

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA

Grado en Ciencias Ambientales

---



UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA



ESCUELA POLITECNICA  
SUPERIOR DE GANDIA

## **“Diseño de un arrecife artificial en la playa de la Garrofera”**

**TRABAJO FINAL DE GRADO**

Autor/a:

**María Teresa Vallés Bori**

Tutor/a:

**José Cristobal Serra Peris**

**GANDIA, 2015**

## **Resumen**

El objeto es el diseño de un arrecife artificial que permita tanto la protección y recuperación ambiental de los fondos antelitorales como la protección del frente litoral. Se ha elegido el frente de la playa de La Garrofera, más conocido como playa de El Saler, frente a la zona urbanizada de la Casbah por ser una playa con un alto riesgo de recesión debido a la presencia del muro del paseo marítimo.

## **Palabras clave**

Regeneración y protección litoral.

# ÍNDICE

1. Introducción.....	4
2. Estudios previos.....	5
2.1. Zona de protección .....	5
2.2. Geomorfología .....	6
2.3. Batimetría actual .....	7
2.4. Dinámica litoral .....	8
2.5. Oleaje y vientos .....	9
2.6. Riesgo de erosión .....	12
3. Zona de fondeo.....	13
4. Diseño de los arrecifes.....	14
4.1. Arrecife 1.....	15
4.2. Arrecife 2.....	16
4.3. Arrecife 3.....	17
4.4. Arrecife 4.....	18
5. Instalación y fondeo .....	19
6. Seguimiento biológico.....	20
7. Factores económicos.....	21
8. Conclusiones.....	22
9. Bibliografía .....	23
Anejo 1. Definición de los arrecifes artificiales .....	24
Anejo 2. Marco normativo.....	26
Anejo 3. Efectos ambientales de los arrecifes.....	32
Anejo 4. Dinámica litoral .....	37
Anejo 5. Datos sobre oleaje y vientos .....	39
Anejo 6. Características del sustrato .....	41

# 1. Introducción

La definición de arrecifes artificiales abarca aquellas estructuras construidas específicamente para la protección, regeneración, concentración o aumento de la producción de los recursos vivos o para la protección y regeneración del medio físico, bien sea con fines pesqueros, medioambientales, recreativos u otros.

Los objetivos principales de este tipo de obra son la reproducción biológica y la protección del frente litoral con la finalidad de aumentar la diversidad del ecosistema y frenar el riesgo de erosión de la línea de costa. De tal modo, se pretende establecer este tipo de infraestructura en la playa de La Garrofera, concretamente frente a la urbanización de la Casbah, por ser una zona con un alto riesgo de erosión debido a la presencia del muro del paseo marítimo. Por otro lado, también se pretende atraer a aficionados del ecoturismo y de la práctica del buceo deportivo.

La creación de un arrecife es un proceso que consta de diferentes fases: En primer lugar, se desarrollan unos estudios previos donde se describe la zona elegida para el fondeo de los arrecifes y se detallan los factores de tipo batimétrico, físicos, morfológicos, geológicos, ecológicos, etc.

A continuación se detalla el diseño de las estructuras del arrecife describiendo su diseño y materiales así como su dimensionado y la zona de fondeo.

Posteriormente se realiza la descripción de las obras donde se detalla el proceso de construcción, transporte, instalación y fondeo.

Finalmente se realiza un seguimiento biológico para estudiar las repercusiones ambientales sobre el medio marino.

## 2. Estudios previos

### 2.1. Zona de protección

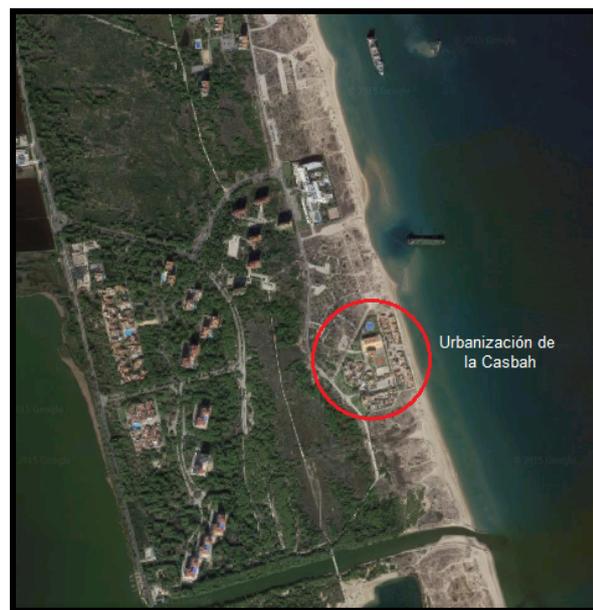
Se ha elegido como zona de protección la playa de la Garrofera situada frente a la urbanización de la Casbah por ser una playa con un alto riesgo de recesión debido a la presencia del muro del paseo marítimo.

La playa de la Garrofera se encuentra dentro del Parque Natural de la Albufera. Se trata de una playa de 1800 metros de longitud situada dentro de una zona dunar.

La playa de la Garrofera se encuentra entre la playa de El Saler, con la que limita al norte, y con la Gola de Puchol, al sur.



**Imagen 1.** Vista de la playa de la Garrofera y sus límites.

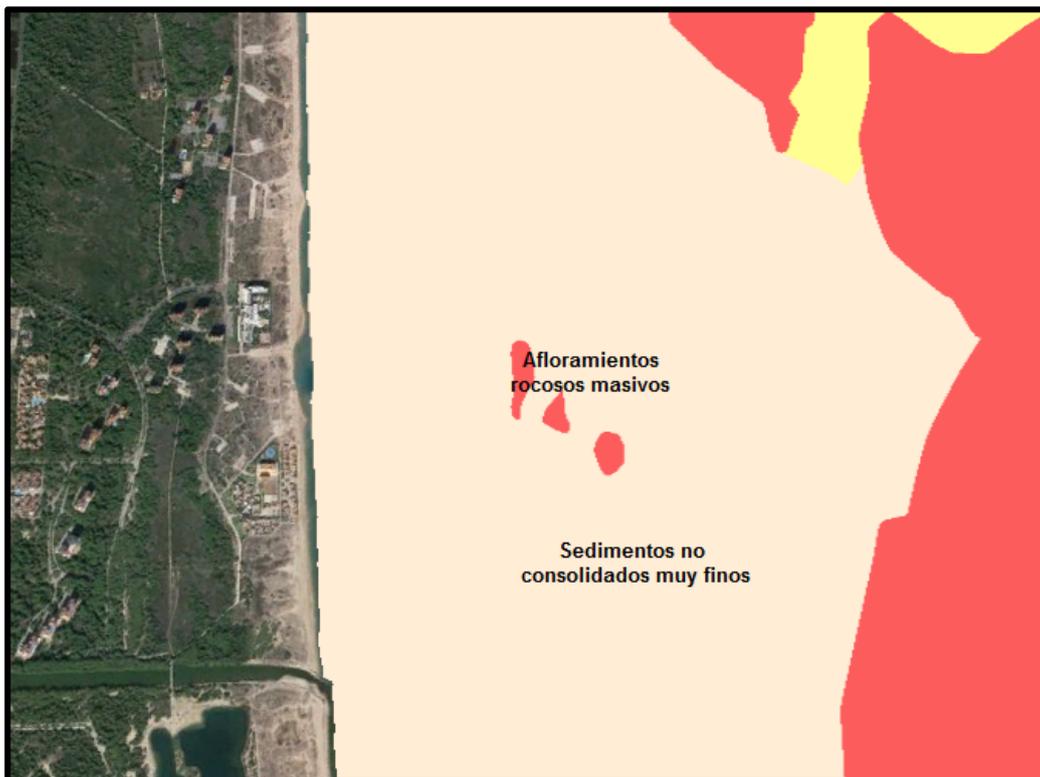


**Imagen 2.** Playa de La Garrofera, frente a la zona urbanizada de la Casbah.

## 2.2. Geomorfología

La playa de la Garrofera está formada por una costa de arena y fondos blandos que se caracterizan por ser bajos y arenosos donde se acumulan los sedimentos, constituidos principalmente por arenas, gravas y limos.

En la zona situada frente la urbanización de la Casbah, se presentan principalmente sedimentos no consolidados muy finos, siendo este un medio idóneo para la instalación de arrecifes artificiales.



**Imagen 3.** Composición del sustrato correspondiente a la playa de la Garrofera.

### 2.3. Batimetría actual

En la siguiente imagen se muestra la batimetría correspondiente a la playa de la Garrofera. Las curvas de nivel grisáceas presentan una distancia de 1 metro entre sí mientras que las curvas de nivel maestras, en azul, comprenden una distancia de 5 metros entre ellas.

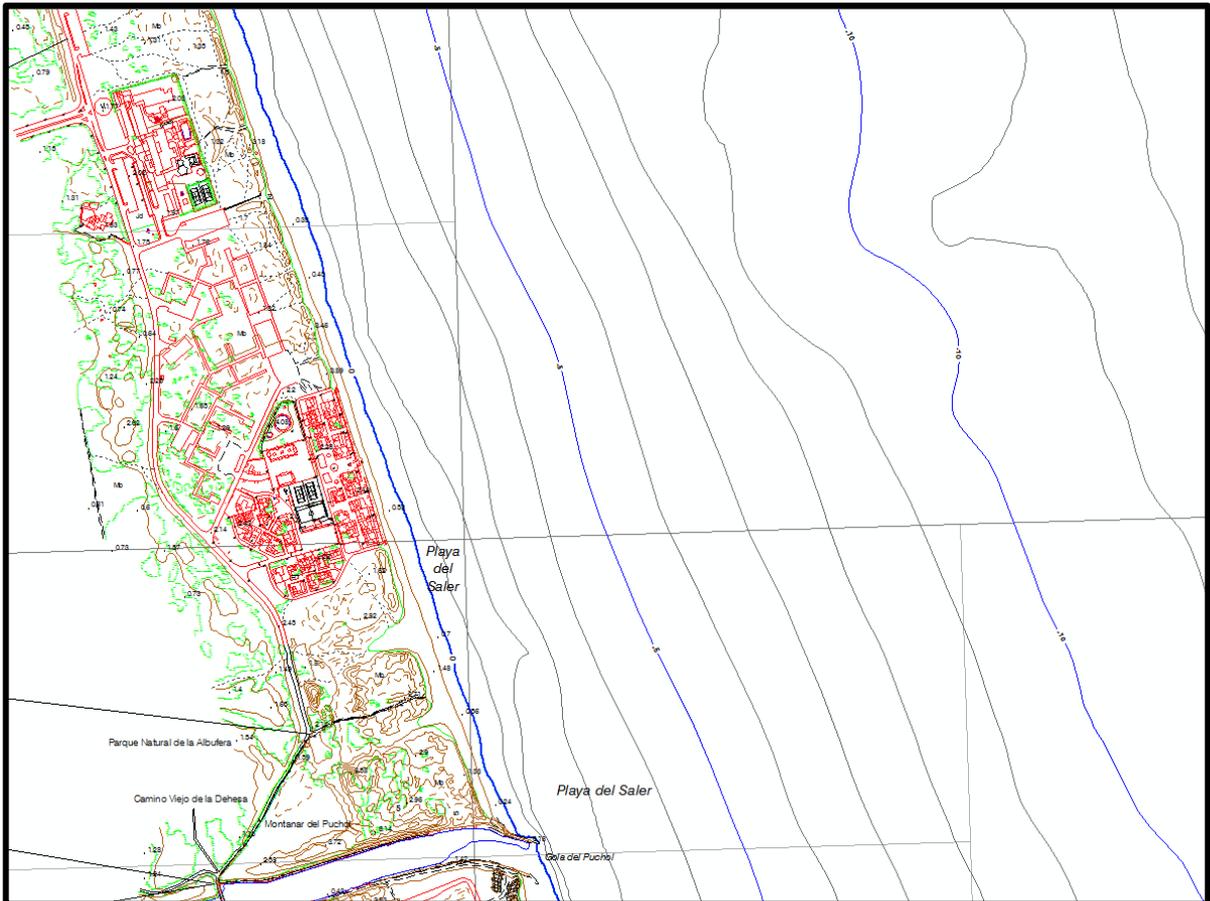


Imagen 4. Batimetría correspondiente a la playa de la Garrofera.

## 2.4. Dinámica litoral

La dinámica litoral en cuanto a la zona de protección hay que explicarla desde el norte, donde tiene lugar un transporte litoral neto dirigido hacia el sur, pero interrumpido por obras costeras de distintas envergaduras. Principalmente este transporte se ve afectado por el puerto de Valencia ya que desde la existencia de éste las playas situadas en la zona sur del puerto, como es el caso de la playa de la Garrofera, se han quedado sin aporte de sedimentos sufriendo la erosión de sus costas. Por otro lado, esta erosión también se ve afectada por el descenso de aportes de sólidos del río Turia a la costa.

La evolución de la línea de orilla desde 1947 indica que el transporte litoral era originalmente muy intenso, pero con la realineación de la costa su valor a disminuido gradualmente.



**Imagen 5.** Playas del sur afectadas por el puerto de Valencia.

## 2.5. Oleaje y vientos

Los datos referentes al oleaje y los vientos se han obtenido a partir de Puertos de Estado. Se ha tomado como referencia el Punto SIMAR más próximo a la zona de protección tal y como se muestra a continuación:

Punto SIMAR (2081112)

Longitud:	0.25° W
Latitud:	39.33° N
Cadencia:	1 h
Código:	2081112
Inicio de medidas:	21-02-2005
Fin de medidas:	07-05-2015
Conjunto de Datos:	Punto SIMAR

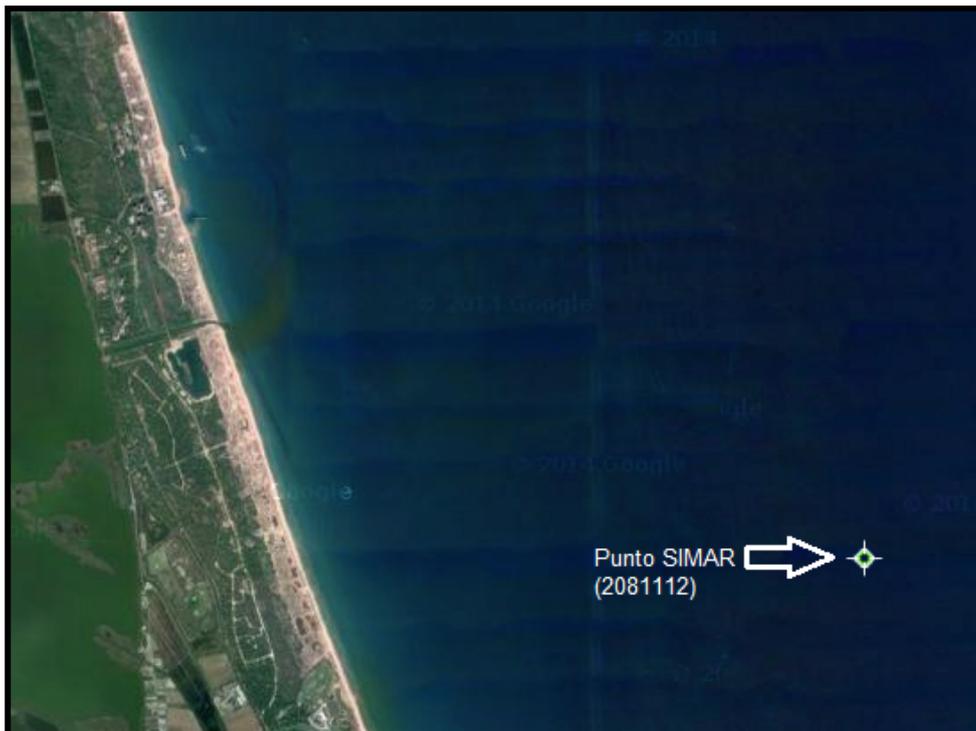


Imagen 6. Localización del Punto SIMAR.

## Oleaje

La rosa de oleaje comprendida entre los años 2005 y 2015 muestra una frecuencia predominante en dirección Este (E) y Noreste (NE) de un 33% siendo ambas las reinantes. En ambos casos, las alturas significativas no superan los 2 m.

En contraposición, la frecuencia de oleaje en direcciones Norte (N), Sur (S) y Noroeste (NO) se presenta casi nula.

Cabe destacar, que al encontrarse en una zona poco alejada de la costa y con un clima que ofrece vientos suaves, el oleaje que presentará más frecuencia será de alturas mínimas. Entre 0 y 0,5 metros con una frecuencia del 50 % y entre 0,5 y 1,0 metro con una frecuencia del 37 %.

Las olas de mayor altura no son significativas, ya que no superan el 10 %.

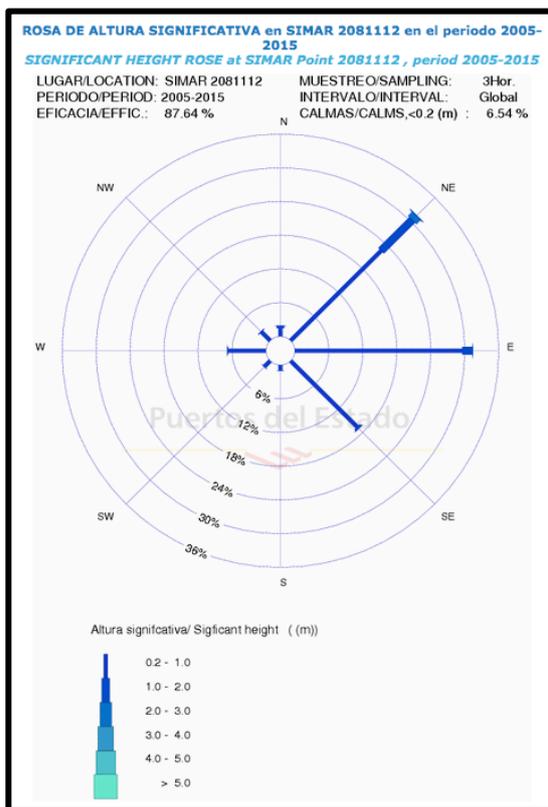


Imagen 7. Rosa de Oleaje (2005-2015)

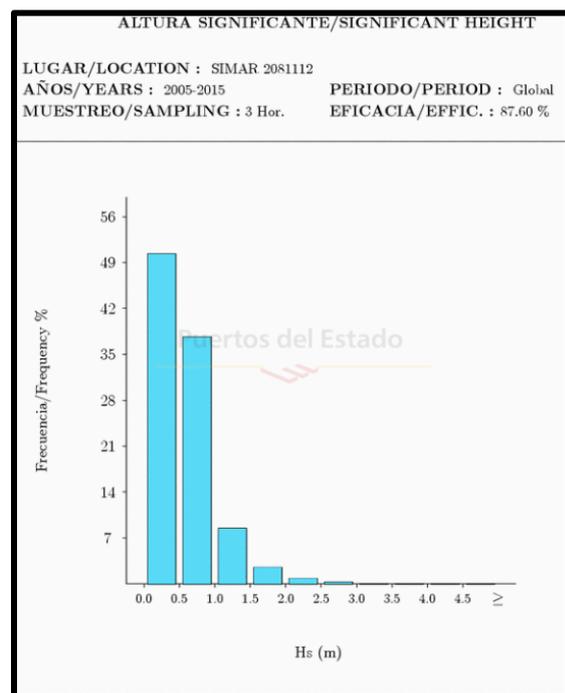


Imagen 8. Histograma de Oleaje (2005-2015)

## Vientos

La dirección donde se presentan vientos de velocidades medias más elevadas y con mayor frecuencia es al Oeste (W), determinando ésta como la dirección dominante con vientos medios mayores de 80 m/s. Seguida de las direcciones Noreste (NE), Nornoroeste (NNE) y Estenordeste (ENE) con velocidades medias entre 70 y 80 m/s.

En el histograma de vientos podemos observar como la velocidad media del viento más usual se encuentra en el intervalo entre 2 y 5 m/s. Se tratan de vientos débiles, por ello el oleaje que presenta la zona también posee velocidades y olas bajas.

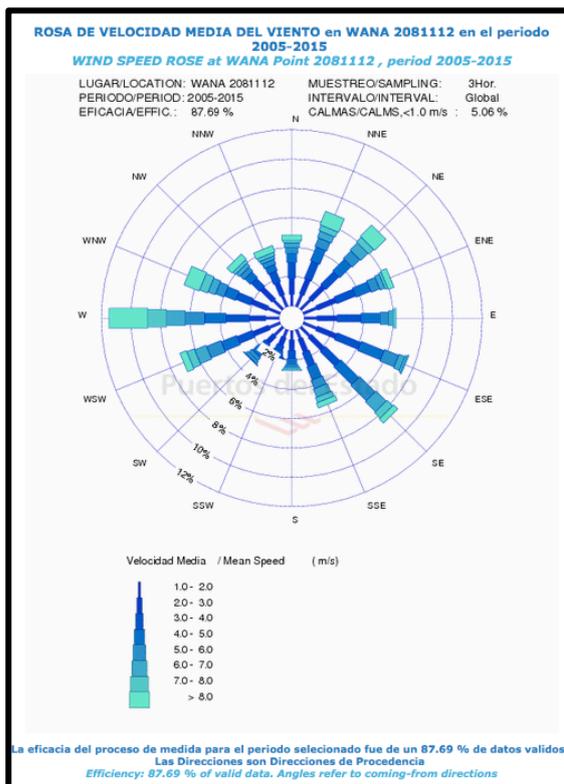


Imagen 9. Rosa de los Vientos (2005-2015)

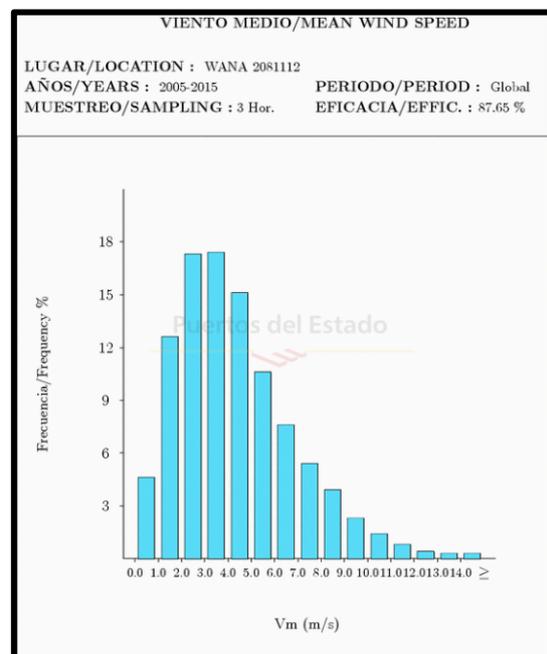
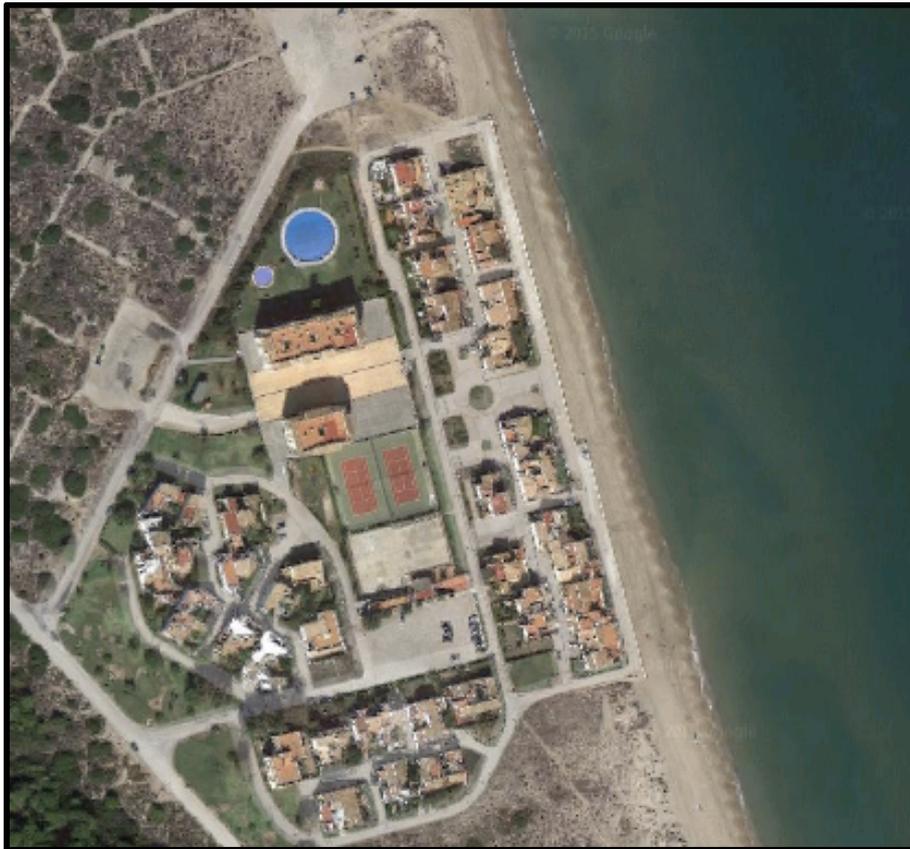


Imagen 10. Histograma de los Vientos (2005-2015)

## 2.6. Riesgo de erosión

La playa de la Garrofera se encuentra en constante recesión debido principalmente a la existencia del paseo marítimo. El muro del paseo genera un efecto reflejo incrementando el tamaño del oleaje. En la imagen que se muestra a continuación se puede observar como el reducido tamaño de la playa junto a la proximidad del muro a la costa, agrava el proceso de erosión de la playa.



**Imagen 11.** Vista de la urbanización de la Casbah y el paseo marítimo.

### 3. Zona de fondeo

Para elegir la zona concreta de fondeo se ha tenido en consideración diferentes aspectos:

En primer lugar, teniendo en cuenta las dimensiones de los arrecifes, el oleaje no puede alterar a estas estructuras. De este modo, eligiendo una zona de calado de unos 4 metros para realizar el fondeo, los arrecifes no sobrepasan los 2 metros.

Por otro lado, las estructuras serán situadas sobre un lecho marino de características arenosas evitando las zonas de roquedales y zonas de limos, ya que en el primer caso sería instalar un arrecife artificial donde ya hay otro natural más productivo desde el punto de vista biológico, y en el segundo se podría soterrar la estructura.

En cuanto a la distribución en planta de los módulos, se pretende generar una barrera que sirva de abrigo para la playa. Los arrecifes se distribuyen en un frente de unos 100 metros de largo a un calado de unos 5 metros.

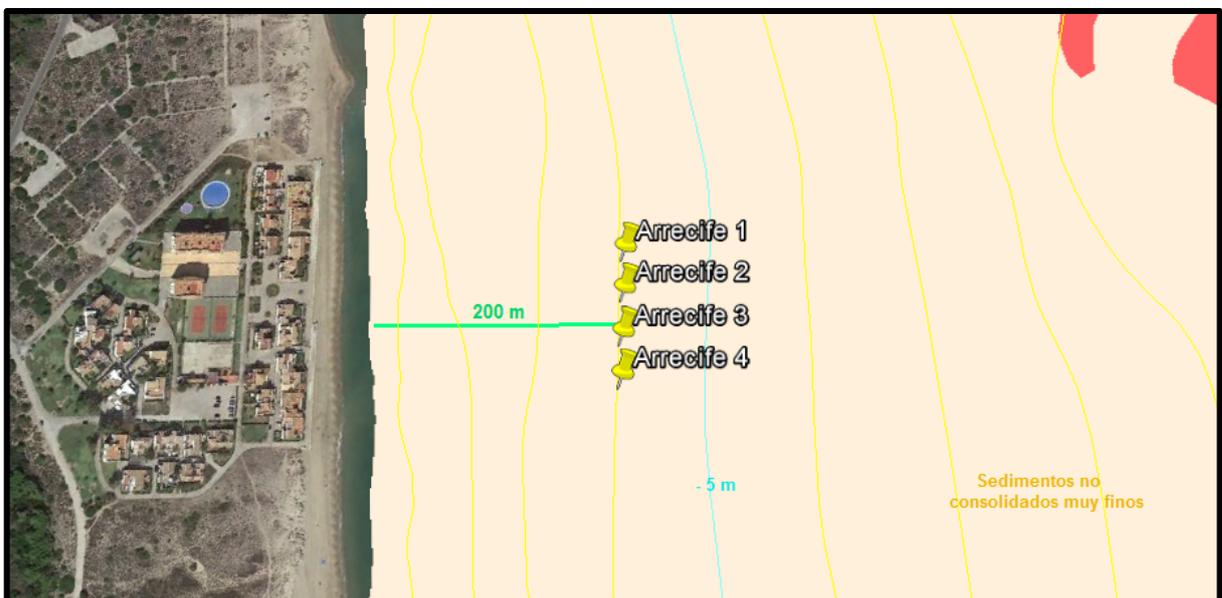


Imagen 12. Zona de fondeo.



**Imagen 13.** Situación del conjunto a colocar de los arrecifes 1, 2, 3 y 4.

## 4. Diseño de los arrecifes

Los arrecifes diseñados para la playa de la Garrofera se tratan de estructuras mixtas. Las estructuras mixtas se caracterizan por tener una doble funcionalidad. Por un lado poseen una función protectora ya que son indicadas para regenerar las playas, generando un abrigo y así reduciendo el transporte de sólidos. Por otro lado, estas estructuras tienen una función reproductora ya que tienen por finalidad el desarrollo y regeneración de la fauna marina, favoreciendo la repoblación, puesta y reproducción de las diferentes especies que lo colonicen.

El material básico para la construcción de estas estructuras es el hormigón, ya que no presenta elementos contaminantes y contiene una textura adecuada para la fijación de organismos sésiles.

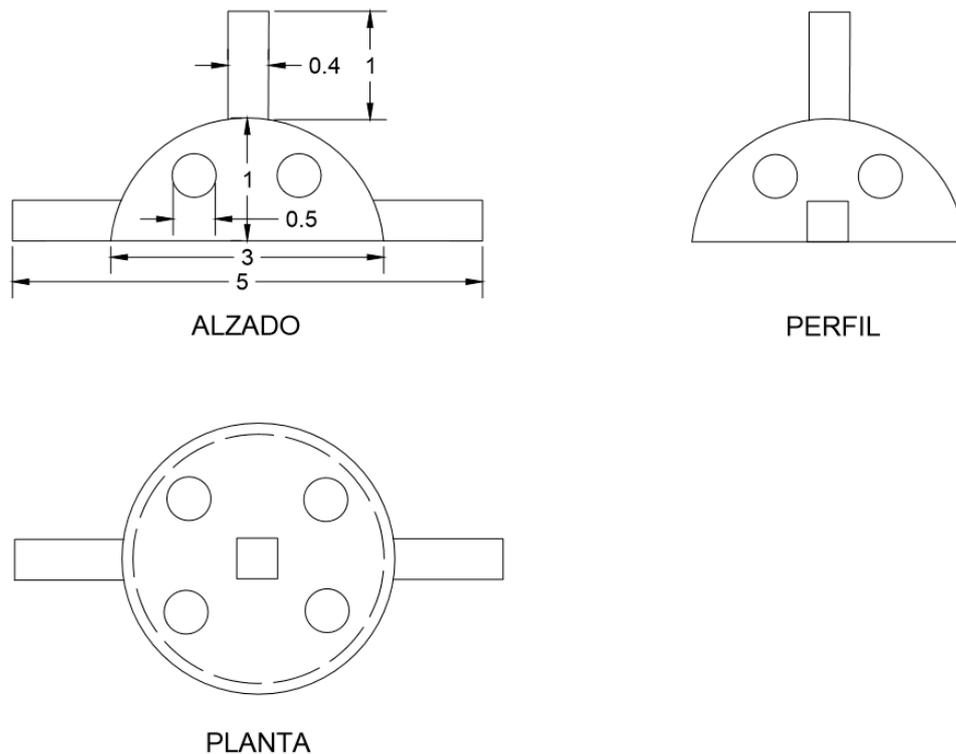
A continuación se detallan cuatro elementos diseñados para ser empleados sobre la costa de la playa de la Garrofera. Todos ellos se tratan de arrecifes mixtos, contruidos de hormigón armado, con unas dimensiones óptimas para adaptarse a la zona de fondeo.

#### 4.1. Arrecife 1

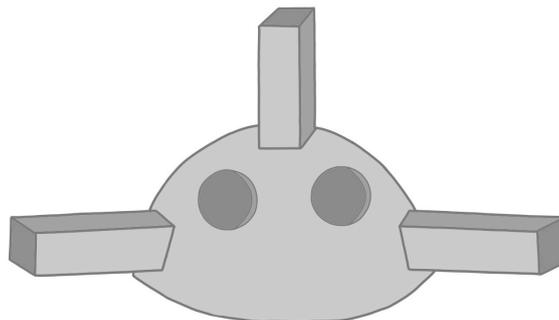
Construido en hormigón armado, con una densidad de  $2,7 \text{ t/m}^3$ . Se trata de un elemento semiesférico de 1,5 m de radio y 1 m de altura.

Presenta cuatro cavidades esféricas de 0,25 m de radio repartidas equitativamente sobre la semiesfera y tres salientes formando paralelogramos rectangulares, uno sobre la parte superior del semicírculo y los otros dos restantes enfrentados sobre la base, de dimensiones  $0,4 \times 0,4 \times 1 \text{ m}$ .

El peso es de 20 t y el volumen de  $7 \text{ m}^3$ .



**Imagen 14.** Plano del Arrecife 1. Unidades establecidas en metros.



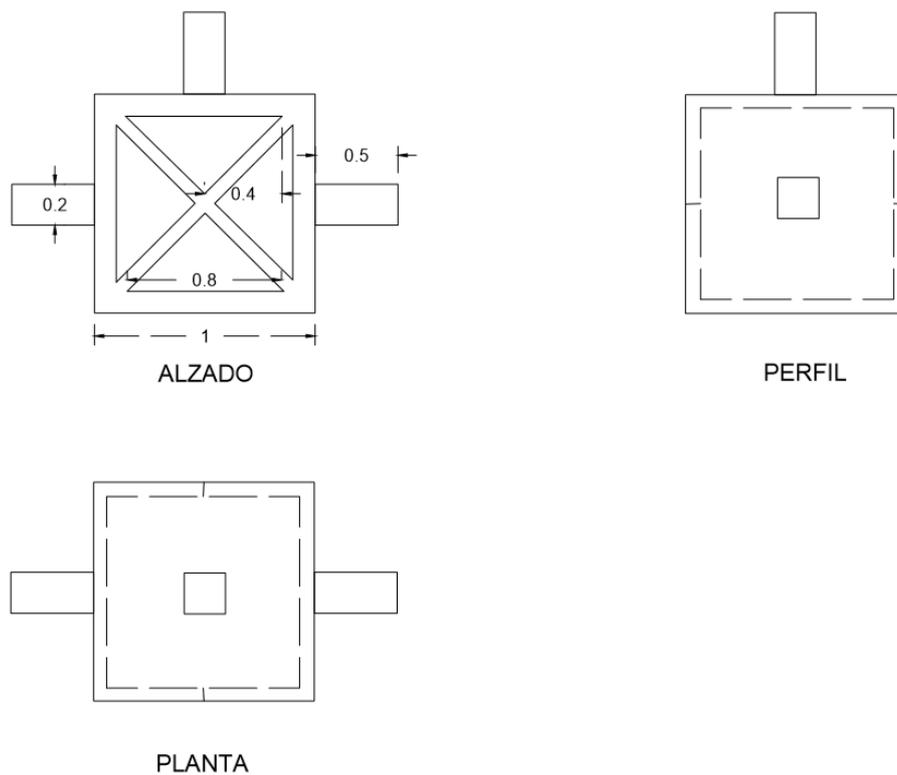
**Imagen 15.** Módulo completo.

## 4.2. Arrecife 2

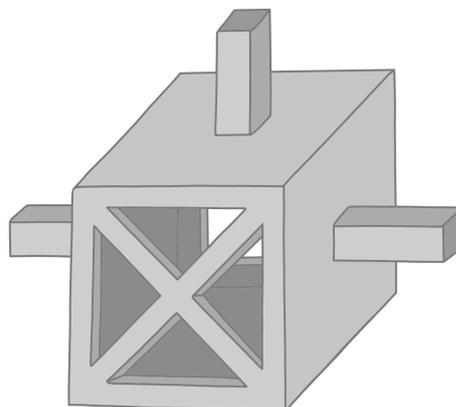
Construido en hormigón armado, con una densidad de  $2,7 \text{ t/m}^3$ . Se trata de un elemento paralelepípedo de dimensiones  $1 \times 1 \times 1 \text{ m}$ .

Presenta cuatro cavidades triangulares de dimensiones  $0,4 \times 0,4 \times 0,8 \text{ m}$  en dos de sus caras frontales y tres salientes formando paralelogramos rectangulares en sus tres caras restantes de  $0,2 \times 0,2 \times 0,5 \text{ m}$ .

El peso es de  $3 \text{ t}$  y el volumen de  $1,06 \text{ m}^3$ .



**Imagen 16.** Plano del Arrecife 2. Unidades establecidas en metros.



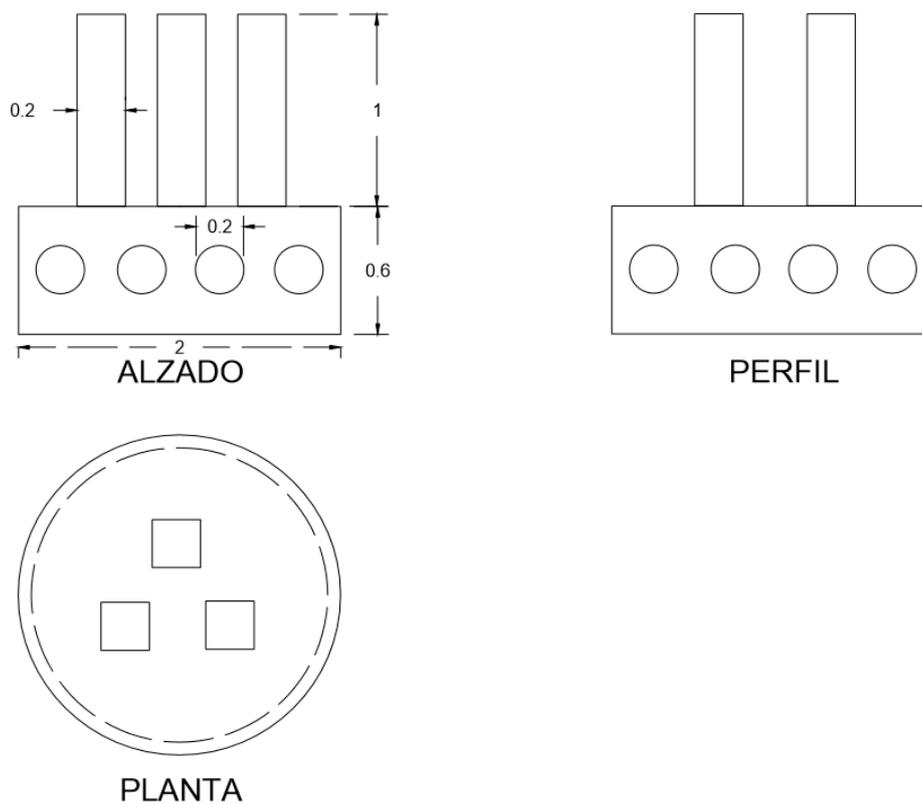
**Imagen 17.** Módulo completo.

### 4.3. Arrecife 3

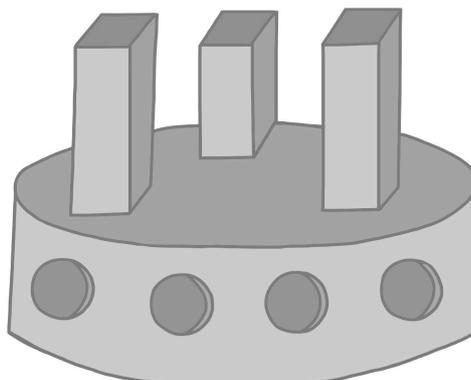
Construido en hormigón armado, con una densidad de  $2,7 \text{ t/m}^3$ . Se trata de un elemento cilíndrico como base de 1 m de radio y 0,6 m de altura.

Presenta ocho cavidades esféricas de 0,1 m de radio repartidas equitativamente sobre la base y tres salientes formando paralelogramos rectangulares, dispuestos sobre la superficie de la base de forma triangular, de dimensiones  $0,2 \times 0,2 \times 1 \text{ m}$ .

El peso es de 5,5 t y el volumen de  $2 \text{ m}^3$ .



**Imagen 18.** Plano del Arrecife 3. Unidades establecidas en metros.



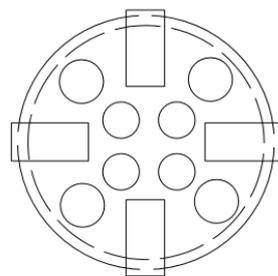
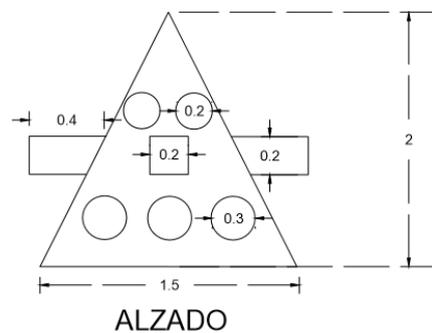
**Imagen 19.** Módulo completo.

#### 4.4. Arrecife 4

Construido en hormigón armado, con una densidad de  $2,7 \text{ t/m}^3$ . Se trata de un elemento cónico de  $0,75 \text{ m}$  de radio y  $2 \text{ m}$  de altura.

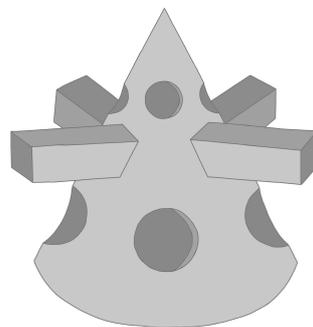
Presenta doce cavidades esféricas. Las cuatro cavidades dispuestas en la parte superior presentan un radio de  $0,1 \text{ m}$  y las cavidades situadas en la parte inferior restantes presentan un radio de  $0,15 \text{ m}$ . Por otro lado, presenta cuatro salientes formando paralelogramos rectangulares, dispuestos sobre la zona céntrica de la base, de dimensiones  $0,2 \times 0,2 \times 0,4 \text{ m}$ .

El peso es de  $3,5 \text{ t}$  y el volumen de  $1,5 \text{ m}^3$ .



PLANTA

**Imagen 20.** Plano del Arrecife 4. Unidades establecidas en metros.



**Imagen 21.** Módulo completo.

## 5. Instalación y fondeo

Una vez construidas las estructuras, éstas son transportadas mediante camiones a el Puerto de Valencia donde se sumergirán durante varios meses para ir generando un hábitat marino. Una vez transcurrido este tiempo, los arrecifes serán reflotados mediante globos de aire y trasladados 7 km hasta la zona de fondeo frente a la playa de la Garrofera. Teniendo en cuenta el tonelaje de cada arrecife se emplearán hasta cuatro globos de aire para poder reflotarlos.

Para realizar correctamente el fondeo de las estructuras, es necesario que los arrecifes se instalen con la máxima precisión mediante el uso de un sistema de posicionamiento global mediante satélites (GPS).

Cuando las estructuras están situadas sobre su correcta coordenada, se procede a su fondeo. Para ello se emplea el sistema de caída libre, desinflando los globos de aire y guiado por buceadores hasta situarse correctamente sobre el sustrato.



**Imagen 22.** Globos de aire empleados para el traslado de las estructuras.

## **6. Seguimiento biológico**

El objetivo de un seguimiento biológico es realizar inspecciones genéricas para evaluar los efectos de los arrecifes instalados sobre el fondo marino.

En la zona de fondeo no existe ningún tipo de hábitat marino, solamente presenta arenas. Con la integración de los arrecifes sobre este sustrato, se pretende que las estructuras sean colonizadas en primer lugar por algas y posteriormente por peces creando finalmente un ecosistema sobre las estructuras fondeadas. De tal modo, se debe llevar a cabo una inspección visual de cada una de las estructuras fondeadas identificando todas las especies de peces y todos los macroinvertebrados y algas presentes en los arrecifes y en sus proximidades. Igualmente se anota si hay daños en los arrecifes. Por último es adecuado tomar fotografías siempre que las condiciones de visibilidad y corriente lo permitan.

De tal modo, en un año aproximadamente se podrán observar los cambios biológicos presentes sobre las estructuras. Por otro lado, en el caso de la función protectora de los arrecifes, es más complejo realizar un seguimiento ya que los temporales marinos son muy diversos y se presentan con diferentes direcciones y magnitudes. Por lo que se necesitará un periodo de tiempo más extenso para poder observar los efectos de las estructuras sobre la línea de costa.

El seguimiento biológico se desarrolla durante cinco años, realizando una inmersión cada dos meses.

## **7. Factores económicos**

El factor económico principal que hay que tener en cuenta es la fabricación de los cuatro módulos. Se ha presupuestado unos 1.000 euros por módulo ascendiendo a un total de 4.000 euros.

Otro factor a considerar es el transporte y carga de los módulos mediante camiones y grúas. El alquiler de éstos hace un total de 3.000 euros.

Por otro lado, hay que tener en cuenta la estiba y fondeo de los módulos. La adquisición de los globos de aire necesarios para el reflote de los arrecifes más el alquiler de la embarcación hacen un total de 4.000 euros.

A continuación hay que tener en cuenta el personal contratado, así como los buzos necesarios para la instalación de los módulos. La contratación del personal asciende a 6.000 euros.

Finalmente hay que tener en cuenta otros gastos varios como la disposición de espacios para el manejo de los arrecifes como lo es el puerto de Valencia y la participación de instituciones públicas. Todo esto asciende a 3.000 euros.

De tal modo, teniendo en cuenta todos los factores económicos, el presupuesto final asciende a 20.000 euros.

## **8. Conclusiones**

Mediante la instalación de los arrecifes frente a la urbanización de la Casbah en la playa de la Garrofera, se disminuirá a largo plazo la regresión de la playa así como se fomentará el desarrollo de especies marinas y se generará un atractivo turístico.

Puesto que el sustrato de la zona está compuesto por arenas finas y no presenta ningún hábitat significativo, la instalación de los módulos sobre este sustrato no generará ningún tipo de daño ambiental. Al contrario, fomentará el crecimiento de la biodiversidad en la zona.

De tal modo, la instalación de los arrecifes artificiales acarrea diversos aspectos ambientales y sociales positivos sobre la playa de la Garrofera sin generar ningún tipo de impacto negativo. Por lo que después del estudio realizado, se puede comprobar la viabilidad del proyecto.

## 9. Bibliografía

- Convenio de Barcelona. (2015). Unión Europea. Consultada el 25 de abril de 2015, en <http://www.europa.eu/>
- Ecocartografías. (2013). Ecocartografías. Consultado el 11 de mayo de 2015, en <http://www.ecocartografias.com>
- Gayo, José Luis. (1998). Arrecifes artificiales: estructuras llenas de vida. *Informes de la Construcción*, 50 (458), 5 – 16.
- London Convention. (1015). International Maritime Organization. Consultada el 30 de abril de 2015, en <http://www.imo.org/>
- Ministerio de Medio Ambiente. (2007). *Estudio ecocartográfico del litoral de las provincias de Alicante y Valencia*. España: Ministerio de Medio Ambiente.
- Ministerio de Medio Ambiente. (2008). *Guía metodológica para la instalación de arrecifes artificiales*. España: Ministerio de Medio Ambiente.
- OSPAR Convention. (2015). OSPAR Commission. Consultada el 25 de abril de 2015, en <http://www.ospar.org/>
- Puertos del Estado. (2015). Puertos del Estado. Consultado el 7 de mayo de 2015, en <http://www.puertos.es>
- WWF/Adena. (2002). *El litoral mediterráneo: importancia, diagnóstico y conservación*. Madrid: WWF/Adena.

## Anejo 1. Definición de los arrecifes artificiales

Dentro de los convenios sobre protección del medio marino de los que España forma parte, el convenio OSPAR y el convenio de Barcelona, definen a los arrecifes artificiales como: *“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”*.

### Tipos de arrecifes artificiales:

- **Estructuras de protección:** son bloques normalmente de hormigón acompañados por estructuras anexas que le dan una complejidad mayor para un determinado fin. Normalmente estos elementos son vigas de acero o de hormigón que atraviesan los bloques en sentido vertical y horizontal, de modo que le dan más estabilidad a los bloques en el fondo marino y consiguen la finalidad defensiva para la que son diseñados. Se trata, por tanto, de estructuras específicamente diseñadas para disuadir a los buques pesqueros que utilizan técnicas de arrastre a profundidades o sobre fondos no permitidos.



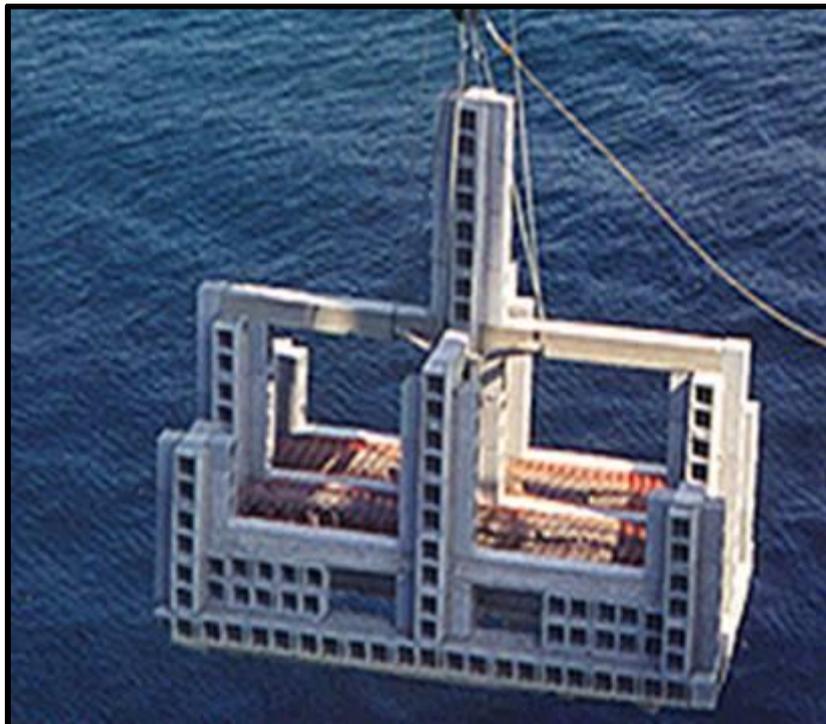
**Imagen 23.** Diseño de arrecife de protección.

- **Estructuras de reproducción:** son módulos usados con fines productivos, por lo que están compuestos por numerosas cavidades cuya finalidad es que los organismos (flora y fauna) colonicen su superficie de la manera más eficiente posible con el fin de albergar la máxima biodiversidad.



**Imagen 24.** Diseño de arrecife de reproducción.

- **Estructuras mixtas:** se trata de estructuras que conjuntan las cualidades de los dos anteriores, actuando como protector-reproductor.



**Imagen 25.** Diseño de arrecife mixto.

## Anejo 2. Marco normativo

Dentro del ámbito de la normativa española, cabe distinguir los ámbitos de competencia de la Administración General del Estado y de cada Comunidad Autónoma necesarios para consultar y realizar cualquier proyecto sobre arrecifes artificiales.

1. **Ámbito competencial del Ministerio de Medio Ambiente:**
  - 1.1. Legislación en materia de Costas
  - 1.2. Legislación en materia de evaluación ambiental
  - 1.3. Normativa en materia de política de aguas
  - 1.4. Legislación en materia de Protección de la Naturaleza
  
2. **Ámbito competencial del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación:**
  - 2.1. Ley de Pesca Marítima del Estado
  
3. **Ámbito competencial de las Comunidades Autónomas:**
  - 3.1. C.A. de Asturias
  - 3.2. C.A. de Cataluña
  - 3.3. C.A. de Galicia
  - 3.4. C.A. de País Vasco
  - 3.5. C.A. de Andalucía (Ley de Ordenación, Fomento y Control de la Pesca marítima, el Marisqueo y la Acuicultura Marina de Andalucía)
  - 3.6. C.A. de Baleares (Decreto de protección de los recursos marinos de la Comunidad Autónoma de las Illes Balears)
  - 3.7. C.A. de Canarias (Ley de Ordenación, Fomento y Control de la Pesca marítima, el Marisqueo y la Acuicultura Marina de Canarias)
  - 3.8. C.A. de Comunidad Valenciana (Ley de la Generalitat Valenciana de pesca marítima de la Comunidad Valenciana)

Cabe destacar que los arrecifes artificiales no cuentan con una normativa básica que recoja todo el espectro de posibles usos y finalidades bajo los que pueden ser concebidos.

La legislación pesquera estatal sí que especifica estas instalaciones, definiéndolas y reglamentándolas. Esta normativa está dirigida a la regulación de la pesca en aguas exteriores, ya que en el caso de las interiores, el órgano competente pasa a ser la Comunidad Autónoma correspondiente.

## **Criterios Internacionales para la instalación de Arrecifes**

### **Convenio de Londres**

El “Convenio sobre la prevención de la contaminación del mar por vertimiento de desechos y otras materias 1972”, de forma abreviada “Convenio de Londres”, es uno de los Convenios mundiales más antiguos para la protección del medio marino respecto de las actividades humanas y está en vigor desde 1975. Su finalidad es promover el control efectivo de todas las fuentes de contaminación del medio marino y la adopción de todas las medidas posibles para impedir la contaminación del mar por vertimiento de desechos y otras materias. En la actualidad son 81 los Estados Parte en el Convenio, entre ellos España.

En 1996 se aprobó el “Protocolo relativo al Convenio de Londres”, con el objetivo de modernizar el Convenio y en su momento sustituirlo. De conformidad con este Protocolo se establece la denominada “lista inversa”, es decir, se prohíbe el vertimiento al mar de todos los desechos con la única excepción de los que se incluyen en tal lista y que son:

1. Materiales de dragado.
2. Fangos de depuradora.
3. Desechos de pescado.
4. Buques y plataformas.
5. Materiales geológicos inorgánicos inertes.
6. Materiales orgánicos de origen natural.
7. Objetos voluminosos constituidos principalmente por hierro, acero y hormigón, en los casos de que exista dificultad de espacio para su gestión en tierra.

El Protocolo de 1996, ratificado por España en Marzo de 1999, y del que en la actualidad forman parte, además de nuestro país otras 27 Partes Contratantes, entró en vigor en marzo de 2006.

## **Convenio OSPAR**

El Convenio OSPAR para la Protección del Medio Ambiente Marino del Atlántico Nordeste, firmado en París el 22 de septiembre de 1992, tiene como objeto principal prevenir y suprimir la contaminación así como proteger la zona marítima de los efectos dañinos de las actividades humanas. Este convenio entró en vigor el 25 de marzo de 1998, y España, como parte contratante del mismo, ha de adoptar las medidas necesarias para alcanzar los objetivos perseguidos en el convenio.

El ámbito de aplicación del Convenio OSPAR se divide en cinco estrategias: prevención y eliminación de la contaminación producida por vertidos de sustancias peligrosas, eutrofización de las aguas marinas, vertidos de sustancias radioactivas, vertidos desde instalaciones industriales en mar abierto, y la protección y conservación de los ecosistemas y la diversidad biológica. A estas estrategias se añade un Programa de vigilancia y evaluación del medio marino.

El órgano ejecutivo del Convenio es la Comisión OSPAR, que cada año discute y aprueba, por unanimidad o por mayoría de tres cuartos de las partes contratantes, una serie de decisiones y recomendaciones.

Las partes contratantes del Convenio OSPAR, se comprometen a adoptar todas las medidas posibles a fin de prevenir y eliminar la contaminación y proteger la zona marítima de los efectos dañinos de las actividades humanas. Se pretende así proteger la salud humana, preservar los ecosistemas marinos y, a ser posible, recuperar las zonas marinas que hayan sido perjudicadas por la actividad antropogénica. Por un lado se adoptan programas y medidas, ya sea por separado o en conjunto, y por otro, se procura armonizar las políticas y estrategias de cada una de las partes contratantes. Asimismo, éstas deben basarse en dos principios fundamentales para cumplir sus obligaciones: el principio de precaución y el principio de quien contamina paga. Los programas adoptados en el Convenio han de tener en cuenta los últimos avances técnicos realizados y las mejores prácticas ecológicas y por supuesto, en ningún caso han de aumentar la contaminación fuera de la zona marítima o en otras partes del entorno.

Dentro del Anejo 2 del propio Convenio se prohíbe el vertido al mar de todos los desechos u otros materiales, excepto los siguientes:

1. Material dragado.
2. 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.
3. Lodos de aguas residuales hasta el 31 de diciembre de 1998.
4. Desechos de pescado de las industrias pesqueras.
5. Buques o aeronaves hasta, a más tardar, el 31 de diciembre del 2004.

También en el mismo Anejo se establece que *“No se colocarán materiales en la zona marítima con fines distintos de aquellos para los que fueron diseñados o construidos originalmente sin autorización o reglamentación de la autoridad competente de la Parte Contratante correspondiente. Dicha autorización o reglamentación será acorde con los correspondientes criterios, directrices y procedimientos aplicables adoptados por la Comisión”*.

### **Convenio de Barcelona**

España también es parte contratante, junto con otros 20 países mediterráneos y la Comisión Europea del Convenio para la Protección del Mar Mediterráneo contra la Contaminación, Convenio Barcelona, firmado en 1976 y modificado en 1995. El objetivo principal de este convenio es la reducción de la contaminación en la zona del mar Mediterráneo y la protección y mejora del entorno marino de esa zona para contribuir a su desarrollo sostenible.

Al Convenio de Barcelona se han anexionado seis Protocolos:

- Protocolo sobre prevención y eliminación de la contaminación del mar Mediterráneo causada por vertidos desde buques y aeronaves o la incineración en el mar (Barcelona, 1976; enmendado en 1995).
- Protocolo sobre la protección del Mar Mediterráneo contra la contaminación causada por fuentes y actividades situadas en tierra (1980, Atenas; enmendado en 1996).
- Protocolo sobre las zonas especialmente protegidas y la diversidad biológica en el Mediterráneo (1982, Ginebra; nuevo protocolo firmado en Barcelona en 1995).
- Protocolo para la protección del mar Mediterráneo contra la contaminación resultante de la exploración y explotación de la plataforma continental, el fondo

del mar y su subsuelo (1994, Madrid).

- Protocolo sobre la prevención de la contaminación del mar Mediterráneo causada por los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación (1996, Esmirna).
- Protocolo sobre cooperación para prevenir la contaminación por los buques y, en situaciones de emergencia combatir la contaminación del mar Mediterráneo. (1976, Barcelona; nuevo protocolo firmado en Malta en 2002).

El Convenio y sus Protocolos conexos fueron revisados en profundidad en 1995, a raíz de la experiencia acumulada y de los compromisos adquiridos en la Conferencia de Río de 1992. El nuevo Convenio enmendado, que pasó a llamarse Convenio para la protección del medio marino y de la región costera del Mediterráneo, tiene como objetivo último evitar, reducir, combatir y eliminar la contaminación en el mar Mediterráneo, así como proteger y mejorar el medio en su ámbito territorial de aplicación y contribuir al desarrollo sostenible en los países ribereños. Las Enmiendas hechas en Barcelona el 10 de junio de 1995, entraron en vigor de forma general el 9 de julio de 2004.

En particular, el Convenio de Barcelona se centra en cuatro formas de contaminación: la contaminación causada por los vertidos de buques y aeronaves, la contaminación causada por vertidos accidentales desde buques, la contaminación derivada de la exploración y explotación de la plataforma continental, del fondo del mar y de su subsuelo, y la contaminación de origen terrestre.

Con vistas a reducir o eliminar los daños derivados de la contaminación en la zona del mar Mediterráneo, se ha establecido un mecanismo de cooperación e información entre las diferentes partes contratantes, en caso de situaciones de emergencia. Asimismo, las partes contratantes han de procurar crear un sistema de vigilancia continua de la contaminación.

Es necesaria una cooperación entre las partes contratantes en los ámbitos de la ciencia y la tecnología y la elaboración de procedimientos adecuados para la determinación de responsabilidades y la reparación de los daños causados por la contaminación como consecuencia del incumplimiento de las estipulaciones del Convenio.

En lo que se refiere al protocolo de vertidos, se establece la prohibición del vertido de desechos u otras materias, con excepción de:

1. Materiales de dragado.
2. Desechos de la pesca o de otros materiales orgánicos resultantes del procesamiento del pescado y otros organismos marinos.
3. Buques, hasta el 31 de diciembre del año 2000.
4. Plataformas y otras estructuras artificiales en el mar, a condición de que se hayan retirado en la mayor medida de lo posible los materiales capaces de crear detritos u otras materias flotantes que contribuyen a la contaminación del medio marino, sin perjuicio de lo dispuesto en el Protocolo para la protección del Mar Mediterráneo contra la contaminación generada por la exploración y explotación de la plataforma continental y del lecho marino
5. Los materiales geológicos inertes no contaminados cuyos componentes químicos es poco probable que se liberen al medio marino.

En el Artículo 3 del protocolo de vertidos, se establece que no se entenderá como tal *"la colocación de materiales con un propósito diferente a su mero abandono, siempre y cuando dicha colocación no sea contraria a los objetivos del mencionado Protocolo"*.

## **Anejo 3. Efectos ambientales de los arrecifes**

### **Efectos ambientales asociados al medio atmosférico**

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. 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.

### **Efectos ambientales asociados al medio terrestre**

Dependiendo del lugar donde se ubiquen estas estructuras y su densidad de distribución, la presencia de las mismas pueden llegar a ocasionar modificaciones en el sistema local de corrientes, lo que puede incidir en la deriva litoral y el transporte sedimentario de la zona y, por consiguiente, en los perfiles y plantas de los cordones arenosos próximos. No obstante, en la mayoría de los casos y tipologías de arrecifes, estas incidencias o bien no llegan a manifestarse o de producirse lo harán de forma irrelevante. Estos efectos pueden ser notables cuando se trata de la instalación de grandes estructuras como el fondeo de grandes barcos a una distancia reducida de la costa o en profundidades donde la relación entre la altura del objeto sumergido respecto a la profundidad de instalación y su extensión en planta sea capaz de alterar la forma de propagación del frente de oleaje.

## **Efectos ambientales asociados al medio terrestre**

### Calidad del agua

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 producirá una resuspensión de los sedimentos, que en el caso de contener agentes contaminantes pasarían a la columna de agua. También debe tenerse presente la contaminación que puede llegar a producirse por derrames accidentales de lubricantes y/o combustibles de las embarcaciones encargadas de las labores de traslado y fondeo de las estructuras que componen el arrecife. Por último es necesario reseñar la posibilidad de que los propios materiales que constituyen el arrecife puedan liberar al medio, sustancias indeseadas. Aunque se limite a aquellos a los que se les presuma carácter inerte, todos los materiales están sujetos a una cierta degradabilidad física, química y biológica.

### Calidad del sustrato

La resuspensión de sedimentos que tiene lugar durante la fase de obra podría liberar ciertos contaminantes atrapados en las capas profundas del sedimento, que quedarían incorporados en la columna de agua, bien en fase disuelta, bien en fase particulada, depositándose, en este último caso, en los alrededores de la zona de instalación. Esto puede llegar a modificar la carga contaminante de sedimentos próximos, aumentando e incorporando en superficie estos agentes no deseables. No obstante, los sedimentos contaminados suelen presentar un gradiente espacial negativo de contaminación a medida que aumenta la distancia al foco de contaminación o vertido, por lo que la resedimentación de los agentes contaminantes se producirá sobre sedimentos ya contaminados, esperándose, en el peor de los casos, un aumento poco significativo en la concentración de los mismos, no siendo habitual la contaminación de zonas limpias.

### Comunidades bentónicas y pelágicas

Los arrecifes artificiales en general pueden proporcionar refugio y alimento a muchas especies tanto bentónicas como pelágicas, además de zonas de cría, de desove, etc. No obstante, estos efectos dependen en buena medida del diseño y materiales utilizados para la construcción del arrecife. En este sentido, los de escollera y los

módulos de producción, presentan una relación superficie/volumen muy superior, además de muchas más cavidades que los verticales o los de geocontenedores. Esto implica una mayor superficie útil para la fijación de las especies colonizadoras y una mayor capacidad para la generación de zonas de refugio para las diferentes especies. Adicionalmente, la textura del material que constituye el arrecife artificial también influirá en la cantidad y tipo de organismos que pueden colonizarlo, prefiriendo, en general, asentarse sobre materiales naturales que sobre texturas demasiado lisas y desnaturalizadas.

### **Efectos ambientales asociados al medio social**

Cualquier actividad que se desarrolle en una comarca generará una serie de beneficios empresariales que se centrarán, mayoritariamente, en el sector servicios y, en la mayor parte de los casos, vinculados a la fase de instalación. El hecho de necesitar una infraestructura básica para el fondeo de las estructura conlleva la obtención de beneficios empresariales a sectores que ofertan determinados servicios (embarcaciones, grúas, elementos de construcción, etc.), lo que se traducirá indirectamente en beneficios sobre otros encargados de ofrecer el debido mantenimiento sobre los primeros. No obstante, todo ello debe ser considerado en su justa medida, teniendo presente, en cualquier caso, la temporalidad y especificidad de la actividad en cuestión.

### **Efectos ambientales asociados al medio económico**

La presencia de arrecifes artificiales, sean de la tipología que sea, supondrán una mejora o una merma de la actividad pesquera según el arte utilizado. Normalmente, las artes artesanales pueden llegar a beneficiarse de la presencia de estas estructuras ya que las características intrínsecas de las mismas permiten su calado en las proximidades de estos arrecifes, los cuales suelen atraer a especies comerciales. Sin embargo, puede llegar a resultar un impedimento para que determinadas artes puedan operar con normalidad, caso de la pesca de arrastre, e incluso se diseñan arrecifes con objeto de impedir o limitar el uso de las mismas en determinadas zonas en las que se pretenden proteger los fondos marinos. Los arrecifes artificiales de protección también afectan a la mejora de los recursos y sus usos sin producir alteraciones significativas del comportamiento de las poblaciones.

Por otra parte, ciertos arrecifes de producción no adecuadamente diseñados que actúen únicamente como arrecifes de concentración, pueden generar problemas a la actividad pesquera en las zonas circundantes. Si a ello se une una nula o mala planificación y control de la actividad, que permita la sobreexplotación en la zona del arrecife, las consecuencias pueden llegar a ser muy negativas tanto para la actividad como para los recursos.

El aumento de espacios de ocio y esparcimiento llevará consigo un aumento de la demanda turística de la comarca ya que suele atraer a visitantes ocasionales o de temporada que buscan la actividad promovida por la instalación de estas estructuras.

### **Efectos ambientales sobre infraestructuras y otros usos**

De forma general, la instalación de arrecifes artificiales puede llegar a generar interferencias sobre infraestructuras ubicadas con carácter previo en el lugar. Claro ejemplo de ello serían aquellos emisarios, aliviaderos o cableado submarino que pudieran solapar con la zona de emplazamiento del arrecife, pudiendo resultar dañados durante la fase de obra del mismo. La solución a este problema es relativamente sencilla, debiéndose desarrollar un estudio previo de cartografiado de todas estas infraestructuras, para así proyectar un desarrollo constructivo que salvaguarde en cualquier caso la incidencia sobre ellas.

Los arrecifes artificiales suelen instalarse generalmente en aguas someras y con una cota de coronación bastante cercana a la superficie, para poder lograr su objetivo, ya sea el de disipar la energía del oleaje, el de mejorar la producción, el de proteger, etc. Por lo tanto, si se instalan en aguas navegables, pueden suponer un riesgo significativo para la navegación, mayor éste cuanto más transitadas sean esas aguas. Por ello, la solución al mismo radica, de la misma forma que en el caso anterior, en contemplar previo a la instalación del arrecife artificial la incidencia sobre las rutas navegables, procediéndose, en el caso que exista proximidad a alguna de ella, a su correcto balizado siguiendo la normativa internacional de señalización y seguridad marítima.

### **Efectos ambientales asociados al medio histórico y cultural**

Las incidencias que pueden llegar a manifestarse sobre el patrimonio histórico derivado de la instalación de arrecifes artificiales se centrarán mayoritariamente durante la fase de obra. Así, de forma general, cualquier actuación que conlleve el fondeo de estructuras, movimientos de áridos, etc., sobre el lecho marino lleva aparejada la potencialidad de incidir sobre posibles yacimientos arqueológicos presentes en el emplazamiento en cuestión. Todas estas acciones pueden suponer modificaciones estratigráfica y estructural de los registros arqueológicos, e impedir el acceso total o parcial al yacimiento, con la consiguiente pérdida de su potencial científico y sociocultural. No obstante, siempre que se traten de yacimientos catalogados su afectación puede ser evitada con un correcto estudio del estado preoperacional, el problema puede aparecer para aquellos restos arqueológicos sin catalogación previa. Por ello, sería conveniente, previo a la instalación del arrecife, realizar una prospección superficial del entorno receptor, entendido este no solo como el lugar de emplazamiento definitivo sino como toda el área de influencia de la estructura instalada (debe contemplarse las zonas de posibles aterramientos o erosiones).

## Anejo 4. Dinámica litoral

La situación predominante en la costa mediterránea es de erosión. En la Costa Brava el proceso es puntual, mientras que en toda la zona levantina es donde se dan los procesos erosivos más pronunciados de todo el litoral, con pérdidas anuales de hasta 1-2 metros de playa en la provincia de Castellón.

La principal causa de la erosión de nuestras costas es la interrupción del transporte de sedimentos debido a:

- Construcción de instalaciones portuarias —casi todas ganadas al mar—, provocando la acumulación de arena aguas arriba y la erosión aguas abajo (caso de los puertos de Burriana, Sagunto, Castellón, Valencia, Gandía, Mataró y todo el Maresme).
- Regulación de grandes cursos fluviales (Delta del Ebro y embalses de Robarroja y Mequinenza).
- Excesiva urbanización de la costa, sobre todo en primera línea, que rompe las variaciones perpendiculares de la playa (ejemplos en todo el litoral).

El fenómeno erosivo afecta al sistema sedimentario de fondos arenosos (pradera de Posidonia, playa y duna) y supone no sólo un grave problema ambiental sino también económico ya que gran parte de la actividad turística está fundamentada sobre este recurso.

El problema se basa en que los procesos dinámicos que mantienen la morfología de las playas se han visto alterados al extraer de estos ecosistemas las arenas almacenadas en forma de dunas o al disminuir la llegada de aportes sólidos. La responsabilidad directa de la erosión de las playas tiene que ver con la intervención humana sobre la franja litoral. Las dunas han sido arrasadas en muchos lugares de nuestras costas para construir edificaciones en primera línea o bien para acondicionar el terreno para paseos marítimos. Esta situación se agrava por el déficit sedimentario que produce la existencia de los puertos (tanto comerciales como deportivos o pesqueros), que interrumpen el tránsito de las arenas que arrastran las corrientes de deriva impidiendo su llegada a las playas. De esta forma, grandes acumulaciones de arena quedan retenidas a barlomar de los espigones portuarios, produciéndose una importante erosión en las costas de sotamar para reequilibrar la corriente. Otra de las causas que se aducen para explicar la disminución en la llegada de aportes sólidos a

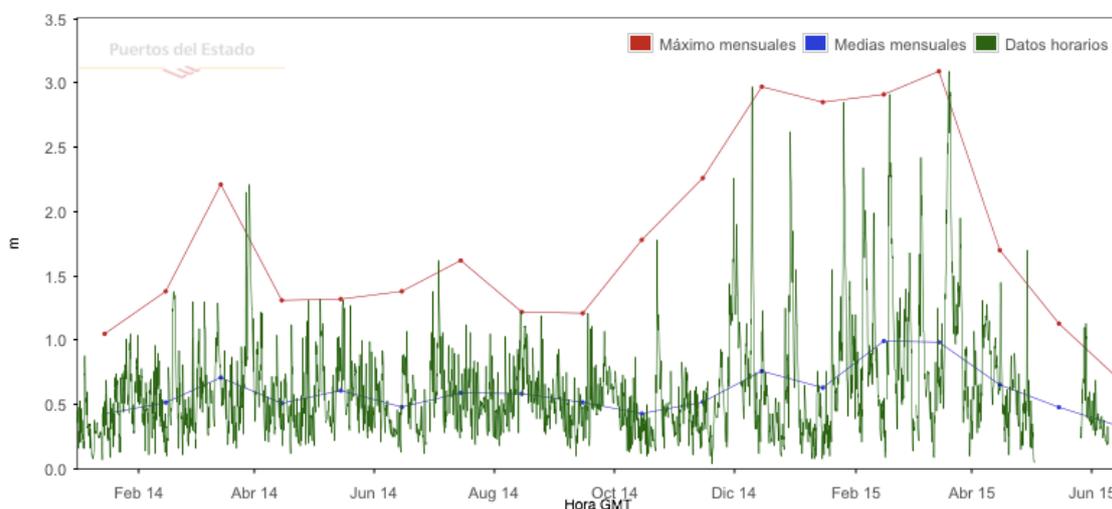
las playas es el menor volumen de aluviones aportados por los ríos, debido a la construcción de grandes presas para regular los caudales y almacenar agua.

Y todas estas alteraciones están afectando también a las praderas de Posidonia. Los espigones y rompeolas creados para evitar la erosión de las playas, actúan como barrera para las corrientes marinas, originando cambios en la intensidad y dirección de dichas corrientes. Estos cambios alteran la dinámica original de depósito y erosión de sedimentos en el litoral, enterrando o desgastando fondos en los que existen praderas de Posidonia oceánica debido a su localización geográfica y batimétrica.

La regeneración o creación de playas artificiales lleva consigo la construcción de rompeolas o espigones de protección. Por otra parte, la obtención de la arena necesaria para la playa se realiza en zonas poco profundas y, en muchas ocasiones, en lugares cercanos a praderas de Posidonia ya que en sus proximidades se depositan de forma natural importantes cantidades de arena. Los procesos de dragado y depósito de estas arenas, durante los trabajos en las playas, producen un aumento excesivo de sedimentos en suspensión en el agua que, al depositarse, entierran a las praderas. Además, la turbidez generada impide el paso de luz y dificulta la capacidad vital de la pradera.

## Anejo 5. Datos sobre oleaje y vientos

### Oleaje



Gráfica 1. Series temporales del oleaje. Punto SIMAR (2081112). Año 2014-2015.

EFICACIA 36.6% AÑO/YEAR 2015		Hs (m)											TOTAL	
		<= 0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	> 5.0		
calmas/calms		5.706											5.706	
Dir	N	00	0.706	1.411	0.617	---	---	---	---	---	---	---	---	2.734
	NE	45	5.557	14.907	8.556	4.322	1.852	1.235	0.176	---	---	---	---	36.606
	E	90	14.819	12.437	5.381	0.617	0.176	0.088	---	---	---	---	---	33.519
	SE	135	7.850	1.941	0.088	---	---	---	---	---	---	---	---	9.879
	S	180	0.441	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.441
	SW	225	1.676	0.176	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1.852
	W	270	4.410	2.470	0.265	---	---	---	---	---	---	---	---	7.145
	NW	315	0.529	1.500	0.088	---	---	---	---	---	---	---	---	2.117
<b>TOTAL</b>			35.989+ 5.706	34.842	14.995	4.940	2.029	1.323	0.176	---	---	---	---	<b>100%</b>

Tabla 1. Tabla anual del oleaje, Hs/Tp vs Dirección. Punto SIMAR (2081112). Año 2015.

EFICACIA: 87.83% AÑO/YEAR: 2005-2015		Tp (s)											TOTAL
		<=1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	>10.0	
Hs (m)	<=0.5	---	0.673	10.150	13.197	11.163	8.354	4.790	1.966	0.942	0.503	0.124	51.862
	1.0	---	0.007	1.902	7.224	6.274	5.364	5.367	4.347	3.206	1.732	0.907	36.330
	1.5	---	---	0.018	0.213	0.776	1.056	1.066	1.279	1.371	1.229	1.141	8.148
	2.0	---	---	---	0.004	0.096	0.291	0.376	0.244	0.326	0.386	0.694	2.416
	2.5	---	---	---	---	0.007	0.011	0.113	0.117	0.149	0.138	0.209	0.744
	3.0	---	---	---	---	---	---	0.011	0.078	0.096	0.081	0.060	0.326
	3.5	---	---	---	---	---	---	---	0.014	0.046	0.028	0.028	0.117
	4.0	---	---	---	---	---	---	---	0.004	0.014	0.004	0.011	0.032
	4.5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.007	0.014	0.021
	5.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.004	0.004
	> 5.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
<b>TOTAL</b>		---	0.680	12.070	20.636	18.316	15.074	11.723	8.049	6.150	4.110	3.192	100%

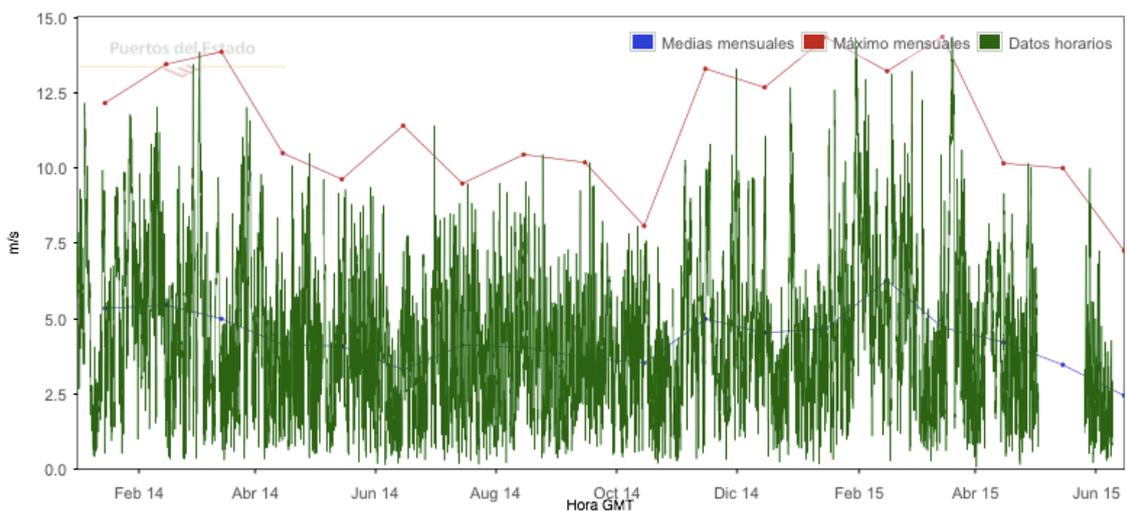
Tabla 2. Tabla del oleaje, Hs vs Tp. Punto SIMAR (2081112). Año 2005-2015.

<b>Hs:</b> Altura Significante de Oleaje/ <i>Waves Significant Height</i>	<b>metros/meters</b>
<b>Tp:</b> Periodo de Pico/ <i>Peak Period</i>	<b>segundos/seconds</b>
<b>Dir:</b> Direccion media de procedencia/ <i>Mean Direction, "coming from"</i>	<b>0= Norte/North; 90= Este/East</b>

Punto SIMAR 2081112 Año 2015 / SIMAR Point 2081112 Year 2015					
Mes/Month	Hs Max./Max. Hs	Tp	Dir	Dia/Day	Hora/Hour
Enero/January	2.8	13.5	56	25	16
Febrero/February	2.9	10.0	64	17	21
Marzo/March	3.1	8.0	56	20	02
Abril/April	1.7	4.5	93	28	20
Mayo/May	1.1	4.8	130	28	18
Junio/June	0.7	3.8	119	02	17

**Tabla 3.** Tabla del oleaje, altura máxima mensual. Punto SIMAR (2081112). Año 2015.

### Vientos



**Gráfica 2.** Series temporales del viento. Punto SIMAR (2081112). Año 2014-2015.

<b>Vm:</b> Intensidad del Viento Medio/ <i>Mean Wind Speed</i>	<b>m/s</b>
<b>Dir:</b> Direccion media de procedencia/ <i>Mean Direction, "coming from"</i>	<b>0= Norte/North; 90= Este/East</b>

Punto WANA 2081112 Año 2015 / 2081112 WANA Point, Year 2015				
Mes/Month	Vm Max./Max. Vm	Dir	Dia/Day	Hora/Hour
Enero/January	14.3	286	30	02
Febrero/February	13.2	321	27	11
Marzo/March	14.4	35	20	00
Abril/April	10.1	280	27	08
Mayo/May	10.0	135	28	17
Junio/June	7.2	122	02	15

**Tabla 4.** Tabla del viento, máximos por meses. Punto SIMAR (2081112). Año 2015.

## **Anejo 6. Características del sustrato**

Los fondos blandos o sedimentarios están formados por partículas sueltas, pudiendo ser éstas de diferente tamaño (cascajo, gravas, arenas gruesas, arenas finas, arenas fangosas, fangos...) y procedencia. A simple vista, su aspecto puede ser bastante monótono y empobrecido, ya que sobre su uniforme relieve se pueden observar muy pocas especies de vegetales y animales. Esta pobreza de organismos epibiontes (que viven sobre el sustrato) es debida a la gran inestabilidad de estos fondos, al estar sus partículas superficiales constantemente removidas por el oleaje o las corrientes. No ocurre lo mismo con los organismos endobiontes (viven enterrados en el sedimento) o con los que se pueden desplazar sobre el fondo. De tal forma, hay un reducido número de especies que pueden fijarse en este tipo de fondo y estabilizar el sustrato, permitiendo con ello la implantación de comunidades estructuralmente tan complejas como la de fondos duros.

Las condiciones ambientales que inciden sobre los organismos de los fondos blandos van a estar determinadas principalmente por el tamaño de las partículas que forman estos fondos sedimentarios, ya que de dicho tamaño depende la porosidad del sustrato que, a su vez, condicionará la renovación del agua intersticial y el espacio disponible para los organismos que viven en dichos sedimentos. El tamaño de las partículas vendrá determinado por el hidrodinamismo reinante en cada porción de litoral, encontrándose sedimentos gruesos (gravas, arenas) allí donde sea lo suficientemente importante para poder arrastrar las partículas finas mar adentro, mientras que aparecerán sedimentos finos (fangos) allí donde el hidrodinamismo sea escaso. Los fondos blandos de grano grueso están bien oxigenados, son pobres en materia orgánica y bacterias y ricos en organismos intersticiales, mientras que los de grano fino están mal oxigenados, son ricos en materia orgánica y pobres en organismos intersticiales.

En estos fondos, las algas dominantes son unicelulares, quedando las pluricelulares relegadas a ciertos fondos detriticos, donde pueden presentar un mayor o menor desarrollo. La fauna, en cambio, es muy diversificada y está compuesta mayoritariamente por especies endobiontes de muy diverso tamaño, cuyos mayores representantes son, principalmente, moluscos, poliquetos, crustáceos y equinodermos, y en menor medida, esponjas, cnidarios y peces. Fauna que está compuesta mayoritariamente por especies que se alimentan filtrando las partículas orgánicas que

hay en suspensión en el agua (filtradoras) o que lo hacen de las partículas orgánicas que hay en el sedimento (sedimentívoras). Estas últimas son más abundantes en los fondos de partículas finas, mientras que las filtradoras lo son en los de partículas más gruesas. Las especies carnívoras son relativamente escasas.

En la zona de estudio, se encuentra principalmente sedimentos muy finos y no se presentan poblaciones de *Posidonia oceánica* por lo que la biodiversidad presente es muy escasa debido a la pobreza del sustrato.