

## Contenido

<b>6. INVENTARIO AMBIENTAL Y CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL MEDIO.....</b>	<b>2</b>
6.1. MEDIO FÍSICO.....	2
6.1.1. CLIMATOLOGÍA.....	3
6.1.1.1 Temperatura.....	4
6.1.1.2 Humedad relativa.....	6
6.1.1.3 Régimen pluviométrico.....	7
6.1.1.4 Vientos.....	8
6.1.2. CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS.....	13
6.1.2.1 Oleaje y mareas.....	13
6.1.2.1.1 Oleaje.....	14
6.1.2.1.2 Mareas.....	17
6.1.3. HIDROLOGÍA MARINA.....	18
6.1.3.1 Régimen de corrientes.....	18
6.1.3.2 Salinidad y temperatura.....	22
6.1.4. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA MARINA.....	28
6.1.4.3 Crisis de salinidad del Messiniense.....	35
6.1.5. RUIDO.....	36

## 6. INVENTARIO AMBIENTAL Y CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL MEDIO

### 6.1. Medio físico

La siguiente Figura 6.1-1 muestra la localización del área de estudio y las diferentes localizaciones equipadas con sensores de medida empleadas para obtener los datos meteorológicos y oceanográficos necesarios para realizar el inventario del medio físico. En concreto se muestran las siguientes localizaciones:

- Área de adquisición sísmica.
- Estaciones meteorológicas Ibiza 'Aeropuerto', Palma de Mallorca 'Aeropuerto' y Palma de Mallorca 'Puerto'.
- Boya de Dragonera.
- Mareógrafo de Palma de Mallorca.
- Punto SIMAR de modelización 2108108.

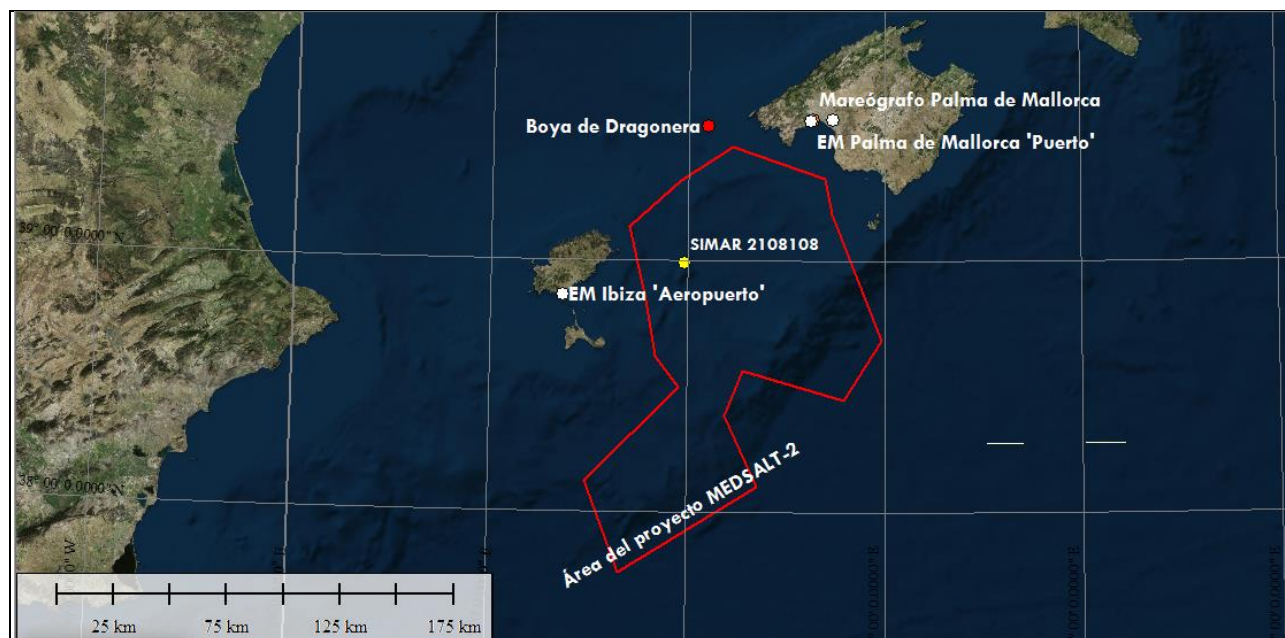


Figura 6.1-1: Localización de las estaciones de medida y puntos de modelización de datos (Fuente: Elaborada por Submon, 2016).

### 6.1.1. Climatología

Dada la localización del proyecto, a la hora de realizar el análisis de las condiciones meteorológicas se han tenido en cuenta los datos de temperatura, precipitaciones, humedad relativa y presión atmosférica registrados por las Estaciones Meteorológicas de Ibiza 'Aeropuerto', Palma de Mallorca 'Aeropuerto' y Palma de Mallorca 'Puerto', publicados por la Agencia Estatal de Meteorología de España (en adelante AEMET). Para el análisis del viento se han empleado los datos registrados por la Boya de Dragonera, perteneciente a Puertos del Estado.

A continuación se muestra la Tabla 6.1-1 con las coordenadas geográficas de las mencionadas Estaciones Meteorológicas:

Estación de muestreo	Latitud	Longitud	Altitud (m)
Ibiza 'Aeropuerto'	38° 52' 35"N	001° 23' 4"E	6
Palma de Mallorca 'Aeropuerto'	39° 33' 39"N	002° 44' 12"E	8
Palma de Mallorca 'Puerto'	39° 33' 12"N	002° 37' 31"E	3
Boya de Dragonera	39.56° N	0002.10° E	-137

Tabla 6.1-1: Coordenadas geográficas de las Estaciones Meteorológicas empleadas en el estudio. (Fuente: Agencia Estatal de Meteorología de España, AEMET, 2016).

El proyecto MEDSALT-2 supondrá la realización de la adquisición sísmica en el Mar Mediterráneo, en un área que abarca la zona comprendida entre las islas de Mallorca e Ibiza, y al sureste de ésta última y Formentera.

El estado climático de las Islas Baleares puede definirse de tipo Mediterráneo. Según la escala climática de Köppen-Geiger<sup>1</sup>, referido al período comprendido entre 1971 y 2001, y basada en los valores medios de precipitación y temperatura, el archipiélago balear pertenece al clima Tipo B caracterizado por ser un clima seco, concretamente a los subtipos *BSh* (estepa cálida) y *BSk* (estepa fría); y al clima Tipo C, donde la temperatura media del mes más frío está comprendida entre 0 y 18°C, y más concretamente al subtipo *Csa* (templado con verano seco y caluroso) donde la temperatura media del mes más cálido es superior a 22°C.

<sup>1</sup> Los datos y clasificación han sido obtenidos del Atlas Climático Ibérico, publicado por la Agencia Estatal de Meteorología, AEMET.

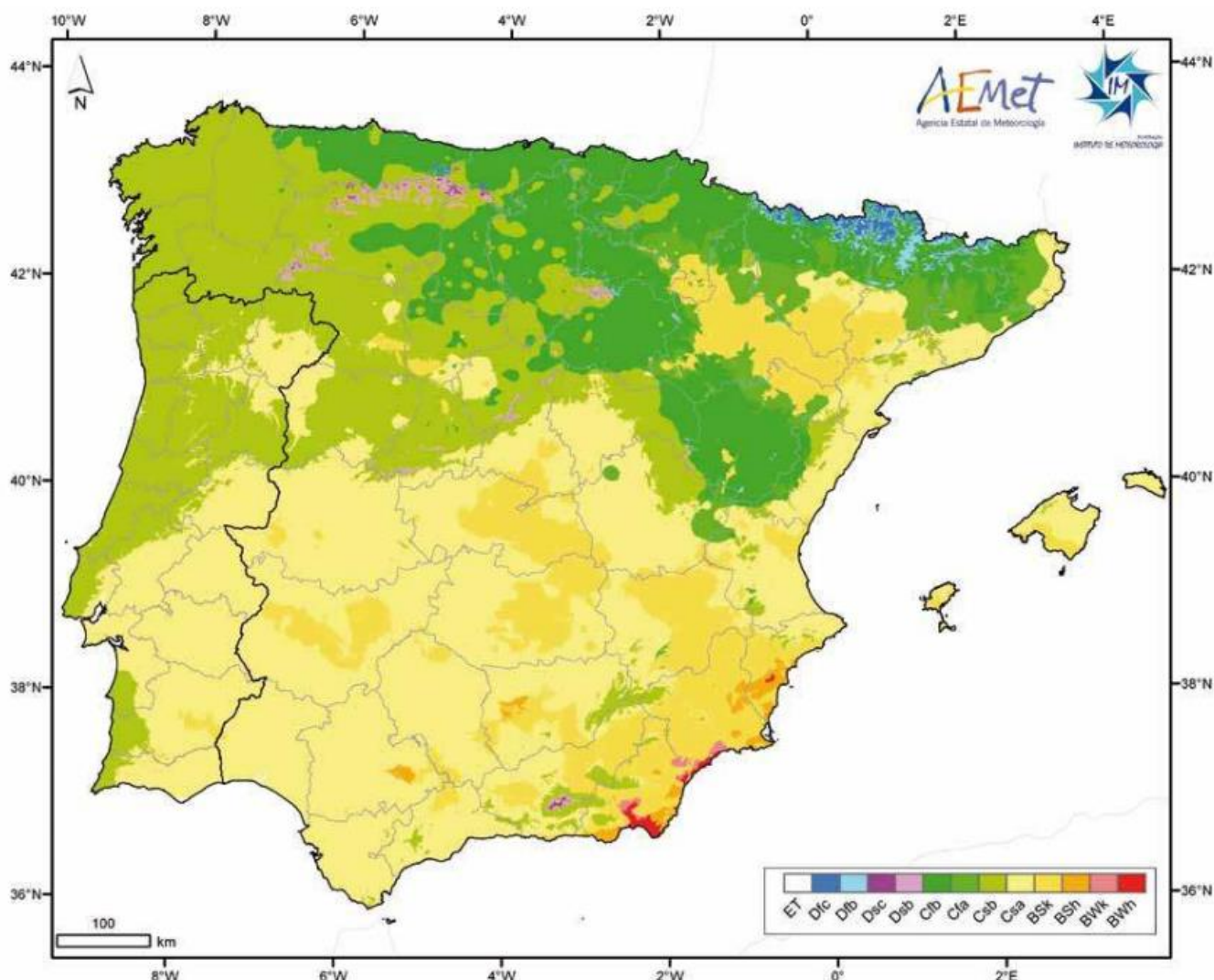


Figura 6.1-2: Clasificación climática de Köppen-Geiger en la Península Ibérica e Islas Baleares. (Fuente: Atlas Climático Ibérico, Agencia Estatal de Meteorología de España, AEMET, 2016).

### 6.1.1.1 Temperatura

De forma general, dada la localización de las Islas Baleares en la Cuenca del Mediterráneo, mientras que el invierno resulta relativamente suave con temperaturas medias mensuales por encima de los 10°C, la estación de primavera tiende a ser más fría que el otoño, y el verano térmico abarca desde junio a septiembre.

Tal como se puede comprobar en la Tabla 6.1-2 los valores de la temperatura media mensual varían regularmente durante el año, situándose la temperatura media anual en torno a los 17.7°C. Durante el verano se alcanzan los valores máximos de temperatura con valores medios de 24.5°C, sobre todo en los meses de julio y agosto. Por el contrario los valores mínimos se dan en invierno, en los meses de diciembre, enero y febrero, cuya temperatura media es de 11.6°C.

Por otro lado, tal y como muestra la Tabla 6.1-3 de temperaturas medias máximas (TM) y mínimas (Tm) diarias, se puede apreciar que existen diferencias medias anuales de aproximadamente 8°C, registrándose la mayor diferencia en la Estación Meteorológica de Palma de Mallorca 'Aeropuerto' con 11.8°C.

T (Temperatura media mensual/anual (°C))			
Mes	Ibiza Aeropuerto	Palma Mallorca Aeropuerto	Palma Mallorca Puerto
Enero	11.9	9.5	11.9
Febrero	12.1	9.8	11.9
Marzo	13.7	11.3	13.4
Abril	15.6	13.6	15.5
Mayo	18.6	17.5	18.8
Junio	22.6	21.7	22.7
Julio	25.6	24.8	25.7
Agosto	26.3	25.1	26.2
Septiembre	23.8	22.2	23.5
Octubre	20.2	18.5	20.2
Noviembre	15.9	13.7	15.8
Diciembre	13.1	10.8	13.1
<b>Media Anual</b>	<b>18.3</b>	<b>16.5</b>	<b>18.2</b>

Tabla 6.1-2: Temperatura media mensual durante el periodo 1981-2010, última actualización enero de 2015, para las estaciones meteorológicas de Baleares. (Fuente: AEMET, Guía resumida del clima en España (1981-2010)).

Media mensual/anual de las temperaturas máximas (TM) y mínimas (Tm) diarias (°C)						
Mes	Ibiza Aeropuerto		Palma Mallorca Aeropuerto		Palma Mallorca Puerto	
	TM	Tm	TM	Tm	TM	Tm
Enero	15.7	8.1	15.2	3.8	15.4	8.3
Febrero	15.9	8.3	15.4	4	15.5	8.4
Marzo	17.7	9.6	17.5	5.2	17.2	9.6
Abril	19.7	11.4	19.8	7.4	19.2	11.7
Mayo	22.7	14.6	23.7	11.3	22.5	15.1
Junio	26.8	18.4	28.1	15.4	26.5	18.9
Julio	29.7	21.4	31.2	18.3	29.4	21.9
Agosto	30.3	22.2	31.3	18.9	29.8	22.5
Septiembre	27.7	19.9	27.9	16.5	27.1	19.9
Octubre	24	16.5	23.9	13.1	23.7	16.6
Noviembre	19.6	12.3	19	8.3	19.3	12.3
Diciembre	16.7	9.5	16.1	5.4	16.5	9.7
<b>Media Anual</b>	<b>22.2</b>	<b>14.3</b>	<b>22.4</b>	<b>10.6</b>	<b>21.8</b>	<b>14.6</b>

Tabla 6.1-3: Temperatura media mensual/anual de las temperaturas máximas (TM) y mínimas (Tm) diarias (°C) durante el periodo 1981-2010, última actualización enero de 2015, para las Estaciones Meteorológicas de las Islas Baleares. (Fuente: AEMET, Guía resumida del clima en España (1981-2010)).

### 6.1.1.2 Humedad relativa

A través de los datos medidos en las Estaciones Meteorológicas de Ibiza ‘Aeropuerto’, Palma de Mallorca ‘Aeropuerto’ y Palma de Mallorca ‘Puerto’ (Tabla 6.1-4) se puede observar que, de forma general, las Islas Baleares son bastante húmedas con una media anual superior al 71% de humedad relativa, dándose los valores medios máximos en los meses invernales. La Presión atmosférica fluctúa entre valores de 1013.6 y 1020.2 hPa, con una media total para el periodo temporal estudiado de 1016.13 hPa, presentándose los mayores valores en los meses invernales frente a los menores durante los meses primaverales.

Humedad relativa media (%) y Presión atmosférica media (hPa)						
Mes	Ibiza Aeropuerto		Palma Mallorca Aeropuerto		Palma Mallorca Puerto	
	H (%)	Patm (hPa)	H (%)	Patm (hPa)	H (%)	Patm (hPa)
Enero	75	1019.3	79	1020.2	73	1019.9
Febrero	73	1017.7	77	1018.7	72	1018.4
Marzo	72	1016.3	75	1017.3	70	1017
Abril	70	1012.9	71	1013.9	68	1013.6
Mayo	70	1013.6	67	1014.7	69	1014.4
Junio	67	1014.7	63	1015.9	69	1015.6
Julio	67	1014.5	62	1015.8	68	1015.5
Agosto	69	1014	65	1015.3	70	1015
Septiembre	71	1014.7	71	1016	72	1015.6
Octubre	73	1015	77	1016.2	74	1015.9
Noviembre	73	1015.6	79	1016.6	74	1016.2
Diciembre	74	1017.3	79	1018.1	74	1017.8
<b>Media Anual</b>	<b>71</b>	<b>1015.6</b>	<b>72</b>	<b>1016.5</b>	<b>71</b>	<b>1016.3</b>

Tabla 6.1-4: Humedad relativa y Presión atmosférica media mensual/anual durante el periodo 1981-2010, última actualización enero de 2015, para las Estaciones Meteorológicas de las Islas Baleares. (Fuente: AEMET, Guía resumida del clima en España (1981 - 2010)).

La humedad relativa media registrada en las Estaciones Meteorológicas mencionadas se muestra en la Figura 6.1-3:

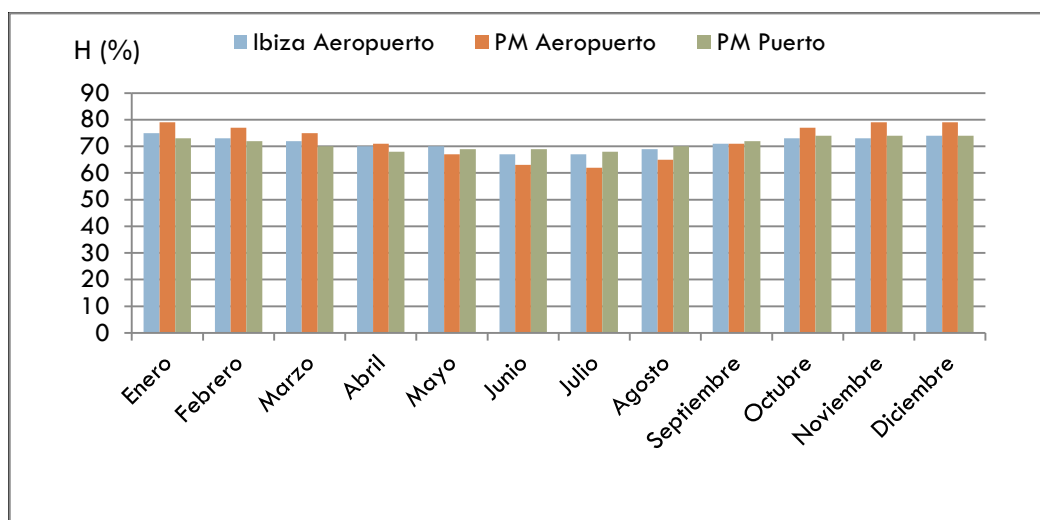


Figura 6.1-3: Humedad relativa mensual, durante el periodo 1981-2010, última actualización enero de 2015, para las Estaciones Meteorológicas mencionadas de las Islas Baleares. (Fuente: AEMET, Guía resumida del clima en España (1981-2010)).

### 6.1.1.3 Régimen pluviométrico

El régimen pluviométrico presente en el área de estudio es del tipo mediterráneo, marcado por precipitaciones irregulares a lo largo del año y de un año a otro. En la tabla 6.1-5 se pueden observar los datos pluviométricos recogidos en las Estaciones Meteorológicas empleadas durante el periodo 1981-2010, y a través de los mismos se observa que la precipitación media anual es de 424.3 mm, siendo la estación más lluviosa el otoño con el nivel máximo en octubre, con una media de 63 mm, y la estación más seca el verano, con el nivel mínimo en julio con 5.3 mm.

Precipitación mensual/anual media (mm)			
Mes	Ibiza Aeropuerto	Palma Mallorca Aeropuerto	Palma Mallorca Puerto
Enero	37	37	42
Febrero	36	32	37
Marzo	27	26	28
Abril	31	34	39
Mayo	27	32	36
Junio	11	12	11
Julio	5	5	6
Agosto	18	17	22
Septiembre	57	50	52
Octubre	58	62	69
Noviembre	53	55	59
Diciembre	52	48	48
<b>Anual</b>	<b>413</b>	<b>411</b>	<b>449</b>

Tabla 6.1-5: Humedad relativa media mensual/anual durante el periodo 1981-2010, última actualización enero de 2015, para las Estaciones Meteorológicas de las Islas Baleares. (Fuente: AEMET, Guía resumida del clima en España (1981-2010)).

En el diagrama ombrotérmico que se muestra en la Figura 6.1-4 se recogen los datos pluviométricos correspondientes al periodo estudiado (1981-2010).

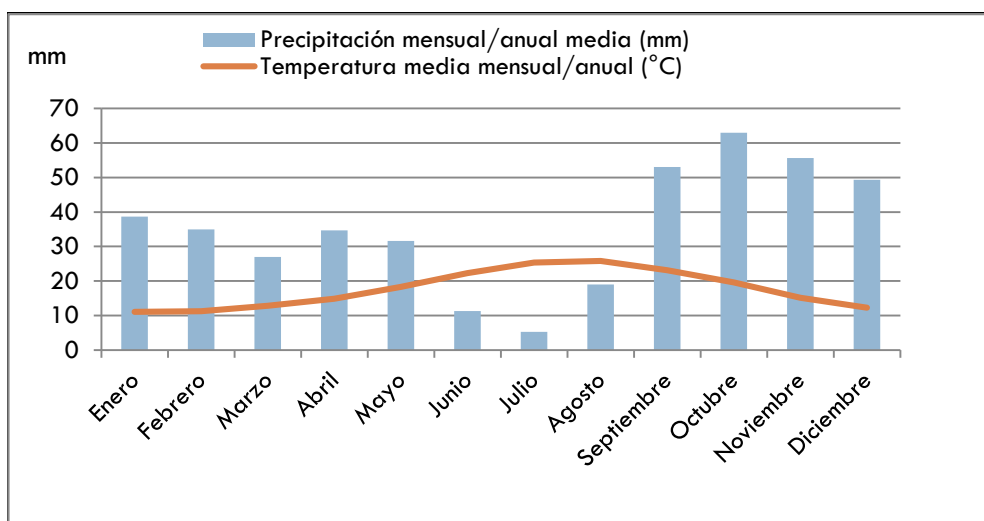
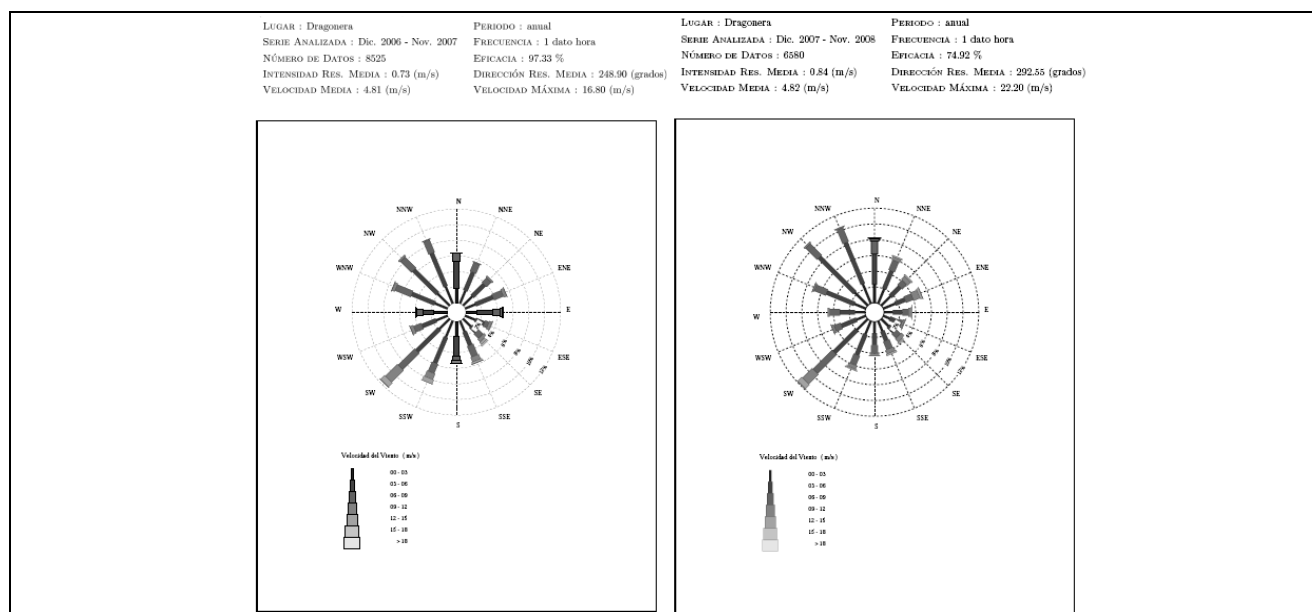


Figura 6.1-4: Diagrama ombrotérmico, medias mensuales de los años 1981-2010 (Fuente: AEMET, Guía resumida del clima en España (1981-2010)).

#### 6.1.1.4 Vientos

Para la descripción del régimen de viento más representativo se han escogido los datos proporcionados por la Boya de Dragonera durante el periodo de 2007 a 2013 (ver Figura 6.1-5 y Tabla 6.1-6), por ser la fuente de datos más cercana y situada mar adentro con disponibilidad de datos de los últimos años, considerándose por tanto los más representativos del régimen de vientos de la zona de la adquisición sísmica. La siguiente figura muestra las rosas de los vientos, con la distribución conjunta de intensidad y dirección de avance del viento, para el periodo comprendido entre 2007 y 2013.





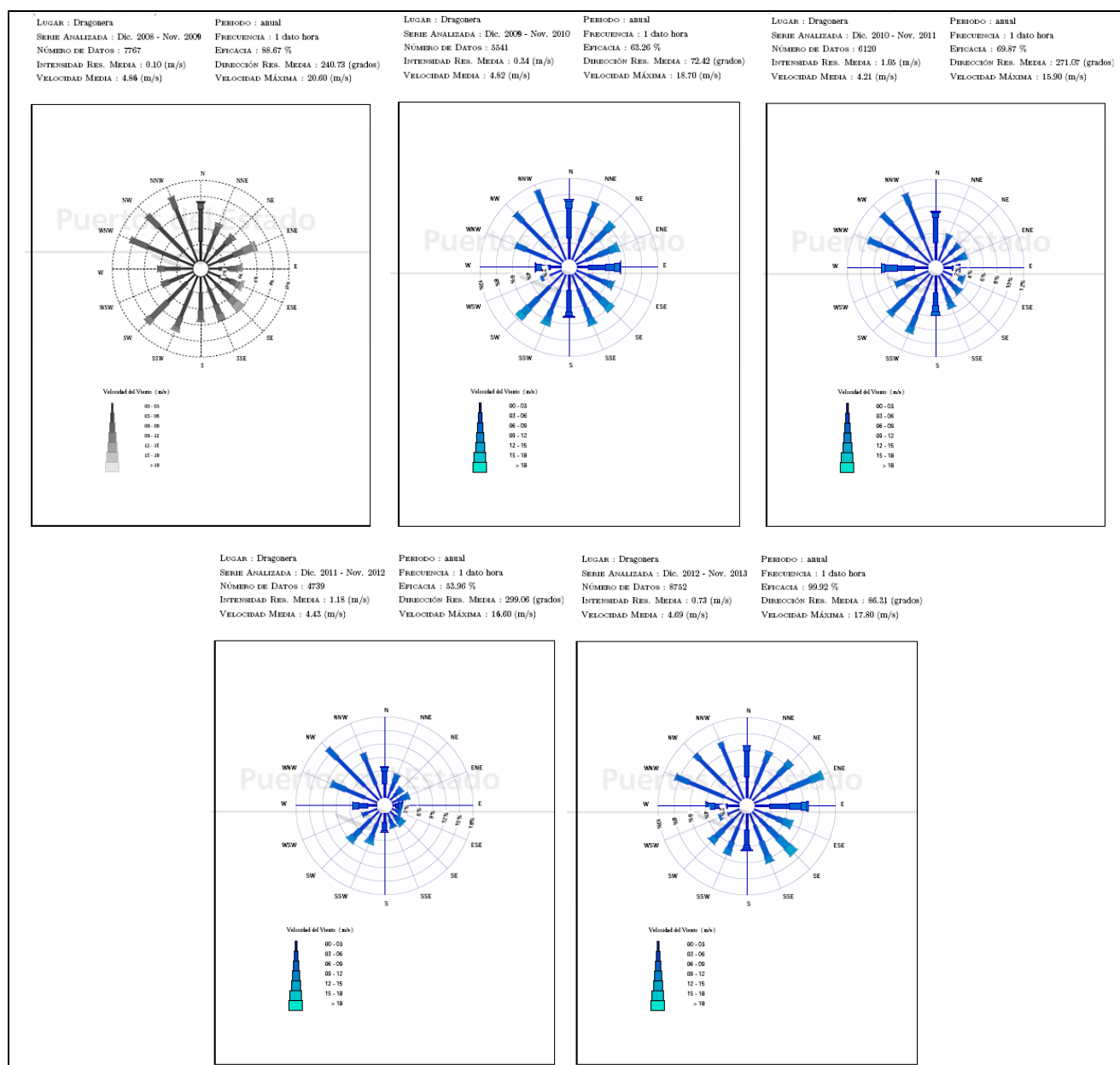


Figura 6.1-5: Rosas de los vientos con la distribución conjunta de intensidad y dirección de avance del viento, para el periodo comprendido entre 2007 y 2013, boya de Dragonera (Fuente: Puertos del Estado, 2015).

El análisis de los datos registrados por la boya de Dragonera para el período comprendido de 2006 a 2013, muestran que los vientos reinantes (dirección en la que incide el viento con mayor frecuencia), se localizan en el tercer y cuarto cuadrante (vientos de componente SW, WNW, NW y NNW), con ocurrencias del 8% al 16%. La velocidad media registrada para dicho periodo es de 4.66 m/s, y la media de la velocidad máxima es de 18.37m/s.

Los vientos predominantes en el área se clasifican como vientos débiles (entre 3-6 m/s), con una frecuencia entre el 39% y 42% del tiempo. El porcentaje de calmas (vientos por debajo de 3 m/s) se sitúa entre el 27% y 36%, mientras que los vientos intensos (más de 12 m/s) son los menos frecuentes, solo presentándose entre el 1% y 3% del tiempo.

Velocidad del viento (m/s) y dirección							
Año	Mes	Velocidad resultante		Velocidad máxima		Módulo de velocidad <sub>2</sub>	
		Intensidad	Dirección	Intensidad	Dirección	Med	$\sigma$
2007	Enero	0.65	125.92	13.5	118.01	4.58	3.09
	Febrero	2.17	91.32	16.8	137	5.15	2.91
	Marzo	1.8	168.88	16.8	140	6.39	3.54
	Abril	2.08	236	14	199	4.14	2.83
	Mayo	0.93	68.41	14	153.98	4.68	2.65
	Junio	1.16	327.53	11.7	229.99	3.71	1.87
	Julio	2.19	307.57	9.8	230.01	4.08	2.23
	Agosto	2.45	291.67	13.3	243.99	4.91	2.52
	Septiembre	1.62	277.61	11	154.02	4.08	2.37
	Octubre	3.04	244.94	14.7	252.99	5.14	3.35
	Noviembre	0.07	233.45	12.4	226.99	4.99	2.48
	Diciembre	-	-	-	-	-	-
2008	Enero	0.95	200.64	10.3	243.98	2.48	1.99
	Febrero	2.4	271.37	11.7	285.97	4.41	2.84
	Marzo	1.41	94.33	14.7	142.99	5.77	3.28
	Abril	2.31	27.71	12.8	28.01	5.21	2.8
	Mayo	0.98	312.47	10.01	289.01	3.95	2.16
	Junio	0.74	308.15	7.9	227	3.09	2
	Julio	2.34	297.87	10.29	205	3.98	1.94
	Agosto	2.65	301.85	14.5	142.99	4.63	2.28
	Septiembre	1.56	277.17	12.1	162.99	4.94	2.33
	Octubre	1.74	256.47	22.2	87	6.3	3.7
	Noviembre	1.64	151.01	15.4	73.01	6.66	3.9
	Diciembre	1.87	145.06	14	177.01	5.63	3.06
2009	Enero	2.32	119.52	20.6	81.01	6.64	3.57
	Febrero	1.64	73.08	15.4	137	5.71	3.09
	Marzo	0.9	186.75	20.6	140	6.07	3.86
	Abril	0.91	104.82	16.1	109	5.1	2.48
	Mayo	0.88	274.11	11.2	309.02	3.62	2.03
	Junio	1.86	338.45	11	50.01	4.05	2.1
	Julio	2.19	303.6	12.6	173.99	4.17	2.23
	Agosto	1.79	284.22	9.8	333.98	3.14	2.17
	Septiembre	1.74	233.49	12.8	0	4.44	2.58
	Octubre	0.75	295.97	17.8	101.01	4.95	3.3
	Noviembre	1.89	106.31	16.09	135	6.11	3.76
	Diciembre	2.16	88.88	17.8	185	6.97	3.33
2010	Enero	2.32	167.19	18.7	80.99	6.64	4.01
	Febrero	2.66	82.97	17.5	122.99	6.53	3.11

	Marzo	0.36	179.5	15.2	194.01	4.85	3.05
	Abril	1	244.22	15.2	184.98	3.49	2.33
	Mayo	0.59	75.3	17.3	181.99	4.08	2.53
	Junio	1.08	332.3	12.8	194.01	3.73	2.19
	Julio	1.71	311.21	9.3	221.99	3.25	1.96
	Agosto	3.5	294.49	7.9	227	4.73	1.77
	Septiembre	-	-	-	-	-	-
	Octubre	-	-	-	-	-	-
	Noviembre	-	-	-	-	-	-
	Diciembre	-	-	-	-	-	-
2011	Enero	2.71	208.92	13.8	225	4.31	3.42
	Febrero	1.74	95.18	12.8	143	4.68	3.18
	Marzo	2.75	266.68	14.2	272.02	5.2	3.1
	Abril	-	-	-	-	-	-
	Mayo	1.46	242.49	11.69	204.99	3.02	2.35
	Junio	1.92	298.23	11.9	281	3.22	2.11
	Julio	1.54	297.74	12.1	154.03	4.51	2.47
	Agosto	2.57	300.43	11	212.98	3.91	2.27
	Septiembre	0.67	284.231	11.2	146.03	3.41	2.11
	Octubre	1.06	223.77	13.1	187.99	4.39	2.84
	Noviembre	1.03	258.76	15.9	157.01	6.33	2.86
	Diciembre	-	-	-	-	-	-
2012	Enero	-	-	-	-	-	-
	Febrero	-	-	-	-	-	-
	Marzo	-	-	-	-	-	-
	Abril	-	-	-	-	-	-
	Mayo	0.71	5.19	11.9	119.99	3.75	2.7
	Junio	2.02	300.65	11	295	3.67	2.21
	Julio	2.22	296.61	12.6	150.99	3.73	2.29
	Agosto	2.6	286.8	12.4	222.02	4.1	2.24
	Septiembre	0.79	317.24	13.1	218.99	4.31	2.67
	Octubre	1.23	1.12	14.5	136.98	5.17	3.17
	Noviembre	1.25	177.96	16.6	213	5.94	3.45
	Diciembre	2.39	79.7	14.7	146.01	5.57	2.73
2013	Enero	4.26	101.3	16.1	111.99	6.45	3.89
	Febrero	2.97	123	16.8	125.99	6.73	3.81
	Marzo	2.6	57.05	17.8	188.01	6.3	3.32
	Abril	0.6	160.92	14.2	92.02	4.63	3.11
	Mayo	0.69	72.23	11.7	139.99	4.38	2.67
	Junio	1.36	336.79	10	143	3.38	2.02
	Julio	1.11	285.61	8.6	157.01	2.94	1.93

Agosto	1.88	266.67	11.9	198.98	3.5	2.18
Septiembre	0.71	344.71	9.6	61.03	3.39	2.19
Octubre	1.38	316.76	11.2	202.03	4.08	2.23
Noviembre	2.26	141.22	15.7	216.01	5.1	3.39
Diciembre	-	-	-	-	-	-

Tabla 6.1-6: Datos de evolución mensual de la velocidad del viento (m/s) registrados por la boya de Dragonera para el periodo 2007-2013. (Fuente: AEMET, Estación Meteorológica de Málaga 'Aeropuerto', 2012).

Por otro lado, cabe mencionar la presencia de tornados y trombas marinas próximos al área de trabajo. A través de los datos publicados por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) tras el estudio de una colección de 224 tornados (entre tornados terrestres y trombas marinas), registrados entre 2003-2012 en la Península Ibérica e Islas Baleares (Figura 6.1-6), se observa que en cuanto a la distribución mensual en éstas últimas la máxima actividad ocurre a finales de verano y en otoño fruto de la inestabilidad termodinámica típica de la época y zona, con una dirección predominante del Sureste.

Dichos tornados y trombas marinas se encuentran clasificados en función de su intensidad (escala Fujita mejorada), localizándose la mayoría dentro de los tipos EF0 y EF1 (intensidad débil), a excepción de un caso ocurrido en Palma de Mallorca clasificado como EF2 (intensidad fuerte).

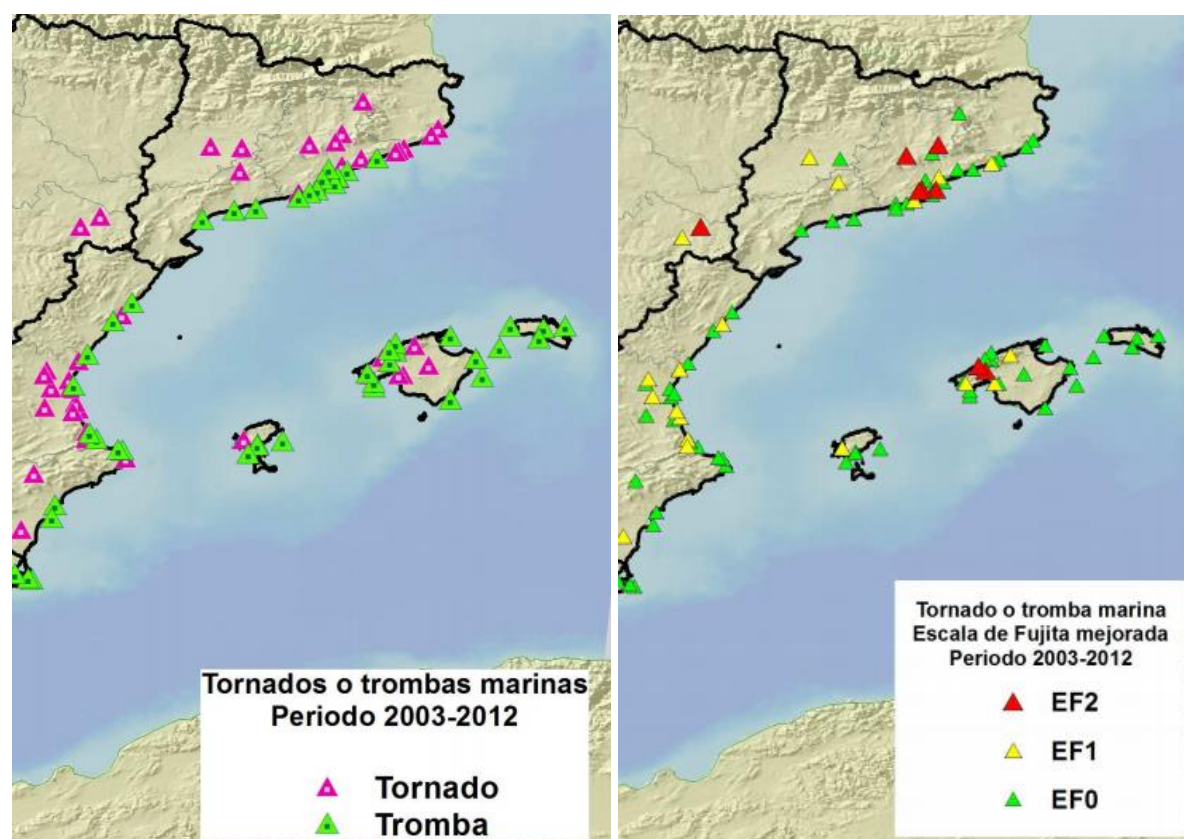


Figura 6.1-6: Distribución espacial y clasificación de tornados y trombas marinas en España peninsular y Baleares (2003-2012). (Fuente: Climatología de tornados en España Peninsular y Baleares, Agencia Estatal de Meteorología, Madrid, 2015).

2 La velocidad resultante es la calculada como suma vectorial de todas las medidas,  $\sigma$  es la desviación típica del módulo de la velocidad. Las direcciones son de avance, no de procedencia.

## 6.1.2. Condiciones oceanográficas

### 6.1.2.1 Oleaje y mareas

Los datos más representativos para el estudio inicial de los parámetros oceanográficos de oleaje y mareas presentes en el área de estudio proceden de la Boya de Dragonera, del Punto SIMAR 2108108 y del Mareógrafo de Palma de Mallorca. En la Tabla 6.1-7 se muestran las características de los mismos:

Características	Boya de Dragonera 2820 (profundidad 137m)	Punto SIMAR 2108108	Mareógrafo de Palma de Mallorca 3851
Latitud	39.56° N	39.00° N	39.56° N
Longitud	2.10° E	2.00° E	2.64° E
Cadencia	1h	1h	1 min

Tabla 6.1-7: Características de la Boya de Dragonera, del Punto SIMAR 2108108 y del Mareógrafo de Palma de Mallorca.  
(Fuente: Puertos del Estado, 2015).

La Boya de Dragonera pertenece a la Red de Boyas de Medida de Puertos del Estado. Es un tipo de boya WaveScan que constituye una plataforma estable en la que se mantienen una serie de instrumentos para la medida y monitorización en tiempo real del entorno marino. El punto SIMAR 2108108 pertenece al conjunto de datos SIMAR-44 de Puertos del Estado, formado por series temporales de parámetros de viento y oleaje procedentes de modelado numérico, es decir, son datos simulados que no proceden de medidas directas de la naturaleza. El Mareógrafo de Palma de Mallorca se localiza en el dique de Comerciales, junto al faro de marcación estribor del Puerto de Palma de Mallorca. Pertenece al conjunto de datos REDMAR de Puertos del Estado.

La Figura 6.1-7 muestra las localizaciones de la Boya de Dragonera, del Punto SIMAR 2108108 y del Mareógrafo de Palma de Mallorca:



Figura 6.1-7: Localizaciones de la Boya de Dragonera, del Punto SIMAR 2108108 y del Mareógrafo de Palma de Mallorca  
(Fuente: Puertos del Estado, 2015).

### 6.1.2.1.1 Oleaje

La evolución del oleaje se define según los parámetros de altura significativa de la ola ( $H_s$  en metros) y periodo de la ola ( $T_p$  en segundos). A continuación se presentan las rosas e histogramas de altura y periodo de oleaje registradas por la Boya de Dragonera para el período de 2006 a 2015, y modeladas para el Punto SIMAR 2108108 para el período de 2000 a 2015 (Figura 6.1-8 y Figura 6.1-9).

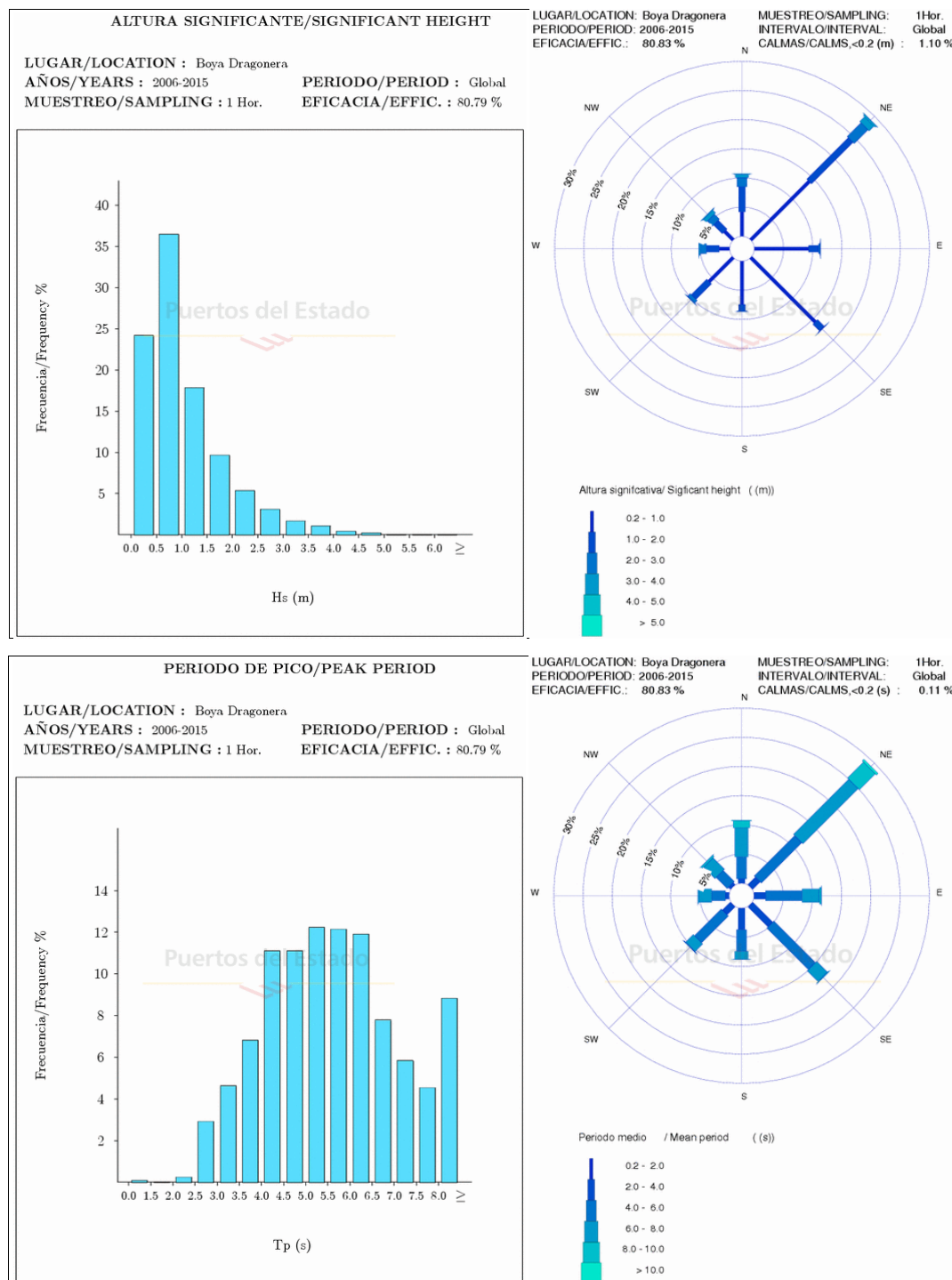


Figura 6.1-8: Valores de altura de ola ( $H_s$ ) y periodo de ola ( $T_p$ ) registrados por la Boya de Dragonera (Fuente: Puertos del Estado, 2015).



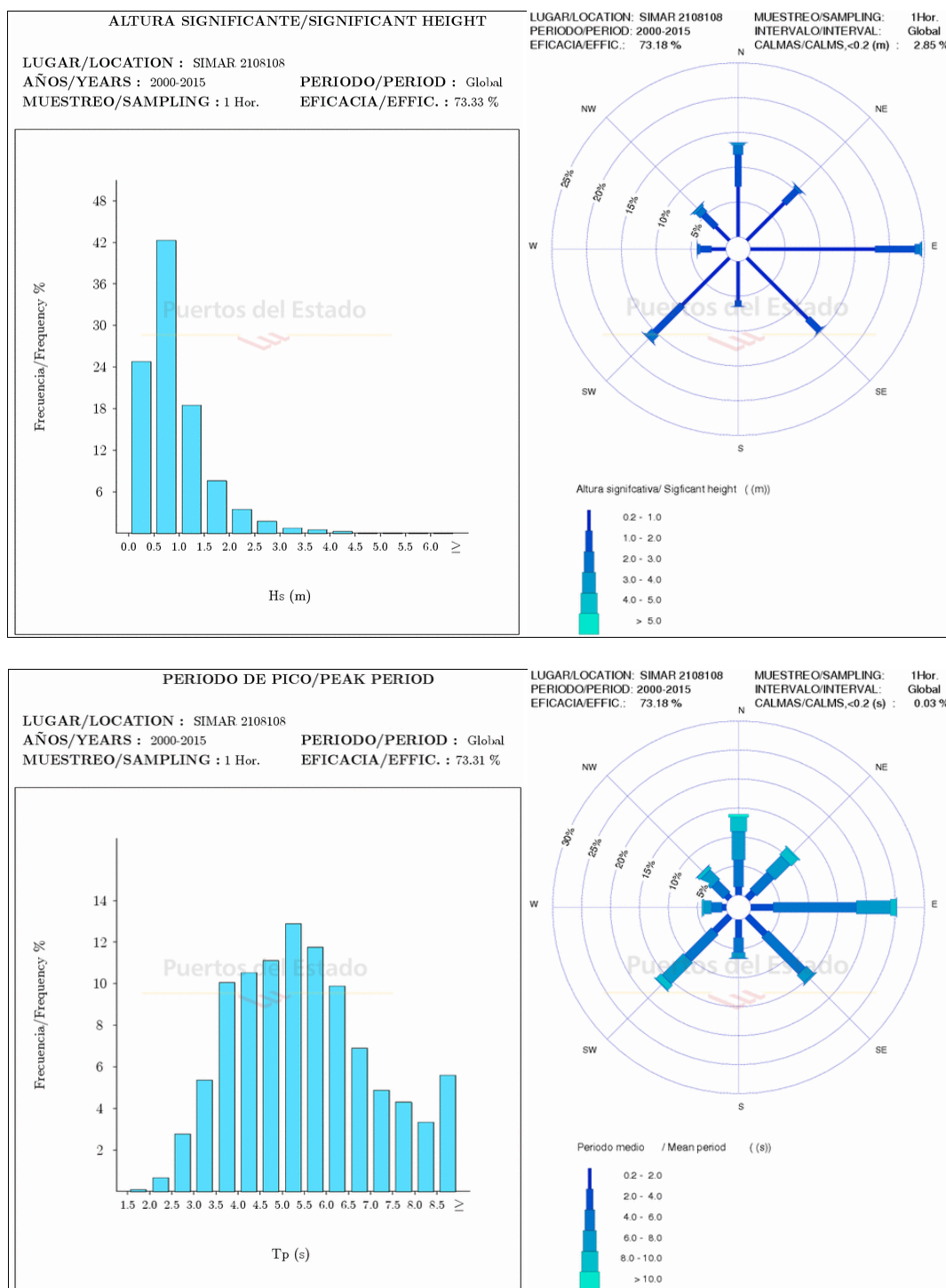


Figura 6.1-9: Valores de altura de ola (Hs) y período de ola (Tp) modelados para el Punto SIMAR 2108108. (Fuente: Puertos del Estado, 2015).

El análisis de datos obtenidos en la Boya de Dragonera, localizada al Norte del área de estudio, muestra un oleaje predominante de componente Noreste con una frecuencia del 37% y una altura de ola de entre 0.5 y 1 metro, seguido por una frecuencia de oleaje de componente Sureste (25%) y altura de ola por debajo de 0.5 metros. El periodo de oleaje es, por lo general, superior a 4 segundos de media anual, pudiendo alcanzar más de 8 segundos en la dirección Noreste.

Por otro lado, los datos modelados a partir de una serie temporal mayor para el Punto SIMAR 2108108, localizado en el área de estudio, muestran un oleaje predominante de componente Este con una frecuencia del 42% y una altura de ola de entre 0.5 y 1 metro, seguido por una frecuencia de oleaje de componente Noroeste y Sureste con altura de ola por debajo de 0.5 metros. El periodo de oleaje es, por lo general, superior a 3.5 segundos de media anual.

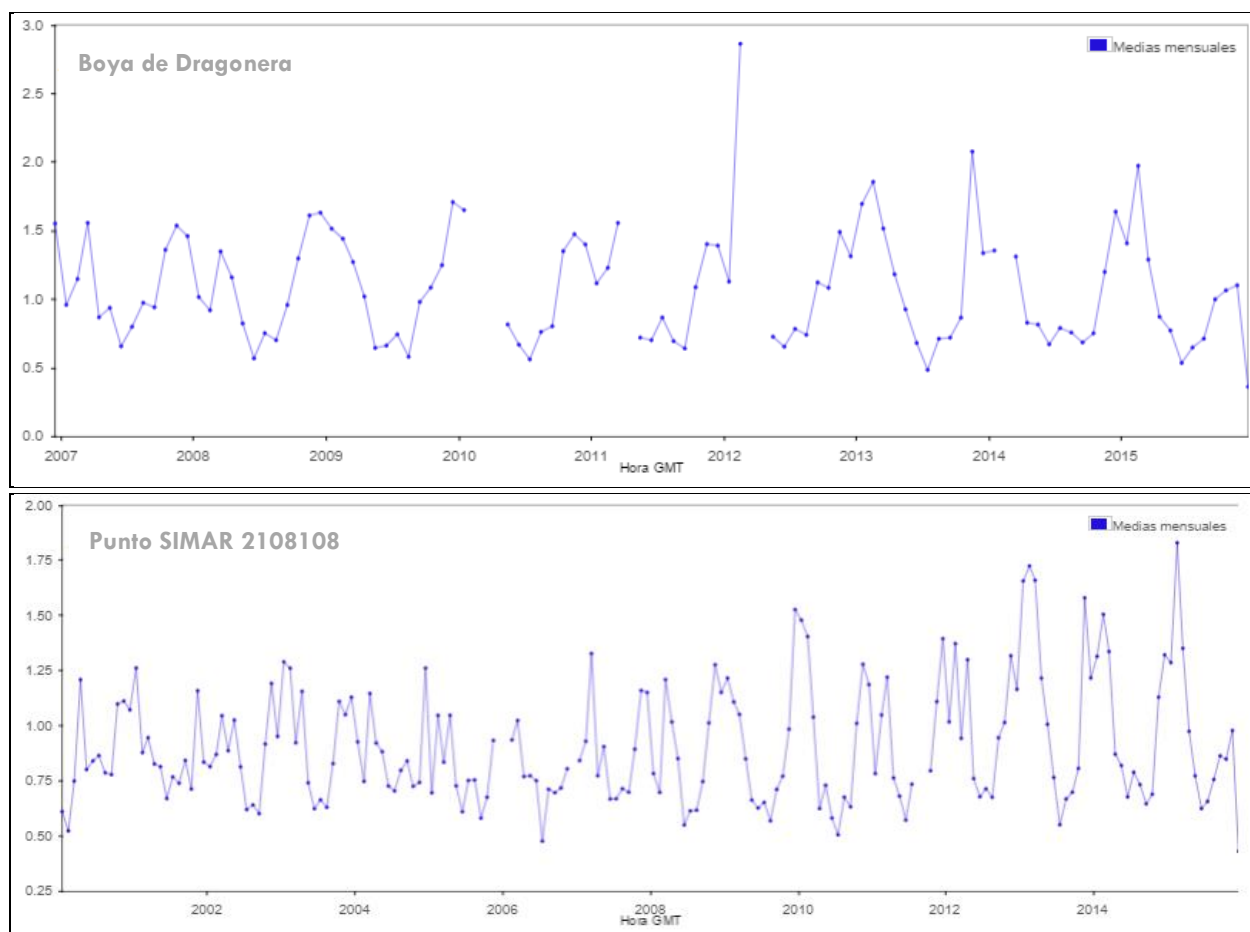


Figura 6.1-10: Valores de altura significativa de ola a lo largo de los años de estudio registrados por la Boya de Dragonera y para el Punto SIMAR 2108108. (Fuente: Puertos del Estado, 2015).

A escala temporal, a través de la representación de los datos para ambas localizaciones de la altura significativa del oleaje (Figura 6.1-10), se pone de manifiesto que los valores más altos de oleaje se producen durante el invierno, mientras que los valores más bajos se dan durante el verano. Este hecho concuerda con la conclusión alcanzada a través del análisis de los datos llevado a cabo en el proyecto "Caracterización del Clima Marítimo en el Mar Balear" y publicados en el documento "Estrategia Marina Demarcación Marina Levantino Balear".



### 6.1.2.1.2 Mareas

Los datos más representativos sobre las oscilaciones del nivel del mar de la región, proceden del Mareógrafo de Palma de Mallorca, con código 3851, para el período comprendido entre 2009 y 2014 (ambos inclusive).

Como es característico del Mar Mediterráneo las mareas presentan una escasa oscilación. Como se puede ver en la Tabla 6.1-8, la variación registrada del nivel medio anual para el periodo 2009-2014 es de -20.20 – -3.00 cm, lo que indica una diferencia de 17.2 cm siendo la variación media anual del nivel máximo de 9.80 – 24.50 cm, mostrando una variación de apenas 14.7 cm.

Nivel de mar (cm)			
Mes	Nivel medio	Nivel max	Nivel min
Enero	-16.60	16.75	-42.25
Febrero	-18.40	17.75	-41.75
Marzo	-20.20	18.33	-39.00
Abril	-16.80	12.80	-45.60
Mayo	-17.20	12.20	-39.80
Junio	-15.40	9.80	-35.60
Julio	-12.40	9.80	-31.60
Agosto	-7.60	12.00	-24.80
Septiembre	-3.60	17.33	-21.67
Octubre	-3.00	24.17	-21.33
Noviembre	-4.83	24.50	-28.17
Diciembre	-13.67	17.50	-38.17

Tabla 6.1-8: Valores de nivel de mar medios, máximos y mínimos registrados por el Mareógrafo de Palma de Mallorca para el periodo comprendido de 2009 a 2014 (Fuente: Puertos del Estado, 2015).

A través del análisis de los datos obtenidos se puede determinar que el rango de marea en el área del proyecto es menor a medio metro. La Figura 6.1-11 muestra los valores medios, máximo y mínimos del nivel de mar medido por el Mareógrafo de Palma de Mallorca para el periodo mencionado.

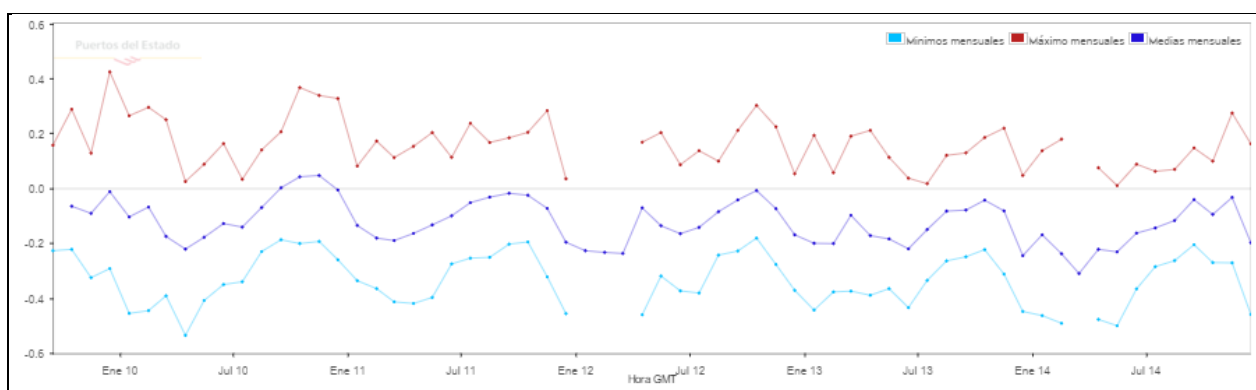


Figura 6.1-11: Oscilación del nivel del mar (m) en el periodo 2009-2014 con los valores medios, mínimo y máximo de registrados por el Mareógrafo de Palma de Mallorca (Fuente: Puertos del Estado, 2015).

### 6.1.3. Hidrología marina

El mar Mediterráneo es uno de los mares marginales más grande del planeta, con una extensión de unos 2500 millones de km<sup>2</sup>, 400 km de longitud y 700 km de anchura máxima. Se comunica con el océano Atlántico a través del estrecho de Gibraltar, de 320 m de profundidad, y con el mar Negro a través del estrecho del Bósfor, de 40 m de profundidad. Geográficamente se encuentra en latitudes medias y está dividido en dos grandes cuencas, la Oriental y la Occidental, cuyas profundidades medias son 2.000 m y 2.500 m, respectivamente.

#### 6.1.3.1 Régimen de corrientes

El mar Mediterráneo se puede considerar una cuenca de concentración con un balance hídrico negativo muy marcado, debido a que las pérdidas por evaporación exceden a las ganancias por las precipitaciones y aportes fluviales. Este déficit por exceso de evaporación tiende a compensarse con la entrada de agua atlántica a través del estrecho de Gibraltar.

Por otro lado, el exceso de evaporación presente transforma el agua mediterránea en un agua más concentrada en sales y densa que el agua atlántica, por lo que tiende a hundirse y ocupar las capas más profundas de la cuenca. Este fenómeno se traduce en la entrada a través del estrecho de Gibraltar de aguas atlánticas superficiales menos densas, y la salida de aguas mediterráneas en profundidad, estableciéndose un sistema de corrientes superpuestas y de sentido contrario.

Una vez atravesado el estrecho, la corriente generada por el agua atlántica superficial transcurre pegada a la costa africana por el efecto de Coriolis, llegando hasta la parte más oriental de la cuenca. Esta corriente principal se bifurca a su vez varias veces, dando origen a un sistema de corrientes de tipo ciclónico (Figura 6.1-12).

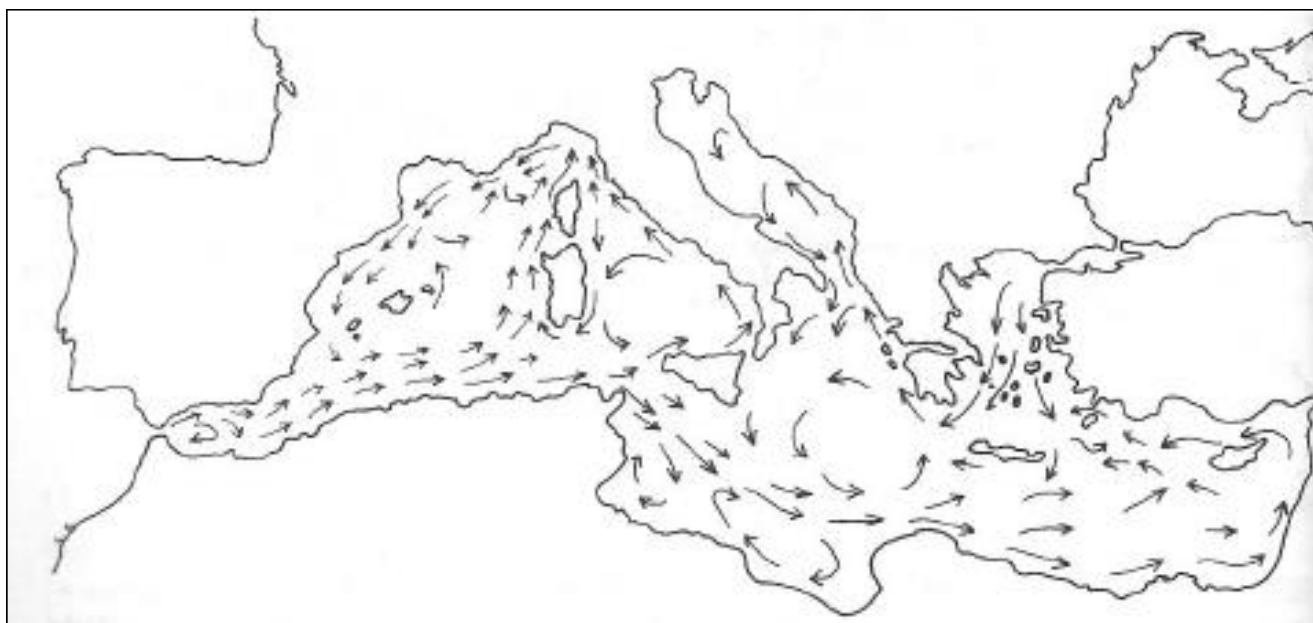


Figura 6.1-12: Corrientes superficiales en el mar Mediterráneo (Fuente: El ecosistema marino mediterráneo, 2000).

Centrando nuestro análisis en la cuenca Occidental, dado que es donde se localiza el área de trabajo, el modelo general de circulación presenta dos corrientes permanentes, la Septentrional y la Argelina (Figura 6.1-13).

La corriente Septentrional afecta a las costas peninsulares al norte del canal de Ibiza y a las costas norte de las islas (zona conocida como mar Balear), mientras que la corriente Argelina afecta a la costa peninsular hasta el cabo de Gata y a la costa sur de las Islas Baleares. La circulación de la capa superficial de la zona conocida como mar Balear está controlada por dicha corriente Septentrional y por una semicorriente permanente denominanda corriente Balear.

La corriente Septentrional transporta agua atlántica con un largo periodo de residencia en el Mediterráneo y fluye permanentemente en dirección sur desde el mar de Ligur hacia los canales baleáricos afectando hasta unos 400 m, pero se ve afectada por la aparición de estructuras mesoescalares en el Golfo de Valencia y en la zona norte del canal de Ibiza, que generan el desvío de parte de la corriente hacia el canal de Mallorca y hacia el noreste.

La corriente Balear fluye a lo largo del talud norte insular confinada a los 150 m superiores y está generada principalmente por la recirculación de parte de la corriente Septentrional hacia el noreste junto con la entrada de agua atlántica reciente, con dirección norte, que se produce cuando disminuye el forzamiento atmosférico.

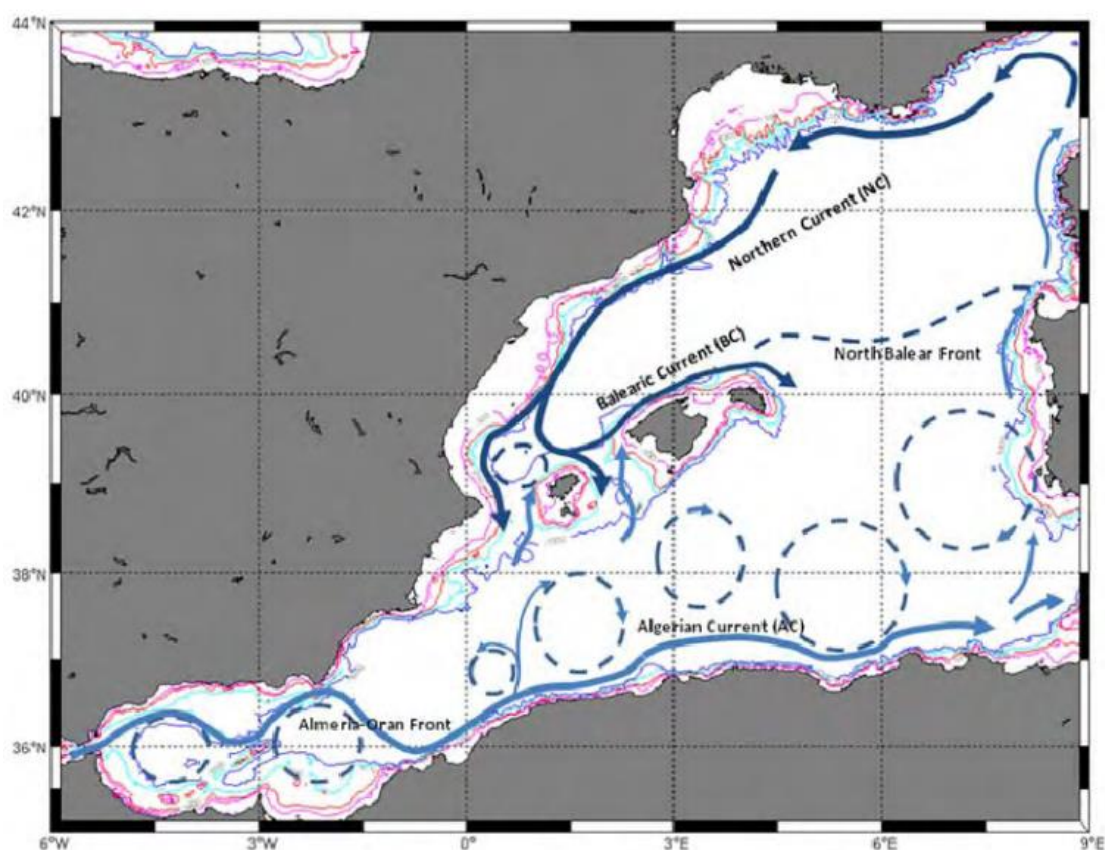


Figura 6.1-13: Circulación general superficial en la cuenca Occidental Mediterránea (Fuente: Estrategia marina para la Demarcación Levantino Balear, MAGRAMA, 2012a).

Para el análisis de la corriente en el área de trabajo, se han empleado los datos de dirección y velocidad decorriente registrados por la boya de Dragonera para el período de 2009 a 2015. La Figura 6.1-14 muestra la rosa de la velocidad e intensidad de la corriente media para dicho período.

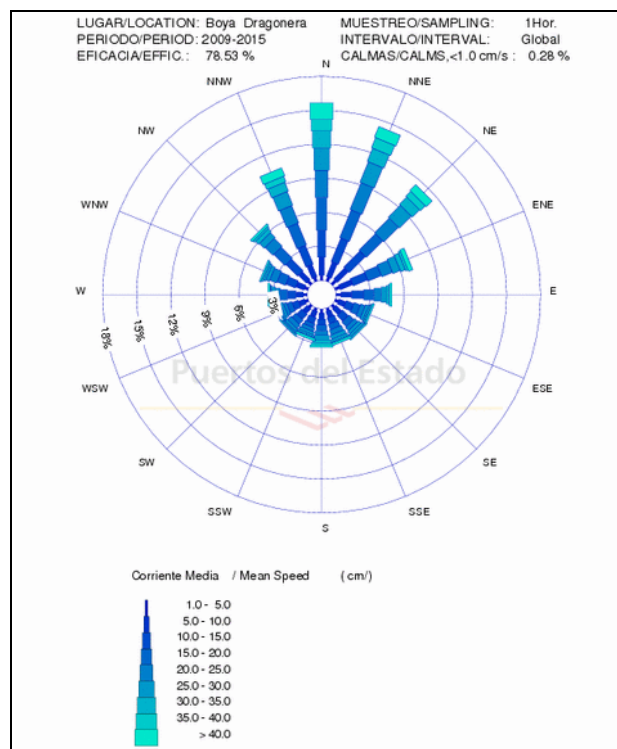


Figura 6.1-14: Rosa de corrientes de la boya de Dragonera para el período de 2009 a 2015. (Fuente: Puertos del Estado, 2016).

De esta figura se extrae que en torno a la boya de Dragonera, la corriente de mayor frecuencia en el periodo evaluado presentó componentes del N y NNE, con ocurrencias entre el 14% y 16%, seguido de NE y NNW, con ocurrencias entre el 10% y 12%. La velocidad media de la corriente calculada a partir de los datos desde el 2009 al 2013 es de 20.03 cm/s (Tabla 6.1-9). La velocidad máxima registrada para el periodo 2009 a 2015 es de 91.66 cm/s, alcanzada en febrero de 2012, mientras que la media de la velocidad máxima es de 56.1 cm/s.

Evolución de la velocidad de la corriente (cm/s) y dirección de propagación							
Año	Mes	Velocidad resultante		Velocidad máxima		Módulo de velocidad <sub>3</sub>	
		Intensidad	Dirección	Intensidad	Dirección	Med	$\sigma$
2009	Marzo	-	-	-	-	-	-
	Abril	-	-	-	-	-	-
	Mayo	-	-	-	-	-	-
	Junio	-	-	-	-	-	-
	Julio	-	-	-	-	-	-
	Agosto	6.29	338.36	40.7	0	15.44	7.38
	Septiembre	4.44	5.44	36	24	12.97	6.6
	Octubre	3.57	55.63	75.8	47	17.38	11.83
	Noviembre	18.98	158.56	67	152	23.75	11.54

	Diciembre	20.37	196.28	68.2	177	23.96	10.48
2010	Enero	6.55	193.07	63.2	197	17.26	11.69
	Febrero	8.75	53.08	44.8	351	15.24	7.87
	Marzo	11.37	351.85	54.7	1	18.52	10.1
	Abril	14.77	24.57	48.3	51	21.07	9.08
	Mayo	9.5	43.75	62.9	194	21.57	10.25
	Junio	2.82	22.95	69.4	346	18.05	10.5
	Julio	4.22	52.63	42.1	31	17.25	8.63
	Agosto	15.01	8.57	58.5	1	20.23	10.22
	Septiembre	8.9	12.06	41.8	341	16.52	7.77
	Octubre	6.56	46.62	62.4	0	15.83	10.56
	Noviembre	2.41	358.96	61.2	171	14.38	8.64
	Diciembre	9.88	13.01	78.8	49	18.24	12.75
2011	Enero	9.62	41.82	79.1	74	27.14	16.92
	Febrero	6.15	324.64	59.1	128	21.1	12.14
	Marzo	14.57	22.19	41.3	349	18.53	7.47
	Abril	-	-	-	-	-	-
	Mayo	27.84	14.74	67.3	348	34.63	12.18
	Junio	17.22	11.92	65.6	9	23.75	10.97
	Julio	8.71	43.92	48.3	66	19.35	9.97
	Agosto	17.34	27.35	63.2	74	20.8	10.14
	Septiembre	21.4	14.81	62.4	17	25.8	11.18
	Octubre	29.92	0.34	77.3	337	33.64	15
	Noviembre	14.95	6.86	65.6	348	22.49	12.35
	Diciembre	7.22	3.71	55.6	104	15.06	9.8
2012	Enero	5.88	4.92	52.1	118	16.89	9.5
	Febrero	29.27	2.67	91.6	7	33.04	17.96
	Marzo	12.65	4.48	45.9	1	17.54	9.4
	Abril	23.95	16.89	63.5	355	26.43	12.53
	Mayo	15.1	52.87	50.3	115	20.19	9.26
	Junio	15.25	359.44	50.9	29	22.55	10.6
	Julio	16.8	357.32	50.3	297	21.53	10.83
	Agosto	14.23	0.59	52.7	19	18.35	8.94
	Septiembre	11.59	352.62	54.4	356	16.21	9.81
	Octubre	17.02	354.55	64.4	227	23.65	12.81
	Noviembre	12.25	340.83	56.2	345	20.94	10.07
	Diciembre	7.48	35.68	39.8	27.99	15.55	8.71
2013	Enero	14.6	119.21	64.7	109	23.62	12.17
	Febrero	1.35	80.45	55.3	20	17.94	9.07
	Marzo	11.66	80	45.9	99	18.16	9.04
	Abril	12.75	38.82	55.6	18	20.98	10.66
	Mayo	10.86	29.8	46.2	34	19.01	9.66
	Junio	0.94	24.99	44.5	236	16.12	8.99
	Julio	5.46	344.64	49.2	207	15.22	9.06
	Agosto	9.79	302.6	48	247	18.17	8.25

	Septiembre	20.07	354.02	54.4	0	22.57	10.24
	Octubre	18.28	10.68	52.4	358	21.11	8.86
	Noviembre	14.32	353.79	68.5	329	26.99	12.99
	Diciembre	-	-	60.9	3	-	-
2014	Enero	-	-	34.5	31	-	-
	Febrero	-	-	-	-	-	-
	Marzo	-	-	36.3	190	-	-
	Abril	-	-	37.2	11	-	-
	Mayo	-	-	58	138	-	-
	Junio	-	-	57.7	18	-	-
	Julio	-	-	51.8	21	-	-
	Agosto	-	-	49.2	18	-	-
	Septiembre	-	-	49.5	86	-	-
	Octubre	-	-	51.2	341	-	-
	Noviembre	-	-	59.7	345	-	-
	Diciembre	-	-	44.2	40	-	-
2015	Enero	-	-	54.4	6	-	-
	Febrero	-	-	57.7	2	-	-
	Marzo	-	-	42.8	53	-	-
	Abril	-	-	57.4	10	-	-
	Mayo	-	-	64.5	38	-	-
	Junio	-	-	41.6	53	-	-
	Julio	-	-	40.4	70	-	-
	Agosto	-	-	-	-	-	-
	Septiembre	-	-	-	-	-	-
	Octubre	-	-	-	-	-	-
	Noviembre	-	-	89.1	34	-	-
	Diciembre	-	-	84.1	198	-	-

Tabla 6.1-9: Evolución mensual de la velocidad de la corriente (cm/s) de la boya de Dragonera para el período de 2009 a 2015.  
(Fuente: Puertos del Estado, 2016).

### 6.1.3.2 Salinidad y temperatura

La circulación en el mar Mediterráneo se caracteriza por ser una circulación termohalina (Margalef, 1990), donde las aguas atlánticas frías y poco salinas, entran a la cuenca mediterránea a través del estrecho de Gibraltar, y las aguas mediterráneas modificadas más calientes y salinas, salen al océano atlántico a través del mismo en profundidad, como se explico en el apartado 1.1.3.1. De forma general, el contenido salino de las aguas mediterráneas es más elevado respecto de las aguas atlánticas, alrededor de un 3.8%. A su vez, la temperatura media del agua mediterránea también supera a la del agua atlántica, sufriendo cambios estacionales.

Para mostrar gráficamente la salinidad de la zona se han empleado los registros históricos de la Boya de Valencia, modelo SeaWatch, para el periodo de 2009 a 2015. Los datos generados pertenecen al conjunto de datos REDEX de Puertos del Estado. Sin embargo, para realizar el perfil de velocidad del sonido utilizado en el Anejo I- Modelización acústica\_v2 para modelizar las fuentes de ruido se ha

empleado un perfil de velocidad, obtenido para el mismo periodo por la embarcación OGS-Explora en el 2015.

3 La velocidad resultante es la calculada como suma vectorial de todas las medidas,  $\sigma$  es la desviación típica del módulo de la velocidad.

Para el mostrar de temperatura superficial del agua se han empleado los datos registrados por la Boya de Valencia y por la Boya de Dragonera para el mismo periodo (Tabla 6.1-10).

Características	Boya de Valencia 2630 (profundidad 260m)	Boya de Dragonera 2820(profundidad 137m)
Latitud	39.52° N	39.56° N
Longitud	0.21° E	2.10° E
Cadencia	1h	1h

Tabla 6.1.10: Coordenadas geográficas de las estaciones de medida empleadas en el estudio. (Fuente: Puertos del Estado, 2016).

A continuación se presenta la evolución de la temperatura media y salinidad media del agua en superficie para el periodo indicado, registradas por las boyas del Cabo de Valencia y de Dragonera (Figura 6.1-15).

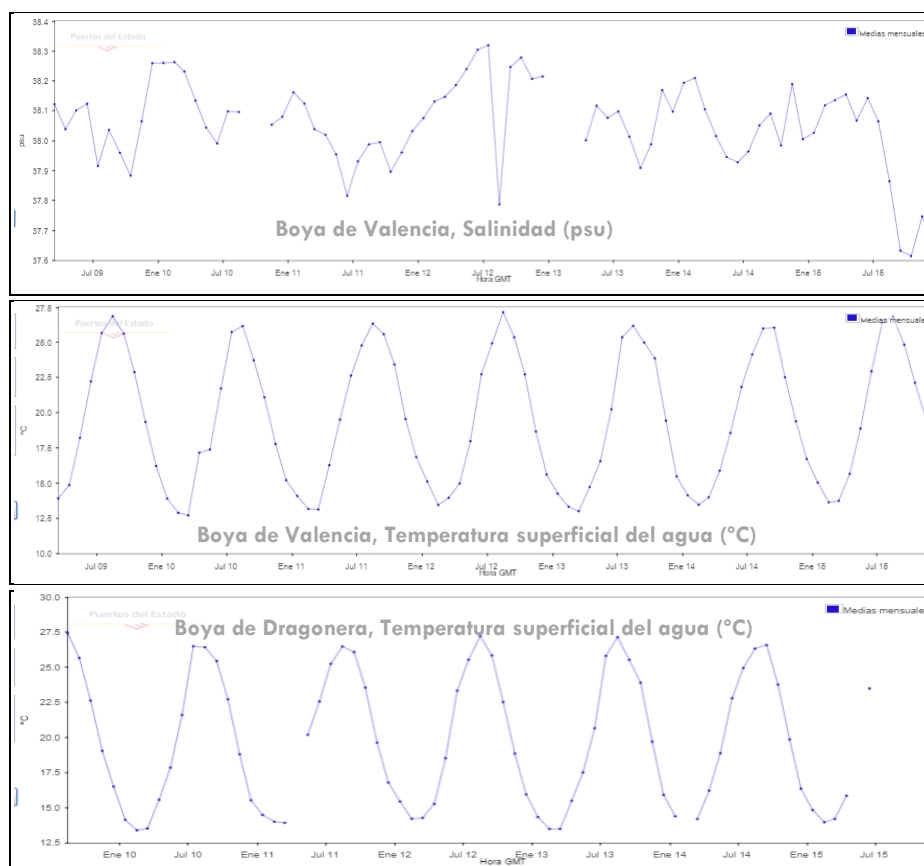
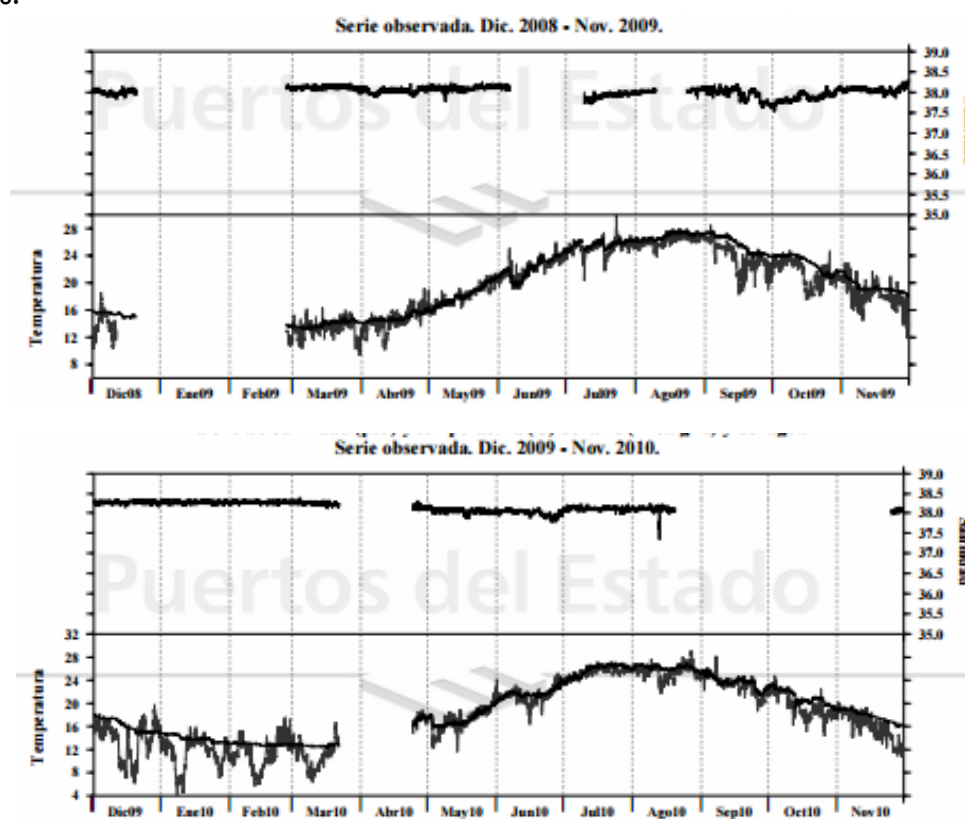




Figura 6.1-15: Gráfica de salinidad del agua (psu) y temperatura superficial del agua (°C) registradas en las boyas de Valencia y Dragonera para el periodo 2009-2015 (Fuente: Puertos del Estado, 2016).

A través de estas gráficas y de los datos de temperatura presentes en la Tabla 6.1-11, se hace patente el carácter estacional de la temperatura superficial de agua en ambas estaciones de muestreo, con aguas superficiales más frías en los meses de invierno (entre 13°C y 15.5°C), que aumentan su temperatura a lo largo de primavera hasta alcanzar los valores máximos durante los meses de verano (entre 20°C y 29°C), para ir disminuyendo progresivamente en otoño. Comparando los datos de temperatura entre estaciones se aprecia que, mientras los valores de temperatura mínimos registrados no difieren en más de 1°C, los valores de temperatura máxima alcanzados en el área de Dragonera son ligeramente superiores a los del área de Valencia, alcanzándose casi los 2°C de diferencia.

Para la salinidad, a través del análisis de la Figura 6.1-15 y de la gráfica correspondiente en la Figura 6.1-16, para la boya de Valencia (no se dispone de datos para la boya de Dragonera), se puede apreciar el carácter ligeramente oscilatorio de la salinidad, con valores registrados entre 37.6 psu y 38.4 psu.





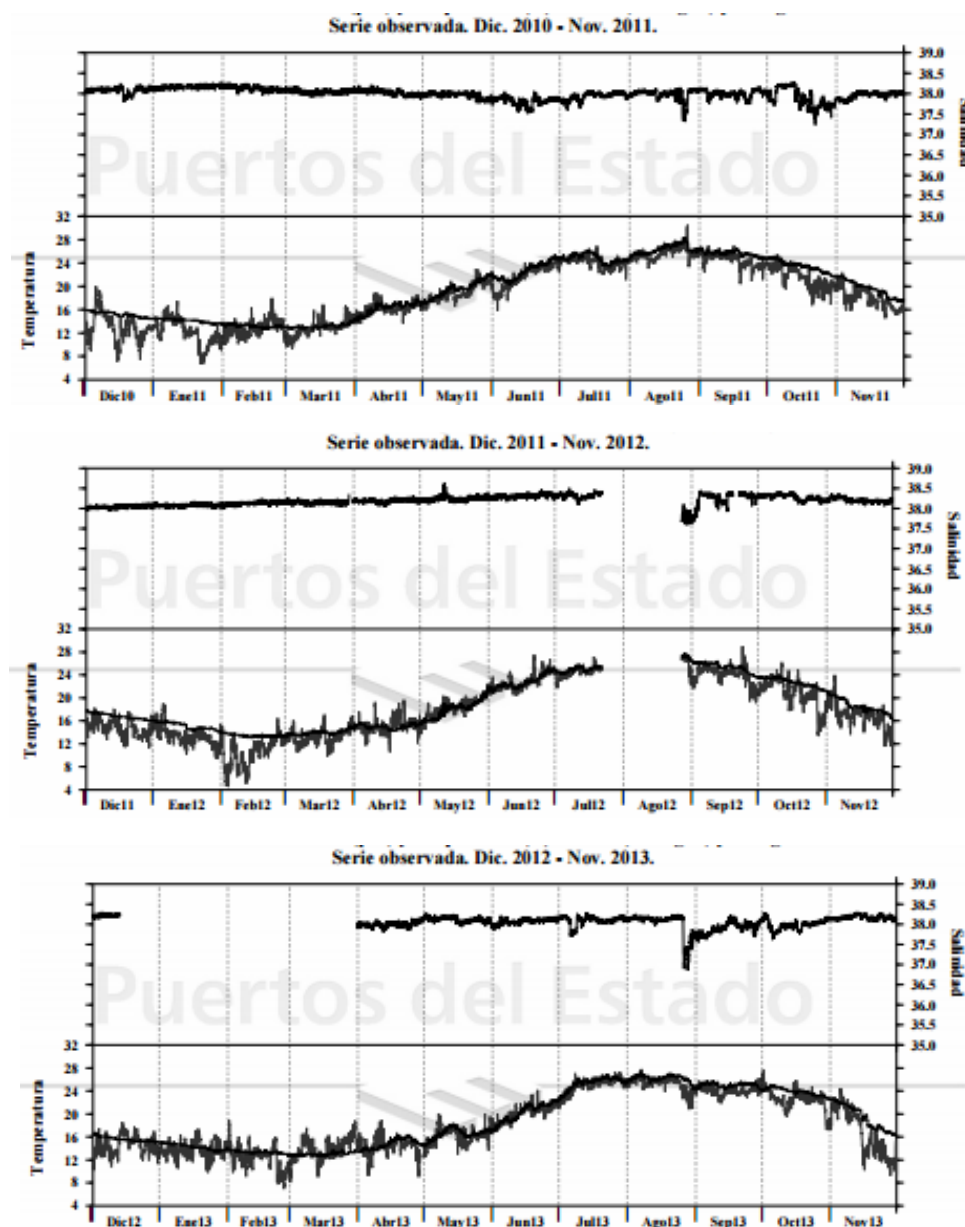


Figura 6.1-16: Series observadas de salinidad del agua (psu) y temperatura del aire y del agua (°C) registradas en la boya de Valencia. (Fuente: Puertos del Estado, 2016).

Temperatura Superficial Media del Agua (Ts) °C					
		Dragonera Ts max	Dragonera Ts min	Valencia Ts max	Valencia Ts min
	Febrero	-	-	14	13.4
	Marzo	-	-	15	13.2
	Abril	-	-	16.4	14
	Mayo	-	-	21.1	15.7
	Junio	-	-	25	19.3
	Julio	-	-	26.5	24.5
	Agosto	30.6	25.8	27.7	25.9
	Septiembre	28.7	23.6	27.6	23.6
	Octubre	24.5	20.4	24.3	20.7

	Noviembre	21.5	17.5	21.7	18
	Diciembre	18.3	15.3	18	14.7
2010	Enero	15.8	13.6	14.9	13
	Febrero	14.1	13	13.3	12.6
	Marzo	14.8	12.9	13.2	12.2
	Abril	21.3	13.8	18.1	16
	Mayo	23.1	15.7	20.5	15.8
	Junio	25.9	19.5	24.5	20.1
	Julio	30.8	24.1	27.1	23.3
	Agosto	28.4	25.3	26.9	25.1
	Septiembre	27.6	24.3	26.1	21.5
	Octubre	24.9	19.1	23.5	18.8
	Noviembre	20.7	16.1	19.5	15.9
	Diciembre	17.6	14.1	16.3	14.4
2011	Enero	15.6	13.8	14.6	13.4
	Febrero	14.9	13.7	13.7	12.6
	Marzo	15.1	13.6	14.5	12.7
	Abril	-	-	18	14
	Mayo	22.6	18.8	22.5	17.1
	Junio	28.1	19.8	25.4	20.4
	Julio	28	24.3	26.3	23.4
	Agosto	29.4	25.2	28.3	24.7
	Septiembre	28.3	24.7	26.7	24.6
	Octubre	25.6	21.1	25.2	21.5
	Noviembre	21.6	18.4	21.8	17.5
	Diciembre	19	15.2	18	16.1
2012	Enero	16	14.8	16.2	14
	Febrero	16.2	13.5	14.1	13.2
	Marzo	16.7	13.6	15.2	13.4
	Abril	16.7	14.7	15.9	14.3
	Mayo	24.8	15.2	22	15.4
	Junio	28.2	21.2	25.4	20.9
	Julio	27	24.1	25.8	24.1
	Agosto	29	26	27.6	26.4
	Septiembre	28.4	24	26.5	23.6
	Octubre	24.8	19.2	23.9	21.2
	Noviembre	20.2	17.5	21.2	16.3
	Diciembre	17.5	14.5	16.7	15
2013	Enero	15.3	13.4	15	13.4
	Febrero	14	12.9	13.9	12.6
	Marzo	15	13.1	13.8	12.6
	Abril	19.5	14.1	16.5	13.3
	Mayo	20.4	15.7	18.3	14.2

	Junio	24.5	16.7	22.7	16.9
	Julio	29.4	22.9	27	22.3
	Agosto	29.9	25.5	27.2	24.3
	Septiembre	27.3	24.4	25.8	24.1
	Octubre	24.7	22.4	25	22.5
	Noviembre	22.4	16.4	22.6	16.2
	Diciembre	17.4	14.7	16.4	14.7
2014	Enero	15	13.7	14.8	13.4
	Febrero	-	-	13.9	13.3
	Marzo	15.8	13.7	14.9	13.4
	Abril	19.4	14	17.9	14.2
	Mayo	23.3	16.8	19.7	16.8
	Junio	25.7	19.8	24.2	18.5
	Julio	27.5	23.4	26.4	22.5
	Agosto	28.5	25.7	27.2	25
	Septiembre	28	25	27.4	24.2
	Octubre	25.5	22.5	24.9	21.2
	Noviembre	23.4	17.9	21.6	18.2
	Diciembre	18.4	14.9	18.7	15.5
2015	Enero	15.8	14	15.7	14.4
	Febrero	14.7	13.6	14.4	13.3
	Marzo	16.2	13.8	15	13.2
	Abril	18.4	14.5	17.4	14.4
	Mayo	21.4	16.9	20.9	17
	Junio	26	20.7	25.1	20.7
	Julio	26.3	24.9	27.7	24.7
	Agosto	-	-	28.7	25.6
	Septiembre	-	-	26.9	22.6
	Octubre	-	-	23.6	20.5
	Noviembre	19.9	16.2	20.7	17.4
	Diciembre	18.2	16.5	17.9	16.9

Tabla 6.1-11: Temperatura Superficial Media del Agua (Ts) °C registrada por las boyas de Dragonera y Valencia durante el periodo 2009-2015. (Fuente: Puertos del Estado, 2016).

Cabe mencionar los fenómenos de estratificación estacional presente en el mar Balear (Figura 6.1-17). A partir de los perfiles verticales de temperatura potencial y salinidad registrados durante el proyecto “Influencia de la estructura y dinámica oceanográfica sobre poblaciones demersales en aguas de las Islas Baleares” (IDEA) se observa que la columna de agua presenta una marcada estratificación estacional durante el verano. Durante el otoño la columna de agua se va mezclando hasta alcanzar la “quasi-homogeneidad” durante el invierno. Durante la primavera, debido a un incremento progresivo de la temperatura se produce la formación de una capa de mezcla superficial que da lugar a la formación de una termoclina que, una vez establecida, es claramente identificable entre los 30 m y los 150 m de profundidad.

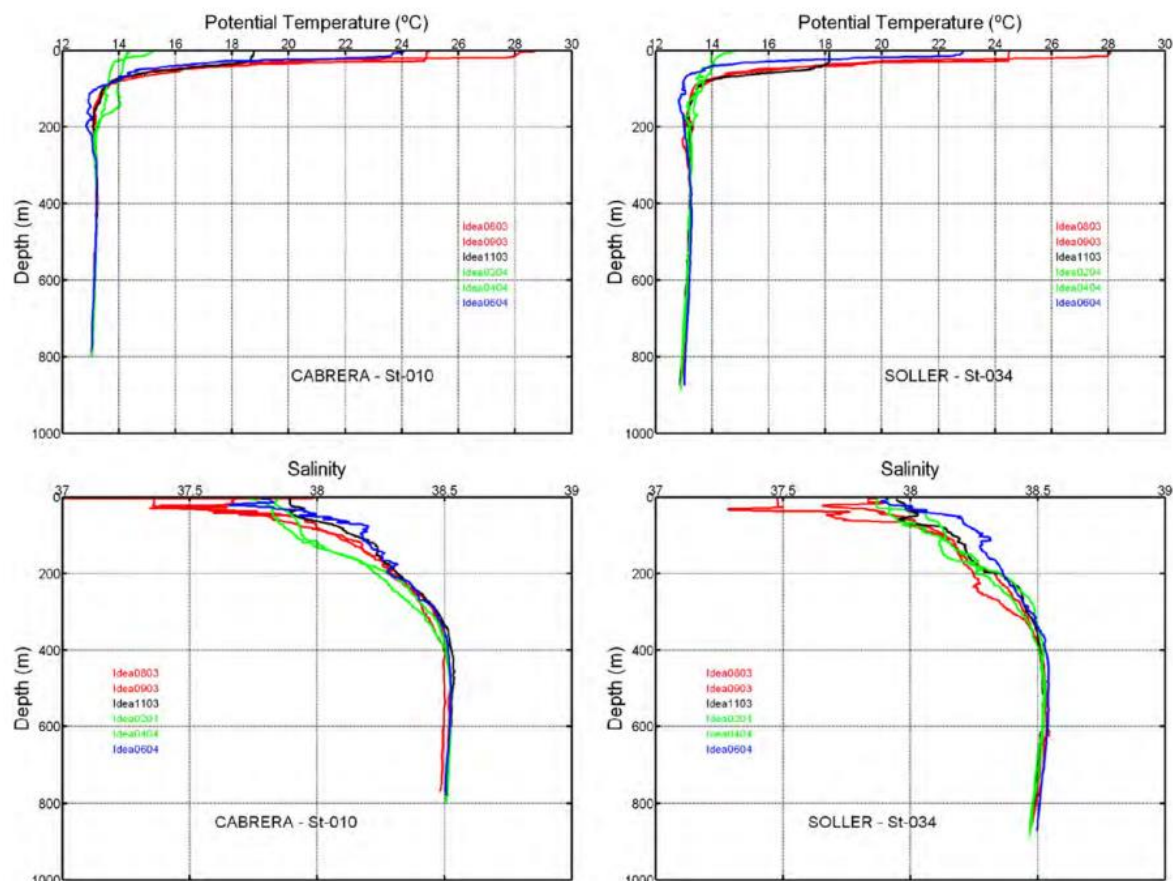


Figura 6.1-17: Perfiles verticales de temperatura potencial y salinidad registrados durante el proyecto “Influencia de la estructura y dinámica oceanográfica sobre poblaciones demersales en aguas de las Islas Baleares” (IDEA). (Fuente: Estrategia marina Demarcación marino Levantino Balear, MAGRAMA, 2012a).

#### 6.1.4. Geología y geomorfología marina

El área de trabajos se incluye en la Demarcación Marina Levantino-Balear, concretamente en el canal entre Ibiza y Mallorca, y al sureste de las islas de Ibiza y Formentera. El archipiélago Balear se localiza en la cuenca Occidental del mar Mediterráneo entre el Golfo de León y la cuenca Argelina, y está bañado por el mar Balear, definido por la Organización Hidrográfica Internacional como una subdivisión del mar Mediterráneo comprendido entre la costa peninsular española y las Islas Baleares (OHI, 1953). Dada su situación, la cuenca Balear actúa como una cuenca de transición en la que se producen fuertes ajustes, razón por la cual las Islas Baleares juegan un importante papel en la circulación general del Mediterráneo Occidental.

El mar Balear, desde el punto de vista geológico, es el mar que rodea a la elevación estructural en la que se localizan las islas mayores del archipiélago Balear: Ibiza, Formentera, Mallorca y Menorca. Esta elevación estructural recibe el nombre de Promontorio Balear (Figura 6.1-18), que tiene aproximadamente 348 km de largo, 150 km de ancho, un desnivel total de 4000 m entre la cumbre del Puig Major y el pie del escarpe de Émile Baudot, y separa la cuenca Balear-Provenzal al norte de la cuenca Argelino-Balear al sur (Acosta *et al.*, 2001a, 2002, 2004).

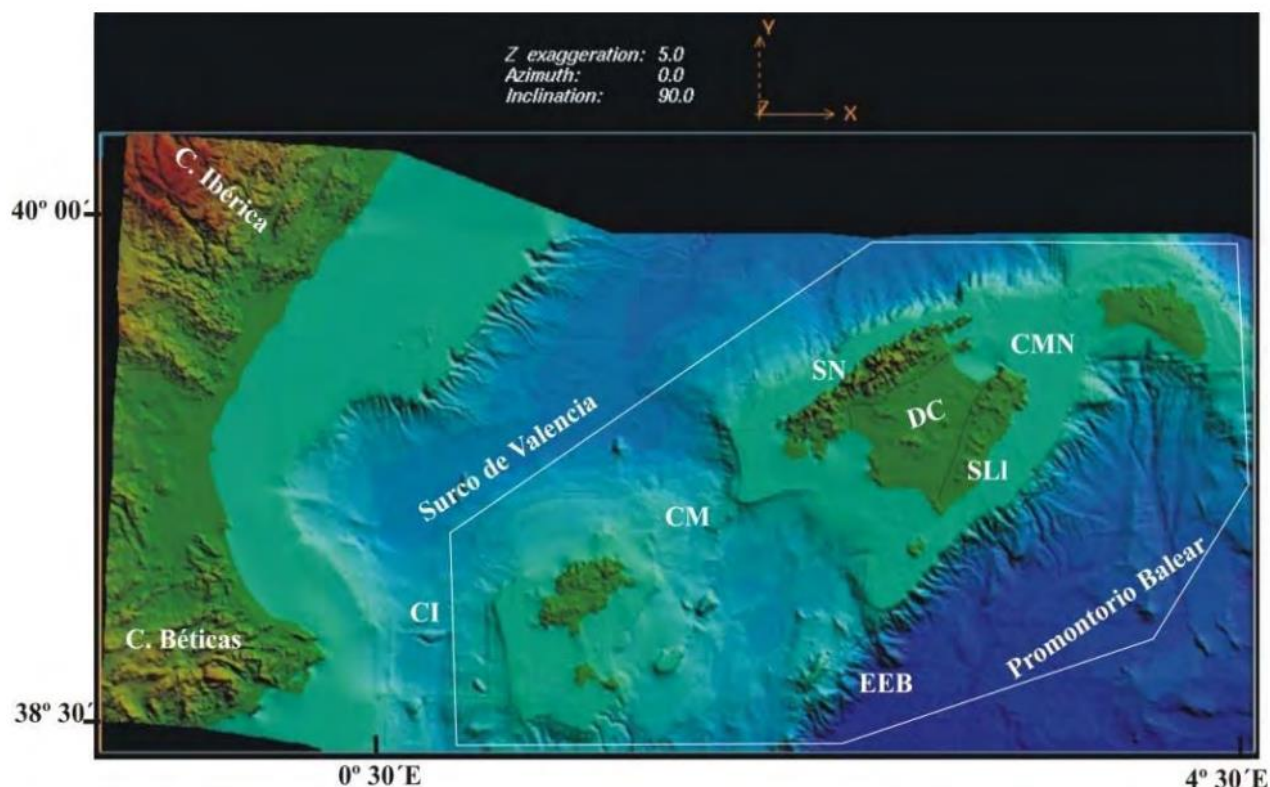


Figura 6.1-18: Mapa en 3D del Promontorio Balear con los principales elementos geológicos y geomorfológicos, donde CI: Canal de Ibiza, CM: Canal de Mallorca, CMN: Canal de Menorca, EEB: Escarpe de Émile Baudot, SN: Sierra Norte, DC: Depresión Central, SLI: Sierra de Levante. (Fuente: Estrategia marina Demarcación marino Levantino Balear, MAGRAMA, 2012a).

Desde el punto de vista geológico, la configuración presente del Mediterráneo Occidental, donde se localiza el Promontorio Balear, se puede sintetizar como el resultado de una subducción pre-Oligocena de África bajo la placa de Eurasia, un rifting Oligoceno y una expansión durante el Mioceno (Rehault *et al.*, 1985).

El Promontorio Balear es una prolongación de las Cordilleras Béticas hacia el Noreste, afectada por diferentes episodios de rifting durante el Terciario Superior (Fontboté *et al.*, 1990). La configuración actual del Promontorio Balear (Figura 6.1-19) se debe a la rotación en sentido horario de los bloques de Ibiza y Mallorca como resultado de la migración hacia el Oeste de la microplaca de Alborán (Vegas, 1992).

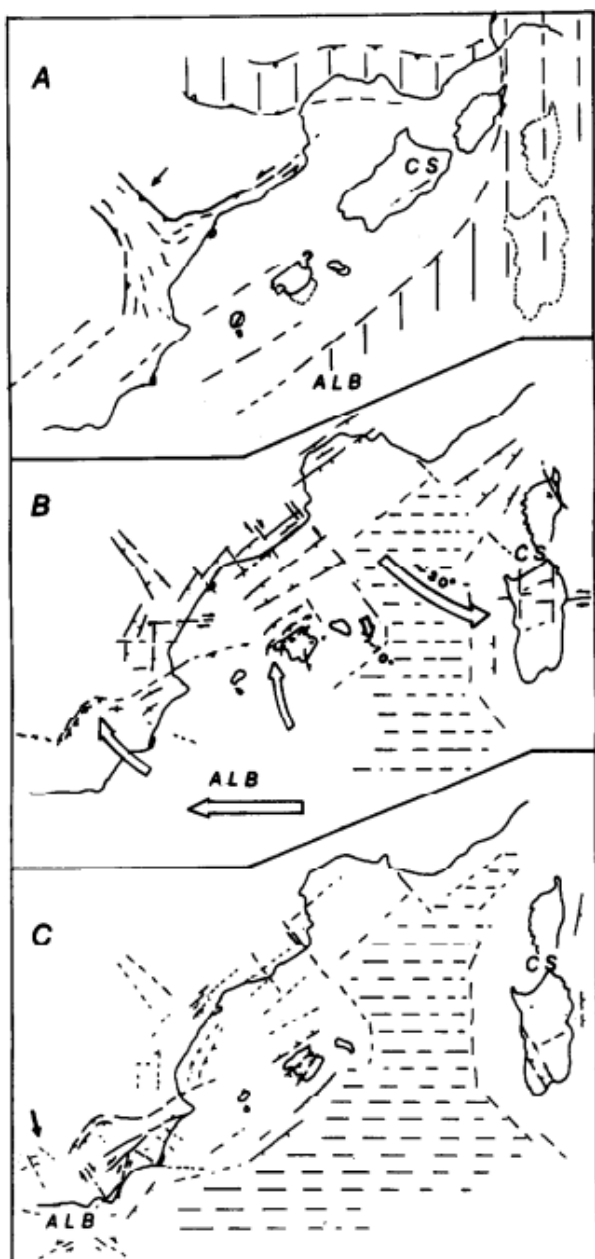


Figura 6.1-19:  
Evolución geológica del Promontorio Balear desde el Oligoceno a la actualidad , donde (A) fase de pre-apertura durante el Oligoceno Inferior; (B) Oligoceno a Mioceno Medio; (C) Mioceno Medio (Serravalliense) a presente. Las líneas verticales indican las zonas de deformación Eo-Alpine (incluyendo HP/LT terrenos metamórficos); las líneas horizontales discontinuas indican el dominio oceánico. CS: dominio Corso-Cerdeña; AU: dominio de Alborán. Flechas abiertas: sentido de los movimientos relativos entre las Islas Baleares, y los dominios Corso-Cerdeña y Alborán. (Fuente: Vegas, 2012).

Desde el punto de vista batimétrico, el mar Balear presenta una compleja evolución estructural y sedimentaria que queda reflejada en el relieve submarino (Figura 6.1-20).



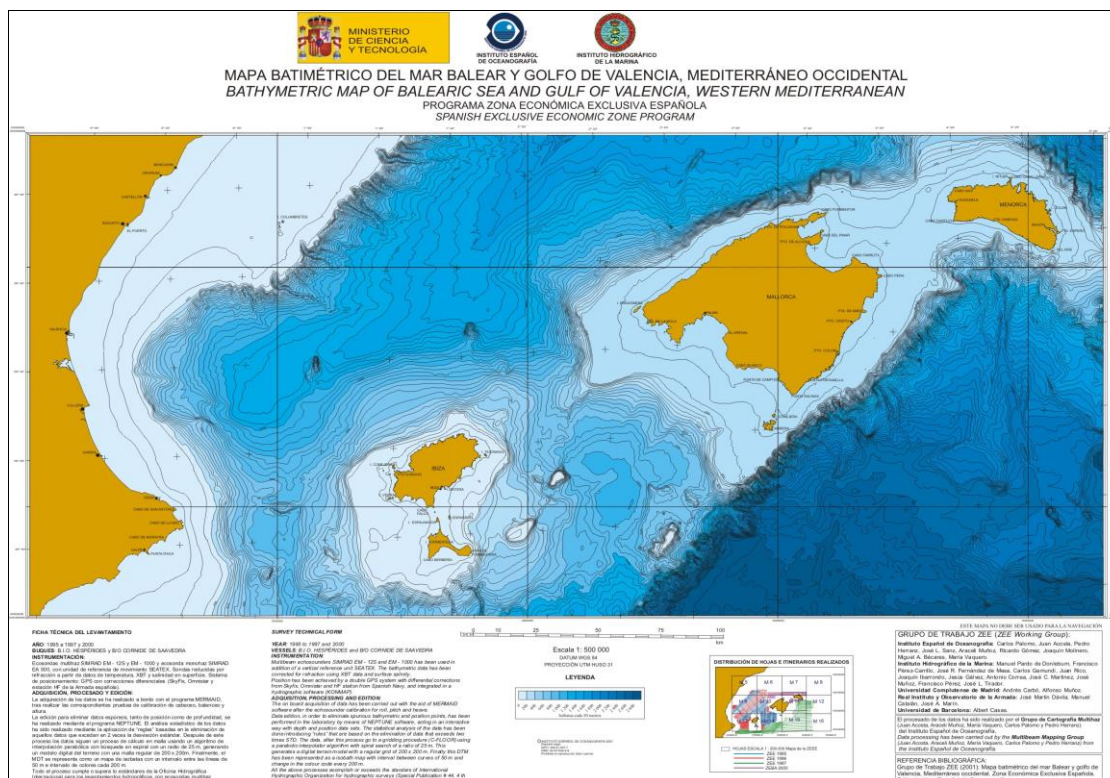


Figura 6.1-20: Mapa Batimétrico del Golfo de Valencia y mar Balear, escala 1:500.000; Proyección UTM, Huso 31N (Fuente: Instituto Español de Oceanografía).

El Promontorio Balear se dispone en dos grandes bloques estructurales denominados como bloque de las Pitiusas (Ibiza y Formentera) y bloque de las islas mayores (Mallorca y Menorca). Los principales datos morfométricos se pueden ver en la Tabla 6.1-12.

	Mallorca–Menorca	Eivissa–Formentera
Continental shelf surface (km <sup>2</sup> )	6417.8	2709
Width maximum (km)	35.350 (SW Cabrera)	24.900 (W Formentera)
Width minimum (km)	3.081	2.002 (E Formentera)
Mean width (km)	17.275	14.161
Mean depth (m)	87	99
Shelf break (m)/average	150, 116, 149/138	100, 138/119
Shelf inclination (degrees)	NE: 3.43, E: 0.50 SW: 0.23–0.75	0.37 to 4.11
Slope width (km)	S: 10.560, NW: 6.738, E: 11.385, SW: 6.775	N, E, W: 2.789, S: 6.972
Slope inclination (degrees)	S: 16, E: 17	6.5
Base of slope (m)	NE: 1440, SW: 1369–2092	N: 243, S: 665

Tabla 6.1-12: Principales características morfométricas de los bloques Ibiza-Formentera y Mallorca-Menorca del Promontorio Balear. (Fuente: Acosta *et al.*, 2002).

El bloque de las Pitiusas se encuentra limitado al oeste por el canal de Ibiza (800 m de profundidad) y al este por el canal de Mallorca (700 m de profundidad). Por otro lado, al sur del canal de Mallorca se abre la depresión de Formentera (1000 m de profundidad) y al sureste se localiza el escarpe de Émile Baudot (2500 m de alto), que se prolonga hacia el sur hasta el escarpe de Mazarrón. Al este de Mallorca y sur de Menorca se abre el cañón de Menorca.

Finalmente, al sur del Promontorio Balear se localiza la cuenca profunda Argelino-Balear limitada por la isobata 2600 m. La superficie total de esta cuenca alcanza los 240000 km<sup>2</sup> con una profundidad máxima de 2800 m.

Desde el punto de vistas geomorfológico, la plataforma Balear también se subdivide en la plataforma Ibiza-Formentera y la plataforma Mallorca-Menorca. La plataforma de Ibiza-Formentera abarca un área estimada en 2709 km<sup>2</sup>, con una anchura que varía desde 2 km al este de Formentera a más de 25 km al oeste de ésta. La plataforma Mallorca-Menorca, que incluye a la isla de Cabrera, abarca un área de 6418 km<sup>2</sup>, con una anchura estrecha y con pendiente en la fachada norte que se torna más amplia y suave hacia el sur. En su conjunto, la plataforma Balear presenta relevantes elementos geomorfológicos como los montes submarinos de origen volcánico en aguas profundas, el Campo Volcánico Sur Balear, los deslizamientos sedimentarios, los cráteres de escape de fluidos o *Pockmarks* y los cañones submarinos.

Los montes submarinos más grandes se localizan entre la plataforma de Ibiza-Formentera y Mallorca (Figura 6.1-21). Son los montes Ausiàs March (el de mayor dimensión), Ses Olives y Émile Baudot. Estos montes presentan cimas planas por efecto de la erosión del oleaje durante las épocas de bajo nivel del mar en el Cuaternario, y sus cumbres se localizan a menos de 100 m de la superficie, y la información existente permite constatar la existencia de bancos de coralígeno y fondos de maërl en las cimas de las montañas submarinas de Ausiàs March y Émile Baudot.

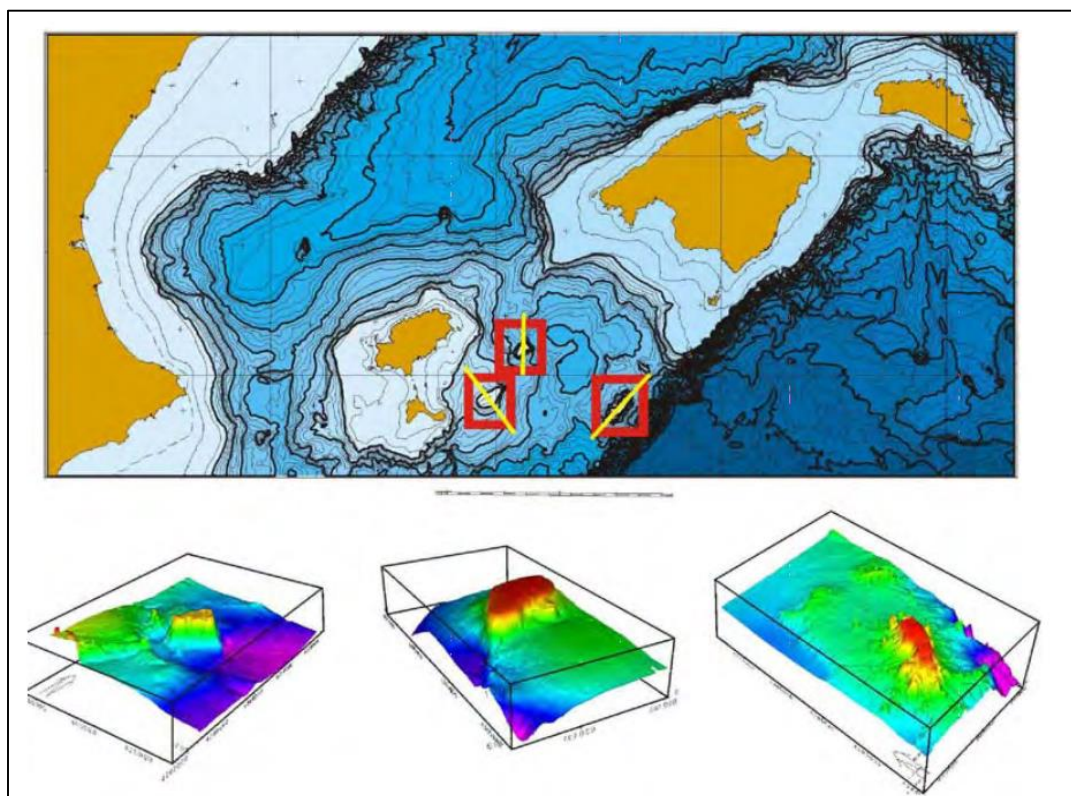


Figura 6.1-21. Principales montes submarinos de la zona Balear. De izquierda a derecha: Ausiàs March, Ses Olives y Émile Baudot (Fuente: Estrategia marina Demarcación marino Levantino Balear, MAGRAMA, 2012a).



Alrededor del monte Émile Baudot, al sureste de la isla de Mallorca, se localiza el Campo Volcánico Sur Balear (Acosta *et al.* 2001). Este campo cubre un área de 513 km<sup>2</sup> y esta compuesto por 118 pitones volcánicos con relieves sobre el fondo marino desde 8 a varios centenares de metros, pudiendo ser los diámetros en su base superiores a los mil metros (Figura 6.1-22). El establecimiento de la naturaleza volcánica de estos pitones se apoya en datos provenientes de sismica continua por reflexión (Figura 6.1-23) y pone de manifiesto que el origen de la misma surge en sedimentos pliocuaternarios, identificándose asimismo un posible nivel de sedimentos volcánicos asociados al pitón.

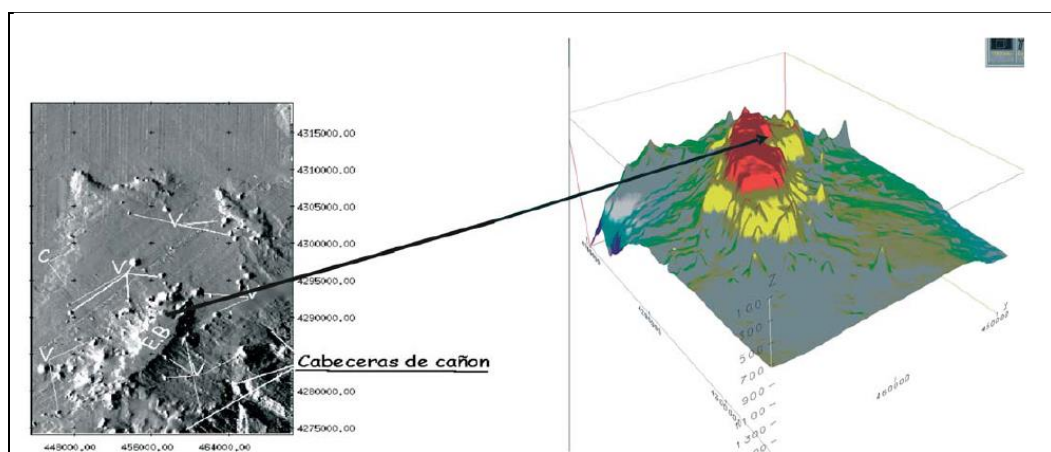


Figura 6.1-22. Campo volcánico de 500 km<sup>2</sup> y 118 intrusiones volcánicas. Izquierda: V: Pitones volcánicos, EB: Monte Émile Baudot (iluminación artificial desde el NO). Derecha: Esquema 3D del Monte Émile Baudot con varias estructuras volcánicas alrededor (Fuente: Acosta J., Instituto Español de Oceanografía).

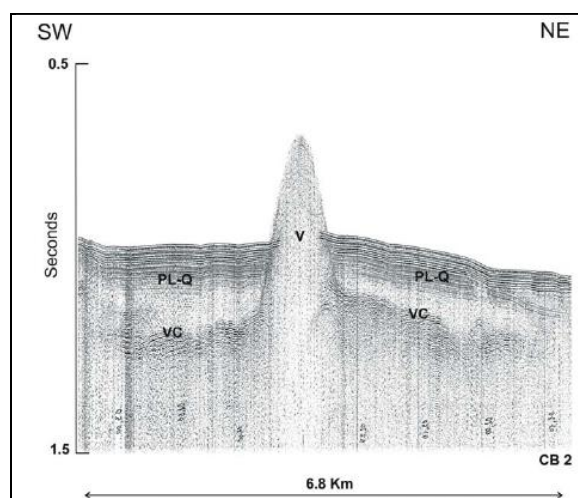


Figura 6.1-23. Perfil sísmico vertical de una intrusión volcánica en el Campo volcánico Sur Balear. V: Volcán, PL-Q: Sedimentos Pliocuaternarios, VC: Coladas o sedimentos volcanoclásticos (Fuente: Acosta J., Instituto Español de Oceanografía).

Por otro lado, en el Margen Balear se han identificado 14 deslizamientos submarinos que cubren un área de más de 2600 km<sup>2</sup>, lo que representa el 6.3 % de la superficie total del Promontorio Balear. Estos movimientos en masa de sedimentos implican la movilización de más de 1300 km<sup>3</sup> de sedimentos (Figura 6.1-24). Los sedimentos de la plataforma Balear están mayoritariamente constituidos por arenas y gravas con un alto porcentaje (77-84%) de carbonatos de origen biogénico (Alonso *et al.*, 1988; Fornós y Ahr, 1997).

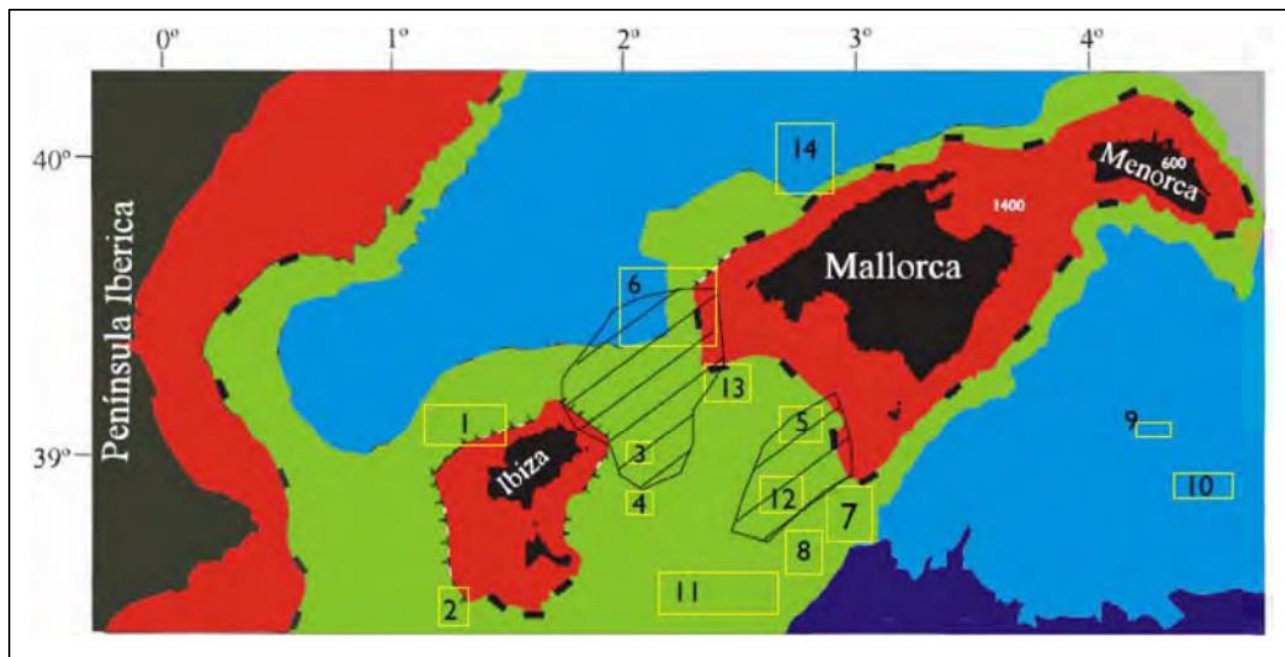


Figura 6.1-24. Extensión de los deslizamientos sedimentarios en el Promontorio Balear (Fuente: Estrategia marina Demarcación marino Levantino Balear, MAGRAMA, 2012a).

Asociadas con la mayoría de las áreas de deslizamiento se han identificado varias zonas en con altas concentraciones de cráteres de escape de gas/fluidos o *Pockmarks* (Figura 6.1-25), siendo el Canal de Ibiza y el margen este de la plataforma Ibiza-Formentera dos zonas con altas concentraciones. Esta asociación hace pensar en la posibilidad de que exista una relación directa entre la presencia de gas sub-superficial como un factor determinante en el inicio de los procesos de deslizamiento.

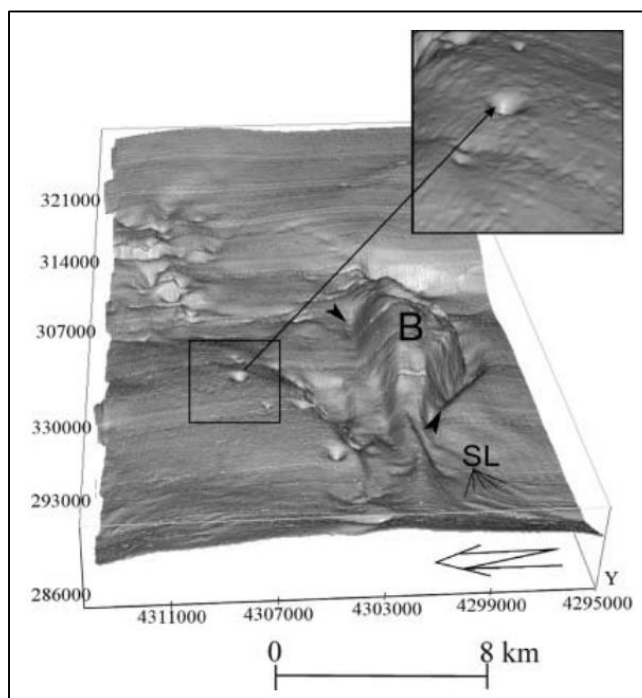


Figura 6.1-25. Cráteres producidos por escape de gases/fluidos sub-superficiales o *Pockmarks* en el Canal de Ibiza. Los de menor tamaño (10-50 m de diámetro) dan al fondo marino un aspecto denominado "piel de naranja" (Fuente: Acosta *et al.*, 2001).

La presencia de cañones submarinos se localiza en el talud de la plataforma Mallorca-Menorca, siendo los principales el Cañon de Menorca, entallado en el borde externo de la plataforma menorquina, y el sistema de cañones del sureste de Mallorca conocidos como Pera y Cabrera (Figura 6.1-26). Estos cañones actúan como conductos preferentes para la circulación de las aguas densas de la plataforma que inyectan grandes cantidades de sedimento y alimento al ecosistema profundo del Mediterráneo Occidental, considerándose que los procesos hidrológicos que se producen en esta región son uno de los principales motores del Mediterráneo profundo.

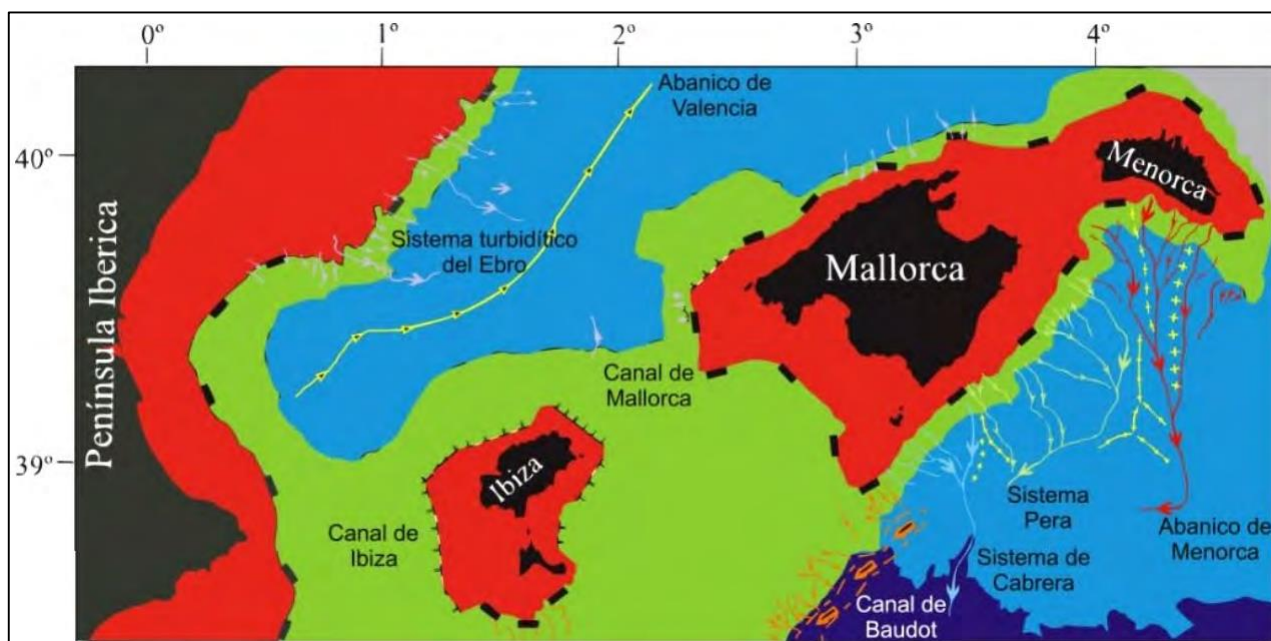


Figura 6.1-26. Sistemas turbidíticos en el Promontorio Balear. Las líneas con cruces marcan las líneas de cresta de dorsales. (Fuente: Estrategia marina para la Demarcación marina Levantino Balear, MAGRAMA, 2012a).

#### 6.1.4.3 Crisis de salinidad del Messiniense

La crisis de salinidad del Messiniense es un acontecimiento mayor en la evolución del Mediterráneo, caracterizada por la precipitación de evaporitas tanto en sus llanuras abisales como en las cuencas marginales. Las evaporitas están compuestas principalmente por yeso, anhidrita y halita, indicando unas condiciones de depósito marinas extremadamente someras.

A raíz del descubrimiento de evaporitas en el subsuelo de las llanuras abisales del Mediterráneo, se derivó la hipótesis de cuenca profunda desecada según la cual durante el Messiniense se produjo una caída del nivel del mar de más de 1500 m (Hsü *et al.*, 1973). Como consecuencia de tal descenso del nivel del mar en el Mediterráneo se excavaron profundos cañones erosivos en sus márgenes, en coincidencia con los principales sistemas de drenaje (ríos Ródano y Nilo) y se produjo la precipitación de más de 1 millón de km<sup>3</sup> de evaporitas (Figura 6.1-27). Este volumen de evaporitas atrapadas en el centro del Mediterráneo fueron detraídas del océano global, representando una reducción del 6% en su salinidad, cambiando las condiciones de vida marina antes y después de la crisis (Hsü, 2001).

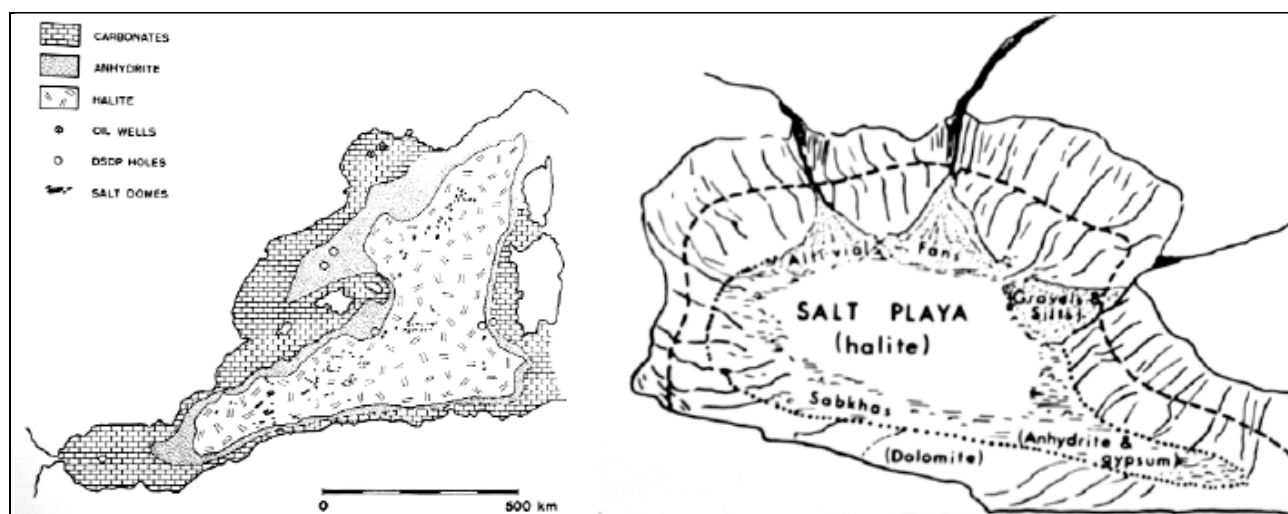


Figura 6.1-27. Izquierda: primer modelo de distribución de evaporitas en la cuenca Balear. Derecha: representación de la cuenca desecada, con halita en el centro y cañones erosivos en los márgenes (Fuente: Hsü et al., 1973).

La crisis de salinidad tuvo su origen por el cierre de las vías marinas (pasillos Bético y Rifeño) que comunicaban el Mediterráneo y el Atlántico. La edad del inicio de la crisis, cuando comienza la precipitación de las evaporitas, se ha establecido en torno a los 5.9 millones de años a través de la datación de los fósiles de foraminíferos presentes en las margas adyacentes a las evaporitas (Hsü et al., 1973).

La crisis termina definitivamente con la reinundación del Mediterráneo a la base del Plioceno, cuya causa fue la apertura de una nueva vía marina (el Estrecho de Gibraltar) que no existía ni durante ni anteriormente a la crisis de salinidad.

### 6.1.5. Ruido

En el medio marino el nivel medio de presión sonora ambiental de origen natural se encuentra entre 40-80 dB re 1  $\mu$ Pa (medida de ruido submarino: decibelios referidos a 1 microPascal), con un rango de frecuencia de 1 Hz a 100 kHz, en función de la meteorología y la sismicidad (Roussel E., 2002).

Las causas naturales de generación de ruidos en el medio marino incluyen (según el rango de frecuencias de menor a mayor) la actividad sísmica y vulcanológica, el movimiento de las olas, el hielo en latitudes extremas, las precipitaciones, la agitación superficial y las fuentes biológicas (sonidos emitidos por crustáceos, peces y cetáceos), siendo esta última fuente la que presenta el mayor espectro de frecuencias de todas (Roussel E., 2002, adaptado de Wenz 1962). A estas fuentes se le han de añadir las fuentes de origen antropogénico como el tráfico marítimo, las plataformas marinas, los métodos de estudio sísmico, etc., que pueden prevalecer como fuente general de ruido en ciertas zonas y en ciertos rangos de frecuencia. La Figura 6.1.28 fue elaborada en los años 60 del siglo XX y muestra el ruido ambiente en zonas profundas producido tanto por fuentes naturales como por fuentes no naturales. En ella se



puede apreciar que, según las circunstancias y zonas, el ruido de fondo medio debido al tráfico marítimo podría estar en el rango de 90 dB re 1  $\mu$ Pa centrado en bajas frecuencias (10-100 Hz).

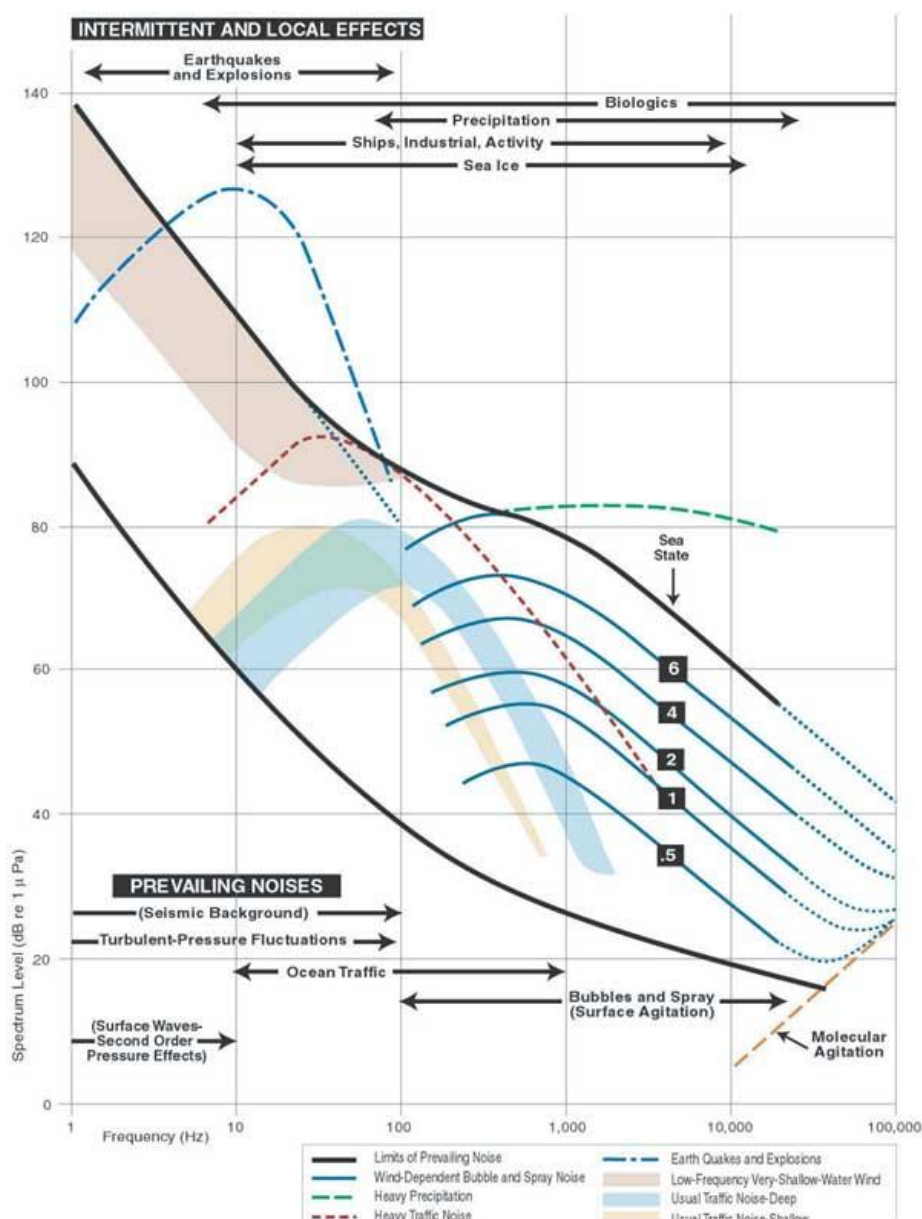


Figura 6.1-28. Sonidos en el mar y su espectro de frecuencias. (Fuente: Stellwagen Bank National Marine Sanctuary Web Group, 2017).

Por otro lado, en 1962 Gordon Wenz publicó una serie de datos de ruido ambiente en bandas espectrales tomados en mar abierto lejos de la costa en diferentes zonas oceánicas. Los resultados medios que semuestran en la Figura 6.1-29 evidencian el efecto de las vocalizaciones de cetáceos misticetos en la banda de 20 Hz y que el nivel medio de 90 dB re 1  $\mu$ Pa está centrado en las frecuencias bajas de 50 Hz, mientras que la banda de 100 a 500 Hz se relaciona con el viento.

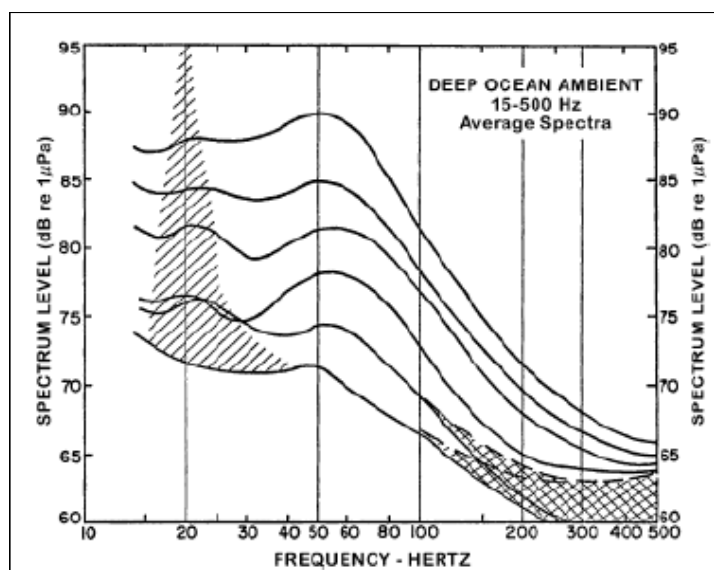


Figura 6.1-29. Ruido ambiente en el mar. (Fuente: Wenz G., 1970).

Desde las fechas de los estudios mencionados hasta la actualidad se debe considerar el notable aumento del tráfico marítimo entre otras fuentes de origen antropogénico, dando como resultado el incremento de los niveles de ruido ambiente en las bajas frecuencias y en el valor medio alrededor de 1.2 dB al año (Ross D., 2005). La energía acústica producida por un buque está generada por el tipo de cavitación de las hélices que presenta, y aumenta en función del tamaño, del desplazamiento, de la velocidad de navegación y de la edad del buque. El ruido generado por buques de gran tamaño navegando con una velocidad elevada es bastante intenso y se concentra en rangos de baja frecuencia (5-500 Hz), pudiendo alcanzar hasta 220 dB re 1  $\mu$ Pa a 1m (OSB, 2003), mientras que en embarcaciones más pequeñas (pesqueros, embarcaciones de recreo, etc.) el ruido tiende a concentrarse en rangos de alta frecuencia, del orden de 175 dB re 1  $\mu$ Pa (Richardson *et al.*, 1995) debido a las mayores velocidades de rotación de las hélices.

En la cuenca Mediterránea Occidental el Instituto de Acústica del CSIC realizó en el año 2005, dentro del marco de la Obra Social de la Caixa<sup>6</sup>, un estudio de ruido marino de fondo un día con poco viento y escaso oleaje, de modo que el ruido de fondo procedente de esas fuentes, muy importante en zonas de poca profundidad, se puede considerar irrelevante (Tabla 6.1-13). Como resultado se vió que, en esas condiciones, se llegan a registrarniveles de presión sonora próximos a los 160 dB re 1  $\mu$ Pa a varios cientos de metros de las fuentes cuando existe tránsito de embarcaciones pesadas, obteniéndose un nivel global promediode 118.7 dB re 1  $\mu$ Pa.

<sup>6</sup> Proyecto desarrollado a lo largo de tres meses a bordo del velero científico Íbero en el marco de la campaña “La Caixa a favor del mar”. Este velero ha registrado con la ayuda de 102 estaciones acústicas la firma sonora de cinco tipos de embarcación que navegan por el Mediterráneo y los niveles sonoros de los cetáceos más habituales en la costa catalana. [www.lab.upc.es/mapa](http://www.lab.upc.es/mapa).

Punto	Hora	Profundidad (m)	Nivel (dB re 1 uPa)	Comentarios
1	08:07	16,8	121,5	Barco próximo
2	08:28	17,6	114,1	Barcos lejanos
3	08:45	16,5	122,1	
4	09:00	15,4	111,9	Barcos lejanos
5	09:17	14,3	126,2	Delfines
6	09:35	15,4	109,5	Barcos lejanos
7	09:53	15,9	108,7	Barcos lejanos
8	10:07	16,9	118,6	Barco próximo. Viento: 0,72 m/s
9	10:21	16,8	118,5	Barco próximo
10	10:37	17,0	117,4	Barcos lejanos
11	10:53	18,9	118,0	
12	12:57	12,0	111,7	
13	12:41	12,3	118,8	
14	12:25	12,7	115,5	
15	12:07	13,3	111,4	
16	11:52	13,9	108,9	
17	11:35	13,7	117,2	Barco próximo
18	11:12	13,1	119,9	Barco próximo

Tabla 6.1-13. Espectro promedio de los 18 puntos de medida en bandas de tercio de octava. (Fuente: Instituto de Acústica, CSIC. 2005).

La influencia de determinadas fuentes de ruido se aprecia mejor en las figuras que muestran los espectros de banda estrecha seleccionados (Figura 6.1-30). Por ejemplo, cuando hay barcos de pesca faenando sube claramente el nivel de ruido en la banda entre 200 Hz y 2 kHz y aparecen líneas espectrales asociadas al funcionamiento periódico de sus propulsores (Figura 6.1-30 A), mientras que se aprecia muy bien la contribución de un grupo de delfines, entre 300 y 600 Hz, en la Figura 6.1-30 B.

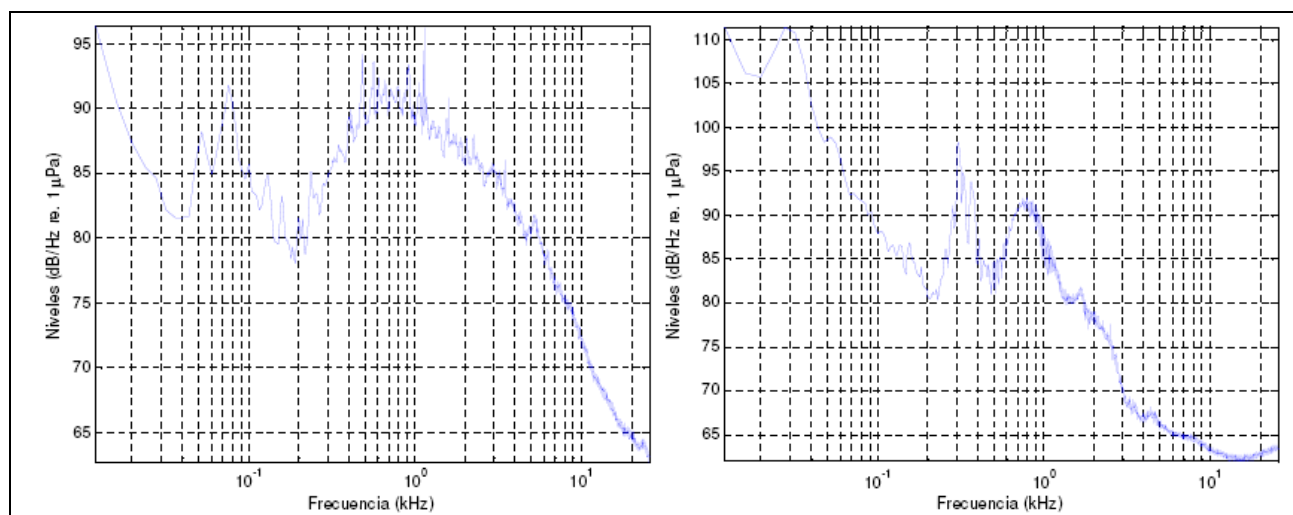


Figura 6.1-30. Espectro del ruido de fondo en banda estrecha medido en (A) el punto 1 - pesqueros; y (B) el punto 5 - delfines. (Fuente: Instituto de Acústica, CSIC. 2005).

Para la Demarcación Levantino-Balear y, concretamente en el mar Balear, a través de los estudios del tráfico marítimo y tipo de buques se ha determinado que el Puerto de Palma de Mallorca y los Freus de Ibiza y Formentera son zonas con niveles de ruido submarino potencialmente moderado (Figura 6.1-31).

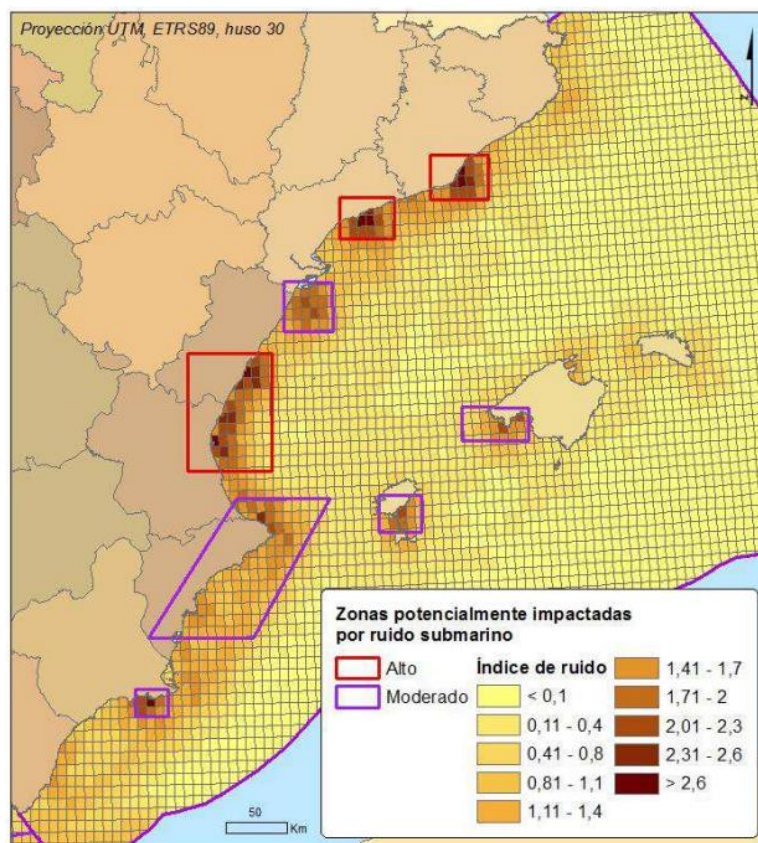


Figura 6.1-31. Zonas de acumulación de presiones que pueden provocar ruido submarino. (Fuente: Estrategia marina para la Demarcación Levantino-Balear, MAGRAMA, 2012a).