Histograma de Altura Significante (m) para Oleaje - Boya de Barcelona II  
 Periodo: Enero (2020 - 2021) - Eficacia: 78.23%

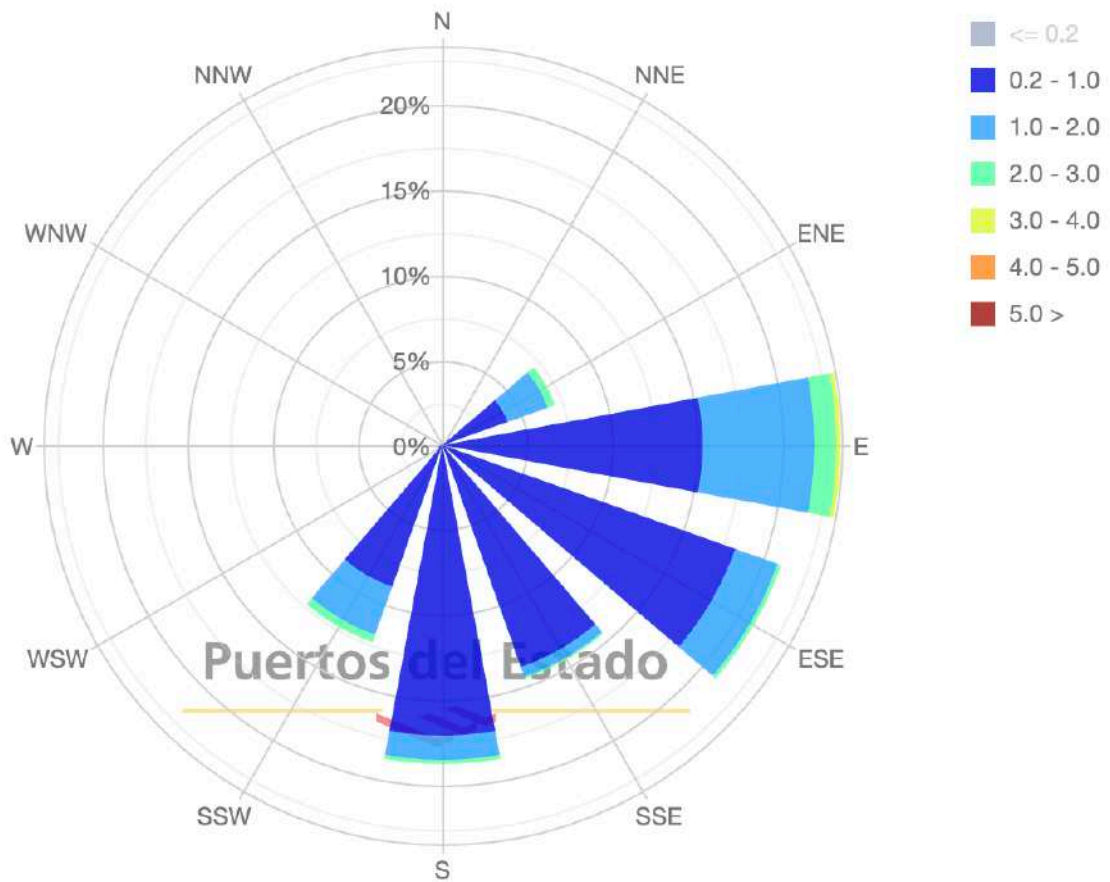


**ALTURA SIGNIFICANTE DE OLAJE**

6. Datos obtenidos de la boya de Barcelona. La gráfica superior muestra la altura máxima del oleaje en los distintos meses del 2021. La segunda gráfica hace referencia a medias mensuales. La tercera hace referencia a la altura que más frecuencia tuvo de 2020 hasta 2021 (Fuente; Puertos del Estado).

Otra de las variables importantes referentes al oleaje, es la dirección de este (Ilustración 8 Y 9).

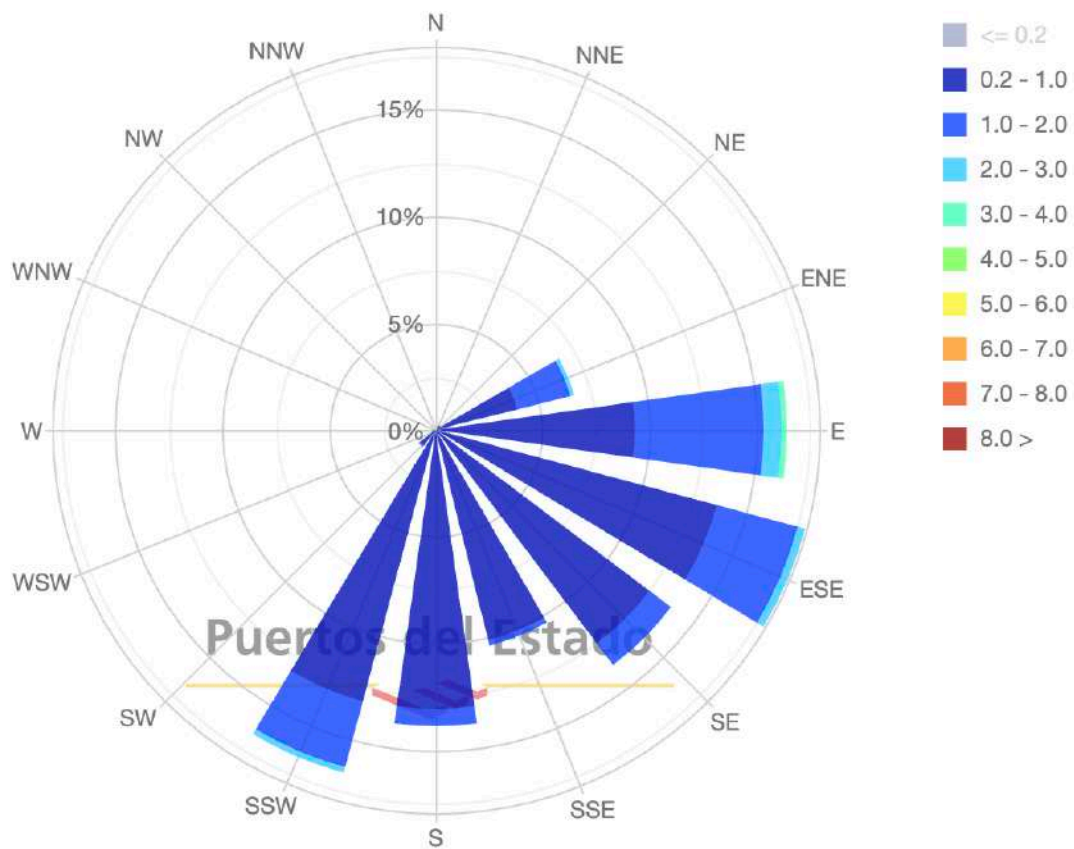
Rosa de Altura Significante (m) para Oleaje - Boya de...  
Periodo: 2019 - 2021 - Eficacia: 81.65%



### DIRECCIÓN DEL OLAJE - ROSA DE LOS VIENTOS

7. Datos obtenidos de la boya de Barcelona II. La Rosa de los Vientos indica la dominancia de Dirección tomada por el oleaje en el periodo 2017-2021. En este caso existe una dominancia de dirección E/ESE/S (Fuente; Puertos del Estado).

Rosa de Altura Significante (m) para Oleaje - Boya de...  
Periodo: 2021 - 2021 - Eficacia: 53.37%



**DIRECCIÓN DEL OLAJE - ROSA DE LOS VIENTOS**

8. Datos obtenidos de la boya de Barcelona II. La Rosa de los Vientos indica la dominancia de Dirección tomada por el oleaje en el año 2021. En este caso existe una dominancia de dirección ESE/E/SSW(Fuente; Puertos del Estado).

### 1.3 EVIDENCIA DEL CAMBIO CLIMATICO EN BIODIVERSIDAD

La aparición de especies de peces y otros grupos taxonómicos con afinidades subtropicales es cada vez más frecuente, apreciándose su expansión hacia el norte (Quero et al. 1998, Guerra et al. 2002, Banon 2009). Ello ha causado también el desplazamiento hacia el norte de otras especies explotadas (Banon 2009, Sabatés et al. 2006, Brito et al. 1996).

– Se dispone de pocos estudios que informen sobre la influencia del calentamiento sobre el fitoplancton, aunque para zonas costeras de Galicia se señala una tendencia decreciente en la concentración de clorofila y en la abundancia de las diatomeas (Varela et al. 2009). También se ha informado de la modificación de la disponibilidad de nutrientes o incremento de la estratificación en aguas del talud u oceánicas, que se ha traducido en un descenso de la producción primaria (Llope et al. 2007, Castro et al. 2009). Ha habido cambios en la abundancia de especies de zooplancton en el norte del Golfo de Vizcaya entre 1930 y 1990 (Southward et al. 1995).

– Se observa una mediterraneización de las comunidades litorales cantábricas. Especies boreo-atlánticas como *Fucus serratus*, *F. spiralis*, *F. vesiculosus*, *Himanthalia elongata*, *Chondrus crispus*, *Laminaria hyperborea*, *L. ochroleuca*, *Gelidium spinosum* ven reducidas sus poblaciones y limitada su distribución hacia el interior del Golfo de Vizcaya, siendo reemplazadas por otras de aguas mas cálidas como *Bifurcaria bifurcata*, *Stypocaulon scoparia*, *Cladostephus spongiosus*, *Gelidium corneum*, *Cystoseira baccata*, *C. tamariscifolia*, *Sargassum muticum* y Coralináceas. Estos cambios son coherentes con la respuesta más probable al cambio climático de estas comunidades, y los datos disponibles parecen apoyar las predicciones realizadas a partir de los escenarios del IPCC (Fernández & Anadón 2008, Anadón et al. 2009).

– De todos los seres vivos del Mediterráneo, pocos tienen un papel tan fundamental como la *Posidonia oceanica*. Sus praderas contribuyen a mantener claras las aguas, protegen las playas de la erosión y son el lugar de cría y crecimiento de multitud de especies de peces. La *Posidonia* es endémica del Mediterráneo y se ha descubierto que es la planta más

longeva de la biosfera: en Formentera, investigadores del CSIC hallaron un clon de *Posidonia* de 100.000 años de edad. Pero este hábitat marino tan rico y diverso está gravemente amenazado por causas como la pesca ilegal de arrastre a baja profundidad, la contaminación marina o las obras de infraestructuras en el litoral. Con el cambio climático su situación se ha vuelto dramática: recientes estudios han mostrado que el aumento de la temperatura máxima anual ya está provocando más mortalidad de las praderas de *Posidonia*, y se pronostica que el calentamiento conducirá a su extinción funcional hacia mediados de siglo (Marbà et al. 1996. Marine Ecology Progress Series 137: 203-213; Telesca et al., 2015. Science Reportas %: 12505).

– También se vincula el calentamiento global con la expansión de microorganismos tóxicos hacia áreas donde no se conocían. Se ha detectado en las costas del Mediterráneo y de Canarias la presencia de especies de dinoflagelados bentónicos tóxicos tropicales, como el género *Ostreopsis* (Vila et al. 2001) o *Gambierdiscus toxicus*, citado en Canarias en 2005 por vez primera, que causa la enfermedad tropical ciguatera al introducirse en la cadena trófica por peces herbívoros. La ingesta de peces contaminados puede tener consecuencias fatales para los humanos, de lo cual hay testimonios en El Hierro desde 2004 (Martín Esquivel 2010).

– Una de las especies que ha resultado claramente favorecida por el cambio climático es el erizo de lima (*Diadema antillarum*), un equinodermo marino de origen tropical distribuido por el Atlántico Oriental, incluyendo Canarias. Se trata de un herbívoro de alta movilidad capaz de eliminar la vegetación de los fondos rocosos. La densidad de erizos ha aumentado en los últimos años de una manera notable, incluso en una de las reservas marinas. La causa de esta expansión se ha demostrado que reside en la conjunción de dos factores principales: la sobrepesca de los

depredadores en casi todas las islas y el calentamiento del agua, que favorece su éxito reproductivo, dado que la supervivencia de las larvas aumenta exponencialmente en los años con veranos de temperaturas muy altas (Brito 2008).



– Las explosiones de medusas son una constante desde la década de los 90, con máximos poblacionales en la época estival, observadas en diversos mares del Mundo. Aunque son un fenómeno natural y los incrementos masivos de individuos parecen tener un comportamiento cíclico, la frecuencia de estas proliferaciones ha sido atribuida por especialistas a causas climáticas (Gili 2006, 2011). El descenso de precipitaciones atribuible al cambio climático y el incremento de la temperatura del agua son fenómenos que se barajan como factores clave que agudizan el problema: el aumento de la temperatura del agua ha hecho que estos animales encuentren cada vez más zonas aptas (más cálidas y salinas) para reproducirse.

Con la modificación del sistema actual de balizamiento del municipio de Sitges no se modifica ninguna de las variables comentadas con anterioridad. Incluso se puede conseguir un sistema que beneficie al entorno, viendo favorecida la calidad de las aguas y frenando de cierta manera las fluctuaciones cada vez mas intensas. Resulta de un proyecto pequeño que pretende la regeneración de Flora y Fauna, el momento de implantación de las estructuras es el único y por tanto en el cual debe existir un control mas exhaustivo, de posible contaminación.

El sistema climático planetario está experimentando cambios que no son atribuibles solamente a la variabilidad interna del propio sistema. Con la creación de proyectos de esta índole se podrían estabilizar sistemas que se encuentren vulnerables antes de la fase de colapso.

## 2.\_ ESTUDIO BÁSICO DE DINÁMICA LITORAL

Las playas de España se encuentran, en conjunto, en regresión debido a múltiples factores, y se ha argumentado (Peña 2011) que la dinámica observada en algunas no puede ser explicada por factores antrópicos o diferentes a las tendencias de cambio en las dinámicas marinas asociadas al cambio climático.

El litoral catalán se extiende desde la Punta del Ocell (en el Cap de Cervera), en el norte, hasta el río Sènia (en Alcanar), al sur. Sigue una orientación general de NE hacia SW y tiene una longitud aproximada de 580 Km. de costa (**Ilustración 10**), formada por una gran diversidad geomorfológica que incluye acantilados, playas, deltas y otros.

| <b>Comarca</b>         | <b>Longitud de costa<br/>(Km.)</b> | <b>Longitud de playa<br/>(Km.)</b> | <b>Superficie de<br/>playa (m2)</b> |
|------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| Alt Empordà            | 114,830                            | 25,285                             | 1.269.735                           |
| Baix Camp              | 30,470                             | 22,615                             | 726.260                             |
| Baix Ebre              | 79,440                             | 5,722                              | 158.400                             |
| Baix Empordà           | 78,280                             | 22,329                             | 928.495                             |
| Baix Llobregat         | 19,391                             | 19,081                             | 1.315.140                           |
| Baix Penedès           | 12,880                             | 12,810                             | 490.220                             |
| Barcelonès             | 19,375                             | 7,520                              | 345.260                             |
| Garraf                 | 28,590                             | 13,500                             | 503.095                             |
| Maresme                | 47,795                             | 39,865                             | 1.556.500                           |
| Montsià                | 76,700                             | 6,340                              | 111.205                             |
| Selva                  | 28,305                             | 9,460                              | 407.115                             |
| Tarragonès             | 44,510                             | 25,860                             | 1.127.555                           |
| <b>Total Catalunya</b> | <b>580,566</b>                     | <b>210,387</b>                     | <b>8.938.980</b>                    |

*LONGITUD DE COSTA Y SUPERFICIES QUE OCUPAN LAS PLAYAS EN LAS COMARCAS CATALANAS.*  
( Fuente: G. Gelonch 1990)

Según el Departamento de Política Territorial y Obras Públicas de la Generalidad de Cataluña (2007), el tipo de costa catalana y sus extensiones son, de forma aproximada:

- Acantilados: 208 Km.
- Costa baja: 52 Km.
- Playas: 280 Km.
- Puertos y obras marítimas: 40 Km.

La costa de Tarragona se presenta como una costa mixta donde podemos encontrar playas largas, como es el caso de Calafell, Cambrils o Salou; tramos encajados entre pequeños acantilados, como es el caso de Roda de Barà o Torre de la Mora; e, incluso, ambientes deltaicos, como es el caso del Delta del Ebro, que muestra un ambiente muy particular.

## 2.1 ESTUDIO CAPACIDAD DE TRANSPORTE LITORAL

Los cauces, debido a la importante remoción del suelo que registran en sus cuencas y a la gran cantidad de sedimentos que transportan, constituyen uno de los factores más importantes en la regulación del litoral (Ibarra et al., 2016). En ambientes semiáridos del Mediterráneo, el papel de alimentación corresponde, en muchos casos, a las ramblas, que aportan sedimentos exclusivamente en periodos de avenida (López Bermúdez y Gomariz Castillo, 2006).

Las playas están constituidas por dos subsistemas: uno marino, modelado por la acción de las olas y otro terrestre regido principalmente por la acción del viento. Los dos componentes interactúan en una única unidad geomórfica llamada "zona litoral activa". Esta zona constituye una interfase entre el océano y el continente. En él existe un transporte continuo de sedimentos, que puede determinar su equilibrio (McGwynne y MacLachlan, 1992), por lo que la zona litoral activa (el litoral costero) se puede considerar como la interfase física entre la tierra y el agua (Dolan et al., 1980; Boak y Turner, 2005).

Los cambios morfológicos de las playas son el resultado de la circulación de los fluidos y los patrones de interacción y retroalimentación entre la topografía y batimetría de la zona por medio del transporte sedimentario (Wright y Thom, 1977; Cowell y Thom, 1994; Wright, 1995; Short, 1999). La interacción del oleaje permite la existencia de dos perfiles separados por el punto de rotura del oleaje donde se inicia el efecto del oleaje sobre el fondo (Iribarren, 1954).

El movimiento de la arena a lo largo de la costa es debido a la acción de las olas de las corrientes y de la disponibilidad de sedimentos (Saravanan y Chandrasekar, 2010). El transporte litoral longitudinal depende de la dirección y la intensidad del oleaje. Para que

una playa sea estable la cantidad de material entrante debe ser igual a la que sale de ella. Si no existe equilibrio, la diferencia se acumula en la playa, o bien se erosiona. Además existe un desplazamiento perpendicular a la orilla. Los sedimentos pueden emigrar desde el límite superior de la playa seca hasta el límite inferior de la playa sumergida, conociéndose a este con el nombre de profundidad de cierre (Hallermeier, 1981), afectando a zonas más profundas y elevadas del perfil cuanto mayor sea la intensidad del oleaje incidente. Al movimiento de sedimentos a lo largo del perfil de playa se le conoce con el nombre de transporte litoral transversal.

#### 1.4.1 Erosión costera

La erosión costera es uno de los mayores problemas del litoral. Alrededor del 20% de las costas del mundo son arenosas y están respaldadas por crestas de playa, dunas, arena u otro terreno sedimentario. Más del 70% de las playas ha sufrido erosión neta desde las últimas décadas del S. XX (Viles y Spencer, 1995).

La erosión costera es la modificación de la línea de costa (retroceso) preexistente que implica pérdida de sedimentos (Pardo, 1991; Viciano, 1998; Ojeda, 2000) situación en la que se encuentra el 70 % de las playas de la Tierra (Hegde, 2010) Las playas no son elementos aislados, forman parte de sistemas litorales, unidades fisiográficas bien definidas en las que el transporte transversal de sedimentos es independiente. Los límites de un sistema litoral quedan bien definidos longitudinalmente: por accidentes topográficos con entidad suficiente para interrumpir la dinámica de transporte litoral hacia el mar, por la profundidad en la que el oleaje mantiene su capacidad de movimiento de sedimentos (profundidad de cierre máxima) y hacia tierra se extiende a aquellas zonas que, sin estar dentro de la acción dinámica de los agentes marinos, actúa directamente aportando sedimentos al sistema, como son las cuencas de los ríos y ramblas (Belmonte Serrato et al., 2009). Para determinar si un sistema litoral está afectado por un proceso erosivo o sedimentario es necesario conocer si su balance sedimentario se encuentra en equilibrio o desequilibrio (Belmonte Serrato et al., 2011) este equilibrio se basa en el mantenimiento de

entradas y salidas de sedimentos procedentes de aportes de cauces, erosión de acantilados e intercambios dunares por acción eólica, aportes procedentes de la deriva litoral.

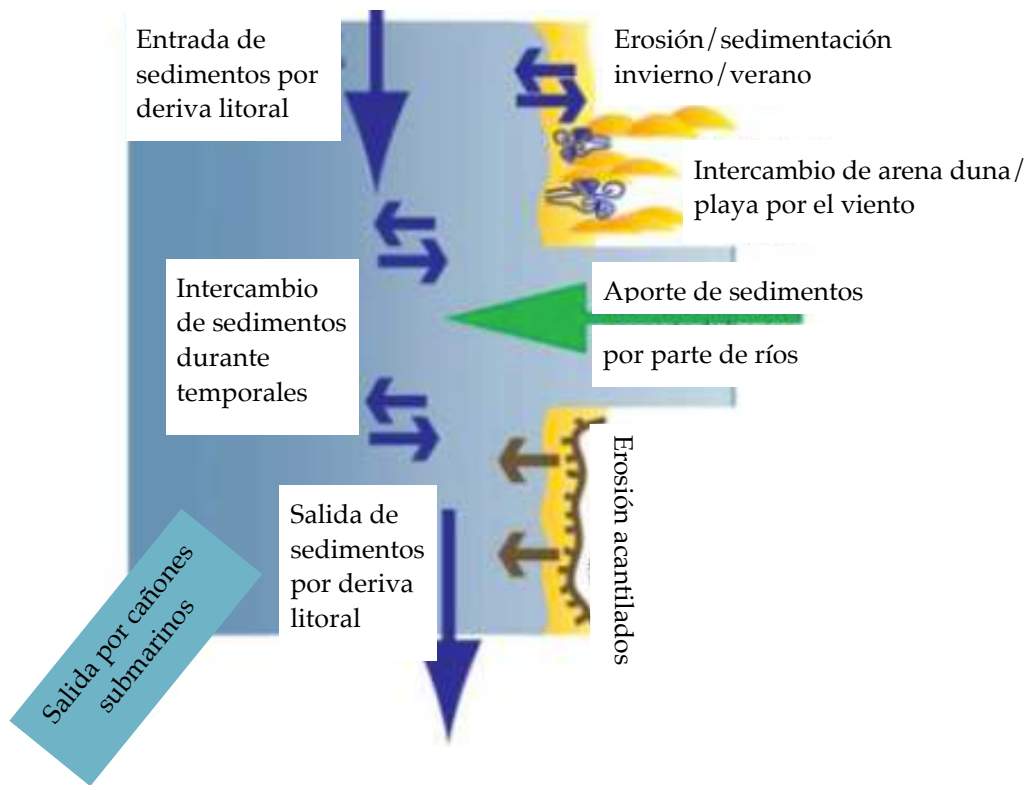
La Comisión Europea (2005) alerta de que el 20% del litoral comunitario se ve gravemente afectado por la erosión reciente de las costas. La regresión de la línea de costa alcanza valores de entre 0.5 y 2 metros al año y entre las causas más destacadas se encuentran las actividades humanas inapropiadas. En España la degradación afecta al 11.5% del litoral. Según el informe de 2005, Andalucía, Cataluña, Comunidad Valenciana, Islas Baleares y Cantabria, poseen un grado elevado de erosión, mientras que en Galicia, Asturias, País Vasco y Murcia el grado es moderado.

## 2.2 BALANCE SEDIMENTARIO Y EVOLUCIÓN LÍNEA DE COSTA

La zona litoral constituye una zona con un equilibrio dinámico especialmente crítico y sensible a cualquier alteración. Las diferentes entradas y salidas de sedimentos conforman un balance sedimentario, totalmente controlado y dirigido por los agentes de la dinámica litoral que actúan en cada sector. A su vez, la tipología de la costa, también está condicionada por esta dinámica litoral, además de por la litología y geomorfología concretas de cada sector. El equilibrio sedimentario en el litoral se basa en el mantenimiento de una serie de entradas y salidas de sedimentos, de manera que la alteración de cualquiera de éstas puede tener efectos irreparables en la costa.

En cualquier sector litoral (**Ilustración 9**) podemos definir las siguientes entradas de sedimentos:

1. Aportes procedentes de los ríos
2. Aportes procedentes de la erosión de acantilados
3. Aportes procedentes del intercambio duna-playa por acción del viento
4. Aportes procedentes de la erosión de la playa durante temporales
5. Aportes procedentes de la deriva litoral



## INTERCAMBIO DE SEDIMENTO

9. *Esquema representativo del balance sedimentario en el litoral (modificado de Shelby, 1986).*

A la vista de estas variables es obvio que todas ellas están totalmente transformadas en la actualidad por la actividad antrópica, aunque también debemos considerar que todas estas variables pueden ser a su vez alteradas por un cambio climático.

En toda la zona mediterránea, el gran desarrollo turístico experimentado desde la década de los 60 ha desencadenado un enorme desequilibrio en las playas, que han visto muy reducido el intercambio sedimentario invierno-verano, playa –duna, debido a la fijación de los sistemas dunares y edificación en la parte trasera de las playas. En algunos casos en que el retroceso pone en peligro las edificaciones más cercanas a la playa, se han aplicado revestimientos (p.ej. en algún punto de la Manga del Mar Menor) que rompen totalmente el equilibrio dinámico, impidiendo la erosión de la zona más alta de la playa en momentos de tormenta y aumentando la reflexión, lo que favorece a su vez la erosión de la barra sublitoral, frenándose, por tanto, la posibilidad de regeneración natural.

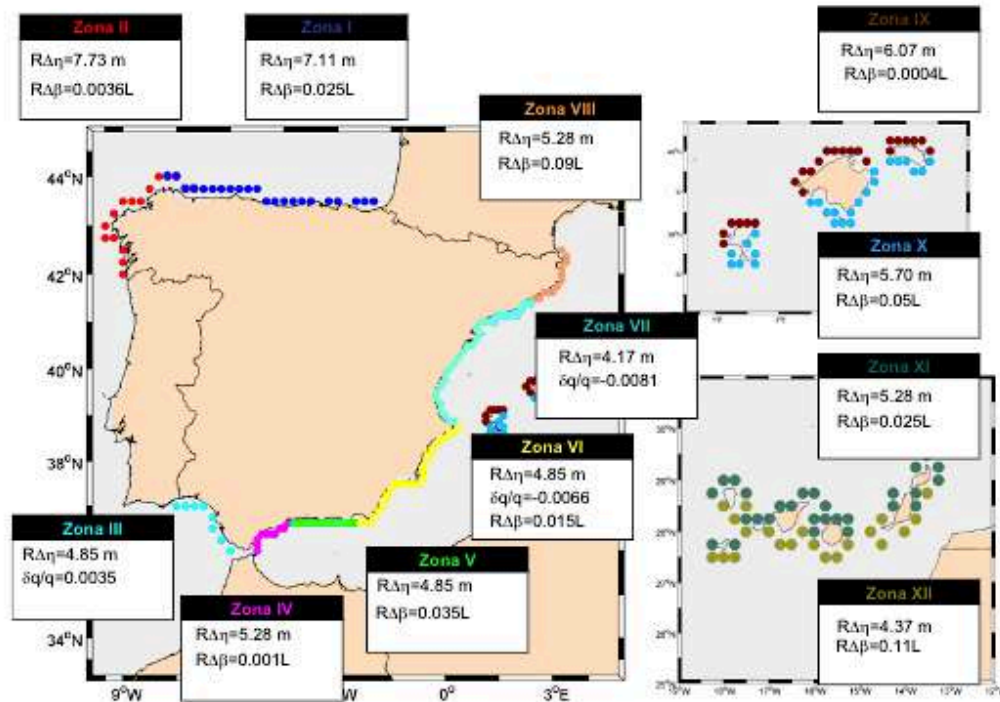
La construcción de puertos impide el transporte de sedimentos por deriva litoral, con la consiguiente erosión de la franja costera. En algunos casos, ha supuesto la erosión de los cordones litorales que cierran humedales costeros, como es el caso de la restinga de la Albufera de Valencia, entre Valencia y Cullera, como consecuencia de la construcción del puerto o el cordón de cierre de la laguna de Santa Pola por el Puerto de Santa Pola.

Por otra parte, la gran regulación que sufren los ríos también ha desencadenado una drástica reducción de los aportes sólidos en toda el área mediterránea, siendo uno de los casos más llamativos el Delta del río Ebro (Sánchez-Arcilla et al., 1998), especialmente vulnerable, por tanto, ante cualquier cambio futuro.

También hay que tener en cuenta que, en la mayoría de las playas en las que la elevada presión urbanística ha llevado a la destrucción de los cordones dunares y zonas traseras de la playa, eliminando así esa reserva natural de arena, los propios edificios suponen también una amenaza por sí mismos.

Mediante modelos matemáticos es posible determinar los efectos previsibles en los elementos del litoral de las diferentes zonas para determinar la importancia real de los potenciales efectos del cambio climático en la costa española.

A modo de ejemplo, en la **Ilustración 12** se muestra, para el horizonte del año 2050 y para cada una de las zonas, los efectos sobre la costa en cuanto a retroceso de la línea de costa debido a la subida del nivel medio del mar, a la variación de la dirección del flujo medio de energía de oleaje y a la variación del transporte longitudinal en playas.

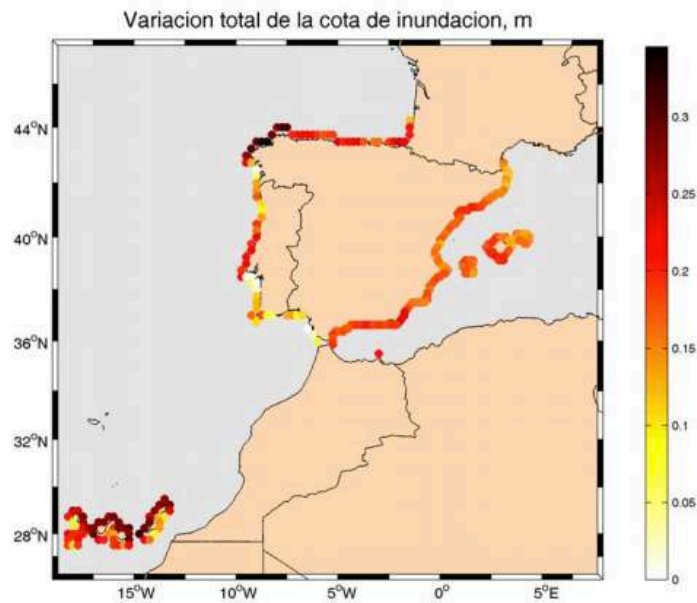


## RETROCESO LINEA DE COSTA 2050

10. *Efectos sobre la costa en cuanto a retroceso de la línea de costa debido a la subida del nivel medio del mar, a la variación de la dirección del flujo medio de energía de oleaje y a la variación del transporte longitudinal en playas (Fuente; Universidad de Cantabria)*

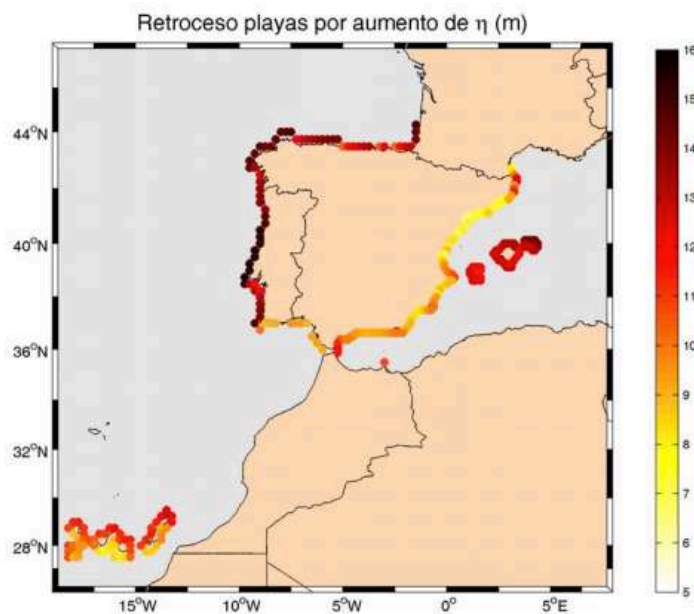
Los efectos más importantes que el cambio climático puede suponer en las playas se reduce básicamente a una variación en la cota de inundación y a un posible retroceso, o en su caso avance, de la línea de costa.





### VARIACIÓN NETA DE LA COSTA DE INUNDACIÓN A LARGO DEL LITORAL ESPAÑOL

11. *Otro efecto en las playas es el posible retroceso de la línea de costa. Este puede ser inducido por un aumento en el nivel medio, que hace que el perfil activo de la playa tenga que ascender para llegar al equilibrio dinámico con esta nueva condición de nivel medio (Fuente; Universidad de Cantabria).*



### RETROCESO DE LAS PLAYAS POR AUMENTO DEL NIVEL MEDIO A LO LARGO DEL LITORAL ESPAÑOL

12. *Esta figura indica que las playas más susceptibles al aumento del nivel medio del mar, son las que se sitúan en la cornisa Atlántica del litoral Español así como las situadas*

*en las Islas Baleares, obteniéndose en estas zonas retrocesos del orden de 16 m. En la zona del Mediterráneo el retroceso será menor ya que la extensión del perfil activo de las playas es menor. (Fuente; Universidad de Cantabria).*

Los efectos más importantes que el cambio climático puede suponer en las playas se reduce básicamente a una variación en la cota de inundación y a un posible retroceso, o en su caso avance, de la línea de costa.

La obtención de la tasa del transporte de sedimentos en dirección longitudinal a la costa como consecuencia de las corrientes inducidas por la rotura del oleaje es fundamental para el correcto conocimiento de la dinámica litoral del tramo de costa que se está considerando en el presente estudio.

Para obtener la capacidad de transporte del oleaje, existen los siguientes procedimientos de cálculo:

- La medida directa, "in situ".
- La ubicación de volúmenes retenidos por obras (diques, espigones) situados en los alrededores.
- La determinación de erosiones y acumulaciones en la línea de costa mediante fotografías aéreas a lo largo del tiempo.
- Ensayos a escala reducida.
- Empleo de formulaciones analíticas.
- Estudio mediante modelos matemáticos.

En el estudio se utilizó la tercera, la determinación de erosiones y acumulaciones en la línea de costa mediante fotografías aéreas a lo largo del tiempo.

### 3.\_ DECLARACIONES

#### 3.1 CUMPLIMIENTO LEY DE COSTAS

Se cumplió con los artículos existentes en la ley que refortalece los mecanismos de protección, tanto en su vertiente preventiva como defensiva. La Ley 2/2013, de 29 de mayo, de protección y uso sostenible del litoral y de modificación de la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas.

#### 3.2 CUMPLIMIENTO INSTALACIÓN DE ARRECIFES

Dentro del contexto de los Convenios internacionales de protección del medio marino de los que España es parte contratante, OSPAR y Barcelona han optado por definir los arrecifes artificiales de una manera idéntica: Un arrecife artificial es una estructura sumergida colocada de manera deliberada sobre el suelo marino para imitar alguna de las características de un arrecife natural. Pueden estar expuestos parcialmente en algunos estados de marea.

En el Estado español, la regulación existente en relación con los arrecifes artificiales ha nacido al amparo de la política pesquera que se ha venido desarrollando en España en el marco de las medidas estructurales de la Política Comunitaria de Pesca.

Un arrecife artificial, con independencia de su finalidad, tipología y características, debe considerarse en todos los casos una instalación permanente en el fondo marino que por tanto implica la ocupación de dominio público marítimo terrestre.

Las Comunidades Autónomas de Asturias, Cataluña, Galicia y País Vasco, que sí han publicado leyes y reglamentos en materia de pesca marítima y recreativa en aguas interiores, se han limitado a citar a los arrecifes artificiales como elementos que, en el marco de la ordenación de los recursos pesqueros, requieren autorización, sin desarrollar adicionalmente nada al respecto. La C.A. del País Vasco recoge específicamente los

arrecifes artificiales en materia de regulación pesquera y régimen sancionador como zonas prohibidas a la pesca, sin aportar nada adicional.

El material utilizado para el desarrollo de arrecifes artificiales de cualquier tipo, implica una alteración morfológica de la masa de agua, pudiéndose generar en algunos casos (por ejemplo hundimiento de buques o plataformas offshore), una nueva fuente de deterioro de las masas de agua. En el caso que nos ocupa, utilizamos **Materiales inertes de origen natural**, es decir, material geológico sólido, no elaborado químicamente, cuyos componentes químicos no es probable que se liberen en el medio marino. Con este material elegido se previene todo deterioro adicional y se protege y mejora el estado de los ecosistemas acuáticos.

En el mundo existen multitud de estructuras que se han instalado como arrecifes artificiales, con diferentes objetivos. En España, hasta la fecha, estas estructuras no son muy variadas y presentan fines fundamentalmente de gestión pesquera y producción biológica, pero en otros países como Estados Unidos o Canada, existe una gran variedad de diseños y composición de arrecifes artificiales.

Diseñados con la finalidad de ser **Arrecifes artificiales con fines puramente ecológicos**. Se trata de arrecifes artificiales destinados a mejorar la calidad ecológica del medio, sin que exista ninguna motivación pesquera, y sí ambiental o conservacionista. Con más detalle, se tratan de **Arrecifes artificiales con el objetivo de recuperar ecosistemas degradados, y gracias a su multifuncionalidad intrínseca, Arrecifes artificiales para la potencialidad educativa y científica**.

Como efectos comunes asociados, **los efectos derivados de la instalación de arrecifes artificiales sobre el medio atmosférico van a ser muy limitados y comunes a todas las tipologías**. Fundamentalmente, las incidencias sobre la calidad atmosférica del entorno serán producidas por el aumento de los gases de combustión procedentes de las embarcaciones y maquinarias responsables del traslado y fondeo de las unidades estructurales del arrecife en la fase de construcción del mismo. Estos tipos de maquinarias suelen contar con motorizaciones diesel que incorporarán a la atmósfera tanto partículas

como gases derivados de la combustión, como los óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, óxidos de azufre, hidrocarburos, aldehídos y ácidos orgánicos. No obstante, la totalidad de las labores de traslado y fondeo se desarrollan en espacios abiertos, donde la influencia de brisas y vientos favorecen la rápida dispersión de estos agentes contaminantes, resultando imposible la aparición de fenómenos de concentración. Por todo ello, los efectos descritos sobre esta variable deben ser considerados, en cualquier caso, como insignificantes, no dando lugar a vectores de impactos dignos de ser considerados de forma especial en la valoración general de los mismos.

Contaminación de las aguas. En general, el fondeo de arrecifes artificiales puede llegar a contribuir a la contaminación del agua presente en los alrededores de la zona de fondeo ya que durante las labores de colocación se producir una resuspensión de los sedimentos.

Alteraciones en la calidad físico-química de las aguas, las estructuras fondeadas quedarán colonizadas a medio plazo. Este aumento de la carga biológica (flora y fauna), en la zona de instalación del arrecife producir inevitablemente ciertas alteraciones en las propiedades físico- químicas del agua, como la concentración de materia orgánica y de nutrientes, el oxígeno disuelto, la turbidez o las partículas en suspensión.

**Salvo en situaciones especiales, estas afecciones en ningún caso generarán impactos negativos relevantes.**

Existe una justificación adecuada de necesidad y conveniencia del proyecto. Posee funcionalidad, compatibilidad y estabilidad. Se trata de un elemento que puede incidir favorablemente en la dinámica poblacional, dando soporte estructural o hábitat adecuado en determinadas etapas del crecimiento de las mismas, mejora de la situación trófica mediante el incremento de la disponibilidad de alimento por incremento de la capacidad de carga bruta o biomasa total del medio, disminución de la predación natural mediante la disposición de refugio, mejora de la tasa de supervivencia en las primeras etapas de desarrollo por la presencia del hábitat adecuado y el recurso alimentario, etc

### 3.3 COMPATIBILIDAD DE LAS OBRAS

El Estado Español tiene el requerimiento de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMCC) de implementar medidas concretas para adaptarse al ascenso del nivel y demás efectos del cambio climático en la costa.

A nivel global se asume que la tendencia actual de variación del nivel medio del mar en el litoral español es de 2.5 mm/año, por lo que extrapolando al año 2050, se tendría un ascenso del nivel medio de +0.125 m. Esta información ha sido complementada con los modelos globales contemplados por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) en su tercer informe, que establecen una variación del nivel del mar comprendida entre 9 y 88 cm en el intervalo correspondiente a 1990-2100.

En la costa Mediterránea no se aprecian cambios relevantes en la magnitud de la energía del oleaje, aunque sí destacables peculiaridades en Cabo de la Nao, debidas a su situación geográfica, y en la Costa Brava, dada su cercanía al Golfo de León. Las duraciones de excedencia de altura de ola estimadas tienden a aumentar ligeramente a lo largo de la costa, lo que implica una disminución de la operatividad de los puertos. En la Costa Brava, donde se detectan tendencias con un comportamiento similar al Noreste Balear, se observa una disminución energética del oleaje medio.

Respecto a la dirección predominante del oleaje, se han producido variaciones en las Islas Baleares y en la Costa Brava se ha detectado una tendencia de giro horario en los oleajes, de forma que la dirección predominante tiende a ser más oriental. El régimen medio del viento y marea meteorológica presenta una tendencia negativa, pero de muy pequeña escala. Es importante destacar la gran significancia estadística que aportan los resultados de tendencia negativa de marea meteorológica en el Mediterráneo, Baleares y costa Noroeste gallega, a pesar de ser sus variaciones muy pequeñas.



#### VARIACIÓN DE LA MAREA METEOROLÓGICA

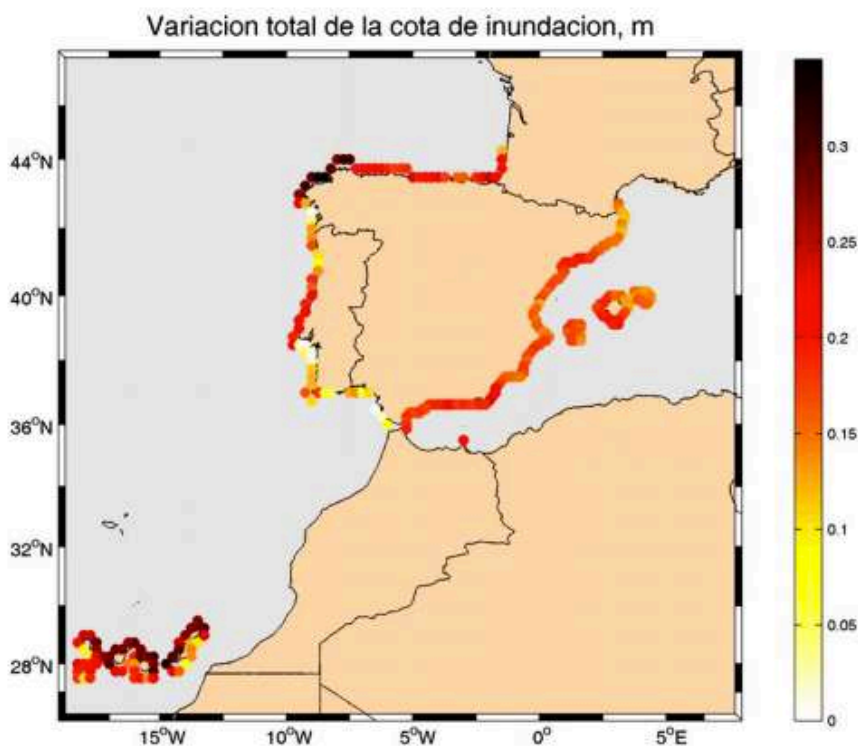
13. *Variación de la intensidad del régimen extremal de marea meteorológica. IMPACTOS EN LA COSTA ESPAÑOLA POR EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO FASE III. ESTRATEGIAS FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA COSTA. MINISTERIO MEDIO AMBIENTE.*

El estudio teórico sobre los posibles efectos del cambio climático en los distintos elementos del litoral ha puesto en evidencia que pequeños cambios en los parámetros que definen el oleaje incidente en la costa así como el posible aumento del nivel medio pueden acarrear importantes consecuencias en la zona costera.

Los efectos más importantes que el cambio climático puede suponer en las playas se reduce básicamente a una variación en la cota de inundación y a un posible retroceso, o en su caso avance, de la línea de costa.

Para el escenario considerado de cambio climático, se obtiene un aumento total de la cota de inundación, que es inducida principalmente por el aumento del nivel medio del mar. No obstante, en la cornisa Gallega y en la zona Norte de las Islas Canarias, el aumento es mayor que en el resto del litoral ya que en estas zonas se produce un aumento significativo

de la altura de ola significativa con un periodo de retorno de 50 años. Por otro lado, la variación de la marea meteorológica a lo largo de todo el litoral contrarresta parcialmente el aumento de la cota de inundación producido por la variación del nivel medio y de la altura de ola significativa. Como dato representativo, en el Mediterráneo se obtiene un aumento de aproximadamente 20 cm, mientras que en la costa gallega y en las Islas Canarias puede alcanzar valores de 35 cm.



#### **VARIACIÓN NETA DE LA COTA DE INUNDACIÓN**

14. *Variación neta de la cota de inundación a lo largo del litoral español. IMPACTOS EN LA COSTA ESPAÑOLA POR EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO FASE III. ESTRATEGIAS FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA COSTA. MINISTERIO MEDIO AMBIENTE.*

Otro efecto significativo es el posible cambio en el transporte potencial a lo largo de playas abiertas en equilibrio dinámico o en desequilibrio, playas típicas de la zona Mediterránea,



sometidas a un transporte litoral muy activo. Se ha demostrado que el cambio en la tasa de transporte puede ser consecuencia de variaciones en la altura de ola en rotura y el la dirección del oleaje en rotura.

Con respecto a los posibles efectos en obras marítimas, el cambio climático puede suponer importantes cambios en el rebase de las obras, tanto en estructuras en talud así como en estructuras verticales. Se ha obtenido que tanto las variaciones en el nivel medio así como en la altura de ola significativa del oleaje incidente en el dique pueden producir variaciones significativas en el rebase.

Por norma general, si se produce un aumento del nivel medio del mar, en aquellas estructuras en las que la altura de ola de cálculo esté delimitada por fondo, se producirá un desestabilización de las mismas, de forma que si se desea que la estructura mantenga el mismo criterio de estabilidad el tamaño de las piezas que componen una obra deberá aumentar.

El transporte potencial es otro indicador significativo especialmente a lo largo de playas abiertas en equilibrio dinámico o en desequilibrio, playas típicas de la zona Mediterránea, sometidas a un transporte litoral muy activo.

Sobre este proyecto, modificación de las boyas de balizamiento existentes por boyas ecológicas en el litoral de Sitges, no se verá modificado por los posibles cambios en las variables provocadas por el cambio climático, ya sea la variación en el nivel medio del mar o la modificación de altura de ola. Y por el contrario, el proyecto no alterará la costa. Debido al lugar donde se ubican estas estructuras y su densidad de distribución, la presencia de las mismas no pueden llegar a ocasionar modificaciones en el sistema local de corrientes, ni incidir en la deriva litoral ni en el transporte sedimentario de la zona.

#### 4.\_ DATOS SOLICITANTE

**AYUNTAMIENTO DE SITGES**

**P0827000A**

**PLAZA DEL AYUNTAMIENTO S/N**

**COMARCA GARRAF, PROVINCIA BARCELONA**

**8870**

#### 5.\_ CONCLUSIÓN

Se trata de una actividad compatible con el medio y resulta favorable para este. La actividad no aportará riesgos al medio natural más allá que el momento de la implantación de estos. Tras ello, se deberá, realizar muestreos de seguimiento para controlar posibles cambios.

La idea de boyas ecológicas con arrecifes como base, nace con el optimismo de conseguir una conservación del Medio Marino. Se tratan de **Arrecifes artificiales con el objetivo de recuperar ecosistemas degradados, y gracias a su multifuncionalidad intrínseca, Arrecifes artificiales para la potencialidad educativa y científica.**

No solo se trata de un proyecto de conservación de fondos, sino que engloba más funciones. Devolver el valor tanto ecológico como económico de los ecosistemas costeros, haciendo hincapié en la divulgación científica, talleres y simposios que permitan una educación ambiental. Y la atracción de un sector debido a ofrecimiento de espacios de ocio donde realizar actividades acuáticas y subacuáticas de manera segura, garantizando una concienciación y promoviendo el turismo ecológico.

Nuestra preocupación radica en la incesante degradación de los fondos de nuestro litoral. Es por ello, decidimos actuar para frenar esta pérdida de biodiversidad que veníamos observando desde hace tiempo diseñando otro tipo de boya ecológica (**Ilustración 15**).



*Fotografía del primer diseño utilizado como boya de balizamiento ecológica*

15. *Este biotopo se sitúa en el litoral de Torredembarra y fue construido en el año 2010. Se trata del primer diseño creado con la finalidad de sustituir el actual modelo de balizamiento. Fotografía de Sandra Rota Gutierrez.*

## 6.\_ BIBLIOGRAFÍA

Alma Miriam novelo-Torres y Jesús Gracia-Fadrique, 2010. *Trayectorias en diagramas ternarios*. Educ. Quím., 21(4), 300-305.

Bengtsson, L. & M. Enell, 1986. *Chemical analysis. Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, 423–451.

Chester, R., (2000). *Marine Geochemistry*. Segunda Edición. Blackwell Science.

Dean, W. E. Jr., 1974. *Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: Comparison with other methods*. J. Sed. Petrol. 44: 242–248

Manzanera, M., Alcoverro, T., Jimenez, J.A. & Romero, J. 2014. *The large penumbra: Longdistance effects of artificial beach nourishment on Posidonia oceanica meadows*. Marine Pollution Bulletin. 86(1-2): 129- 137.

Romero, J., Pérez, M., Alcoverro, T., Farina & S., Roca, G. 2010a. *Control d'una xarxa de vigilància dels herbeis de Posidonia oceanica a Catalunya com a indicadors de la qualitat de les aigües litorals*. Informe tècnic. Agència Catalana del Aigua, Generalitat de Catalunya.

Romero, J., Pérez, M., Alcoverro, T., Llagostera, I. & Sanmartí, N. 2010b. *Disseny, realització i suport del programa de vigilància de la qualitat de les aigües litorals a Catalunya, en funció de les comunitats de Cymodocea nodosa, segons la Directiva Marc de l'Aigua*. Informe tècnic. Agència Catalana del Aigua, Generalitat de Catalunya.

Ruiz, J.M., Guillén, J.E., Ramos Segura, A. & Otero, M.M. (Eds.). 2015. *Atlas de las praderas marinas de España*. IEO/IEL/ UICN, Murcia-Alicante-Málaga, 681 pp.

Simoneit, B.R.T., (1978). *The organic chemistry of marine sediments*. En: Riley, J.P. y Chester, R. (eds.), Vol. 7, *Chemical Oceanography*. London: Academic Press. 233–311.