



**Marisma 21**  
-Gestión Integral del Medio Natural-

Antonio Jesús Rivero Reyes (Consultoría Ambiental Marisma 21)  
C/ Colegio Naval Sacramento nº16 1ºB , CP: 11.100 (San Fernando, Cádiz)  
NIF: 48974611k



**ESTUDIO BÁSICO DE DINÁMICA LITORAL  
Y ESTUDIO DE LOS EFECTOS DEL  
CAMBIO CLIMÁTICO PARA BAR-  
RESTAURANTE "LUCÍA (ROTA, CÁDIZ)**

**31/08/2018**



# ÍNDICE

## **0. RESUMEN**

## **1. INTRODUCCIÓN**

## **2. FASE I: EVALUACIÓN DE CAMBIOS EN LA DINÁMICA COSTERA EN EL ÁREA OBJETO DE ESTUDIO**

*2.1. Planteamiento del problema*

*2.2. Análisis y selección de las variables geofísicas relevantes para el cambio climático en la costa*

*2.3. Bases de datos*

*2.4. Análisis de tendencias de las series temporales*

## **3. FASE II: EVALUACIÓN DE EFECTOS EN LA COSTA DEL CAMBIO CLIMÁTICO**

*3.1. Efectos en los elementos del litoral*

*3.1.1. Efectos en las zonas del litoral objeto de estudio*

*3.2. Estudios de detalle*

## **4. ESTABLECIMIENTO DE DIRECTRICES Y ESTRATEGIAS**

*4.1. Análisis de la información existente*

*4.2. Propuesta de indicadores e índices*

*4.3. Evolución del sistema de indicadores*

## **5. ANÁLISIS DEL ÁREA DE ESTUDIO.**

## **5.1.- FASE I: EVALUACIÓN DE CAMBIOS EN LA DINÁMICA COSTERA EN EL ÁREA OBJETO DE ESTUDIO**

*5.1.a. Estudio de la capacidad de transporte litoral.*

*5.1.b. Balance sedimentario y evolución de la línea de costa, tanto anterior como previsible.*

*5.1.b1. Evolución de la línea de costa en la playa de Punta Candor.*

*5.1.b2. Evolución de la línea de costa en el área objeto de estudio.*

*5.1.b3. El concepto de perfil de equilibrio.*

*5.1.c. Clima marítimo, incluyendo estadísticas de oleaje y temporales direccionales y escolares.*

*5.1.d. Dinámicas resultantes de los efectos del cambio climático.*

*5.1.e. Batimetría hasta zonas del fondo que no resulten modificadas, y forma de equilibrio, en planta y perfil, del tramo de costas afectado.*

**5.1.e1. Batimetría general.**

**5.1.e2. Perfil batimétrico preciso en la zona objeto de estudio.**

**5.1.e3. Perfil y datos de marea específicos de la playa de Punta Candor**

**5.1.f. Naturaleza geológica de los fondos.**

**5.1.g. Condiciones de la biosfera submarina y efectos sobre la misma de las actuaciones previstas en la forma que señala el artículo 88.**

**5.1.h. Recursos disponibles de áridos y canteras y su idoneidad, previsión de dragados o trasvases de arenas.**

**5.1.i. Plan de seguimiento de las actuaciones previstas.**

**5.1.j. Propuesta para la minimización, en su caso, de la incidencia de las obras y posibles medidas correctoras y compensatorias.**

## **5.2.- FASE II: EVALUACIÓN DE EFECTOS EN LA COSTA DEL CAMBIO CLIMÁTICO**

**5.2.a. Introducción a la problemática de los efectos del cambio climático en la costa.**

**5.2.b. Efectos provocados en los elementos del litoral objetos de estudio.**

**5.2.b1. Impacto del cambio climático en playas**

**5.2.c. Vulnerabilidad de la zona objeto de estudio tras la subida del nivel del mar.**

**5.2.d. Subida del nivel del mar para evaluar los efectos del cambio climático.**

**5.2.d1. Subida del nivel mar a nivel global.**

**5.2.d2. Subida nivel mar en la costa española**

**5.2.d3. Nivel medio del mar local**

**5.2.e. Evaluación de los efectos del cambio climático en la zona de estudio**

**5.2.e1. Escenarios planteados.**

**5.2.e2. Evaluación de los efectos del cambio climático en la zona de estudio por años de concesión.**

## **6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## 0. RESUMEN

En este documento se presenta el estudio básico de dinámica litoral y cambio climático, requerido para la adaptación del Módulo Equipamiento de playa con usos Múltiples al nuevo Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de la Ley de Costas (BOE, 11 de octubre de 2014), cuya finalidad es la protección del dominio público marítimo-terrestre y la seguridad jurídica.



Figura 1. Localización "Chiringuito Lúcia" FUENTE: Elaboración propia.

## 1. INTRODUCCIÓN

España, por su situación geográfica y sus características socioeconómicas, es un país muy vulnerable al cambio climático, como así se viene poniendo de manifiesto en los más recientes análisis e investigaciones.

El Estado Español, al igual que el resto de Los estados Miembros, tiene el requerimiento de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMCC) de implementar medidas concretas para adaptarse al ascenso del nivel del mar y demás efectos del cambio climático en la costa. En concreto el Artículo 4 (b) de la CMCC establece que todas las Partes deberán formular, aplicar, publicar y actualizar regularmente programas nacionales que contengan medidas para facilitar la adaptación adecuada al cambio climático. En este sentido es la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente, a través de la Oficina Española del Cambio Climático, la encargada de arbitrar las medidas necesarias para desarrollar la política del Departamento en materia de cambio climático.

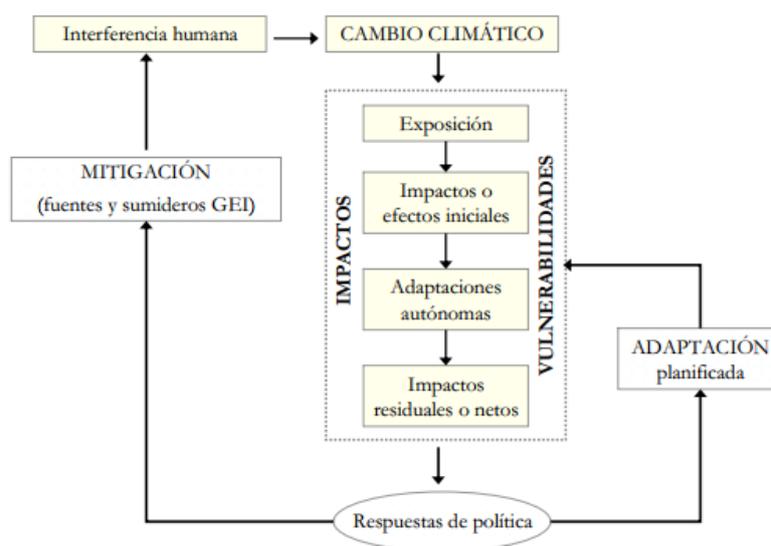
El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático –IPCC- es una agencia especializada de Naciones Unidas, creada en 1988, cuyo principal objetivo es realizar evaluaciones periódicas del estado de conocimiento sobre el cambio climático. Desde la entrada en vigor de la Convención Marco sobre Cambio Climático (CMNUCC), el IPCC es la institución científica y técnica que colabora y

apoya a los Órganos Subsidiarios de la Convención, suministrando información políticamente relevante sobre cambio climático.

A lo largo de los últimos años se han ido acumulando evidencias del cambio climático y de los impactos sobre distintos sectores y sistemas del mismo. El Tercer Informe de Evaluación del IPCC, aprobado en 2001, ofrece una valoración actualizada de los diferentes aspectos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre el cambio climático. En este informe se reconoce que la adaptación es una estrategia necesaria a todas las escalas para complementar los esfuerzos de mitigación del cambio climático. Si ambos elementos se utilizan de forma conjunta, pueden ayudar a alcanzar los objetivos del desarrollo sostenible.

La figura siguiente es un esquema donde se representa el marco bajo el cual se integran las políticas de mitigación y adaptación como respuestas frente al cambio climático antropogénico

Consciente de la incidencia del cambio climático sobre la costa, la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental solicita a los demandantes de licencias de ocupación de dominio público marítimo terrestre para la implantación de chiringuitos, el desarrollo de un estudio básico de dinámica litoral y cambio climático específico de la zona de emplazamiento del mismo.



(Fuente: Tercer Informe de Evaluación, IPCC 2001)

El objetivo general del Estudio es definir y establecer los mecanismos científicos, técnicos y económicos con el fin de proporcionar al Ministerio de Medio Ambiente la cobertura científica necesaria para atender sus intereses en materia de establecimiento de políticas y estrategias de actuación en las costas españolas ante el cambio climático.

Para conseguir este objetivo general y los objetivos específicos asociados, el proyecto se ha estructurado en las siguientes fases:

1. Evaluación de cambios en la dinámica costera del área objeto de estudio.
2. Evaluación de efectos en la costa del cambio climático del área objeto de estudio.

## **2. FASE I: EVALUACIÓN DE CAMBIOS EN LA DINÁMICA COSTERA EN EL ÁREA OBJETO DE ESTUDIO**

### **2.1. Planteamiento del problema**

Los diferentes elementos del litoral están sometidos a un conjunto de dinámicas, que se pueden representar por determinados parámetros como, por ejemplo, la altura de ola, el período, la dirección del oleaje, el nivel del mar, el aporte de sedimentos por el río, etc. Todos estos parámetros son variables aleatorias, las cuales se suelen modelar con distribuciones estadísticas.

De esta manera, y a modo de ejemplo, la configuración estable de una playa en planta y en perfil es función de ciertos estadísticos (dirección media del oleaje dominante, altura de ola significativa que es superada 12 horas al año, régimen de carrera de marea, etc.). Por otro lado, el diseño de fiabilidad de una obra marítima se realiza atendiendo normalmente a la distribución estadística extremal (régimen de temporales) de la altura de ola significativa. Toda esta caracterización estadística de la dinámica marina se denomina, en el ámbito de la oceanografía, clima marítimo.

Por lo tanto, cualquier cambio a largo plazo producido en el clima marítimo (en el orden de decenas de años) traerá consigo cambios en la dinámica litoral, pudiendo originar modificaciones en la configuración y estabilidad de cada elemento del litoral. De este modo, la Fase I consta de varias tareas y tiene un objetivo, determinar los cambios acontecidos en la dinámica costera en las últimas décadas (LISTE *et al.*, 2004; MENÉNDEZ *et al.*, 2004). Estos cambios, han sido evaluados, entre otros, en base a datos históricos instrumentales mediante simulación numérica (TOMÁS *et al.*, 2004).

### **2.2. Análisis y selección de las variables geofísicas relevantes para el cambio climático en la costa**

La Fase I ha comenzado con un análisis exhaustivo de los posibles efectos del cambio climático sobre la zona costera. Solo después de esta tarea, es posible realizar una adecuada selección de aquellas variables o magnitudes geofísicas que es necesario estudiar con el fin de establecer la existencia o no de dichos efectos. Se ha entendido que, dada la infinidad de variables geofísicas involucradas en la problemática analizada, es necesario partir de un profundo análisis para evaluar adecuadamente las bases de datos históricos susceptibles de ser recopilados; la necesidad o no de generar nuevas bases de datos y el tipo de estudios más adecuado para conseguir alcanzar los objetivos establecidos para cada una de las fases.

Después de este primer análisis se ha considerado necesaria la información histórica relativa a datos atmosféricos, de oleaje, de nivel del mar, de subsidencia, de caudal fluvial y de caudal sólido.

### **2.3. Bases de datos**

En general, existen dos tipos de fuentes de datos a partir de los cuales se puede obtener la información requerida: datos provenientes de observaciones o datos generados numéricamente.

En lo que se refiere a datos atmosféricos y de oleaje, se cuenta con la información histórica de las series temporales registradas por el INM en sus diferentes estaciones y la información instrumental suministrada por Puertos del Estado que incluye su red de boyas de aguas profundas y la red costera. Asimismo, se cuenta con la información del proyecto HIPOCAS (EPPE, 2003) que incluye una base de datos con las series temporales del retroanálisis de 44 años de datos de viento a 10 m y presión superficial en la zona del Atlántico.

Por otro lado, se cuenta con las bases de datos de los proyectos STOWASUS 2100 (KAAS, 2000) y PRUDENCE, las cuales aportan información de series temporales de variables atmosféricas hasta el año 2100 considerando diferentes escenarios de CO<sub>2</sub>. Dichas bases de datos están siendo analizadas actualmente.

Tres son las fuentes que se consideran fundamentales para el análisis del nivel del mar en nuestras costas: la red de mareógrafos de Puertos del Estado, REDMAR; las series de los mareógrafos del Instituto Español de Oceanografía (IEO) y las series temporales de nivel del mar obtenidas numéricamente en el proyecto HIPOCAS (EPPE, 2003; TOMÁS *et al.*, 2004). Las series del IEO han sido analizadas en el marco de un proyecto entre el IMEDEA y Puertos del Estado (MARCOS *et al.*, 2004). La información relativa a subsidencia se encuentra muy dispersa entre diferentes investigadores e instituciones que vienen trabajando en este tema desde hace varios años, no existiendo una base de datos homogénea. Aunque el fenómeno de la subsidencia se produce de forma más notable en otros puntos del litoral español, y más aún, la escala temporal de dicho fenómeno, que supera ampliamente la escala temporal considerada en este trabajo, haciendo dicho fenómeno despreciable a efectos de este estudio.

Los datos de caudal fluvial utilizados en este estudio provienen del proyecto europeo WRINCLE, el cual ha tenido como objetivo evaluar el impacto que el cambio climático y su variabilidad han tenido sobre los recursos hídricos en Europa. Para ello, han evaluado los caudales, la disponibilidad de los recursos hídricos y la calidad del suministro de energía hidroeléctrica a partir de modelos atmosféricos de última generación con los que han generado diferentes escenarios de cambio climático. Los datos de caudal sólido han sido generados numéricamente mediante un modelo basado en la ecuación MUSLE (*Modified Universal Soil Loss Equation*), que se muestra a

### MUSLE

#### Modified Universal Soil Loss Equation

$$Y = 11.8 (V q_p)^{0.56} \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$$

V = surface

qp = is the peak flow rate

K = erodibility factor

C = crop management factor

P = the erosion control practice factor

LS = slope length and steepness factor.

#### The Universal Soil Loss Equation (USLE)

$$A = R K L S C P$$

• A = predicted soil loss (tonnes acre<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>)

• R = erosivity factor

• K = soil erodibility factor

• L = slope length

• S = slope gradient } Usually combined as the LS factor

• C = cover and management factor

• P = erosion control practice factor

## 2.4. Análisis de tendencias de las series temporales

El análisis de los datos ha exigido realizar un estudio preliminar encaminado a seleccionar el grupo de variables geofísicas con el que se desea trabajar y el tipo de técnica realizado en el análisis. Una vez considerados los efectos más representativos del cambio climático en la costa, se ha considerado que el análisis debe realizarse teniendo en cuenta las siguientes magnitudes: altura de ola significativa, período de pico, dirección del oleaje, duración de la excedencia de altura de ola, marea meteorológica, velocidad del viento, dirección del viento y flujo medio de energía.

En cualquier caso, es necesario hacer énfasis en el hecho de que lo que se busca son las tendencias que estos parámetros o magnitudes han ido experimentando en el pasado, con el fin de intentar identificar los posibles efectos que el cambio climático ha causado sobre los mismos. De esta manera, se han evaluado las tendencias de los regímenes medios (distribución estadística del conjunto total de datos) y extremales (distribución estadística de, por ejemplo, máximos anuales) de estos parámetros, dado que se considera que estas funciones de distribución son las que realmente pueden ayudar a identificar las tendencias.

La metodología de análisis de tendencias del régimen medio se basa en hacer la regresión lineal de cada una de las variables geofísicas consideradas, que dependen del tiempo, eliminándose, si existen, los *outliers*. Una vez que se tiene el resultado del ajuste de la serie de datos, se trata de interpretar si es significativa la tendencia que sigue en el tiempo, a través de intervalos de confianza y contrastes de hipótesis de los estimadores de los parámetros de la recta de ajuste (LISTE *et al.*, 2004). La metodología de análisis de tendencias del régimen extremal es la misma que la descrita anteriormente, si bien, en este caso hay que señalar que los datos para el análisis se obtienen siguiendo la metodología de Vikebo (VIKEBO *et al.*, 2003).

## 3. FASE II: EVALUACIÓN DE EFECTOS EN LA COSTA DEL CAMBIO CLIMÁTICO

La Fase II tiene como objetivo la evaluación de los efectos causados por los cambios mencionados en la dinámica costera, originados por el cambio climático, anteriormente determinados en la Fase I, y que interfieren en los espacios naturales y usos humanos del litoral español. El análisis de los efectos se realiza de forma genérica, por “elementos del litoral”, y de forma particularizada en algunas zonas características de nuestro litoral. A efectos del presente proyecto se entiende por “elementos del litoral” a cada uno de los espacios naturales o usos humanos del litoral con características diferenciadas. Los elementos del litoral a analizar son: playas, dunas, estuarios, humedales y lagunas costeras, deltas, ramblas, acantilados, puertos, saneamientos litorales, edificaciones e infraestructuras terrestres, y en este estudio en cuestión, la playa y la duna.

Entre las tareas de la Fase II se incluyen:

1. *Efectos en los elementos del litoral y,*

## 2. Estudio de detalle.

### 3.1. Efectos en los elementos del litoral

El objetivo de esta tarea es analizar, de forma básica, los efectos que los cambios en la dinámica marina pueden tener en los diferentes espacios naturales y usos humanos del litoral. Se trata, por tanto, de un análisis teórico en el que bien por medio del uso de modelos numéricos de simulación, bien por medio de formulaciones empíricas o analíticas se evalúan los potenciales cambios que sufrirán los elementos del litoral por efecto del cambio climático (por ejemplo, metros de retroceso de una playa por cada grado de variación en la dirección del flujo medio de energía; variación del peso de las piezas en un dique en talud de escollera por cada centímetro de variación en la altura de ola significativa (LISTE *et al.*, 2004; MENÉNDEZ *et al.*, 2004).

#### 3.1.1. Efectos en las zonas del litoral objeto de estudio

El objetivo de esta tarea es determinar, de acuerdo con los resultados de cambio climático estimados en la Fase I y con la evaluación de efectos obtenida en la tarea 1, los efectos previsibles en los elementos del litoral. Esta tarea pretende, por tanto, particularizar los resultados de la tarea 1 para, de este modo, determinar la importancia real de los potenciales efectos del cambio climático en la costa española.

A modo de ejemplo, en la figura 2 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.



Figura 2. Efecto sobre las playas para el horizonte del año 2050. FUENTE: Elaboración propia.

### 3.2. Estudios de detalle

En concreto, la metodología necesaria para abordar el estudio de detalle de un elemento del litoral afectado por el cambio climático es la siguiente figura:

1. Trasladar las series de datos desde profundidades indefinidas hasta la profundidad objetivo;
2. Estimar la tendencia de las series de datos en la profundidad objetivo;
3. Estimar la dinámica en/hasta el año objetivo (depende del tipo de estudio) y,
4. Determinación de los efectos del cambio climático sobre la zona de estudio.

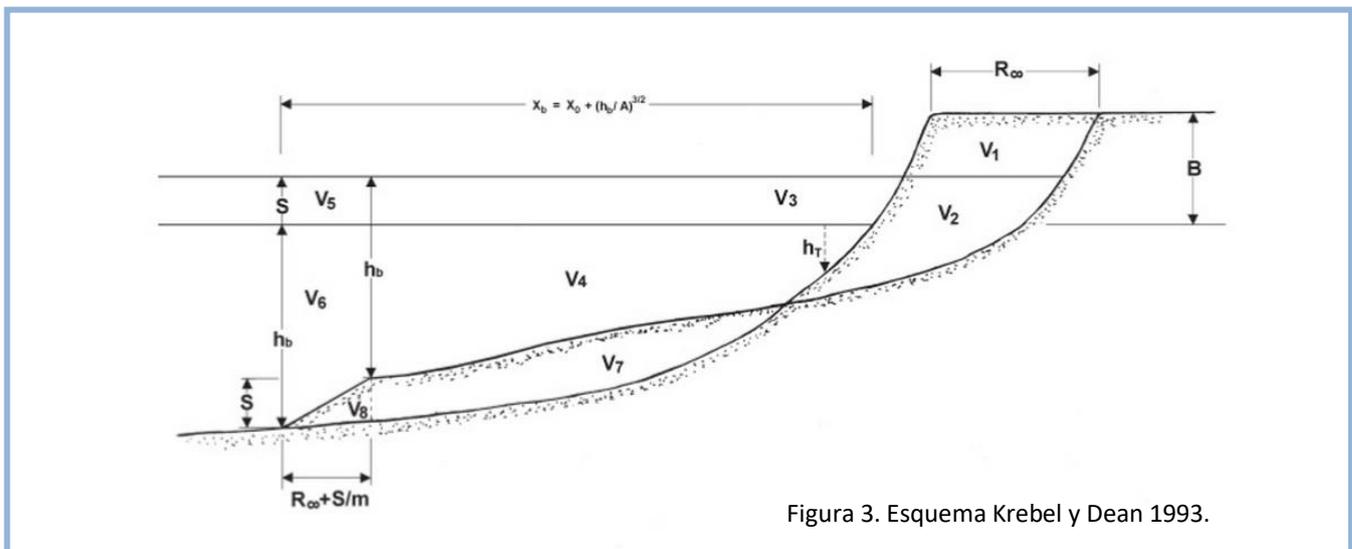


Figura 3. Esquema Krebel y Dean 1993.

## 4. ESTABLECIMIENTO DE DIRECTRICES Y ESTRATEGIAS

Tiene como objetivo la propuesta y evaluación de un sistema de indicadores e índices que aporten información objetiva para el establecimiento de recomendaciones y estrategias de actuación para corregir, mitigar y prevenir los efectos del cambio climático en el litoral. Las tareas a realizar incluyen:

1. Análisis de la información existente;
2. Propuesta de indicadores e índices y
3. Evaluación del sistema de indicadores.

### 4.1. Análisis de la información existente

El objetivo de esta tarea es la recopilación y análisis de toda la información existente que pueda ser utilizada en esta tarea (Evaluación del sistema de indicadores). En este

sentido, cabe señalar que el establecimiento de un sistema de indicadores que aporten información para el establecimiento de medidas de actuación, debe recoger no solo información sobre los cambios en la dinámica costera, sino sobre el territorio donde acontecerán dichos cambios. A tal fin, el presente proyecto pretende utilizar las bases de datos anteriormente mencionadas. Dicha bases de datos serán analizadas y su información clasificada al objeto de adecuarla a los fines del presente proyecto.

#### 4.2. Propuesta de indicadores e índices

El objetivo de esta tarea es el establecimiento de un conjunto de indicadores que permitan reducir la gran cantidad de información relativa a los cambios en la dinámica costera y sus efectos en el litoral a un número manejable de parámetros apropiados para el proceso de toma de decisiones relativas a la prevención y mitigación de los efectos del cambio climático en el litoral español. La definición y estructura del sistema de indicadores a proponer seguirá el esquema propuesto por la OCDE (indicadores de presión, estado y repuesta) y posteriormente desarrollado por la Dirección General de Calidad y Evolución Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente.

#### 4.3. Evolución del sistema de indicadores

El objetivo de esta tarea es el de cuantificar con base en la información recogida en la tarea 1 y el uso de los indicadores propuestos en la tarea 2, el sistema de indicadores de efecto del cambio climático en el litoral. Con base en los resultados de esta tarea se elaborarán mapas temáticos y planos con los diferentes indicadores e índices en los que se muestran de manera gráfica la importancia relativa de los efectos del cambio climático en el litoral, en lo que a necesidad de establecimiento de políticas y estrategias de actuación se refiere.

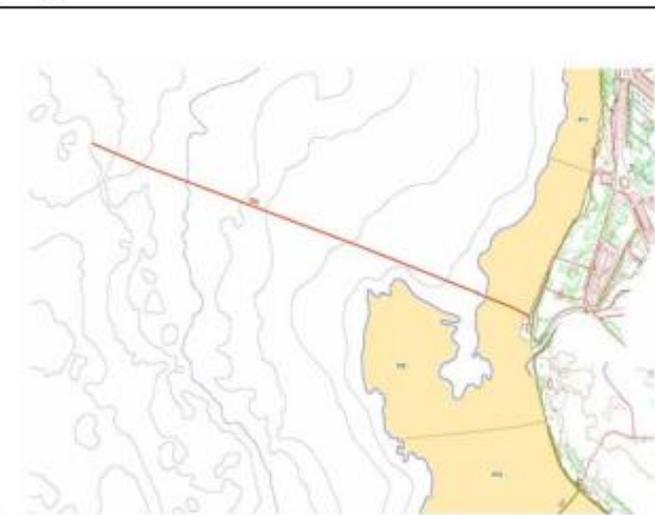
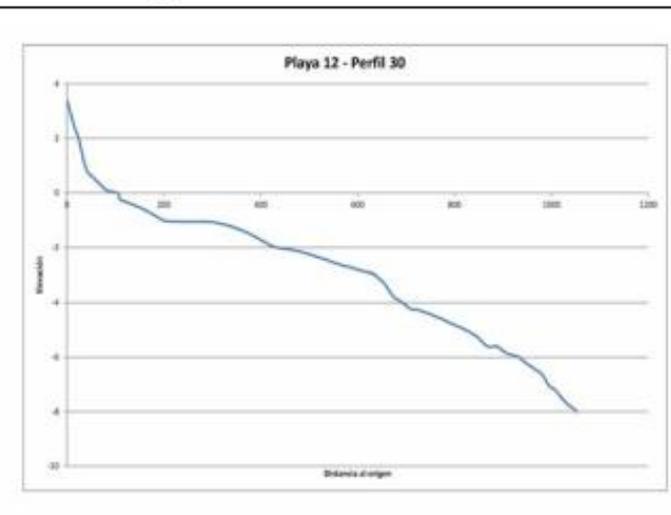
| Factores climáticos      | Efecto  | Tendencias  | Proyecciones   |
|--------------------------|---|---|--|
| Viento                   | Oleaje de viento, marea meteorológica, daños a infraestructuras situadas en la costa; cambios en el transporte eólico dunar                               | Grado de confianza bajo (en torno a 2 sobre 10) en las tendencias observadas en la velocidad media y extremal de los vientos (5.3.3.2, SREX, WG1 Capítulo 3.4.5).   | Grado de confianza bajo (en torno a 2 sobre 10) en las proyecciones de velocidades medias del viento. Incremento probable (>66%) en la velocidad de los vientos extremos de <b>cidones tropicales</b> .                        |
| Olas                     | Erosión costera, cambios en la operatividad y estabilidad de infraestructuras costeras; daño de infraestructuras situadas en la costa; inundación costera | Aumento (tendencia positiva) probable (>66%) en la altura de ola significante en latitudes altas (5.3.3.2, WG1, Capítulo 3.4.5).                                    | Grado de confianza bajo (en torno a 2 sobre 10) para las proyecciones en general pero grado de confianza medio (en torno a 5 sobre 10) para los incrementos en la altura de ola significante del <b>Océano Antártico</b> .     |
| Niveles del mar extremos | Inundación y erosión costera; intrusión salina  | Grado de confianza alto (en torno a 8 sobre 10) de aumento de niveles del mar extremos debido al aumento del nivel medio del mar global (5.3.3.3, WG1 Capítulo 13). | Incremento con grado de confianza alto (en torno a 8 sobre 10) debido al aumento del nivel medio del mar global. Los cambios debidos a los cambios en las tormentas tienen un grado de confianza bajo (en torno a 2 sobre 10). |

| Factores climáticos  | Efecto   | Tendencias   | Proyecciones   |
|--|--|--|--|
| Aportaciones de agua dulce                                 | Cambio en los riesgos de inundaciones en el curso bajo de los ríos; modificaciones en la calidad del agua y salinidad; alteración de las aportaciones sedimentarias de los ríos; alteraciones de la circulación y aportaciones de nutrientes | Tendencia negativa neta en el volumen anual de contribuciones de agua dulce con un grado de confianza medio (evidencia limitada, en torno a 5 sobre 10). | Incremento general en latitudes altas y en las zonas tropicales húmedas y descenso en otras regiones tropicales con un grado de confianza medio (en torno a 5 sobre 10). |
| Aumento de la concentración atmosférica de CO <sub>2</sub> | Aumento del CO <sub>2</sub> en el océano; incremento de la fertilización por CO <sub>2</sub> ; disminución del pH del agua   | Grado de confianza alto (en torno a 8 sobre 10) de aumento general con alta variabilidad local y regional.   | Incremento de tasas sin precedentes pero con variabilidad local y regional con un grado de confianza alto (en torno a 8 sobre 10).                                       |

Figura 4. Principales factores climáticos de cambio para los sistemas costeros, sus efectos, tendencias y proyecciones. FUENTE: IPCC-AR5.

La instalación objeto de estudio, se emplaza en las coordenadas UTM: X: 196.704,35  
Y: 4.060.156,53, datum ETRS89 HUSO 30.

| FICHA DE PLAYAS  |                               |   |   |  |   |
|--|-------------------------------|---|---|--|---|
| Código Playa<br><b>P12</b>   | HMN<br><b>11-45</b>           | Hoja<br><b>5000<br/>4-2</b>                         | Municipio<br><b>ROTA</b>  | Provincia<br><b>CÁDIZ</b>                            | SIG D.G. Costas<br>Cod. Estudio: <b>12</b><br>Cod SubEstudio: <b>00</b> |
| Denominación de la Playa: <b>Playa Punta Candor</b>                                |                               |   |   |  |   |
|   | <b>Datos base de la playa</b> | Superficie total playa: <b>124028 m<sup>2</sup></b> | <b>Características morfológicas</b>   | Tipo de playa: <b>Aislada</b>                        |   |
|  |                               | Perímetro: <b>2691 m</b>                            |   | Tipo de sedimento: <b>Arena</b>                      |   |
|  |                               | Longitud: <b>567 m</b>                              |   | D <sub>50</sub> (emergido/sumergido) <b>0.3/0.27</b> |   |
|  |                               | Anchura media: <b>165 m</b>                         |   | Color arena: <b>Marrón</b>                           |   |
|  |                               | Anchura máxima: <b>359 m</b>                        |   | Ajuste Dean (Aemergido/Asumergido): <b>Alaja /</b>   |   |
|  |                               | Anchura mínima: <b>23 m</b>                         |   | Tipología: <b>Abierta/Laja</b>                       |   |
| <b>Croquis contorno</b>  |                               |   | <b>Perfil de la Playa</b>   |  |   |
|  |                               |   |  |  |   |

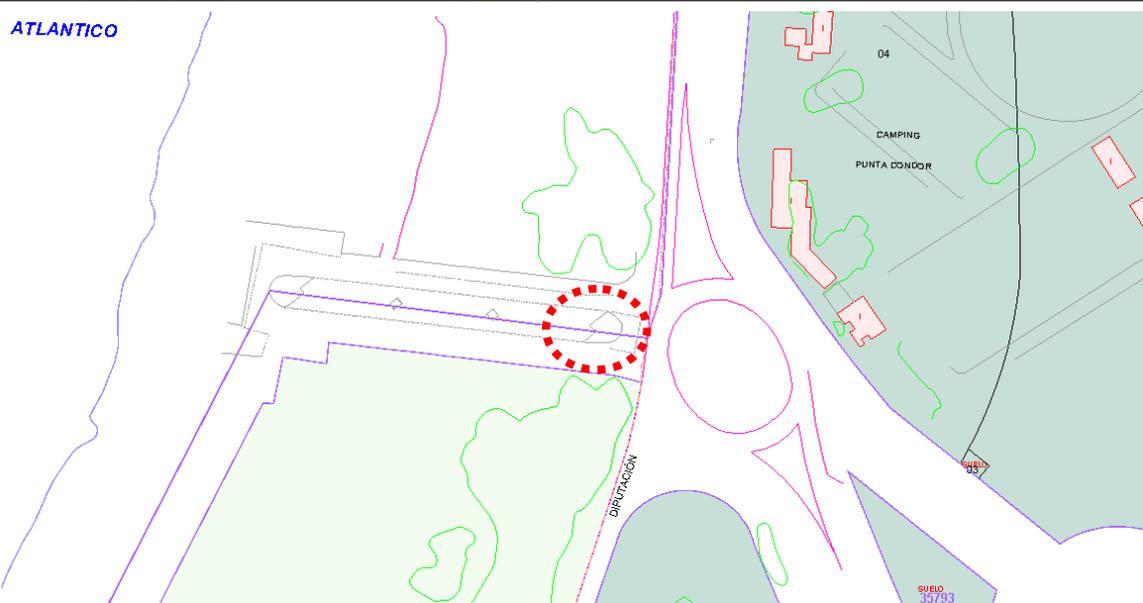


Figura 5. a) Ficha técnica de la playa de Levante.  
b) Plano de localización de la instalación

Playa amplia de arena dorada, salvaje y muy cuidada, con una longitud de un kilómetro y medio que se encuentra rodeada de vegetación natural en toda su extensión y con una longitud 567 metros.

Con pocas construcciones a su alrededor, restaurada y revegetada, esta playa mantiene el encanto de un entorno natural. Su elevado sistema dunar, cubierto por densa vegetación costera, impide la visibilidad tierra adentro y dota a la playa de un clima íntimo. La playa puede dividirse en dos tramos, el primero al noroeste, se extiende desde la “Punta de Peginas”, comenzando a pie de un pequeño conjunto de casas cercanas a la playa. A medida que se avanza hacia el sur, la urbanización desaparece y se abre paso un sistema dunar que abarca gran parte de la zona posterior de la playa. Al sureste la morfología de la acosta genera un saliente hacia conocido como Punta Candor, que da nombre en la playa y forma el segundo tramo de la misma. Aquí se localizan los principales accesos y servicios de la playa.

### 5.1.- FASE I: EVALUACIÓN DE CAMBIOS EN LA DINÁMICA COSTERA EN EL ÁREA OBJETO DE ESTUDIO

La alimentación sedimentaria de la Playa de Punta Candor, no recibe aportes directos del Río Guadalquivir, puesto que la laja rocosa que la separa de sus fondos parece impedir el trasvase eficaz de arena entre ambas. Únicamente puede producirse cierto aporte de sedimentos procedente de los materiales en suspensión que, durante las épocas de crecida del río, son depositados en esta zona en forma de finos.



Figura 6. Mapa de la Deriva Litoral en Cádiz. Fuente: Plan de Protección del Corredor Litoral de Andalucía

Los principales usos costeros están relacionados con actividades turísticas. Se trata básicamente de usos urbanísticos, tanto dispersos (segundas viviendas) como Hoteles. Otros usos también habituales consisten en la explotación agrícola de los suelos (generalmente hasta el mismo borde de los acantilados).

En muchas ocasiones se trata de asentamientos ubicados en las zonas de «servidumbre» e «influencia» definidas por la vigente 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, para la determinación, protección, utilización, y policía del Dominio Público Marítimo-Terrestre, y especialmente de la Rivera del Mar y tiene por finalidad la Protección del Dominio Público Marítimo-Terrestre y la Seguridad Jurídica.

Los factores que condicionan la dinámica litoral en cada sector son: vientos dominantes, oleaje, corrientes litorales y mareas.



Figura 7. Diagrama de movimiento de los sedimentos mediante procesos hidráulicos y eólicos.

### 5.1.a. Estudio de la capacidad de transporte litoral.

Las playas constituyen áreas de depósito de los sedimentos transportados por la deriva litoral (el transporte de los sedimentos descargados por los ríos que realiza el mar a lo largo de la costa).

El ambiente costero predominante (desde Chipiona a Rota), está representado por playas arenosas de distinta anchura y desarrollo, compuestas por arenas finas de cuarzo, que aumentan gradualmente su granulometría hacia el Sur. Las playas están limitadas hacia el interior por dunas y acantilados bajos. Las dunas, generalmente de unos 2 - 3 m de altura (aunque localmente pueden superar los 10 m), aparecen en Punta del Espíritu Santo, Punta Montijo y Punta Camarón, así como entre Punta Candor y Rota, donde están fijadas por un pinar de repoblación.

La alteración del régimen dinámico natural del transporte de sedimentos como consecuencia de distintas obras marítimas, como son principalmente espigones y puertos deportivos que han provocado una desestabilización del equilibrio sedimentario de las playas.



Figura 8. Imagen aérea de la Playa de Punta Candor. FUENTE: Elaboración propia.

La costa sur atlántica dibuja hacia el océano suaves relieves que se sumergen a través de una plataforma continental amplia y tendida de perfil llano. Las aguas costeras, aparecen aquí estratificadas en dos masas situadas a distinta profundidad y con características bien diferenciadas. Así, entre los 100 y 1000 metros se sitúa la capa denominada “Agua Central del Atlántico Norte” de salinidad baja y temperaturas situadas entre 16 y 19°C. A continuación, y situada sobre esta primera, se localiza la capa “Agua Superficial Atlántica” con una salinidad levemente superior, aunque moderada (36,2-36,4), y unas temperaturas más cálidas que la anterior.

El oleaje es el principal agente responsable de la sedimentación y modelado de los depósitos costeros.

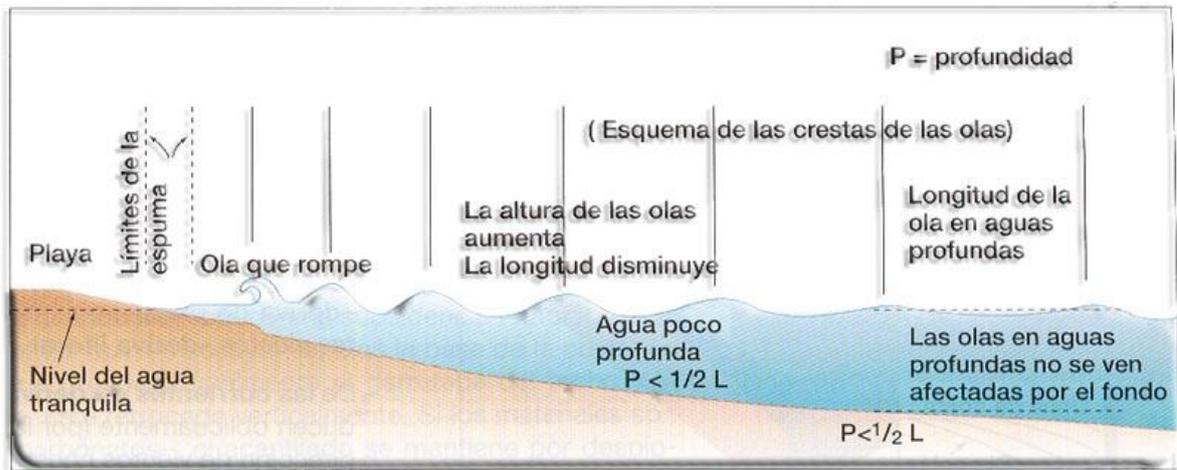
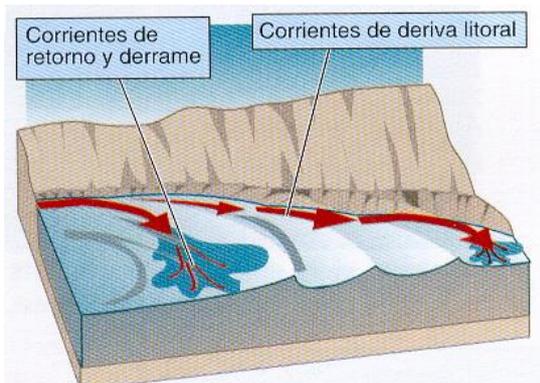


Figura 9. Esquema de funcionamiento del oleaje.

Los recursos sedimentarios fluviales que aportan arena al mar son muy escasos debido a la regulación de los ríos, la captación de agua y sedimento de ellos para usos diversos y de la impermeabilización de los tramos más próximos a la costa. Los aportes de materiales sedimentarios continentales en la playa se realizan a través de las rieras y de los torrentes situados más al norte. En zonas donde la vegetación natural ha sido degradada (terrenos urbanizados y de cultivo), los aportes se incrementan en volumen debido a la erosión más acusada que sufre la montaña. La playa de la barrosa, dada la orientación general de su costa y el régimen del oleaje, la dinámica litoral en la zona corresponde a un transporte neto hacia el sur.



Las olas inciden oblicuamente a la costa amontonando una cantidad de agua que debe retornar al mar de alguna manera. Este exceso de agua sigue primero una dirección paralela a la costa que normalmente rompe hacia el mar formando una corriente rápida y estrecha que se derrama y disipa a cierta distancia de la costa.

Figura 10. Esquema de funcionamiento de la dinámica litoral.

La nueva fuente de arenas en las playas se basa fundamentalmente en las distintas regeneraciones artificiales que periódicamente reposan el déficit sedimentario de la propia playa.



Figura 11. Deriva litoral en la zona de la playa de Punta Candor. FUENTE: Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.

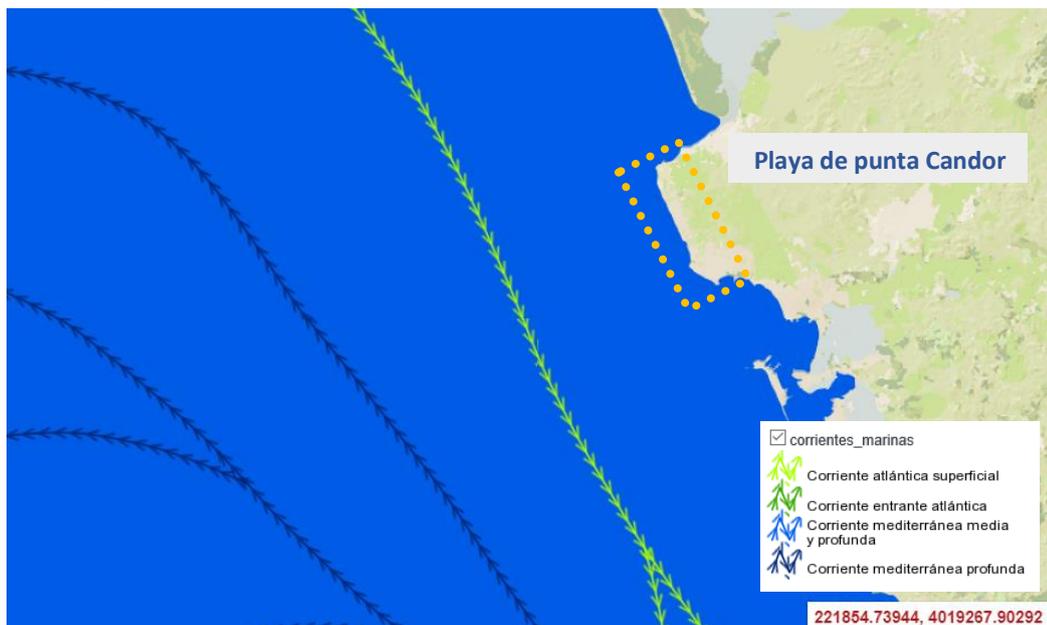


Figura 11b. Corrientes marinas en la zona objeto de estudio. FUENTE: Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.

### 5.1.b. Balance sedimentario y evolución de la línea de costa, tanto anterior como previsible.

Los hábitats costeros dependen de un balance dinámico de entrada y salida de sedimentos para su buen funcionamiento, pero las actividades humanas pueden amenazar estos sistemas tanto aumentando como disminuyendo el balance final (Crain

et al. 2009). La reducción de la cantidad de sedimentos que llega a la costa debido al represamiento de ríos, desvío de agua para regadío y extracción de áridos de los ríos es la causa del retroceso de los principales deltas del mundo, la erosión de la línea de costa, la amenaza de marismas, marjales y esteros, y el aumento de la salinidad en terrenos de cultivo y aguas subterráneas.



Figura 12. Variable de erosión y geomorfología. FUENTE: Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.

Las **tasas de erosión costera** mostrada en la figura 12, caracteriza la costa desde el punto de vista de su vulnerabilidad; a mayores tasas de erosión negativas (costa regresiva), mayor vulnerabilidad, y a mayores tasas de erosión positivas (costa progresiva) menor vulnerabilidad.

Se incluyen las **tasas de erosión de toda la costa andaluza en el periodo 1977-2009 en puntos analizados cada 50 m** de costa, si bien en algunos casos en los que no está disponible la ortofoto del año 1977 se ha empleado la del año 1956, correspondiendo el análisis en esos casos al periodo 1956-2009. A este respecto se ofrecen al usuario dos campos de la **información asociada a la capa** (para cada año de referencia) que deben contribuir a la correcta interpretación de los datos. Así, se matiza la inclusión del dato de cada año (si éste ha sido incluido, si lo ha sido con inconvenientes leves o graves o si no ha sido incluido) y se comentan, en relación a ello, las particularidades del dato observado (presencia de infraestructuras, contacto de un núcleo urbano a la playa de modo que altere la dinámica natural de la costa, etc.).

Los datos son representados mediante **puntos de tamaño proporcional al valor de la tasa en cada caso (expresada en metros lineales)** y son distribuidos a lo largo de una línea uniforme situada, para facilitar la lectura del mapa, a una distancia aproximada de 900m. de la línea de costa hacia el mar en la mayor parte de los tramos, si bien en ocasiones, donde la costa es especialmente sinuosa, algunos tramos se han representado tierra adentro para evitar la superposición de puntos

En el caso de estudio se trata de ambientes muy sensibles al ataque del oleaje y alcanzan una altura máxima de 10 metros en Punta Montijo. Al sur de Punta Camarón presentan unos 3-4 metros. Disminuyendo progresivamente su altura hacia el Sur hasta Punta Candor, donde son cubiertos por dunas remontantes. El retroceso secular de los acantilados ha dado origen a unas amplias plataformas rocosas de hasta 500 metros de anchura

Un estudio reciente de **balance sedimentario**, realizado por GEHYM, todo este tramo de costa no recibe aportes directos del Río Guadalquivir, puesto que la laja rocosa que la separa de sus fondos parece impedir el trasvase eficaz de arena entre ambas. Únicamente puede producirse cierto aporte de sedimentos procedente de los materiales en suspensión que, durante las épocas de crecida del río, son depositados en esta zona en forma de finos.

Las playas de Regla y el Camarón tienen un equilibrio lateral sensiblemente estable, Sin embargo, hacia el Sur, la línea de costa evoluciona libre y aisladamente, en un proceso secular de retroceso, buscando la reducción de la energía del oleaje al abrigo de los fondos rocosos que quedan al descubierto según se retira la cobertura sedimentaria.

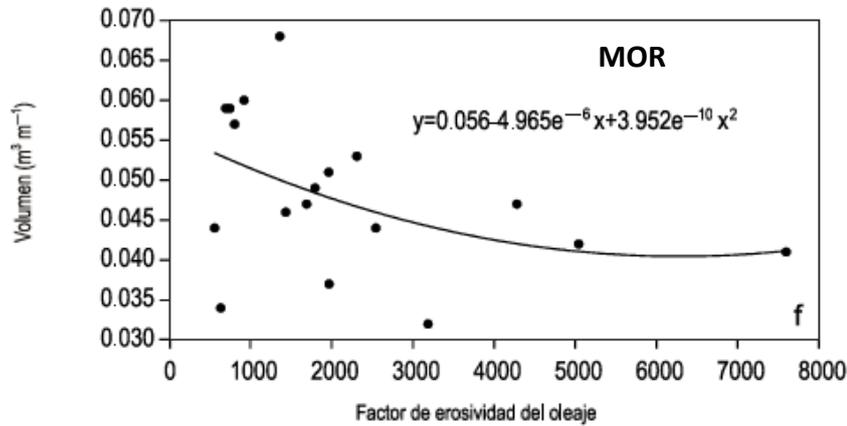
El transporte longitudinal aumenta progresivamente de norte a sur, con un valor medio de 15-20.000 m<sup>3</sup>/año en el centro de la playa de La Ballena, y de 20-30.000m<sup>3</sup>/año al final de la misma. Sin embargo, en Punta Pegina, el transporte se incrementa rápidamente, probablemente hasta los 30-35.000 m<sup>3</sup>/año, lo que es motivo de la elevada tasa de erosión de esta zona constatada en las fotografías aéreas.

Aunque el transporte longitudinal calculado parece ser bastante fiable, la pérdida de arena en la zona pudiera ser mayor en determinadas circunstancias, cuando los temporales fuertes atacan el perfil de arena y modifican su pendiente de equilibrio, pudiendo provocar pérdidas adicionales de arena hacia profundidades mayores.



Figura 13.a) Dinámica Litoral correspondiente al tramo Chipiona-Rota. FUENTE: MAPAMA

En general, la playa presenta predominancia de un estado intermedio según la clasificación de Masselink y Short (1993), muestra un comportamiento con una buena correlación entre el factor de erosividad del oleaje y la pendiente y el volumen de la playa de la Costilla



La altura de ola presentó un comportamiento estacional marcado. Los valores más altos se registraron en los meses invernales (noviembre a enero), seguidos del periodo primaveral (abril a mayo). Los valores más bajos se registraron en verano y en febrero y marzo. Las variaciones del periodo del oleaje fueron en general poco marcadas. Finalmente, las variaciones del rango mareal medio fueron mínimas, siendo el ambiente de estudio dominado por el oleaje.

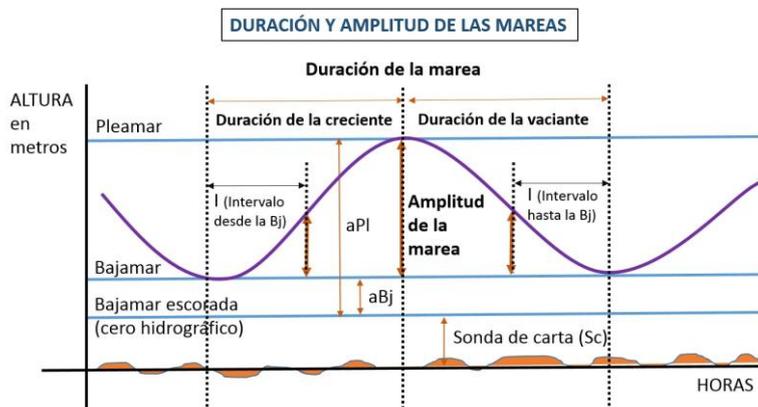


Figura 14. Variables que intervienen en el movimiento de la marea.

### 5.1.b1. Evolución de la línea de costa en la playa de Punta Candor.

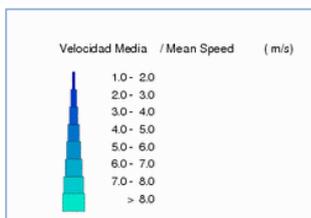
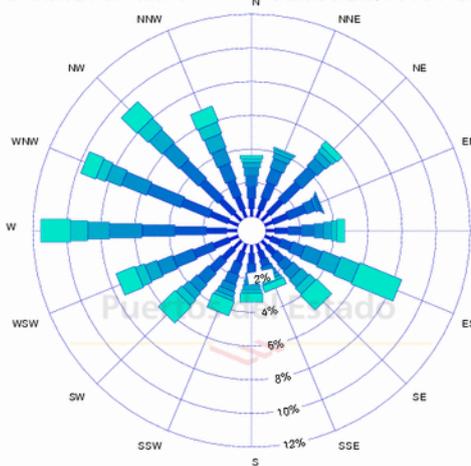
La dimensión y la intensidad de las olas generadas por los vientos locales y del oleaje en alta mar, influyen decisivamente sobre la evolución de la línea de costa. Las direcciones más representativas son de WNW y de WSW. La primera genera una corriente costera de deriva litoral NW-SE en las playas fuera de la Bahía de Cádiz y la segunda, concentra las olas más eficaces de los temporales que son el origen de la erosión invernal de las playas e incluso de los cordones dunares.



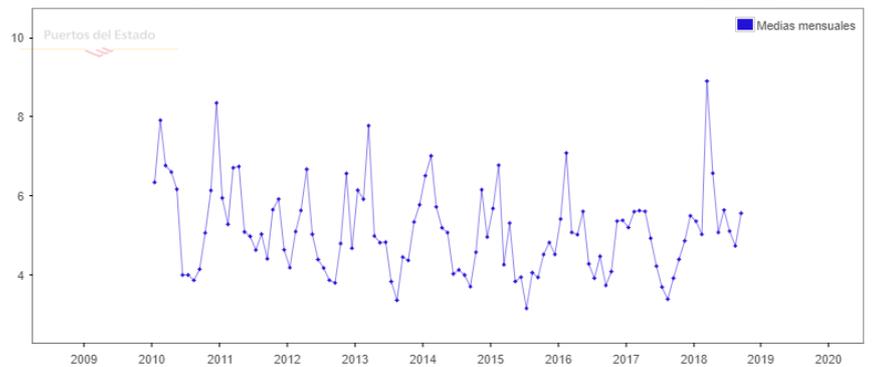
**ROSA DE VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO en SIMAR 6004054 en el periodo 2010-2018**

*WIND SPEED ROSE at SIMAR Point 6004054 , period 2010-2018*

LUGAR/LOCATION: SIMAR 6004054 MUESTREO/SAMPLING: 1Hor.  
 PERIODO/PERIOD: 2010-2018 INTERVALO/INTERVAL: Global  
 EFICACIA/EFFIC.: 90.84 % CALMAS/CALMS,<1.0 m/s : 2.77 %



① Punto SIMAR (6004054) , Velocidad del viento.



|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| <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 6004054 Año 2017 / 6004054 WANA Point, Year 2017 |                 |     |         |           |
|---|-----------------|-----|---------|-----------|
| Mes/Month   | Vm Max./Max. Vm | Dir | Dia/Day | Hora/Hour |
| Enero/January   | 14.90           | 172 | 26      | 19        |
| Febrero/February  | 16.89           | 177 | 12      | 23        |
| Marzo/March   | 15.59           | 238 | 04      | 10        |
| Abril/April   | 18.32           | 120 | 20      | 01        |
| Mayo/May  | 17.68           | 119 | 21      | 02        |
| Junio/June  | 11.11           | 328 | 29      | 22        |
| Julio/July  | 9.01            | 118 | 02      | 23        |
| Agosto/August   | 8.01            | 328 | 09      | 01        |
| Septiembre/September  | 11.14           | 254 | 09      | 17        |
| Octubre/October   | 11.22           | 124 | 16      | 01        |
| Noviembre/November  | 12.32           | 34  | 09      | 10        |
| Diciembre/December  | 19.63           | 219 | 11      | 05        |

Figura 15. A. Rosa de los Vientos de la zona. B Velocidad media del viento por años. C Intensidad y dirección del viento en el año 2017 FUENTE REDMAR Puertos del Estado.

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

| Punto SIMAR 6004054 Año 2017 / <i>SIMAR Point 6004054 Year 2017</i> |                 |      |     |         |           |
|---|-----------------|------|-----|---------|-----------|
| Mes/Month   | Hs Max./Max. Hs | Tp   | Dir | Día/Day | Hora/Hour |
| Enero/January   | 2.95            | 8.66 | 254 | 27      | 18        |
| Febrero/February  | 2.88            | 9.04 | 218 | 12      | 10        |
| Marzo/March   | 3.73            | 8.62 | 241 | 04      | 12        |
| Abril/April   | 2.03            | 6.71 | 183 | 20      | 04        |
| Mayo/May  | 2.07            | 7.37 | 235 | 11      | 05        |
| Junio/June  | 1.36            | 5.28 | 263 | 28      | 20        |
| Julio/July  | 1.13            | 6.79 | 266 | 21      | 01        |
| Agosto/August   | 0.91            | 4.84 | 289 | 09      | 06        |
| Septiembre/September  | 1.34            | 6.22 | 277 | 10      | 00        |
| Octubre/October   | 1.73            | 6.29 | 248 | 19      | 04        |
| Noviembre/November  | 1.67            | 5.87 | 240 | 29      | 06        |
| Diciembre/December  | 4.21            | 8.45 | 240 | 11      | 06        |

Generado por/*Generated by* Puertos del Estado      Fecha/*Date* 6 Sep 2018

Figura 15.. Altura significativa de oleaje año 2017. FUENTE REDMAR Puertos del Estado.

Los riegos litorales en el entorno del Golfo de Cádiz asociados a factores externos se deben fundamentalmente a dos tipos de procesos físicos: los tsunamis (esporádicamente), y los temporales invernales (con más asiduidad). Los temporales marítimos procedentes del Océano Atlántico son fenómenos que habitualmente generan daños y pérdidas en la costa gaditana, como en paseos marítimos, en estructuras portuarias y espigones y rotura de saneamientos. Los efectos de estos temporales sobre las playas del Parque Natural se traducen en erosión de dunas, aparición de escarpes erosivos y abanicos de desbordamiento en playas y afloramiento de sustrato.

Los ritmos y tendencias erosivas varían mucho a lo largo de la zona estudiada. Debido a diversas causas. Aparte de las tendencias recientes de ascenso del nivel del mar, la principal causa de erosión costera en el Golfo de Cádiz es la construcción de embalses en las cuencas fluviales que vierte a esta costa (Guadiana, Guadalquivir y Guadalete, fundamentalmente), a lo largo de los años setenta a noventa, que por retención de sedimento han producido una disminución importante de los aportes de áridos. En consecuencia, el retroceso costero fue inicialmente lento en los años sesenta, pero se aceleró progresivamente hacia los ochenta, llevando a una erosión generalizada. Las diferentes velocidades de retroceso registradas dependen normalmente de factores locales, como los distintos procesos de asomeramiento del oleaje, intervenciones antrópicas, etc. En general, las tendencias progradantes se restringen únicamente a pequeñas ensenadas aisladas, a los extremos libres de flechas o a los lados acumulativos de algunos diques y espigones.

Los principales usos costeros están relacionados con actividades turísticas. Se trata básicamente de usos urbanísticos, tanto dispersos (segundas viviendas) como concentrados en urbanizaciones turísticas concretas (como Costa Ballena, entre Chipiona y Rota). Otros usos también habituales consisten en la explotación agrícola de

los suelos (generalmente hasta el mismo borde los acantilados). Finalmente, de manera mucho más puntual existe n también usos pesqueros, industriales, militares y re - creativos. La mayor parte de estas actividades e instalaciones se encuentran en actualidad sometidas a riesgo de erosión, que en algunos casos se manifiesta en forma pérdidas y daños de diversa cuantía.

La costa entre Sanlúcar de Barrameda y Rota constituye un litoral mu y vulnerable al retroceso costero. Esta alta vulnerabilidad se debe no sólo a las generalmente altas tasas de retroceso erosivo de la línea de costa, relacionadas con la orientación de dicho tramo y su exposición a los temporales energéticos atlánticos, así como con la disminución de aportes sedimentarios del río Guadalquivir en las últimas décadas, sino especialmente a la ocupación urbanística de distintos puntos que hace aumentar considerablemente las pérdidas económica s potenciales ligadas a la erosión.

La línea de costa presenta orientación NNO-SSE y es aparentemente homogénea: en la playa seca y en el intermareal alto y medio no hay salientes rocosos notables que interrumpan la deriva litoral. Las plataformas rocosas forman salientes niveles medio-bajos del intermareal, muy extensos en Punta Camarón y Punta Candor.

Existe un ambiente dunar importante, desde punta Candor hasta la playa de La Costilla (Rota), constituye un subsector de características y comportamiento diferentes, especialmente por su orientación ONO-ESE.

En los municipios de Chipiona y en Rota, se construyeron dos pequeños espigones, así como un rompeolas sumergido en Chipiona para bloquear el transporte sedimentario longitudinal y provocar la acumulación de arena en playas urbanas regeneradas artificialmente (Anfuso et al.. 2001).

La zona entre Punta Candor y la playa de La Costilla. Se caracteriza por un cambio en la orientación de la línea de costa, que se desarrolla en dirección NO-SE. Se trata de una celda acumulativa con velocidades de avance en el pie de duna que aumentan hacia el sur, ligados a la acción de la deriva dominante y al transporte eólico que originan los vientos de levante, responsables además de una cierta deriva litoral hacia el NO. Esta segunda deriva, más importante en este tramo de litoral que en el resto debido a la orientación de la línea de costa, transporta sedimentos desde el SE hasta la playa de Piedras Gordas, dando lugar a los sistemas dunares más desarrollados de la zona.



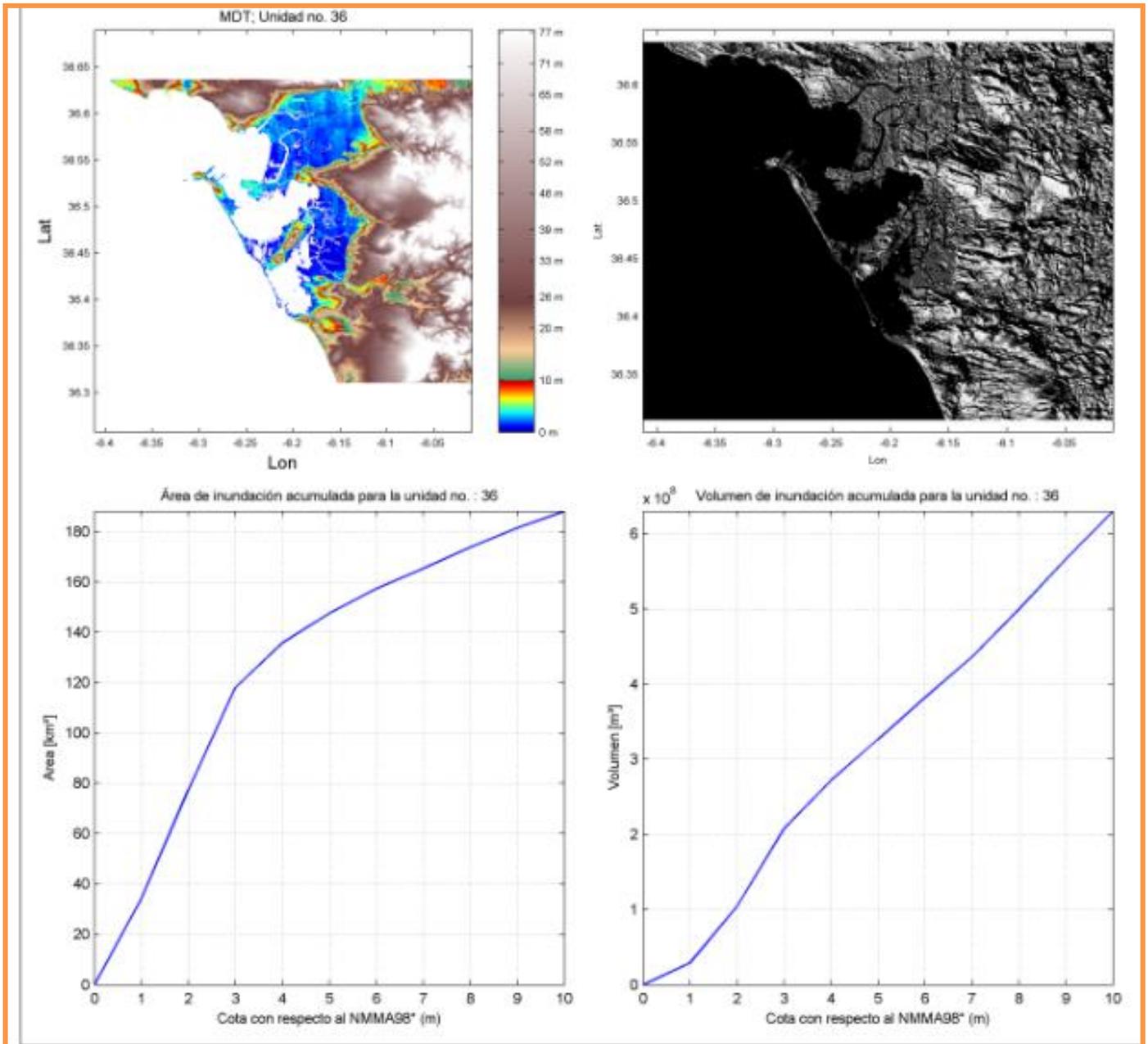
Figura 16. Ortofotos que muestran de evolución de la línea de costa en la playa de Punta Candor 1956 y 2015. FUENTE: Elaboración propia.

### 5.1.b2. Evolución de la línea de costa en el área objeto de estudio.



- MAREAS VIVAS MENSUALES**
- Marea alta actual
  - Marea alta estimada para 2022
- MAREAS VIVAS EQUINOCCIALES**
- Marea alta equinoccial actual
  - Marea alta equinoccial estimada para 2022
  - Marea baja equinoccial actual
  - Marea baja equinoccial estimada para 2022

*Ficha de Exposición estimada a la inundación de la zona objeto de estudio*



### 5.1.b3. El concepto de perfil de equilibrio.

En el estudio y seguimiento de playas se asume, de forma implícita, una hipótesis simplificativa considerando como modos de transporte independientes el transporte transversal y longitudinal de sedimentos. Esta simplificación permite introducir dos conceptos morfológicos importantes: la forma en planta y el perfil de playa.

El perfil de playa es la base tanto para modelos hidrodinámicos que contemplan la evolución del oleaje durante el asomeramiento y rotura, el origen y generación de las corrientes costeras y el transporte de sedimento asociado, como para modelos morfodinámicos donde se analiza la evolución morfológica de la playa o los cambios en la línea de costa.

El perfil de playa puede presentar morfologías variadas a lo largo de la costa, y a lo largo del año. Sin embargo, todos los perfiles mantienen una tendencia general similar, con una mayor pendiente en la zona cercana a la línea de costa y una disminución progresiva de dicha pendiente hacia mar adentro.

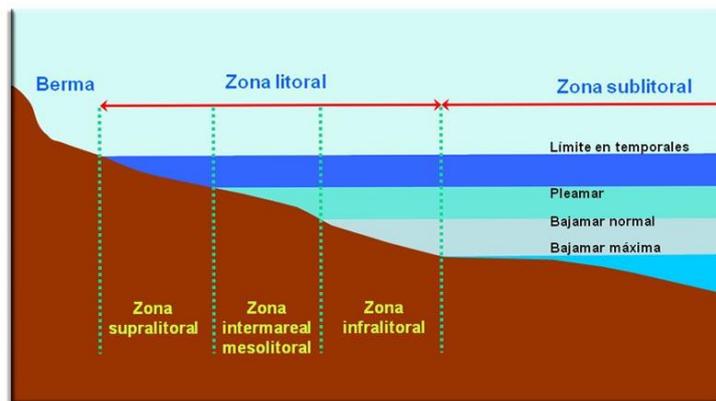


Figura 17. Perfil teórico de la morfología de una playa.

El concepto de perfil de equilibrio es una herramienta útil en el estudio de la morfodinámica de playas. En el estudio y seguimiento temporal de una playa, permite cuantificar los cambios morfológicos de primer orden que sufre la misma durante el período de muestreo, fundamentalmente variaciones en la pendiente y en el grado de concavidad del perfil. De este modo, podemos establecer la relación de causalidad entre la morfología del perfil y las condiciones hidrodinámicas (variaciones de altura de ola y período) y sedimentológicas (granulometría y textura) que determinan dicha morfología. Las correlaciones obtenidas confieren una capacidad predictiva al perfil de equilibrio que lo ha convertido en una herramienta fundamental en el ámbito de la gestión del litoral.

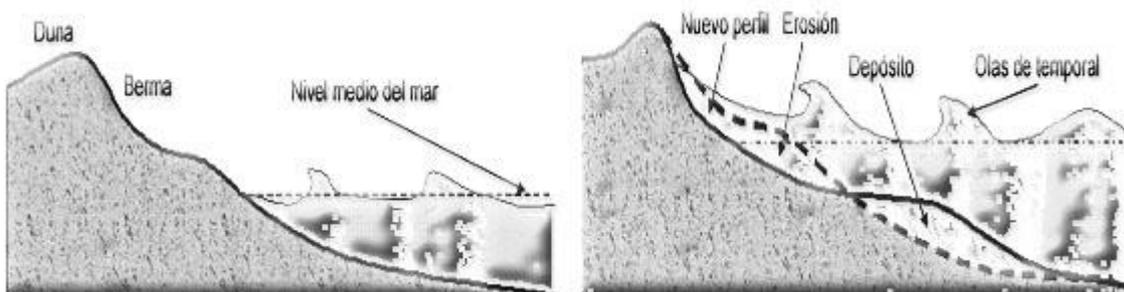


Figura 18. Perfil de equilibrio que muestra la morfodinámica de playas.

### 5.1.c. Clima marítimo, incluyendo estadísticas de oleaje y temporales direccionales y escolares.

Las olas que se desarrollan son de pequeña altura debido a la corta distancia que recorren en su formación. A pesar de ello, ocasionan una deriva litoral considerable, como se manifiesta por ejemplo en las grandes dunas formadas en las ensenadas de Bolonia y Valdevaqueros, al abrigo de los vientos de poniente. El oleaje del suroeste, en cambio, está producido por los vientos de poniente. Esta circunstancia provoca un régimen de olas de mayor magnitud, resultado de los grandes temporales del oeste generados mar adentro. Las olas, creadas por el viento, pueden recorrer varios miles de kilómetros, llegando a las costas atlánticas con menor frecuencia, pero con mucha más intensidad que el oleaje del sureste.

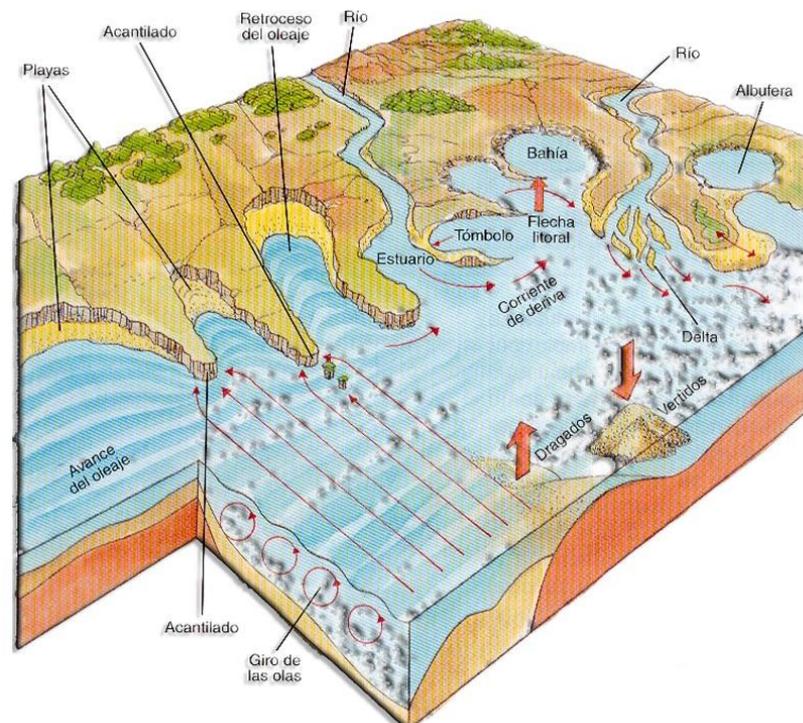


Figura 19. Esquema de formación de olas y dinámica litoral que conforman los diferentes elementos del litoral.

Las mareas tienen mucha mayor amplitud en el Golfo de Cádiz que en el Mediterráneo. Las costas atlánticas están afectadas por la dinámica general de las aguas del golfo de Cádiz y por la fuerte influencia mareal. En el Golfo de Cádiz se localizan tres llanuras abisales localizadas a profundidades superiores a los 4.300 m y separadas por montañas submarinas. El flujo de las aguas Atlánticas afecta a las características oceanográficas de las aguas superficiales en el Golfo y juega un importante papel en la regulación de la circulación en la cuenca Mediterránea.

Las mareas son típicamente atlánticas en el entorno del Golfo de Cádiz, tanto en su amplitud como fases, son similares desde la desembocadura del Guadalquivir hasta

Sancti Petri. Las componentes armónicas obtenidas nos indican una predominancia de las componentes semi diurnas, siguiendo en importancia las diurnas.

Ahora bien, estos desfases no son siempre los mismos y varían en función de coeficientes de marea y otros parámetros. El nivel medio del mar local presenta un desnivel de 3,4 cm entre Cádiz y Tarifa, factor básico para la generación de las grandes corrientes marinas que se presentan en la zona de Barbate y Valdevaqueros.

El oleaje del Golfo de Cádiz está fuertemente gobernado por la configuración del Estrecho de Gibraltar y la protección que proporciona el Cabo de San Vicente frente a los oleajes energéticos del noroeste. En invierno los oleajes dominantes y más energéticos provienen del noroeste (borrascas noratlánticas), mientras que en verano los vientos de levante generan oleajes de corto período que llegan a las costas de Huelva con dirección sureste

| Zona objeto estudio |                 | Datos estadísticos  | Año 2018 |
|---------------------|-----------------|---------------------|----------|
| OLEAJE              | Hs (m)          | media               | 1        |
|                     |                 | desviación          | 0,077    |
|                     | Hs95% (m)       | media               | 2,18     |
|                     |                 | desviación          | 0,278    |
|                     | Hs12 (m)        | media               | 3,943    |
|                     |                 | desviación          | 0,686    |
|                     | Tp (s)          | media               | 7,414    |
|                     |                 | desviación          | 0,291    |
|                     | FE (kW/m)       | media               | 2,998    |
|                     |                 | desviación          | 0,797    |
|                     | Dir FE (°)      | media               | 236,582  |
|                     |                 | desviación          | 6,101    |
|                     | Hs extremal (m) | Hs50                | 5,744    |
|                     |                 | umbral              | 3,578    |
|                     |                 | Media escala Pareto | 0,69     |
|                     |                 | Desv escala Pareto  | 0,085    |
| Media Forma Pareto  |                 | -0,185              |          |
| Desv Forma Pareto   |                 | 0,136               |          |
|                     | Poisson Media   | 2,178               |          |
|                     | Poisson Desv    | 0,189               |          |

Figura 20. Estadística de oleaje y temporales del área objeto de estudio.

**ROSA DE ALTURA SIGNIFICATIVA en SIMAR 6004054 en el periodo 2010-2018**

**SIGNIFICANT HEIGHT ROSE at SIMAR Point 6004054 , period 2010-2018**

LUGAR/LOCATION: SIMAR 6004054 MUESTREO/SAMPLING: 1Hor.  
 PERIODO/PERIOD: 2010-2018 INTERVALO/INTERVAL: Global  
 EFICACIA/EFFIC.: 91.05 % CALMAS/CALMS,<0.2 (m) : 1.25 %

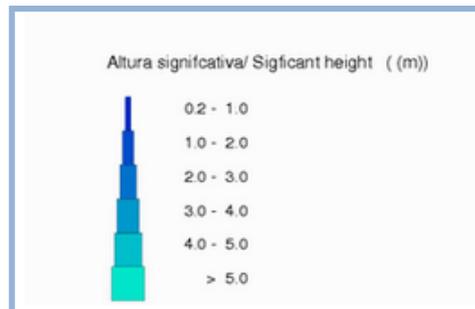
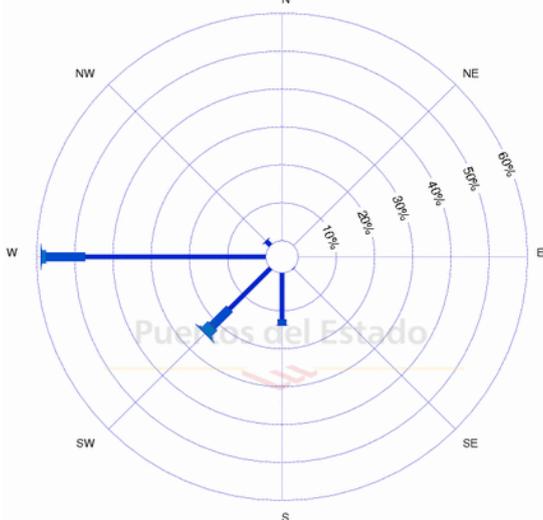


Figura 20a. Rosa de Altura Significativa en la zona objeto de estudio. Fuente: Red de Puertos del Estado

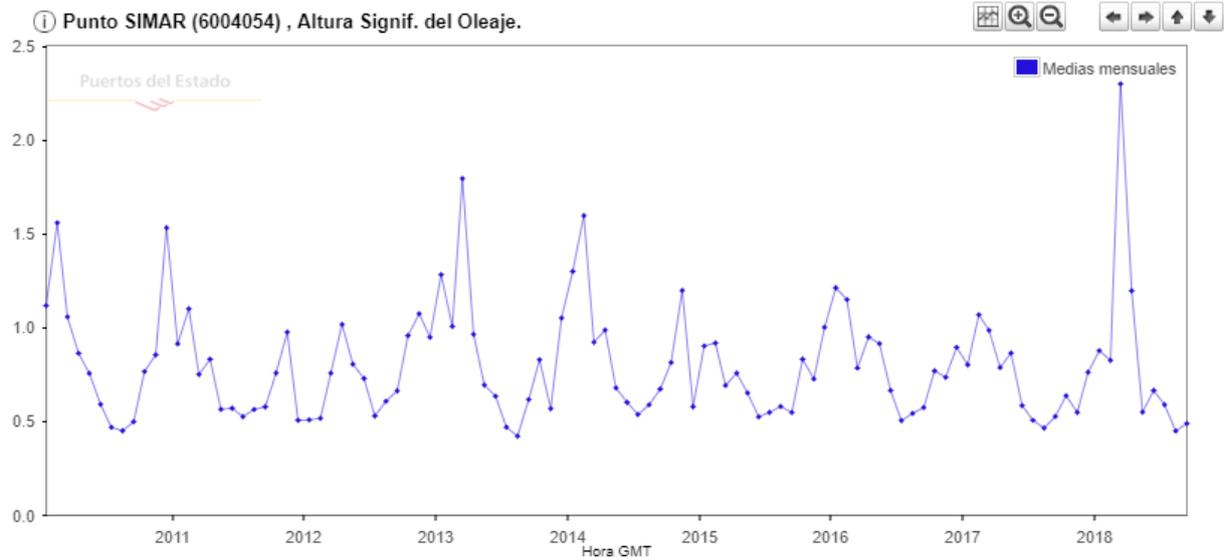


Figura 20b. Altura Significante (Hs) en la zona objeto de estudio. Fuente: Red de Puertos del Estado

**Tabla Hs vs Direccion / Hs vs Direction Table  
SIMAR 6004054**

| EFICACIA 100.0%<br>AÑO/YEAR 2017 |        | Hs (m)               |               |               |              |              |              |              |              |              |     |       |             |
|----------------------------------|--------|----------------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----|-------|-------------|
|                                  |        | <= 0.5               | 1.0           | 1.5           | 2.0          | 2.5          | 3.0          | 3.5          | 4.0          | 4.5          | 5.0 | > 5.0 | TOTAL       |
| calmas/calms                     |        | 1.244                |               |               |              |              |              |              |              |              |     |       |             |
| Dir                              | N 00   | ---                  | ---           | ---           | ---          | ---          | ---          | ---          | ---          | ---          | --- | ---   | ---         |
|                                  | NE 45  | ---                  | ---           | ---           | ---          | ---          | ---          | ---          | ---          | ---          | --- | ---   | ---         |
|                                  | E 90   | ---                  | ---           | ---           | ---          | ---          | ---          | ---          | ---          | ---          | --- | ---   | ---         |
|                                  | SE 135 | ---                  | ---           | ---           | ---          | ---          | ---          | ---          | ---          | ---          | --- | ---   | ---         |
|                                  | S 180  | 5.890                | 8.402         | 1.404         | 0.594        | 0.034        | ---          | ---          | ---          | ---          | --- | ---   | 16.324      |
|                                  | SW 225 | 11.941               | 11.530        | 3.482         | 2.123        | 0.674        | 0.445        | 0.068        | 0.091        | 0.011        | --- | ---   | 30.365      |
|                                  | W 270  | 16.484               | 26.290        | 5.228         | 0.879        | 0.400        | 0.251        | 0.046        | 0.011        | ---          | --- | ---   | 49.589      |
|                                  | NW 315 | 1.416                | 0.833         | 0.183         | 0.046        | ---          | ---          | ---          | ---          | ---          | --- | ---   | 2.477       |
| <b>TOTAL</b>                     |        | <b>35.731+ 1.244</b> | <b>47.055</b> | <b>10.297</b> | <b>3.642</b> | <b>1.107</b> | <b>0.696</b> | <b>0.114</b> | <b>0.103</b> | <b>0.011</b> | --- | ---   | <b>100%</b> |

Generado por / Generated by Puertos del Estado

Fecha de Hoy/Today is: 06-Sep-18

Figura 20c. Tabla de altura significativa frente a la dirección en la zona objeto estudio.

Fuente: Red de Puertos del Estado

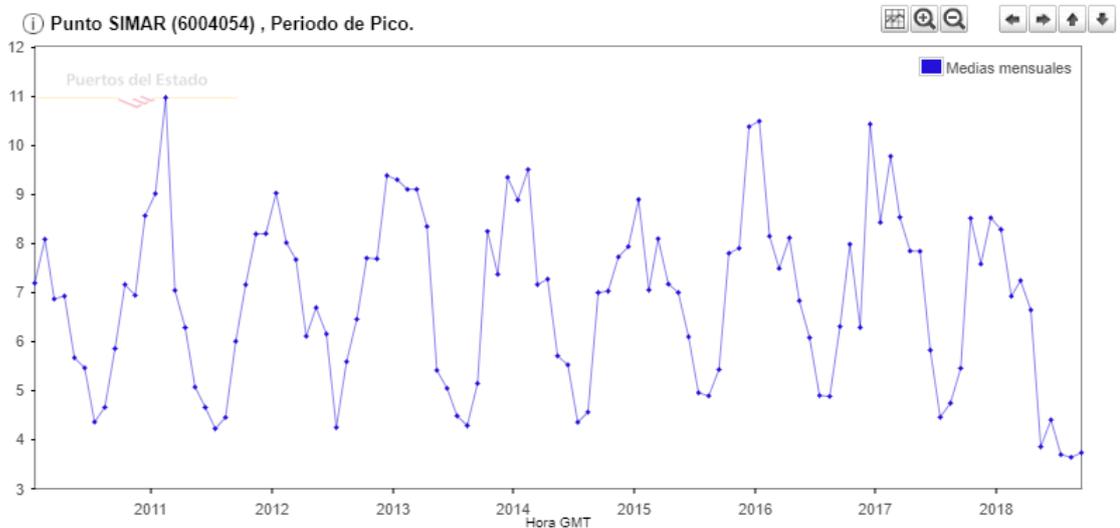


Figura 20d. Gráfica de serie temporal correspondiente al Periodo de Pico en la zona objeto estudio. Fuente: Red de Puertos del Estado

### 5.1.d. Dinámicas resultantes de los efectos del cambio climático.

En este apartado debemos dejar patente la necesidad de plantear las proyecciones de crecimiento y desarrollo actuales para poder postular escenarios futuros. Como se representan en la figura posterior. Teniendo en cuenta los valores pertenecientes a los parámetros: viento, oleaje y nivel del mar para la zona objeto de estudio, desde la actualidad hasta 2040.

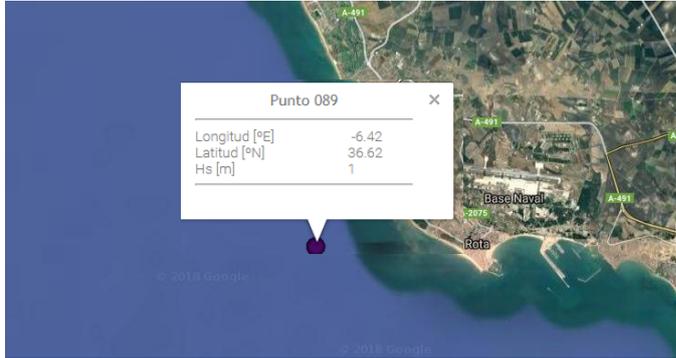


Figura 21. Tabla de parámetros fundamentales para el estudio de la dinámica costera en la zona objeto de estudio. FUENTE: OECC y IH Cantabria.

| Zona objeto estudio  |                          | Datos estadísticos  | Histórico      |               |               |               |
|----------------------|--------------------------|---------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|
|                      |                          |                     | Año 2018       | 2020          | 2030          | 2040          |
| <b>VIENTO</b>        | PW(W/m2)                 | media               | <b>253,088</b> | -4,984        | -6,17         | -7,357        |
|                      |                          | desviación          | <b>31,704</b>  | 6,085         | 7,534         | 8,982         |
| <b>OLEAJE</b>        | Hs (m)                   | media               | <b>1</b>       | 0             | -0,001        | -0,001        |
|                      |                          | desviación          | <b>0,077</b>   | 0,009         | 0,011         | 0,013         |
|                      | Hs95% (m)                | media               | <b>2,18</b>    | -0,027        | -0,033        | -0,039        |
|                      |                          | desviación          | <b>0,278</b>   | 0,008         | 0,009         | 0,011         |
|                      | Hs12 (m)                 | media               | <b>3,943</b>   | -0,032        | -0,039        | -0,047        |
|                      |                          | desviación          | <b>0,686</b>   | -0,011        | -0,014        | -0,016        |
|                      | Tp (s)                   | media               | <b>7,414</b>   | 0,071         | 0,088         | 0,105         |
|                      |                          | desviación          | <b>0,291</b>   | -0,056        | -0,069        | -0,082        |
|                      | FE (kW/m)                | media               | <b>2,998</b>   | -0,038        | -0,048        | -0,057        |
|                      |                          | desviación          | <b>0,797</b>   | 0,022         | 0,027         | 0,032         |
|                      | Dir FE (°)               | media               | <b>236,582</b> | 0,222         | 0,275         | 0,328         |
|                      |                          | desviación          | <b>6,101</b>   | -3,615        | -4,475        | -5,336        |
|                      | Hs extremal (m)          | Hs50                | <b>5,744</b>   | 0             | 0             | 0             |
|                      |                          | umbral              | <b>3,578</b>   | -             | -             | -             |
| Media escala Pareto  |                          | <b>0,69</b>         | 0              | 0             | 0             |               |
| Desv escala Pareto   |                          | <b>0,085</b>        | 0              | 0             | 0             |               |
| Media Forma Pareto   |                          | <b>-0,185</b>       | -              | -             | -             |               |
| Desv Forma Pareto    |                          | <b>0,136</b>        | -              | -             | -             |               |
| Poisson Media        |                          | <b>2,178</b>        | 0              | 0             | 0             |               |
| Poisson Desv         | <b>0,189</b>             | 0                   | 0              | 0             |               |               |
| <b>NIVEL DEL MAR</b> | Referencia Alicante (cm) |                     | <b>31,812</b>  | -             | -             | -             |
|                      | Rango marea (cm)         |                     | <b>344,833</b> | -             | -             | -             |
|                      | MSL (cm)                 | Media               | <b>2,955</b>   | <b>1,87</b>   | <b>4,394</b>  | <b>7,124</b>  |
|                      |                          | desviación          | <b>0,438</b>   | 0             | 0,004         | 0,016         |
|                      | MM95% (cm)               | Media               | <b>6,032</b>   | <b>-1,553</b> | <b>-1,923</b> | <b>-2,293</b> |
|                      |                          | desviación          | <b>3,165</b>   | 0,285         | 0,353         | 0,421         |
|                      | MM extremal (m)          | MM50                | <b>0,421</b>   | 0             | 0             | 0             |
|                      |                          | umbral              | <b>0,209</b>   | -             | -             | -             |
|                      |                          | Media escala Pareto | <b>0,083</b>   | 0             | 0             | 0             |
|                      |                          | Desv escala Pareto  | <b>0,074</b>   | 0             | 0             | 0             |
| Media Forma Pareto   |                          | <b>-0,29</b>        | -              | -             | -             |               |
| Desv Forma Pareto    |                          | <b>0,094</b>        | -              | -             | -             |               |
| Poisson Media        |                          | <b>2,131</b>        | 0              | 0             | 0             |               |
| Poisson Desv         | <b>0,187</b>             | 0                   | 0              | 0             |               |               |

**5.1.e. Batimetría hasta zonas del fondo que no resulten modificadas, y forma de equilibrio, en planta y perfil, del tramo de costas afectado.**

A continuación, se exponen varios mapas temáticos que representan los perfiles batimétricos de la zona de estudio:

**5.1.e1. Batimetría general.**

La playa de Punta Candor presenta un perfil batimétrico que oscila de 0-100 metros de profundidad.

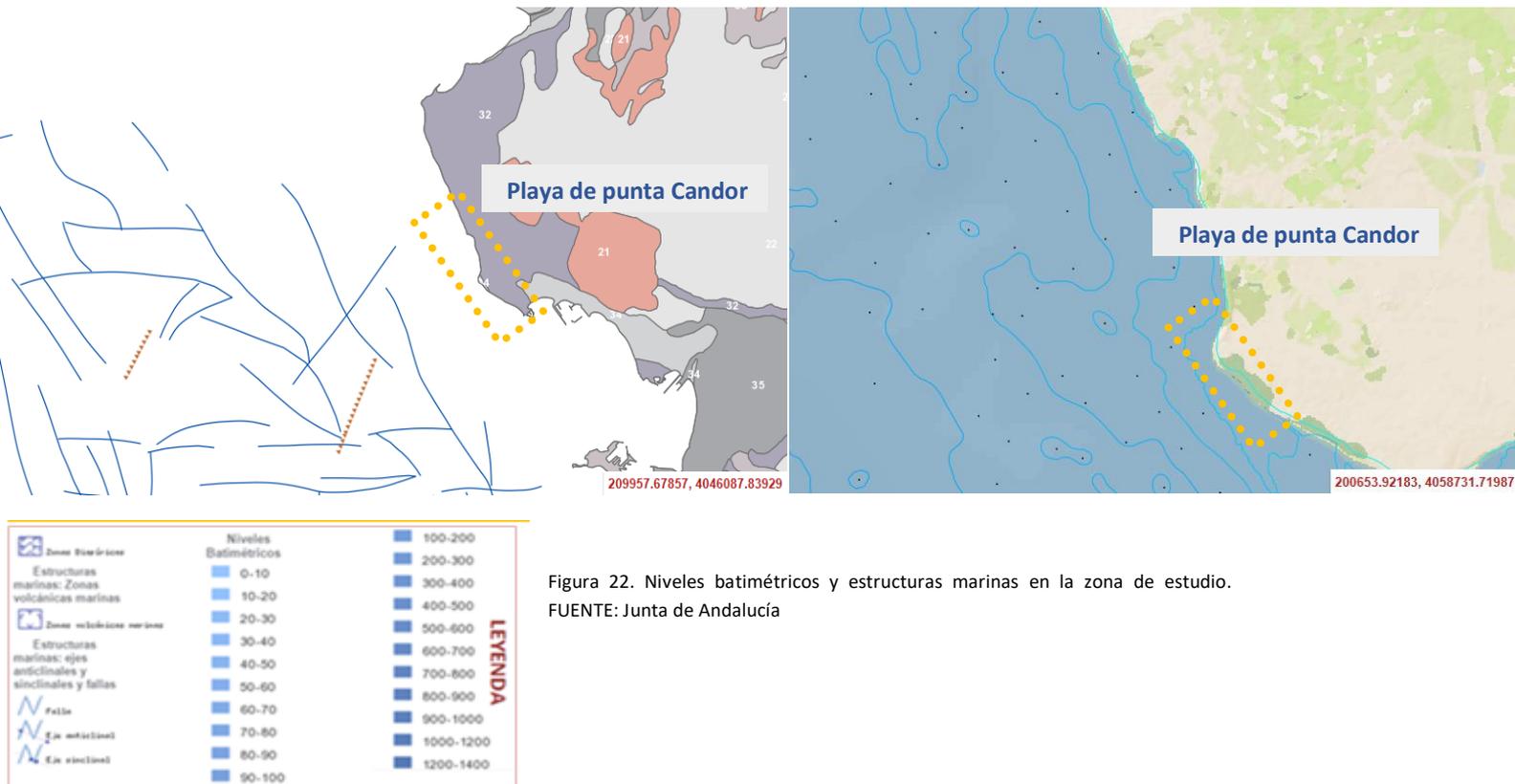


Figura 22. Niveles batimétricos y estructuras marinas en la zona de estudio. FUENTE: Junta de Andalucía

**5.1.e2. Perfil batimétrico preciso en la zona objeto de estudio.**

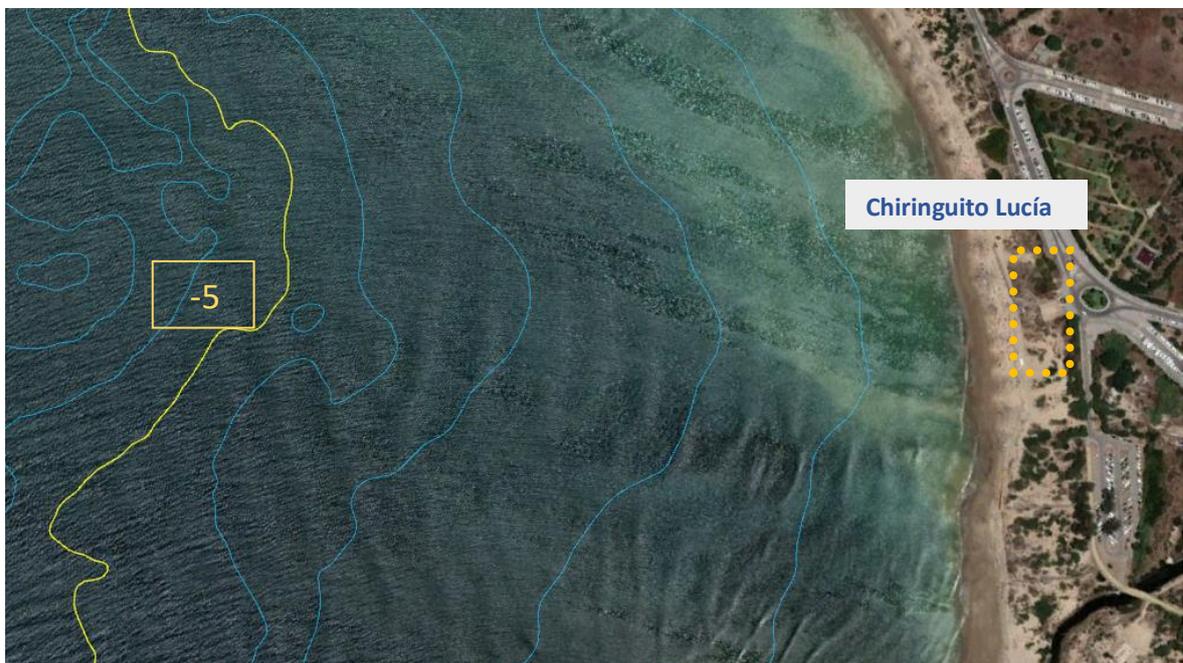


Figura 23. Niveles batimétricos específico en la zona objeto de estudio. FUENTE (Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar, perteneciente al Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA))

### 5.1.e3. Perfil y datos de marea específicos de la playa de Punta Candor

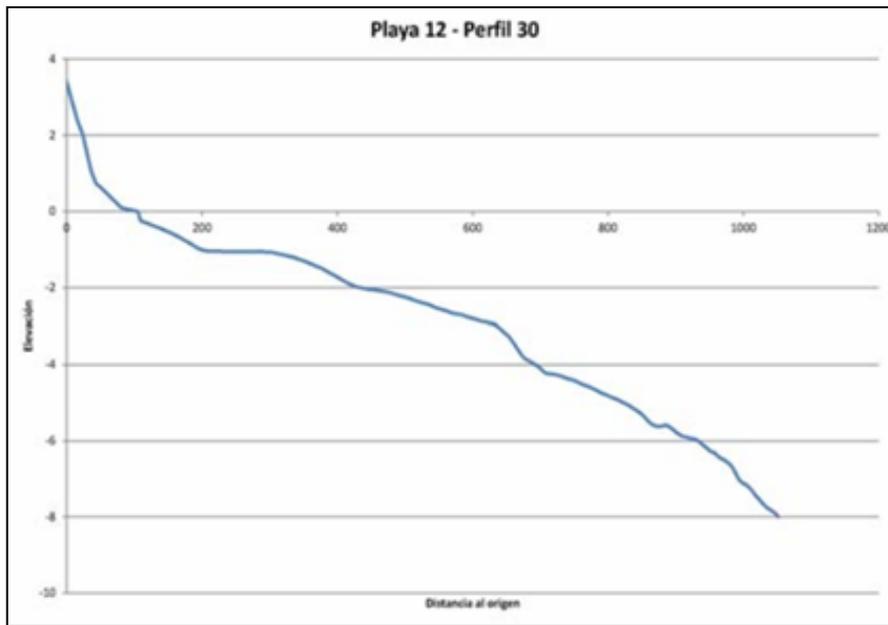


Figura 24. Perfil de equilibrio y rango de marea de Punta Candor

### 5.1.f. Naturaleza geológica de los fondos.

Geológicamente, la playa de Punta Candor es una depresión Postorogénica, de tipo Campo dunar-Playa y parte de antiguas terrazas.

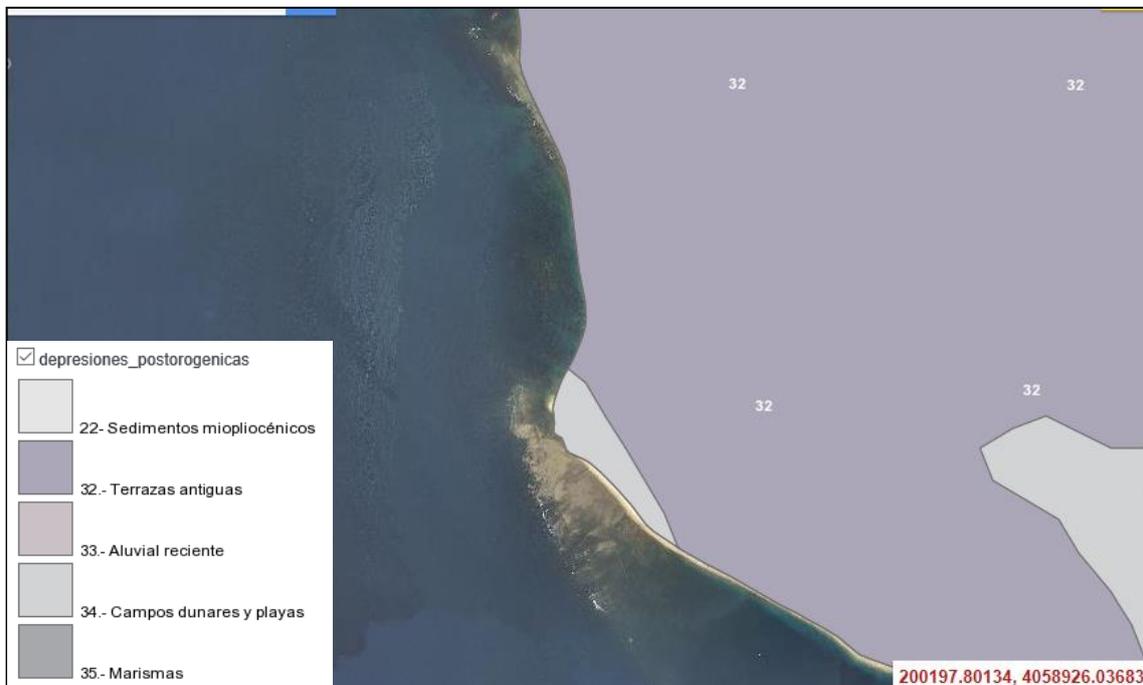


Figura 25. Geología de la zona. FUENTE: Junta de Andalucía

En lo referente a la morfología de los fondos marinos de la playa de Punta Candor, se diferencia 2 clases diferentes:

- Fundamentalmente Afloramientos rocosos masivos y
- Sedimentos no consolidados muy finos.



Figura 26. Morfología de los fondos marinos de la Playa de Punta Candor. FUENTE: MAPAMA

Por último, es de especial interés el mapa que se muestra a continuación referente a la fisiografía que encontramos en la provincia de Cádiz.

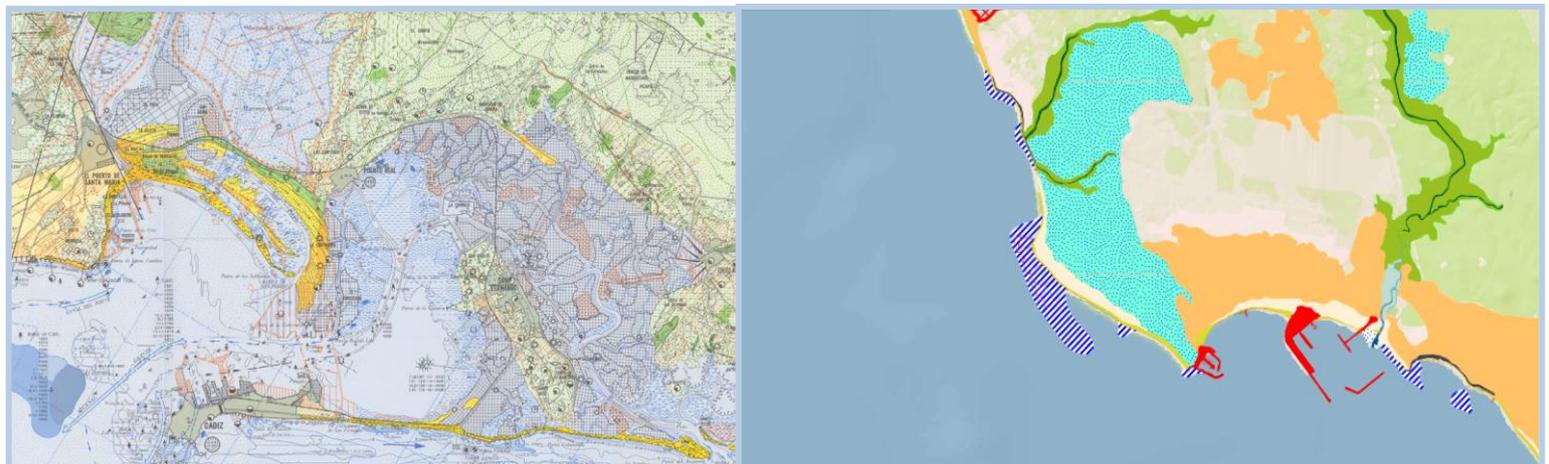


Figura 27. Mapa fisiográfico de la provincia de Cádiz. FUENTE: Consejería de Medio Ambiente.

### 5.1.g. Condiciones de la biosfera submarina y efectos sobre la misma de las actuaciones previstas en la forma que señala el artículo 88.

En el presente proyecto no procede. El área objeto de estudio no afecta a la Red Natura 2000, al encontrarse fuera de cualquier figura de protección. Además, la instalación del Chiringuito de naturaleza desmontable, se encuentra a más de 500 metros de la única zona cercana protegida, el espacio denominado “Los Corrales de Rota”.

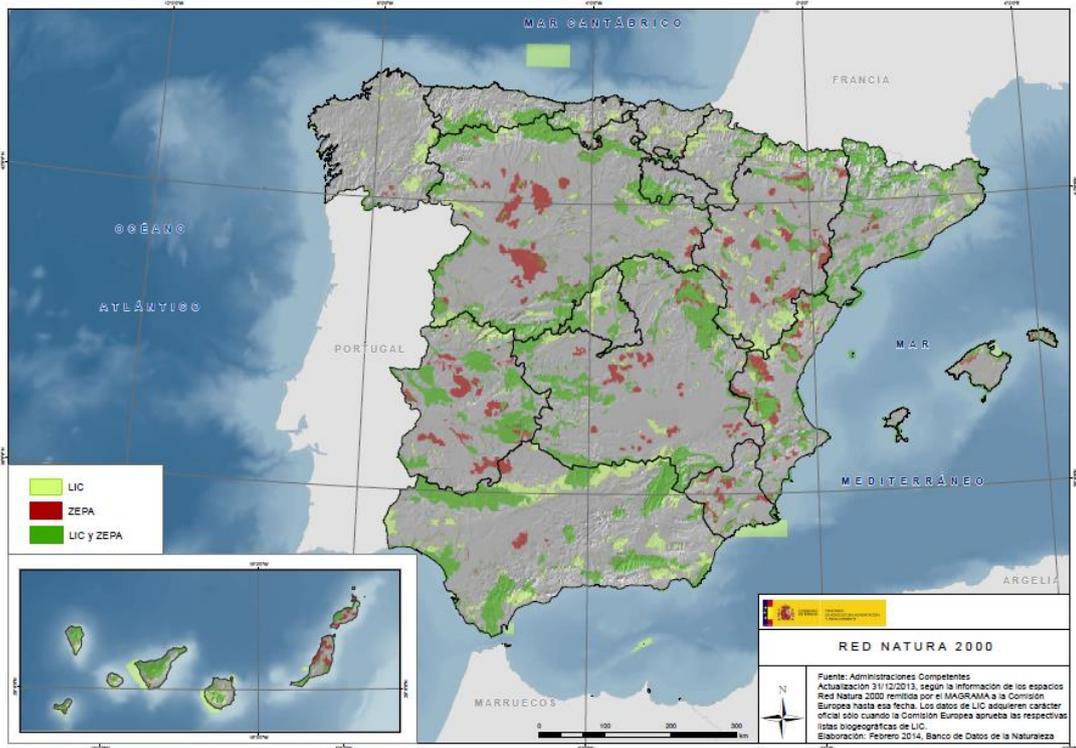


Figura 28. Mapa Red Natura 2000 y en verde, corrales de rota. FUENTE: MAPAMA

### 5.1.h. Recursos disponibles de áridos y canteras y su idoneidad, previsión de dragados o trasvases de arenas.

En el área de estudio que se enmarca en el presente estudio básico no existe previsión de dragado o trasvase de arenas, por lo que no procede, y recomendamos que éste área nunca sea objeto de esta materia, pues el impacto causado en la zona sería severo.

### 5.1.i. Plan de seguimiento de las actuaciones previstas.

Se recomienda realizar estudio específico y detallado en tiempo real para estimar la dinámica exacta de los sedimentos, verificando así los resultados obtenidos mediante la modelización de los parámetros estudiados.

En base a los datos analizados, estimamos que habría una pequeña diferencia en el patrón de acumulación de sedimentos, justo en la zona donde se enclava el chiringuito. Pues, como hemos observado anteriormente, en la época estival los sedimentos se acumulan básicamente por la acción del viento, con lo que los sedimentos al encontrar un obstáculo en su camino se acumulan justo ahí y no siguen su camino convencional, que sería en este caso, hacia la duna. **No obstante, cabe destacar que la modificación no superará los 0.2,5 m en altura**, específicamente este punto.

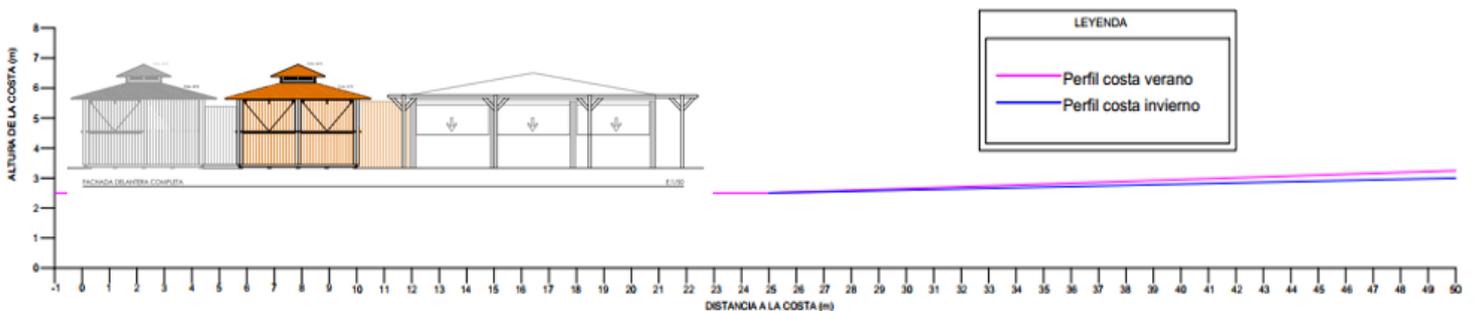


Figura 29. Perfil de equilibrio área objeto de estudio. FUENTE: Elaboración propia.

### **5.1.j. Propuesta para la minimización, en su caso, de la incidencia de las obras y posibles medidas correctoras y compensatorias.**

#### **REPERCUSIÓN EN EL MEDIO AMBIENTE DE LA INSTALACIÓN DEL MÓDULO DE PLAYA “Lucía” EN PUNTA CANDOR**

El módulo es de topología desmontable y modular. Este módulo, cuya actividad principal es el servicio de hostelería en playas, adquiere el compromiso de recoger en sus actividades la protección del medio ambiente y la salud de sus empleados. Uno de sus objetivos estratégicos la protección del medio ambiente e involucra a todas las actividades de la organización y a todos y cada uno de sus empleados en la consecución de este.

Por tanto, el concesionario se compromete a:

#### **GESTIÓN DE RESIDUOS**

El desarrollo de buenas prácticas medioambientales, entre ellas una correcta gestión de los residuos, no sólo beneficia a las empresas del sector hostelero, sino que también es positivo para los trabajadores, el entorno y la sociedad en su conjunto.

La asimilación y puesta en marcha de estas acciones permite a la empresa disponer de un diferencial competitivo y un atractivo mayor ante el consumidor, que puede traducirse en ventajas comerciales y nuevas oportunidades de mercado. También es beneficioso en términos de disminución de costes de operación, así como en la mejora de las condiciones laborales de sus trabajadores, que ejercerán su actividad en un entorno más atractivo y con menos riesgos para la salud.

Un modelo de turismo sostenible evitará el agotamiento de los recursos naturales e impedirá la contaminación del agua, el suelo, los bosques y el aire que respiramos. Un entorno sano es mejor calidad de vida para todos y un respeto por nuestro legado artístico, cultural y gastronómico, elementos fundamentales de nuestra industria hostelera.

#### **RECICLADO**

- Minimizar el embalaje de productos, promocionando el uso de materiales ambientalmente correctos como bolsas de papel reciclado, cajas de madera, etc.
- Fomentar la separación de los distintos residuos entre los clientes poniendo a disposición papeleras con varios compartimentos

#### **BUENAS PRÁCTICAS EN LA COCINA**

Evitar la utilización de papel de aluminio o de film transparente para el mantenimiento de comida preparada, usar en su lugar fiambreras u otro tipo de recipiente que no

provoque residuos (los film arrastran parte de la comida cuando son retirados), y que se puedan reutilizar.

- No verter el aceite usado al desagüe, si no se puede proceder a su transporte a un punto limpio o si no se dispone de un contenedor para su posterior recogida, se debe arrojar a la basura en un tarro de vidrio cerrado.
- Cuando se cocina, se consigue un ahorro de energía tapando los recipientes y apagando los fuegos 10 minutos (si es cocina eléctrica) antes para aprovechar el calor.
- Minimizar el tiempo de precalentamiento del horno y mantener la puerta cerrada.
- Tener en cuenta los límites de emisión de humos.
- Para ahorrar agua en la cocina se considera necesario procurar tener los alimentos limpios para evitar lavarlos con agua en continuo, es mejor utilizar un barreño y lavar más de una pieza a la vez.

## **GESTIÓN DEL AGUA**

Las siguientes acciones podrían ayudar a reducir el consumo innecesario de agua y evitar que sea contaminada con productos de limpieza químicamente agresivos:

- Cerrar los grifos cuando están abiertos innecesariamente y mantenerlos en buen estado para evitar fugas.
- Instalar dosificadores dentro de los grifos, ya que ayudan a reducir el flujo de agua añadiendo aire oxigenado y aumentando la presión.
- Regular la temperatura atendiendo a las necesidades y a las prescripciones sanitarias, así se ahorrará agua y energía.
- Utilizar jabones de mano naturales o libres de perfumes y colorantes innecesarios, favorece nuestra piel y el medio ambiente.
- Intentar no utilizar productos peligrosos en la limpieza de baños, habitaciones y salones, optando por limpiadores libres de fosfatos y cloro.

## **GESTIÓN DE LA ENERGÍA**

- Apagar las luces del puesto de trabajo cuando no sean necesarias.
- Apagar las luces de los servicios y de las salas cuando no se estén utilizando.

- Usar la climatización sólo cuando sea necesario. Evitar las corrientes de aire y cerrar correctamente puertas y ventanas, así se evitan pérdidas en los sistemas de aire acondicionado y calefacción y se disminuye el consumo de energía.
- Usar luz natural en la medida de lo posible. Mantenga las ventanas limpias y anime al personal a abrir las persianas en lugar de encender las luces.
- Climatización: Comprobar los niveles de almacenamiento del combustible necesario para la calefacción, así se puede evitar la existencia de fugas y la producción de residuos.
- Conectar los lavavajillas y las lavadoras a carga completa, ya que el uso a media carga implica mayor consumo de agua, energía y detergente.
- El mayor consumo de energía es debido al calentamiento del agua de los electrodomésticos, es aconsejable mantener los termostatos a una temperatura no muy elevada y constante.
- Limpiar frecuentemente los hornos, fuegos y placas para evitar que se acumulen grasas que impidan la transmisión de calor.

## **INFORMACIÓN A LOS TRABAJADORES**

- Es necesaria una adecuada formación ambiental a los trabajadores para que luego éstos puedan comunicar a los clientes las mejoras medioambientales de los servicios que ofrece el establecimiento.
- Facilitar el conocimiento de los símbolos de peligrosidad y toxicidad y los que identifican a los productos ecológicos.
- Colocar carteles en distintos puntos de las instalaciones informando sobre las buenas prácticas que los usuarios y trabajadores pueden adoptar en sus actividades diarias.

## 5.2.- FASE II: EVALUACIÓN DE EFECTOS EN LA COSTA DEL CAMBIO CLIMÁTICO

### 5.2.a. Introducción a la problemática de los efectos del cambio climático en la costa.

Las zonas costeras son áreas de gran riqueza en las que tienen lugar distintos procesos físicos, químicos y biológicos gobernados por complejas interacciones de flujos de agua.

Consecuencia de ello es que las zonas costeras sean altamente dinámicas y que presenten una alta fragilidad y vulnerabilidad frente a cualquier tipo de presión externa, ya sea de origen natural o humano. El cambio climático es una de ellas, y el calentamiento global está dando lugar a cambios en el sistema climático que afectan directamente a los procesos costeros.

Desde el punto de vista socioeconómico, las zonas costeras son, hoy por hoy, áreas de vital relevancia para los países costeros, ya que albergan a la mayor parte de su población y un elevado porcentaje de sus actividades económicas. Baste decir que las zonas costeras con superficie por debajo de la cota 10 m suponen un 2% de la superficie continental, de la que un 13% se considera urbanizada. Sin embargo, este 2% contiene en torno al 10% de la población mundial (McGranahan et al., 2007; Satterthwaite et al., 2009), cifra que sigue en aumento.

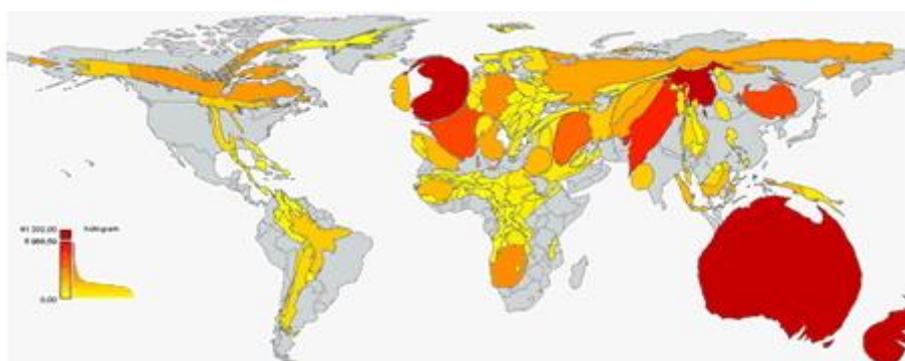


Figura 30. Distorsión de mapamundi en función a la cantidad de habitantes.

FUENTE: Online Journalism Blog

La complejidad de las interacciones entre el sistema natural y el sistema socioeconómico que coexisten en la costa sugiere que las consecuencias del cambio climático puedan manifestarse de muchas maneras. El riesgo de inundación en zonas bajas y erosión costera son impactos particularmente preocupantes. Sin embargo, cambios en la temperatura del agua o la acidificación de los océanos pueden dar lugar a severos impactos en los estuarios y la vida marina.

La tendencia demográfica hacia la concentración de la población en las costas y el consiguiente desarrollo asociado hace que los problemas actuales se puedan ver exacerbados en el futuro. Sirva de ejemplo, que se estima que la población hoy expuesta a una inundación con un periodo de retorno de 100 años pasará de 270 millones a 350 millones en 2050 debido al desarrollo socioeconómico (Jongman et al. 2012).

Además, la enorme concentración de la actividad humana en esta estrecha franja del territorio ha hecho que ricos e importantes ecosistemas y hábitat costeros hayan sufrido una importante degradación, por lo que los sistemas naturales afrontan un futuro incierto ante el cambio climático. Esta delicada situación representa un reto para los países costeros, que deben hallar la manera de gestionar la costa sin renunciar al bienestar y la prosperidad actuales y futuros.

La gestión de riesgos y la adaptación juegan un papel fundamental para afrontar este reto, pero una correcta aplicación de las mismas requiere un análisis y cuantificación de las consecuencias que los eventos extremos y el cambio climático pueden producir en la costa.

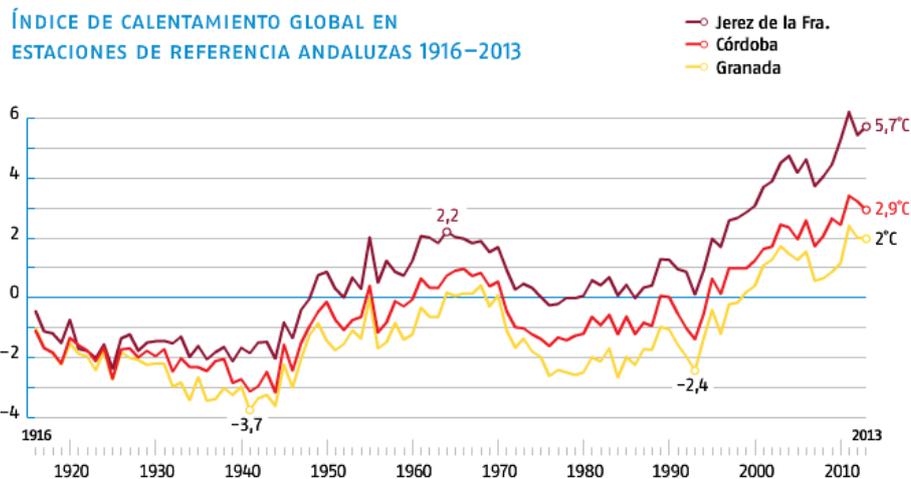


Figura 31. Índice de calentamiento global en estaciones de Referencia Andaluzas. FUENTE: Consejería de Medio ambiente.

Como mencionamos anteriormente la Fase II tiene como objetivo la evaluación de los efectos generados en la dinámica costera a causa del cambio climático. Parámetros que ya hemos determinado en la Fase I, y cambios que se pueden producir en los espacios naturales y usos humanos del litoral español. Los elementos del litoral a analizar en nuestro caso objeto de estudio son: playa y duna principalmente, aunque también de forma reflejaremos en el estudio acantilados, puertos, saneamientos litorales, edificaciones e infraestructuras terrestres.

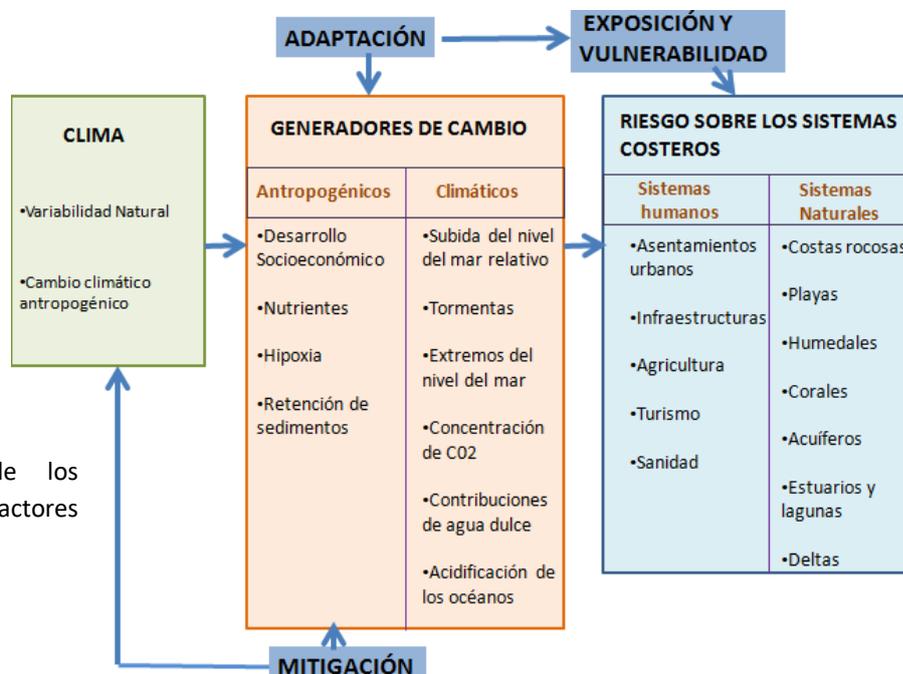


Figura 32. Esquema de los elementos del litoral y factores

## 5.2.b. Efectos provocados en los elementos del litoral objetos de estudio.

En este apartado se trata el cambio climático referente a la dinámica litoral, mediante el análisis teórico por medio del uso de modelos numéricos de simulación, y por medio de formulaciones empíricas o analíticas que evalúan los potenciales cambios que sufrirán los elementos del litoral por efecto del cambio climático.

### 5.2.b1. Impacto del cambio climático en playas

De acuerdo con el V Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) recientemente publicado, el calentamiento en el sistema climático es inequívoco, la influencia humana en el sistema climático es clara, y el cambio climático plantea riesgos para los sistemas humanos y naturales. El mismo informe indica que en las últimas décadas, el cambio climático ha afectado a los sistemas naturales y humanos en todos los continentes y océanos y que los impactos son más evidentes en los sistemas naturales -incluyendo los sistemas costeros- pero también se han observado en los sistemas humanos. No cabe duda de que tal afección se prolongará en el futuro.

Estudios recientes muestran que los cambios observados en el sistema climático están siendo más rápidos de lo esperado. La tasa de aumento del nivel medio del mar observado ha variado entre 1,5 y 1,9 mm/año entre 1900 y 2010 y entre 2,8 y 3,6 mm/año entre 1993 y 2010 (IPCC-AR5).

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.

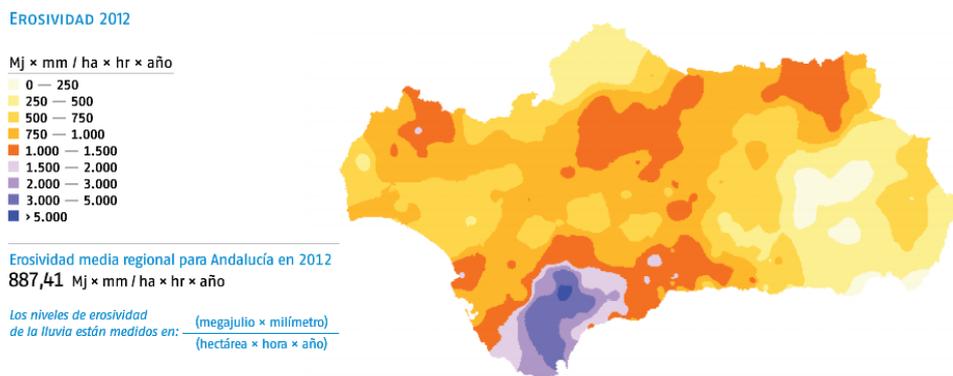


Figura 33. Mapa de erosividad media regional para Andalucía 2012.

FUENTE: Consejería de Medio ambiente.

En cuanto al crecimiento de las dunas cabe mencionar que la intensidad y la dirección del viento son los principales parámetros que gobiernan el transporte eólico de sedimentos desde la playa hacia los sistemas dunares. Por ello, si estas dos son modificadas por efecto del cambio climático, también lo hará la capacidad de transporte desde la playa hacia las dunas, reduciendo o intensificando la tasa de crecimiento de las mismas. Si por ejemplo, la intensidad del viento disminuye, también disminuye la capacidad de transporte. Por otro lado, si la dirección del viento cambia intensificando la componente paralela a la costa, también se reducirá la capacidad de transporte ya que

la que en realidad transporta sedimento desde la playa al trasdós es la perpendicular a la línea de costa.

**5.2.c. Vulnerabilidad de la zona objeto de estudio tras la subida del nivel del mar.**

Índice de Vulnerabilidad Costera a la subida del nivel del mar o CVI (Coastal Vulnerability Index). Se trata de un indicador de la respuesta física de la costa ante un evento de subida del nivel del mar en base a seis parámetros físicos específicos. Empleando dichos parámetros, se categoriza cada tramo de 500m de anchura alineados a lo largo de la línea de costa según 4 niveles de índice de vulnerabilidad (bajo, moderado, alto y muy alto). Cada parámetro considerado (topografía, geomorfología, erosión, nivel del mar, altura de la ola significativa y rango mareal) es a su vez clasificado en 5 niveles según su incidencia en la vulnerabilidad costera en función de sus características intrínsecas. Así, por ejemplo, a mayor altura de la ola significativa, mayor vulnerabilidad, a mayores valores de progradación costera (erosión positiva) menor vulnerabilidad, etc.

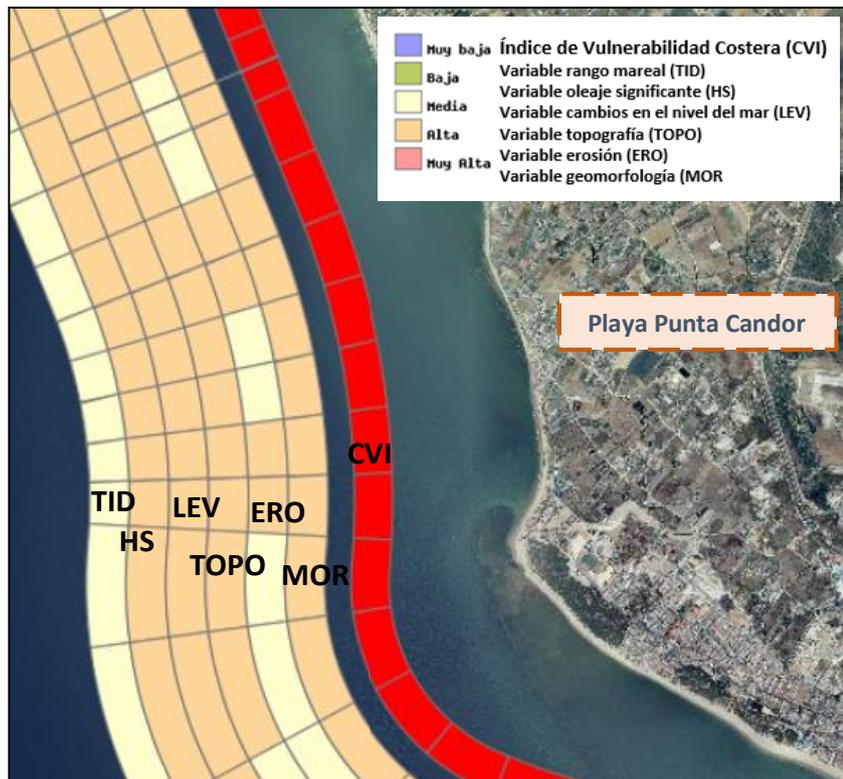


Figura 34. a) Mapa de índice de vulnerabilidad general de la costa en la zona de estudio. FUENTE: Consejería de Medio ambiente.

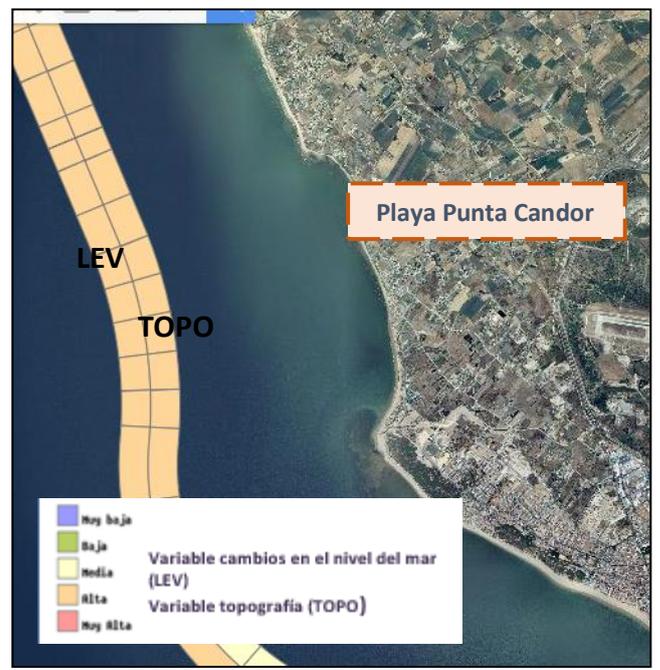
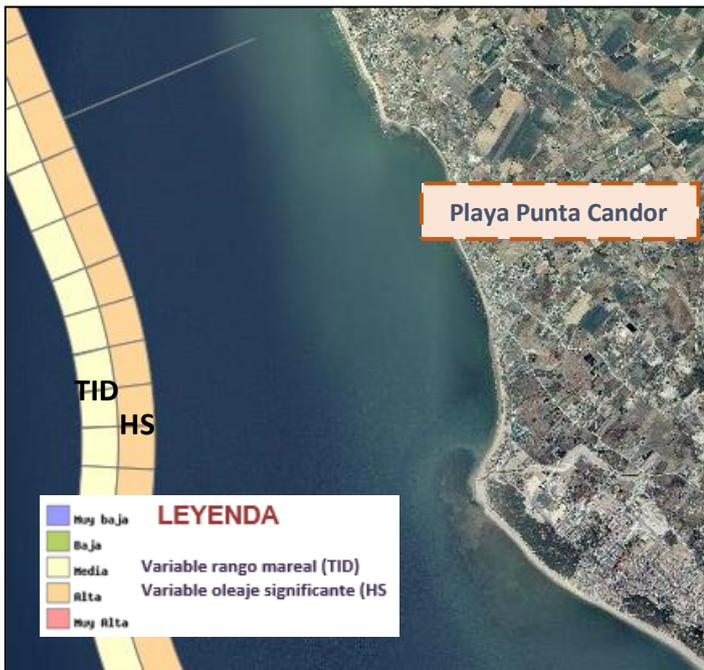


Figura 35. a) Variable de rango mareal y oleaje significativo y Mapa de cambios nivel del mar y topografía FUENTE: Consejería de Medio ambiente.



Figura 36. Mapa de cambios del nivel del mar y geomorfología y Mapa de vulnerabilidad costera. FUENTE: Consejería de Medio ambiente.

## 5.2.d. Subida del nivel del mar para evaluar los efectos del cambio climático.

### 5.2.d1. Subida del nivel mar a nivel global.

La subida del nivel del mar global es debida fundamentalmente a dos factores: la expansión térmica del agua del mar y el deshielo. A medida que el agua se va calentando se produce un aumento de su volumen que da lugar a un aumento en el nivel, por otro lado, el aumento de la temperatura contribuye al deshielo de glaciares y otras reservas de agua continentales y de las principales placas de hielo de la Antártida y Groenlandia (Meehl et al. 2007). Hoy en día se sabe que la expansión térmica de los océanos es responsable de alrededor de un tercio de la subida del nivel del mar global, producida en el siglo XX hasta 1990. Desde entonces, el deshielo procedente de glaciares, y capas de hielo continentales y polares ha sido mucho más importante.

Los océanos se calientan mucho más lentamente que la atmósfera, por lo que la expansión térmica se produce décadas más tarde que el aumento de la temperatura del aire. La expansión térmica del agua puede predecirse con moderada confianza, al igual que el deshielo de glaciares continentales y otras reservas de agua, gracias a los datos medidos y el conocimiento de las reservas de hielo continental. Sin embargo, la contribución al nivel del mar por el deshielo de los casquetes polares es mucho más difícil de estimar, debido al tamaño de las placas de hielo, la variación del clima a lo largo de su extensión y la escasez de datos disponibles. En la escala de tiempo de siglos la contribución del deshielo de las placas de Groenlandia o la Antártida es incierta, pudiendo experimentarse aumentos por encima de 1 m si su contribución es significativa.

El ascenso medio del nivel del mar global entre 1880-2009 ha sido aproximadamente de 210 mm (Church y White, 2011). Existe una considerable variabilidad de la tasa de ascenso a lo largo del siglo XX. El registro de cambios pasados en el nivel del mar, a escala global, se ha realizado mediante datos de satélite (desde 1993) y reconstrucción de observaciones del nivel del mar (periodo 1880-2009). Desde 1993, la alta calidad de los datos de satélite ha permitido un modelado más preciso del cambio en el nivel medio del mar global (Figura 34). La estimación en la tasa de ascenso para la era satelital corresponde a  $3,2 \pm 0,4$  mm/año, mientras que para el período precedente es de  $2,8 \pm 0,8$  mm/año.

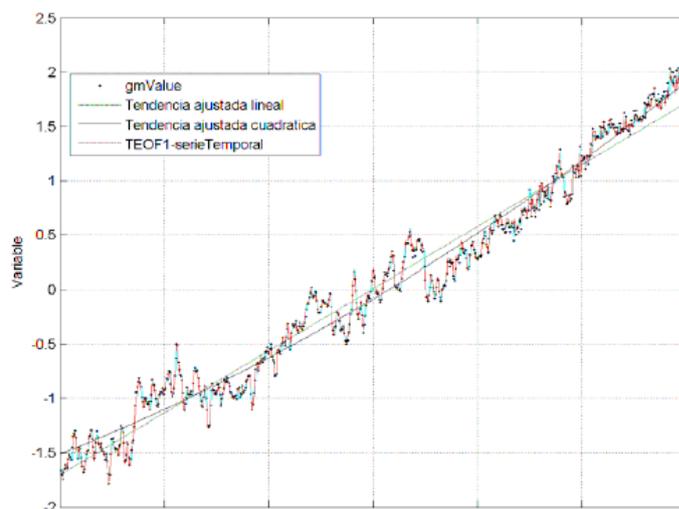


Figura 37. Tendencia y reconstrucción obtenida para el nivel medio del mar global. En rojo se representa la serie temporal del primer modo de la Trend-eof mientras que los puntos negros (no coincidentes) representan el nivel medio global de la base de datos instrumental. Además, en verde y negro se representa las tendencias ajustadas, lineal y cuadrática, respectivamente. FUENTE: MAPAMA.

Modelos semiempíricos tales como el obtenido por Vermeer y Rahmstorf (2009) muestran valores para finales de siglo de entre 75 cm (nivel superior de las proyecciones del AR4) y los 2 m. Parece haber un creciente consenso entre la comunidad científica de que la cota superior de subida del nivel del mar estimada por el IPCC se alcanzará a finales de siglo y que un aumento de más de 1-1,5 m no puede ser despreciado (Steffen 2009).

### **5.2.d2. Subida nivel mar en la costa española**

Estudios recientes muestran que los cambios observados en el sistema climático están siendo más rápidos de lo esperado. La tasa de aumento del nivel medio del mar observado ha variado entre 1,5 y 1,9 mm/año entre 1900 y 2010 y entre 2,8 y 3,6 mm/año entre 1993 y 2010 (IPCC-AR5).

El aumento del nivel del mar no es igual a lo largo de todas las costas del mundo. En España se han llevado a cabo numerosos estudios sobre el aumento en el nivel del mar, obteniéndose tasas de aumento.

Los sistemas costeros en España son especialmente sensibles a los efectos de la subida del nivel del mar, así como a otros factores climáticos de cambio tales como el aumento de la temperatura superficial del agua, la acidificación, los cambios en las tormentas o los cambios en el oleaje.

- El aumento del nivel del mar no es igual a lo largo de todas las costas del mundo. En España se han llevado a cabo varios estudios sobre el aumento en el nivel del mar en la costa española, obteniéndose tasas de aumento entre 1 a 3 mm/año durante el último siglo con importantes variaciones en la cuenca Mediterránea por efectos regionales.
- El aumento del nivel del nivel medio del mar en la zona sigue la tendencia media global observada entre 1,5 y 1,9 mm/año entre 1900 y 2010 y de entre 2,8 mm/año y 3,6 mm/año entre 1993 y 2010.
- El oleaje es una de las principales dinámicas susceptibles de cambio que afectan a nuestra costa. En las últimas 6 décadas se han observados importantes cambios tanto en intensidad como en dirección. En el atlántico se ha observado un aumento significativo de hasta 0,8 cm/año en el oleaje más intenso (percentil 95 de altura de ola significativa) y disminución en el Mediterráneo y Canarias.

Al igual que pasa en el resto del mundo, en España los impactos observados atribuibles al cambio climático son aquellos que corresponden a cambios en la temperatura del océano o a la acidificación. Con la información existente, los impactos observados relativos a inundación o erosión en zonas costeras no son atribuibles a cambio climático pues están altamente afectados por la acción del hombre.

El desarrollo socioeconómico, junto con otros factores de origen no climático como la hipoxia, desvío o variación de caudales en ríos, retención de sedimentos o pérdida de hábitat, potencian los impactos del cambio climático en la costa.

- En los últimos años se ha producido un aumento demográfico muy elevado en la franja costera. El ritmo de crecimiento anual de la población residente en municipios costeros fue de un 1,9 %, siendo superior en la fachada mediterránea, especialmente en Tarragona, Girona, Alicante y Castellón.
- En los últimos años se han producido notables cambios en los usos del suelo, produciéndose un crecimiento urbanístico en la costa que ha dado lugar a la rigidización de gran parte del litoral.

Estos procesos han producido un aumento de la exposición y vulnerabilidad de la zona costera con un consiguiente aumento del riesgo.

**Los sistemas costeros y, en especial, las zonas bajas, desembocaduras de los ríos y estuarios y marismas, experimentarán impactos adversos como la inundación costera y la erosión debido a la subida del nivel del mar y cambios en la dirección e intensidad del oleaje.**

- Las playas, dunas y acantilados, actualmente en erosión, continuarán erosionándose debido al ascenso del nivel del mar y, en menor medida, por aumento en la intensidad del oleaje o cambios de dirección del mismo.
- Para cualquier escenario de aumento del nivel medio del mar, los mayores aumentos en % en la cota de inundación de las playas se producirán en la cuenca Mediterránea siendo, en términos absolutos, mayor la cota de inundación en la costas cantábrico-atlántica y canaria.
- Aunque las proyecciones de marea meteorológica tienen un elevado grado de incertidumbre, la subida del nivel del mar potenciará los eventos extremos de inundación aumentando su intensidad y especialmente su frecuencia.
- Considerando un escenario tendencial de aumento de nivel del mar a 2040 (aproximadamente 6 cm), las playas de la cornisa cantábrico-atlántica y norte de las Canarias experimentarán retrocesos medios cercanos a los 3 m, 2 m en el Golfo de Cádiz y valores medios entre 1 y 2 m en el resto de las fachadas.

Entre las consecuencias más relevantes del cambio climático sobre los sistemas costeros naturales se encuentra la pérdida de praderas de *Posidonia oceanica*, así como el desplazamiento de algunas especies, la pérdida de humedales y la pérdida de servicios ecosistémicos.

### **5.2.d3. Nivel medio del mar local**

En el informe AR5 del IPCC se han definido cuatro nuevos escenarios de emisión, las denominadas Sendas Representativas de Concentración (RCP, de sus siglas en inglés). Éstas se identifican por su forzamiento radiativo total para el año 2100, que varía desde 2,6 a 8,5 W m<sup>-2</sup>.

Para obtener la subida del nivel del mar local en las costas españolas, a este valor regionalizado habrá que añadir los movimientos verticales de la corteza terrestre no considerados, que en este caso son los debidos a la subsidencia.

La subsidencia natural debida al aporte de sedimentos en las desembocaduras de ríos. En cuanto a valores de subsidencia en estos lugares, desgraciadamente, no existen medidas fiables para las condiciones actuales. Por otro lado, acciones antropogénicas como la extracción de recursos del subsuelo (agua, gas o petróleo) o la urbanización masiva aceleran la tasa de subsidencia.

RCP Rutas representativas de concentración (Representative Concentration Pathways). Son la concentración de cuatro gases de efecto invernadero (no las emisiones) trayectorias adoptadas por el IPCC para su Quinto Informe de Evaluación (AR5) en 2014.

Los RCP se utilizan para la elaboración de modelos climáticos y de investigación. Describen cuatro posibles climas futuros, todos los cuales se consideran posibles dependiendo de cómo los gases de efecto invernadero tan se emiten en los años venideros. RCP2.6, RCP4.5, RCP6 y RCP8.5, llevan el nombre de un posible rango de valores de forzamiento radiativo en el año 2100, en relación con los rangos de valores preindustriales (2.6, 4.5, 6.0, y 8,5 W/m<sup>2</sup>, respectivamente).

Teniendo en cuenta estos valores de subsidencia y la regionalización de la proyecciones de aumento del nivel del mar relativo proporcionadas por Slangen et al. (2014), en la Figura 35 se muestran los valores de la subida del nivel medio del mar local (m) en toda la costa española para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5. Como se puede ver, las zonas que experimentan subsidencia natural como la desembocadura del río Guadalquivir, junto a la subsidencia inducida de forma antropogénica, sufrirán un mayor aumento de la subida del nivel del mar. Esta amenaza, unida a la vulnerabilidad de estas zonas bajas las convierte en puntos de especial riesgo.

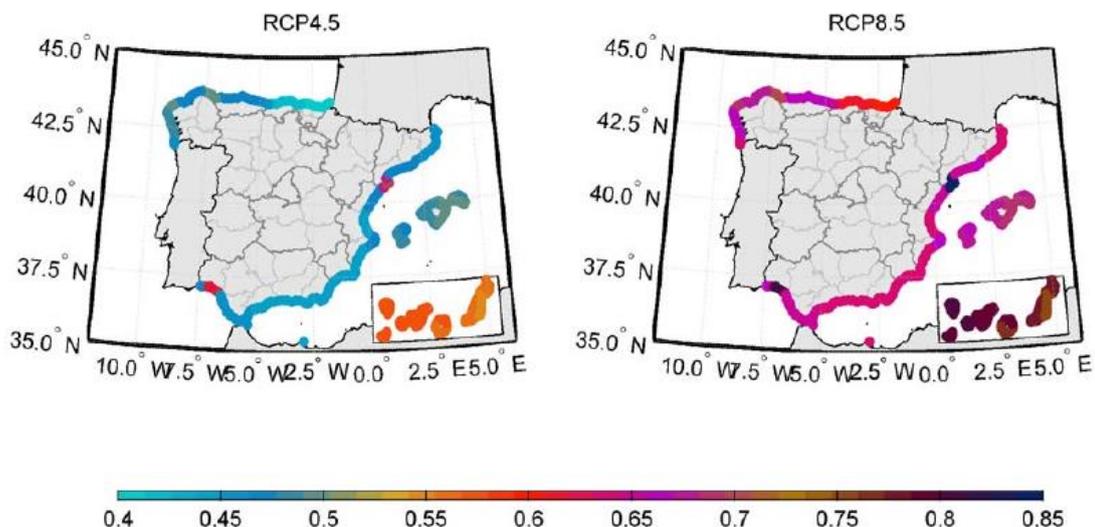


Figura 38. Proyecciones del aumento del nivel medio del mar local (m) en el período 2081-2100 (con respecto al período 1986-2005) para los escenarios RCP4.5 (izquierda) y RCP8.5 (derecha) en las costas españolas incluyendo la subsidencia natural del Delta del Ebro y la desembocadura del Guadalquivir. FUENTE: MAPAMA.

## 5.2.e. Evaluación de los efectos del cambio climático en la zona de estudio

### 5.2.e1. Escenarios planteados.

La línea argumental A1 presupone un crecimiento económico mundial muy rápido, un máximo de la población mundial hacia mediados de siglo, y una rápida introducción de tecnologías nuevas y más eficientes. Se divide en tres grupos, que reflejan tres direcciones alternativas de cambio tecnológico: intensiva en combustibles fósiles (A1FI), energías de origen no fósil (A1T), y equilibrio entre las distintas fuentes (A1B). B1 describe un mundo convergente, con la misma población mundial que A1, pero con una evolución más rápida de las estructuras económicas hacia una economía de servicios y de información. B2 describe un planeta con una población intermedia y un crecimiento económico intermedio, más orientada a las soluciones locales para alcanzar la sostenibilidad económica, social y medioambiental. A2 describe un mundo muy heterogéneo con crecimiento de población fuerte, desarrollo económico lento, y cambio tecnológico lento. No se han asignado niveles de probabilidad a ninguno de los escenarios IEEE. {GTIII RT.1, RRP}. (Ver anexo A y B).

### 5.2.e2. Evaluación de los efectos del cambio climático en la zona de estudio por años de concesión. Bar-Restaurante “Lucía”.

Las proyecciones de cambio climático son los valores de una determinada variable (por ejemplo nivel del mar), estimados para el futuro bajo distintos escenarios de cambio climático.

Los datos obtenidos para la estimación de los cambios en la dinámica costera por los efectos del cambio climático para la zona de estudio, corresponden al proyecto de Cambio Climático en la Costa Española, realizado por el Instituto Hidrológico de Cantabria promovido por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2015).

Se ha realizado las estimaciones para cambios en el oleaje, viento y nivel mar.

| Datos obtenidos en |       |
|--------------------|-------|
| Punto              | 90    |
| Longitud:          | 36.58 |
| Latitud:           | 0.839 |
| Hs                 | 0,839 |

#### Leyenda:

Hs(Oleaje significativo)  
hs 95 %nivel de confianza al 95%  
Tp (Periodo de pico del oleaje)  
Fe (Fuerza del oleaje)  
Dir Fe (Dirección fuerza del oleaje)  
MM (Marea meteorológica)  
MSL (Nivel medio del Mar)

Figura 39. a) Tabla de información sobre el origen de los datos. B) Leyenda de los parámetros usados para el oleaje, viento y nivel del mar. FUENTE: MAPAMA

| OLEAJE     | Hs (m)   | AÑO 2018 | AÑO 2019 | AÑO 2020 | AÑO 2021 | AÑO 2022 |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|            |          | 1        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| Hs95% (m)  | AÑO 2018 | AÑO 2016 | AÑO 2017 | AÑO 2018 | AÑO 2019 |          |
|            | 2,18     | 2,1746   | 2,1692   | 2,1638   | 2,1584   |          |
| Hs12 (m)   | AÑO 2018 | AÑO 2016 | AÑO 2017 | AÑO 2018 | AÑO 2019 |          |
|            | 3,943    | 3,9366   | 3,9302   | 3,9238   | 3,9174   |          |
| Tp (s)     | AÑO 2018 | AÑO 2016 | AÑO 2017 | AÑO 2018 | AÑO 2019 |          |
|            | 7,414    | 7,4282   | 7,4424   | 7,4566   | 7,4708   |          |
| FE (kW/m)  | AÑO 2018 | AÑO 2016 | AÑO 2017 | AÑO 2018 | AÑO 2019 |          |
|            | 2,998    | 2,9904   | 2,9828   | 2,9752   | 2,9676   |          |
| Dir FE (º) | AÑO 2018 | AÑO 2016 | AÑO 2017 | AÑO 2018 | AÑO 2019 |          |
|            | 236,582  | 236,626  | 236,67   | 236,714  | 236,758  |          |

Figura 40. Evaluación de los efectos del cambio climático sobre los diferentes parámetros del oleaje. FUENTE: IH MAPAMA

| NIVEL DEL MAR | Referencia Alicante (cm) | 31,812   |          |          |          |          |
|---------------|--------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|               | Rango marea (cm)         | 344,833  |          |          |          |          |
|               | MSL (cm)                 | AÑO 2018 | AÑO 2019 | AÑO 2020 | AÑO 2021 | AÑO 2022 |
|               |                          | 2,955    | 3,329    | 3,703    | 4,077    | 4,451    |
|               | MM95% (cm)               | AÑO 2018 | AÑO 2019 | AÑO 2020 | AÑO 2021 | AÑO 2022 |
|               |                          | 6,032    | 5,7214   | 5,4108   | 5,1002   | 4,7896   |

Figura 41. Evaluación de los efectos del cambio climático sobre los diferentes parámetros de subida del nivel del mar. FUENTE: MAPAMA

| ZONA OBJETO ESTUDIO | DATOS ESTADÍSTICOS | AÑO 2018 | AÑO 2019 | AÑO 2020 | AÑO 2021 | AÑO 2022 |          |
|---------------------|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| VIENTO              | PW(W/m2)           | media    | 253,088  | 252,0912 | 251,0944 | 250,0976 | 249,1008 |

Figura 42. Evaluación de los efectos del cambio climático sobre el parámetro de viento. FUENTE: MAPAMA

Por último, se han realizado estimaciones de impacto para el mismo punto de estudio. A continuación, se muestran series de tablas que contemplan diferentes variables:

| Punto            | 89                     | CAMBIOS ABSOLUTOS   |        |       |        | CAMBIOS RELATIVOS (%) |        |       |        |
|------------------|------------------------|---------------------|--------|-------|--------|-----------------------|--------|-------|--------|
| Longitud:        | -6.42                  | Actual              | 2020   | 2030  | 2040   | 2020                  | 2030   | 2040  |        |
| Latitud:         | 36.62                  |                     |        |       |        |                       |        |       |        |
| INUNDACION COSTA | Cota de Inundación (m) | CI50                | 2,942  | 0,004 | 0,009  | 0,014                 | 0,139  | 0,305 | 0,465  |
|                  |                        | umbral              | 2,03   | -     | -      | -                     | -      | -     | -      |
|                  |                        | Media escala Pareto | 0,17   | 0     | 0      | 0                     | 0      | 0     | 0      |
|                  |                        | Desv escala Pareto  | 0,009  | 0     | 0      | 0                     | 0      | 0     | 0      |
|                  |                        | Media Forma Pareto  | -0,055 | -     | -      | -                     | -      | -     | -      |
|                  |                        | Desv Forma Pareto   | 0,033  | -     | -      | -                     | -      | -     | -      |
|                  |                        | Poisson Media       | 11,507 | 0,398 | 0,896  | 1,394                 | 3,46   | 7,786 | 12,111 |
| Poisson Desv     | 0,978                  | 0,18                | 0,411  | 0,646 | 18,446 | 42,085                | 66,112 |       |        |

Figura 43 . Evaluación de los efectos del cambio climático. Inundación de la costa. FUENTE: MAPAMA.

|       |                            |            |   |        |        |   |        |        |        |
|-------|----------------------------|------------|---|--------|--------|---|--------|--------|--------|
| DUNAS | Retroceso (m)              | media      | - | -5,321 | -4,541 | 0 | -      | -      | -      |
|       |                            | desviación | - | -      | -      | - | -      | -      | -      |
|       | Transporte potencial Arena | media      | - | -      | -      | - | -1,969 | -2,438 | -2,907 |
|       |                            | desviación | - | -      | -      | - | -      | -      | -      |

Figura 44. Evaluación de los efectos del cambio climático. Dunas. FUENTE: IH MAPAMA

| Punto   | 89   |                     | CAMBIOS ABSOLUTOS |       |       |       | CAMBIOS RELATIVOS (%) |        |        |
|---|--|---------------------|-------------------|-------|-------|-------|-----------------------|--------|--------|
|   |  |                     | Actual            | 2020  | 2030  | 2040  | 2020                  | 2030   | 2040   |
| Longitud:                                     | -6.42  |                     |                   |       |       |       |                       |        |        |
| Latitud:                                      | 36.62  |                     |                   |       |       |       |                       |        |        |
| PLAYAS  | Retroceso por Nivel del Mar (m)  | media               | -                 | 0,98  | 2,302 | 3,732 | -                     | -      | -      |
|   |  | desviación          | -                 | -     | -     | -     | -                     | -      | -      |
|   | Retroceso por cambio Dirección Oleaje (m/m.l.)                         | media               | -                 | 0,002 | 0,002 | 0,003 | -                     | -      | -      |
|   |  | desviación          | -                 | -     | -     | -     | -                     | -      | -      |
|   | Erosión/Acreción por Transporte Longitudinal Sedimento Marino (m3/año) | media               | 46,824            | 1,133 | 1,393 | 1,652 | 2,421                 | 2,974  | 3,527  |
|   |  | desviación          | 17,478            | 5,784 | 7,239 | 8,694 | 33,092                | 41,418 | 49,743 |
|   | Cota de Inundación, Playas Disipativas (m)                             | CI50                | 4,704             | 0     | 0     | 0     | 0                     | 0      | 0      |
|   |  | umbral              | 2,541             | -     | -     | -     | -                     | -      | -      |
|   |  | Media escala Pareto | 0,343             | 0     | 0     | 0     | 0                     | 0      | 0      |
|   |  | Desv escala Pareto  | 0,022             | 0     | 0     | 0     | 0                     | 0      | 0      |
|   |  | Media Forma Pareto  | 0,018             | -     | -     | -     | -                     | -      | -      |
|   |  | Desv Forma Pareto   | 0,045             | -     | -     | -     | -                     | -      | -      |
|   |  | Poisson Media       | 7,932             | 0     | 0     | 0     | 0                     | 0      | 0      |
|   | Cota de Inundación, Playas pendiente 1/50 (m)                          | Poisson Desv        | 0,366             | 0     | 0     | 0     | 0                     | 0      | 0      |
|   |  | CI50                | 4,698             | 0     | 0     | 0     | 0                     | 0      | 0      |
|   |  | umbral              | 2,541             | -     | -     | -     | -                     | -      | -      |
|   |  | Media escala Pareto | 0,344             | 0     | 0     | 0     | 0                     | 0      | 0      |
|   |  | Desv escala Pareto  | 0,022             | 0     | 0     | 0     | 0                     | 0      | 0      |
|   |  | Media Forma Pareto  | 0,016             | -     | -     | -     | -                     | -      | -      |
|   |  | Desv Forma Pareto   | 0,045             | -     | -     | -     | -                     | -      | -      |
|   | Cota de Inundación, Playas pendiente 1/20 (m)                          | Poisson Media       | 7,9               | 0     | 0     | 0     | 0                     | 0      | 0      |
|   |  | Poisson Desv        | 0,365             | 0     | 0     | 0     | 0                     | 0      | 0      |
|   |  | CI50                | 5,362             | 0     | 0     | 0     | 0                     | 0      | 0      |
|   |  | umbral              | 2,923             | -     | -     | -     | -                     | -      | -      |
|   |  | Media escala Pareto | 0,44              | 0     | 0     | 0     | 0                     | 0      | 0      |
|   |  | Desv escala Pareto  | 0,029             | 0     | 0     | 0     | 0                     | 0      | 0      |
|   |  | Media Forma Pareto  | -0,019            | -     | -     | -     | -                     | -      | -      |
|   | Cota de Inundación, Playas pendiente 1/10 (m)                          | Desv Forma Pareto   | 0,051             | -     | -     | -     | -                     | -      | -      |
|   |  | Poisson Media       | 6,994             | 0     | 0     | 0     | 0                     | 0      | 0      |
|   |  | Poisson Desv        | 0,345             | 0     | 0     | 0     | 0                     | 0      | 0      |
| CI50  |  | 8,534               | 0                 | 0     | 0     | 0     | 0                     | 0      |        |
| umbral  |  | 3,837               | -                 | -     | -     | -     | -                     | -      |        |
| Media escala Pareto                           |  | 0,82                | 0                 | 0     | 0     | 0     | 0                     | 0      |        |
| Desv escala Pareto                            |  | 0,051               | 0                 | 0     | 0     | 0     | 0                     | 0      |        |
| Cota de Inundación, Playas pendiente 1/10 (m) | Media Forma Pareto   | -0,004              | -                 | -     | -     | -     | -                     | -      |        |
|   | Desv Forma Pareto  | 0,047               | -                 | -     | -     | -     | -                     | -      |        |
|   | Poisson Media  | 6,596               | 0                 | 0     | 0     | 0     | 0                     | 0      |        |
|   | Poisson Desv   | 0,334               | 0                 | 0     | 0     | 0     | 0                     | 0      |        |

Figura 45. Evaluación de los efectos del cambio climático. Playas. FUENTE: IH MAPAMA.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arenas P., (2008). *Gestión del litoral y política pública en España: un diagnóstico*. Grupo GIAL-UCA. Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales. Universidad de Cádiz.
- Barnston, A. G. and Livezey, R. E., (1987). *Classification, seasonality and persistence of low-frequency atmospheric circulation patterns*. *Monthly Weather Review*, 115, 1083- 1126.
- Bruun P., (1962). *Sea-level rise as a cause of soil erosion*. *American Society of Civil Engineering Proceedings, Journal of Waterways and Harbours Division*, 88, 117–130.
- Caires, S., V. Swail and X.L. Wang (2006). *Projection and Analysis of Extreme Wave Climate*. *Journal of Climate*, 19(21), 5581-5605.
- Church, J.A., J.M. Gregory, N.J. White, S.M. Platten, y J.X. Mitrovica, (2011). *Understanding and projecting sea level change*. *Oceanography* 24(2), 130–143, doi:10.5670/oceanog.2011.33.
- Defeo y McLachlan (2015). *Processes and regulatory mechanisms in sandy beach macrofauna: a multi-scale analysis*.
- EPPE (2003). *Reanálisis de 44 años (1958-2001) del clima oceánico y atmosférico en el Mar Mediterráneo: Informe Técnico de la contribución de Puertos del Estado al proyecto europeo HIPOCAS*. 305 pp.
- GIOC-GESHA (2003). *Desarrollo del inventario nacional de información temática aplicable a la gestión integrada de las zonas costeras (GIZC) en España*. Dirección General de Costas, Ministerio de Medio Ambiente.
- Gonzalez M. y R. Medina, (2011). *On the application of static equilibrium bay formulations to natural and man-made beaches*. *Coastal Engineering*, 43, 3-4, 209-225.
- IPCC (2001). *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Summary for Policymakers, 145 pp.
- KAAS, E. *et al.* (2010). *Synthesis of the STOWASUS-2100 project*. 27 pp.
- OECC (2002). *Principales conclusiones del Tercer Informe de Evaluación*. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). Cambio Climático: Ciencia, Impactos, Adaptación y Mitigación. Ministerio de Medio Ambiente, 35 pp.
- LISTE, M. *et al.* (2004). Variaciones hiperanuales de parámetros medios de oleaje en el litoral mediterráneo español en los últimos cincuenta años: efectos sobre la costa. En: *IV Congreso de la Asociación Española de Climatología (AEC)*.
- MARCOS, M., *et al.* (2014). “Consistency of long sea-level time series in the Northern coast of Spain”.
- MENÉNDEZ, M. *et al.* (2004). Variaciones del régimen extremal del clima marítimo en el litoral español en el periodo 1958-2001. En: *IV Congreso de la Asociación Española de Climatología (AEC)*.
- PRUDENCE. Project (<http://prudence.dmi.dk/>)

SOARES, C.G. *et al.* (2012). A 40 years hindcast of wind, sea level and waves in European waters. En: *Proceedings of OMAE 2002: 21<sup>o</sup> International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering*. OMAE2002-28604.

STOWASUS-2100. Project (<http://web.dmi.dk/pub/STOWASUS-2100/>)

TOMÁS, A. *et al.* (2004). Bases de datos de oleaje y nivel del mar, calibración y análisis: el cambio climático en la dinámica marina en España. En: *IV Congreso de la Asociación Española de Climatología (AEC)*.

VIKEBO, F. *et al.* (2003). “Wave height variations in the North Sea and on the Norwegian Continental Shelf, 1881-1992”. *Continental Shelf Research*, 23, pp. 251-263.



**Marisma 21**

*consultoría ambiental*



# ANEXO A

---

---

**TABLA CAMBIO  
CLIMÁTICO Y  
ESCENARIOS**

| Punto             | 89                       |                     | VALORES ANUALES |        |        |        |              |        |        |           |        |        |           |        |        |
|-------------------|--------------------------|---------------------|-----------------|--------|--------|--------|--------------|--------|--------|-----------|--------|--------|-----------|--------|--------|
|                   | Longitud:                | -6.42               |                 |        |        |        |              |        |        |           |        |        |           |        |        |
|                   | Latitud:                 | 36.62               |                 |        |        |        |              |        |        |           |        |        |           |        |        |
|                   |                          |                     | Histórico       |        |        |        | Proyecciones |        |        |           |        |        |           |        |        |
|                   |                          |                     | Actualidad      | 2020   | 2030   | 2040   | 2010-2040    |        |        | 2040-2070 |        |        | 2070-2100 |        |        |
|                   |                          |                     |                 |        |        |        | B1           | A1B    | A2     | B1        | A1B    | A2     | B1        | A1B    | A2     |
| VIENTO            | PW(W/m2)                 | media               | 253,088         | -4,984 | -6,17  | -7,357 | -            | -      | -      | -         | -      | -      | -         | -      | -      |
|                   |                          | desviación          | 31,704          | 6,085  | 7,534  | 8,982  | -            | -      | -      | -         | -      | -      | -         | -      | -      |
| OLEAJE            | Hs (m)                   | media               | 1               | 0      | -0,001 | -0,001 | -0,012       | -0,025 | -0,032 | -0,018    | -0,021 | -0,024 | -0,015    | -0,027 | -0,039 |
|                   |                          | desviación          | 0,077           | 0,009  | 0,011  | 0,013  | 0,001        | 0      | 0,001  | 0,001     | 0      | -0,002 | -0,004    | -0,008 | -0,006 |
|                   | Hs95% (m)                | media               | 2,18            | -0,027 | -0,033 | -0,039 | -0,041       | -0,082 | -0,101 | -0,052    | -0,066 | -0,074 | -0,044    | -0,08  | -0,114 |
|                   |                          | desviación          | 0,278           | 0,008  | 0,009  | 0,011  | 0,009        | 0,01   | 0,014  | 0,012     | 0,01   | 0,005  | -0,011    | -0,014 | -0,006 |
|                   | Hs12 (m)                 | media               | 3,943           | -0,032 | -0,039 | -0,047 | -0,065       | -0,109 | -0,15  | -0,057    | -0,07  | -0,07  | -0,033    | -0,075 | -0,126 |
|                   |                          | desviación          | 0,686           | -0,011 | -0,014 | -0,016 | 0,035        | 0,041  | 0,055  | 0,029     | 0,032  | 0,029  | -0,002    | 0,019  | 0,037  |
|                   | Tp (s)                   | media               | 7,414           | 0,071  | 0,088  | 0,105  | -            | -      | -      | -         | -      | -      | -         | -      | -      |
|                   |                          | desviación          | 0,291           | -0,056 | -0,069 | -0,082 | -            | -      | -      | -         | -      | -      | -         | -      | -      |
|                   | FE (kW/m)                | media               | 2,998           | -0,038 | -0,048 | -0,057 | -0,127       | -0,256 | -0,321 | -0,169    | -0,213 | -0,244 | -0,146    | -0,27  | -0,378 |
|                   |                          | desviación          | 0,797           | 0,022  | 0,027  | 0,032  | 0,016        | 0,01   | 0,022  | 0,019     | 0,01   | -0,01  | -0,047    | -0,069 | -0,059 |
|                   | Dir FE (°)               | media               | 236,582         | 0,222  | 0,275  | 0,328  | -0,48        | -1,251 | -1,954 | -0,609    | -1,021 | -1,209 | -0,674    | -1,157 | -1,696 |
|                   |                          | desviación          | 6,101           | -3,615 | -4,475 | -5,336 | 0,165        | 0,275  | 0,568  | 0,196     | 0,368  | 0,4    | -0,118    | 0,012  | 0,477  |
|                   | Hs extremal (m)          | Hs50                | 5,744           | 0      | 0      | 0      | -            | -      | -      | -         | -      | -      | -         | -      | -      |
|                   |                          | umbral              | 3,578           | -      | -      | -      | -            | -      | -      | -         | -      | -      | -         | -      | -      |
|                   |                          | Media escala Pareto | 0,69            | 0      | 0      | 0      | -            | -      | -      | -         | -      | -      | -         | -      | -      |
|                   |                          | Desv escala Pareto  | 0,085           | 0      | 0      | 0      | -            | -      | -      | -         | -      | -      | -         | -      | -      |
|                   |                          | Media Forma Pareto  | -0,185          | -      | -      | -      | -            | -      | -      | -         | -      | -      | -         | -      | -      |
|                   |                          | Desv Forma Pareto   | 0,136           | -      | -      | -      | -            | -      | -      | -         | -      | -      | -         | -      | -      |
| Poisson Media     |                          | 2,178               | 0               | 0      | 0      | -      | -            | -      | -      | -         | -      | -      | -         | -      |        |
| Poisson Desv      | 0,189                    | 0                   | 0               | 0      | -      | -      | -            | -      | -      | -         | -      | -      | -         |        |        |
| NIVEL DEL MAR     | Referencia Alicante (cm) | 31,812              | -               | -      | -      | -      | -            | -      | -      | -         | -      | -      | -         | -      |        |
|                   | Rango marea (cm)         | 344,833             | -               | -      | -      | -      | -            | -      | -      | -         | -      | -      | -         | -      |        |
|                   | MSL (cm)                 | Media               | 2,955           | 1,87   | 4,394  | 7,124  | -            | -      | -      | -         | -      | -      | -         | -      |        |
|                   |                          | desviación          | 0,438           | 0      | 0,004  | 0,016  | -            | -      | -      | -         | -      | -      | -         | -      |        |
|                   | MM95% (cm)               | Media               | 6,032           | -1,553 | -1,923 | -2,293 | -            | -      | -      | -         | -      | -      | -         | -      |        |
|                   |                          | desviación          | 3,165           | 0,285  | 0,353  | 0,421  | -            | -      | -      | -         | -      | -      | -         | -      |        |
|                   | MM extremal (m)          | MM50                | 0,421           | 0      | 0      | 0      | -            | -      | -      | -         | -      | -      | -         | -      |        |
|                   |                          | umbral              | 0,209           | -      | -      | -      | -            | -      | -      | -         | -      | -      | -         | -      |        |
|                   |                          | Media escala Pareto | 0,083           | 0      | 0      | 0      | -            | -      | -      | -         | -      | -      | -         | -      |        |
|                   |                          | Desv escala Pareto  | 0,074           | 0      | 0      | 0      | -            | -      | -      | -         | -      | -      | -         | -      |        |
|                   |                          | Media Forma Pareto  | -0,29           | -      | -      | -      | -            | -      | -      | -         | -      | -      | -         | -      |        |
| Desv Forma Pareto |                          | 0,094               | -               | -      | -      | -      | -            | -      | -      | -         | -      | -      | -         |        |        |
| Poisson Media     |                          | 2,131               | 0               | 0      | 0      | -      | -            | -      | -      | -         | -      | -      | -         |        |        |
| Poisson Desv      | 0,187                    | 0                   | 0               | 0      | -      | -      | -            | -      | -      | -         | -      | -      |           |        |        |

\* Los valores Medios de Mean Sea Level están referidos al año 1998 (cero de Alicante)

\*\* La fiabilidad (incertidumbre) de los resultados se representa por colores:

|       |              |         |
|-------|--------------|---------|
| +0.5  | Muy probable | >95%    |
| +0.11 | Fiable       | [90,95] |
| +0.01 | Poco fiable  | <90%    |



**Marisma 21**

*consultoría ambiental*



# ANEXO B

---

---

## TABLA CAMBIO CLIMÁTICO Y ESCENARIOS FUTUROS II

| Punto   | 89   |                     |         | CAMBIOS ABSOLUTOS |        |        | CAMBIOS RELATIVOS (%) |        |        |      |
|---|--|---------------------|---------|-------------------|--------|--------|-----------------------|--------|--------|------|
| Longitud:                                     | -6.42  |                     |         |                   |        |        |                       |        |        |      |
| Latitud:                                      | 36.62  |                     |         |                   |        |        |                       |        |        |      |
|   |  |                     |         | Actual            | 2020   | 2030   | 2040                  | 2020   | 2030   | 2040 |
| INUNDACION COSTA                              | Cota de Inundación (m)   | CI50                | 2,942   | 0,004             | 0,009  | 0,014  | 0,139                 | 0,305  | 0,465  |      |
|   |  | umbral              | 2,03    | -                 | -      | -      | -                     | -      | -      |      |
|   |  | Media escala Pareto | 0,17    | 0                 | 0      | 0      | 0                     | 0      | 0      |      |
|   |  | Desv escala Pareto  | 0,009   | 0                 | 0      | 0      | 0                     | 0      | 0      |      |
|   |  | Media Forma Pareto  | -0,055  | -                 | -      | -      | -                     | -      | -      |      |
|   |  | Desv Forma Pareto   | 0,033   | -                 | -      | -      | -                     | -      | -      |      |
|   |  | Poisson Media       | 11,507  | 0,398             | 0,896  | 1,394  | 3,46                  | 7,786  | 12,111 |      |
| Poisson Desv                                  | 0,978  | 0,18                | 0,411   | 0,646             | 18,446 | 42,085 | 66,112                |        |        |      |
| PLAYAS  | Retroceso por Nivel del Mar (m)  | media               | -       | 0,98              | 2,302  | 3,732  | -                     | -      | -      |      |
|   |  | desviación          | -       | -                 | -      | -      | -                     | -      | -      |      |
|   | Retroceso por cambio Dirección Oleaje (m/m.l.)                         | media               | -       | 0,002             | 0,002  | 0,003  | -                     | -      | -      |      |
|   |  | desviación          | -       | -                 | -      | -      | -                     | -      | -      |      |
|   | Erosión/Acreción por Transporte Longitudinal Sedimento Marino (m3/año) | media               | 46,824  | 1,133             | 1,393  | 1,652  | 2,421                 | 2,974  | 3,527  |      |
|   |  | desviación          | 17,478  | 5,784             | 7,239  | 8,694  | 33,092                | 41,418 | 49,743 |      |
|   | Cota de Inundación, Playas Disipativas (m)                             | CI50                | 4,704   | 0                 | 0      | 0      | 0                     | 0      | 0      |      |
|   |  | umbral              | 2,541   | -                 | -      | -      | -                     | -      | -      |      |
|   |  | Media escala Pareto | 0,343   | 0                 | 0      | 0      | 0                     | 0      | 0      |      |
|   |  | Desv escala Pareto  | 0,022   | 0                 | 0      | 0      | 0                     | 0      | 0      |      |
|   |  | Media Forma Pareto  | 0,018   | -                 | -      | -      | -                     | -      | -      |      |
|   |  | Desv Forma Pareto   | 0,045   | -                 | -      | -      | -                     | -      | -      |      |
|   |  | Poisson Media       | 7,932   | 0                 | 0      | 0      | 0                     | 0      | 0      |      |
|   | Poisson Desv   | 0,366               | 0       | 0                 | 0      | 0      | 0                     | 0      |        |      |
|   | Cota de Inundación, Playas pendiente 1/50 (m)                          | CI50                | 4,698   | 0                 | 0      | 0      | 0                     | 0      | 0      |      |
|   |  | umbral              | 2,541   | -                 | -      | -      | -                     | -      | -      |      |
|   |  | Media escala Pareto | 0,344   | 0                 | 0      | 0      | 0                     | 0      | 0      |      |
|   |  | Desv escala Pareto  | 0,022   | 0                 | 0      | 0      | 0                     | 0      | 0      |      |
|   |  | Media Forma Pareto  | 0,016   | -                 | -      | -      | -                     | -      | -      |      |
|   |  | Desv Forma Pareto   | 0,045   | -                 | -      | -      | -                     | -      | -      |      |
|   |  | Poisson Media       | 7,9     | 0                 | 0      | 0      | 0                     | 0      | 0      |      |
|   | Poisson Desv   | 0,365               | 0       | 0                 | 0      | 0      | 0                     | 0      |        |      |
|   | Cota de Inundación, Playas pendiente 1/20 (m)                          | CI50                | 5,362   | 0                 | 0      | 0      | 0                     | 0      | 0      |      |
|   |  | umbral              | 2,923   | -                 | -      | -      | -                     | -      | -      |      |
|   |  | Media escala Pareto | 0,44    | 0                 | 0      | 0      | 0                     | 0      | 0      |      |
|   |  | Desv escala Pareto  | 0,029   | 0                 | 0      | 0      | 0                     | 0      | 0      |      |
|   |  | Media Forma Pareto  | -0,019  | -                 | -      | -      | -                     | -      | -      |      |
|   |  | Desv Forma Pareto   | 0,051   | -                 | -      | -      | -                     | -      | -      |      |
| Poisson Media                                 |  | 6,994               | 0       | 0                 | 0      | 0      | 0                     | 0      |        |      |
| Poisson Desv                                  | 0,345  | 0                   | 0       | 0                 | 0      | 0      | 0                     |        |        |      |
| Cota de Inundación, Playas pendiente 1/10 (m) | CI50   | 8,534               | 0       | 0                 | 0      | 0      | 0                     | 0      |        |      |
|   | umbral   | 3,837               | -       | -                 | -      | -      | -                     | -      |        |      |
|   | Media escala Pareto  | 0,82                | 0       | 0                 | 0      | 0      | 0                     | 0      |        |      |
|   | Desv escala Pareto   | 0,051               | 0       | 0                 | 0      | 0      | 0                     | 0      |        |      |
|   | Media Forma Pareto   | -0,004              | -       | -                 | -      | -      | -                     | -      |        |      |
|   | Desv Forma Pareto  | 0,047               | -       | -                 | -      | -      | -                     | -      |        |      |
|   | Poisson Media  | 6,596               | 0       | 0                 | 0      | 0      | 0                     | 0      |        |      |
| Poisson Desv                                  | 0,334  | 0                   | 0       | 0                 | 0      | 0      | 0                     |        |        |      |
| OBRAS MARITIMAS                               | Rebase por cambio el el nivel del mar (l/s)                            | media               | 66,549  | 1,357             | 3,189  | 5,17   | 2,04                  | 4,792  | 7,769  |      |
|   |  | desviación          | -       | -                 | -      | -      | -                     | -      | -      |      |
|   | Rebase por cambio en el oleaje (l/s)                                   | media               | 66,549  | -3,111            | -3,852 | -4,592 | -4,674                | -5,787 | -6,9   |      |
|   |  | desviación          | -       | -                 | -      | -      | -                     | -      | -      |      |
|   | Estabilidad limitada por fondo (Nivel del Mar) (t)                     | media               | 18,048  | 0,101             | 0,238  | 0,386  | 0,561                 | 1,318  | 2,137  |      |
|   |  | desviación          | -       | -                 | -      | -      | -                     | -      | -      |      |
|   | Estabilidad limitada por no rotura (Oleaje) (t)                        | media               | 18,048  | 0                 | 0      | 0      | 0                     | 0      | 0      |      |
|   |  | desviación          | -       | -                 | -      | -      | -                     | -      | -      |      |
|   | Nº horas Parada Operativa (Hs>3m)                                      | media               | 119,287 | 2,327             | 2,874  | 3,422  | 1,95                  | 2,41   | 2,869  |      |
|   |  | desviación          | 94,094  | 10,023            | 12,615 | 15,207 | 10,652                | 13,407 | 16,162 |      |
| DUNAS   | Retroceso (m)  | media               | -       | -5,321            | -4,541 | 0      | -                     | -      | -      |      |
|   |  | desviación          | -       | -                 | -      | -      | -                     | -      | -      |      |
|   | Transporte potencial Arena   | media               | -       | -                 | -      | -      | -1,969                | -2,438 | -2,907 |      |
|   |  | desviación          | -       | -                 | -      | -      | -                     | -      | -      |      |



**Marisma 21**

*consultoría ambiental*



# ANEXO C

---

---

**DINÁMICA DEL PERFIL  
DE EQUILIBRIO EN EL  
“MODULO DE PLAYA  
LUCIA”**

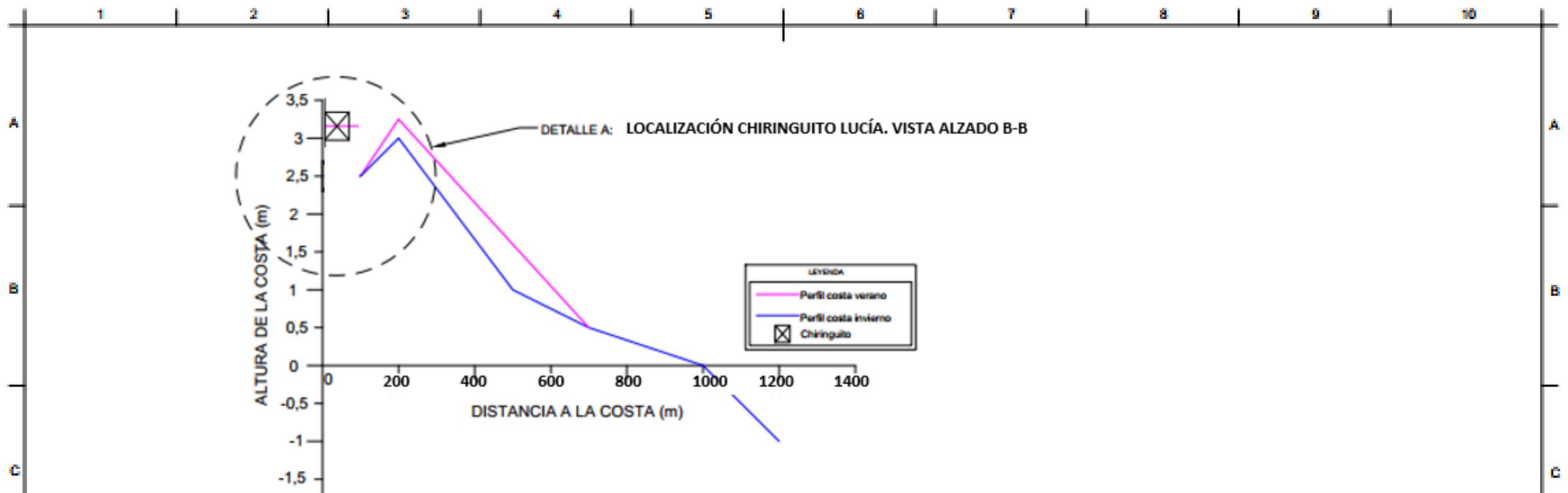


FIGURA 1: Gráfica evolución perfil costero

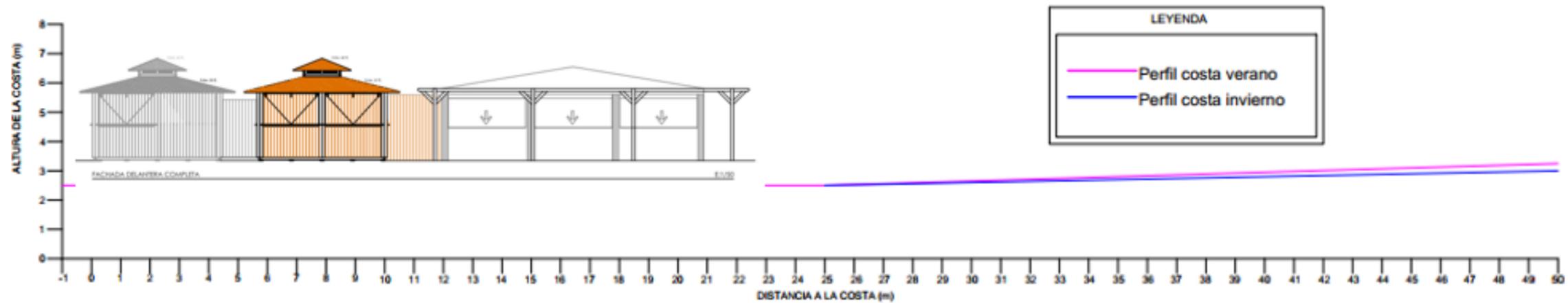


FIGURA 2: Detalle A: Localización chiringuito Vista alzado B-B con evolución perfil costero invierno-verano.

NOTA 1: En la figura 1 se ilustra gráfica de la localización del chiringuito con la evolución del perfil de la costa durante la transición de invierno a verano.

NOTA 2: En la figura 2 se ilustra, a mayor resolución, la evolución del perfil de costa de invierno a verano, comenzando esta a partir de 25m en el eje horizontal, sin que esta afecte al Chiringuito por la localización establecida, de 0 a 15m.

|  |            |  |                                  |
|--|------------|--|----------------------------------|
| <br>Edición<br><b>v.1</b> | Fecha      | PROYECTO DE EJECUCIÓN ESTABLECIMIENTO DE HOSTELERÍA DE PLAYA |                                  |
|  | 31/08/2018 | CHIRINGUITO LUCÍA  |                                  |
| Plano<br><b>1</b>  | Dibujado   | GRÁFICA EVOLUCIÓN PERFIL COSTERO Y VISTA ALZADO CHIRINGUITO  |                                  |
|  | A.J.R.R.   | Fecha  |                                  |
| Escala<br><b>S/E</b>   | Proyectado | Técnicos de Medio Ambiente                                   |                                  |
|  | A.J.R.R.   | Fecha  | Antonio Jesús Rivero Reyes       |
|  |            | 31/08/2018   | El Promotor<br>CHIRINGUITO LUCÍA |