ESTRATEGIA MARINA

DEMARCACIÓN MARINA LEVANTINO-BALEAR

PARTE I. MARCO GENERAL

EVALUACIÓN INICIAL Y BUEN ESTADO AMBIENTAL

Madrid, 2012

INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA 1914

GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

ESTRATEGIAS MARINAS: EVALUACIÓN INICIAL, BUEN ESTADO AMBIENTAL Y OBJETIVOS AMBIENTALES

AUTORES DEL DOCUMENTO

Instituto Español de Oceanografía
- José Luís López-Jurado
- Juan Acosta
- María Druet
- Beatriz Arrese
- José Benedicto
- Juan Antonio Campillo
- Salud Deudero
- Carlos Guitart
- Concepción Martínez-Gómez
- Víctor M. León
- Magdalena Iglesias
- Antoni Quetglas
- Mariano García
- Ángel Fernandez
- Antonio Esteban
- Ana Carbonell
- Covadonga Orejas
- Emil Olafsson
- Joan Moranta
- Carmen Barberá
- Marta Diaz-Valdés
- Marta Sales
- Santiago Lens
- Juan Bellas
- Demetrio de Armas

COORDINACIÓN INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA (IEO)

Demetrio de Armas
Juan Bellas
Asistencia Técnica TRAGSATEC S.A.:
- Aitor Freire
- Carmen Díaz

COORDINACIÓN GENERAL MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE (DIVISIÓN PARA LA PROTECCIÓN DEL MAR)

José Luis Buceta Miller
Felipe Martínez Martínez
Ainhoa Pérez Puyol
Sagrario Arrieta Algarra
Jorge Alonso Rodríguez
Ana Ruiz Sierra
Javier Pantoja Trigueros
Mónica Moraleda Altares
Víctor Escobar Paredes

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

Edita:
© Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
Secretaría General Técnica
Centro de Publicaciones

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado:
http://publicacionesoficiales.boe.es/

NIPO: 280-12-175-8

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 1
2. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS 3
2.1. Topografía y Batimetría 3
2.1.1. Batimetría 3
2.1.2. Geología General 6
2.1.2.1. Principales Rasgos: ríos y cañones 15
2.2. Meteorología 20
2.2.1. Régimen atmosférico, campos de viento, temperaturas y pluviosidad 20
2.2.2. Oleaje 21
2.3. Hidrografía y Circulación 24
2.3.1. Aguas superficiales: Propiedades termohalinas y estacionalidad 24
2.3.2. Masas de Agua 26
2.3.3. Circulación 30
2.3.3.1. Dinámica general 30
2.3.3.2. Procesos costeros y de mesoescala 34
2.3.3.3. Afloramientos 35
2.4. Distribución de nutrientes y oxígeno 36
2.5. Dióxido de carbono y Acidificación 38
2.6. Sustancias químicas peligrosas 39
3. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS 44
3.1. Hábitats 44
3.1.1. Ecosistema pelágico 44
3.1.2. Ecosistema bentónico y demersal 46
3.1.2.1. Sustratos blandos 46
3.1.2.2. Sustratos rocosos 49
3.1.3. Hábitats protegidos 57
3.2. Especies 59
3.2.1. Fitoplancton y zooplancton 59
3.2.3. Peces 59
3.2.3.1. Peces pelágicos 59
3.2.3.2. Peces bentónicos y demersales 60
3.2.4. Mamíferos marinos 65
3.2.5. Reptiles marinos 66
3.2.6. Aves marinas 66
3.2.7. Especies protegidas 67
3.2.8. Especies alóctonas 69
3.3. Principales stocks pesqueros 69
4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 77

I. MARCO GENERAL: CARACTERÍSTICAS DE LA DEMARCACIÓN MARINA LEVANTINO-BALEAR

1. INTRODUCCIÓN

La Demarcación Marina Levantino-Balear, que incluye la costa que se extiende entre los cabos de Creus (situado al noreste de la Península Ibérica) y Gata (situado al sureste de la Península Ibérica) y las islas Baleares, se encuentra bañada por las aguas del mar Mediterráneo.

La costa mediterránea española comprendida entre los cabos de Creus y Gata, junto con las islas Baleares, está localizada en el Mediterráneo Occidental (MEDOC). La longitud de esa costa junto con la de las islas del archipiélago Balear suma alrededor de 2.400 km, (Figura 1.1), estando distribuidas a lo largo de las subcuencas Argelina y Provenzal e incluyendo la subcuenca Balear, entre las islas y la Península. El área está limitada al norte por el Golfo de León, caracterizado por un fuerte forzamiento atmosférico, y al sur por la cuenca Argelina, dominada principalmente por forzamientos de densidad. Como consecuencia de este contraste entre las dinámicas de las regiones septentrionales y meridionales, la cuenca Balear actúa como una cuenca de transición en donde se producen fuertes ajustes. Por esta razón, las islas Baleares y sus canales juegan un importante papel en la circulación general del Mediterráneo Occidental.

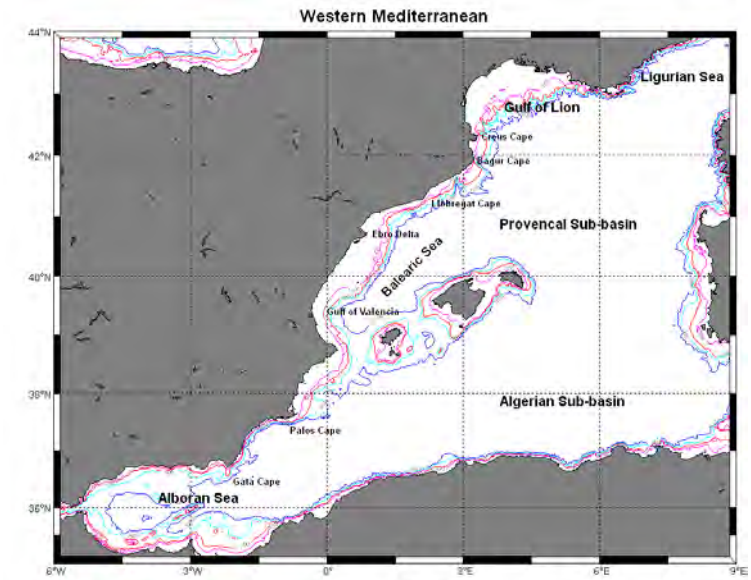


Figura 1.1. Mediterráneo Occidental y puntos destacables de la Demarcación Marina Levantino-Balear.

En esta región se asientan importantes núcleos de población como Barcelona, Valencia, Palma de Mallorca, así como importantes puertos comerciales y pesqueros; Cartagena, Alicante, Denia, Cullera, Valencia, Sahagunto, Castellón, Tarragona y Barcelona en la costa peninsular e Ibiza, Palma y Mahón en las costas insulares.

La actividad científica y los estudios marinos se desarrollaron en el MEDOC desde el principio del siglo XX. La creación de las estaciones biológicas de Palma de Mallorca (1906) y Málaga (1908) dieron lugar a la fundación del Instituto Español de Oceanografía (IEO) en 1914. También de esas fechas son las expediciones danesas de los barcos Dana (1908) y Thor (1910) cuyos trabajos dieron lugar al primer estudio sobre la circulación general del Mediterráneo Occidental llevado a cabo por Nielsen (1912). Algunos años más tarde, en 1939 se creó el "Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)" y posteriormente en 1943 su sección de biología, el "Instituto de Biología Aplicada", con laboratorios en Blanes, Vinaroz y Castellón (años 1950). Actualmente, estas instituciones junto a las universidades desarrollan amplios estudios e investigaciones en el área.

2. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

2.1. Topografía y Batimetría

El mar Mediterráneo es uno de los mares adyacentes del océano Atlántico, con el que está conectado a través del estrecho de Gibraltar. Geográficamente se encuentra en latitudes medias y está dividido en dos grandes cuencas, la Oriental y la Occidental. Las profundidades medias de estas cuencas son 2.000 m y 2.500 m, respectivamente. La descripción que se realiza a continuación está referida únicamente a su cuenca Occidental, el MEDOC.

Desde el punto de vista topográfico la costa de esta Demarcación es accidentada, estando rodeada por cordilleras montañosas litorales, con alguna estrecha planicie costera como en el caso del Golfo de Valencia. Los accidentes geográficos más importantes de esta costa son los cabos de Gata, Palos, San Antonio, Llobregat, Bagur y Rosas, el delta del Ebro y los canales entre las islas Baleares. Los valles y sistemas montañosos más sobresalientes que rodean el MEDOC son, siguiendo las agujas del reloj: el valle del Ródano, localizado entre el Macizo Central Francés y los Alpes y que alcanza el Golfo de León; el valle entre los Alpes y los Apeninos que afecta al mar Ligur; el estrecho de Sicilia; el estrecho de Gibraltar, que es una gran hendidura entre los sistemas montañosos de la Bética con Sierra Nevada y el Atlas africano; el valle del Ebro, entre la Meseta Central Ibérica y los Pirineos; y la hendidura de Carcassone, que separa los Pirineos del Macizo Central Francés, y conecta las tierras bajas del Atlántico francés con el MEDOC.

2.1.1. Batimetría

Hay cartografía batimétrica del margen mediterráneo español procedente de fuentes muy diversas. En cuanto a bases de datos públicas, se encuentra disponible en el Atlas Digital GEBCO (resolución horizontal de 1’ de arco) y destaca el *International Bathymetric Chart of the Mediterranean* (resolución espacial de 250 m, Figura 2.1), que además de la carta batimétrica ofrece otros mapas de la cuenca mediterránea como son el de espesor de sedimentos.

El comienzo de la cartografía batimétrica, utilizando el “estado del arte” en ecosondas multihaz, lo marca para España la entrada en funcionamiento del B/O Hespérides. Precisamente la zona del mar Balear y Golfo de Valencia, fueron las primeras zonas investigadas dentro del Programa de Estudio Hidrográfico y Oceanográfico de la “Zona Económica Exclusiva Española” (ZEE), que se inició en esta zona en 1995, siendo un programa codirigido por el Instituto Español de Oceanografía y el Instituto Hidrográfico de la Marina. Como resultado de estos trabajos se editaron las cartas batimétricas (Figuras 2.2 y

2.3), de anomalías gravimétricas de Aire Libre y Bouguer y anomalía geomagnética del área prospectada (Figura 2.4), con una resolución horizontal de 250 m.

Figura 2.1. Mapa batimétrico del International Bathymetric Chart of the Mediterranean (IBCM).

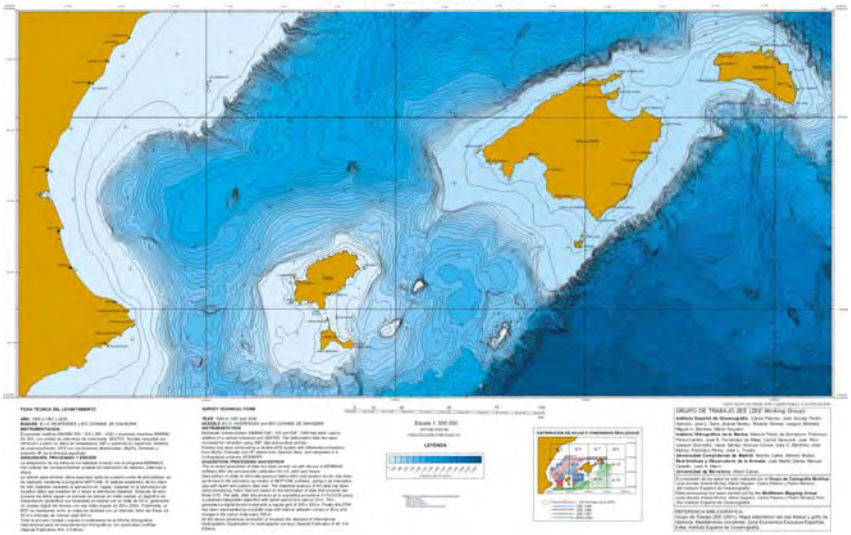


Figura 2.2. Mapa batimétrico del Mar Balear y Golfo de Valencia, Mediterráneo Occidental. Cartografía realizada dentro del Programa ZEE.

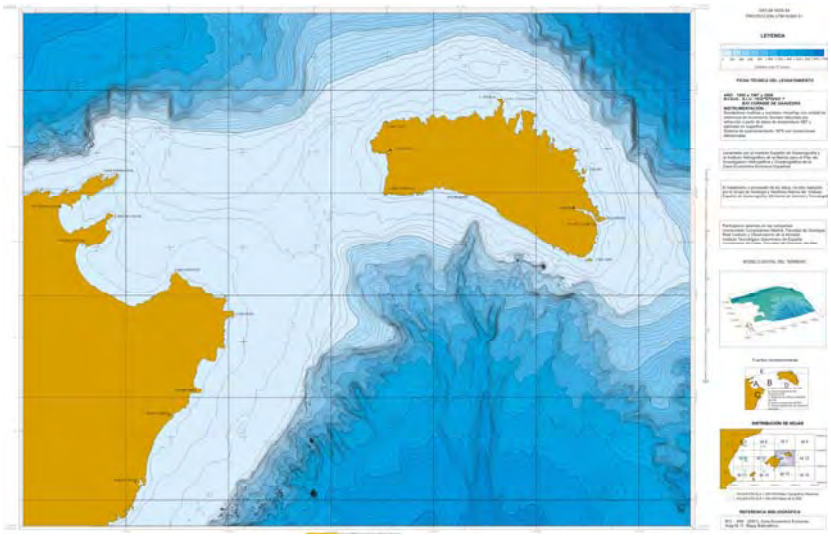


Figura 2.3. Mapa batimétrico del canal de Menorca, escala 1:200.000. Cartografía realizada dentro del Programa ZEE.

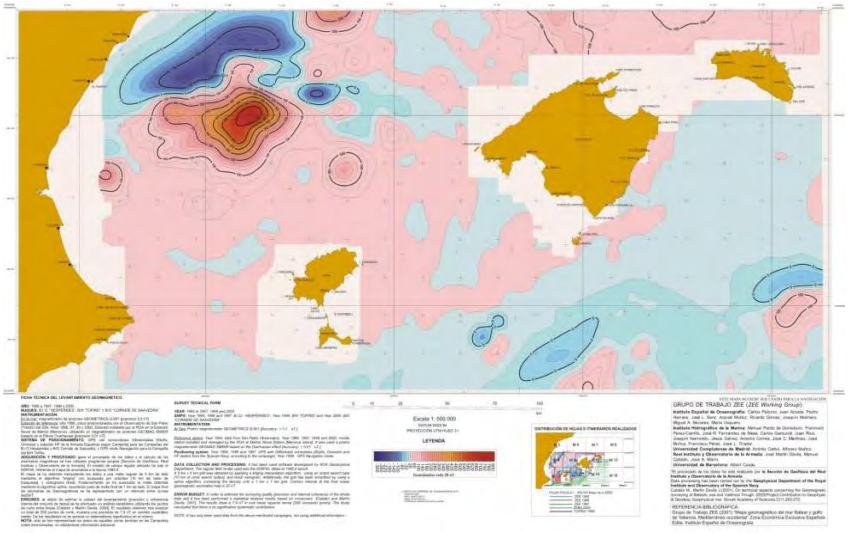


Figura 2.4. Mapa geomagnético del Mar Balear y Golfo de Valencia, Mediterráneo Occidental, escala 1:500 000. Realizado dentro del Programa ZEE.

El proyecto ESPACE realiza fundamentalmente una cartografía batimétrica, geomorfológica y de naturaleza de fondo de la plataforma continental española desde la costa hasta aproximadamente la isobata de 200 m (Figura 2.5). Cada hoja está constituida por tres series, que son: Serie A (Descriptiva del medio físico), Serie B (elementos para la gestión del medio) y Serie C (Modelos y Geomorfología). Este plan cartográfico comenzó sus trabajos en 1999 en la plataforma mediterránea, que en la actualidad se encuentra prácticamente cubierta en su totalidad.

Además de estos grandes planes cartográficos, cabe destacar el programa de investigación de fondos marinos FOMAR, desarrollado por el IGME, el cual cubre parcialmente el área del levante español y que estaba enfocado en parte a la obtención de la serie de Mapas Geológicos de la Plataforma continental española y Zonas Adyacentes a escala 1:200.000. Otros proyectos de investigación de menor entidad han ido realizando una cartografía batimétrica localizada en diferentes zonas de estudio. En la Figura 2.4 se muestra, a modo de ejemplo, la recopilación de batimetría multihaz en el Mediterráneo Oeste realizada por IFREMER y el CIESM en colaboración con otras instituciones, entre ellas el IEO, y grupos de investigación como el de la Universidad de Barcelona liderado por el Dr. Miquel Canals.

Figura 2.5. Ejemplo de mapas generados por el Proyecto ESPACE en la zona de Garrucha (modelo de sombras, mapa geomorfológico, mapa de pendientes y modelos en 3D).

2.1.2. Geología General

Margen del mar Balear

El mar Balear, situado en la Cuenca Mediterránea Occidental, está definido por la Organización Hidrográfica Internacional como una subdivisión del mar Mediterráneo que está comprendido entre las islas Baleares y la costa peninsular española (OHI, 1953). Desde

el punto de vista geológico se puede definir como el mar que rodea al Promontorio Balear (PB), una elevación estructural en la que se localizan cuatro islas mayores: Ibiza, Formentera, Mallorca y Menorca (Figura 2.6).

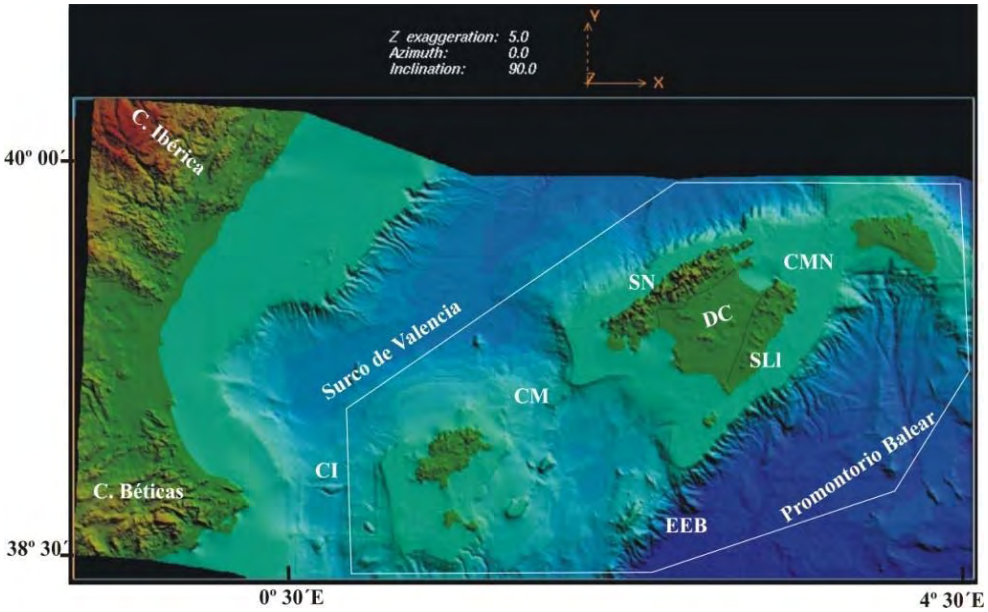


Figura 2.6. Mapa en 3D de los principales elementos geológicos y geomorfológicos del Promontorio Balear (PB). CI = Canal de Ibiza, CM= Canal de Mallorca, CMN= Canal de Menorca, EEB= Escarpe de Emile Baudot, SN= Sierra Norte, DC= Depresión Central, SLl= Sierra de Levante.

El Promontorio Balear (PB) tiene unos 348 km de largo, 105 km de ancho y presenta un desnivel total de 4.000 m entre la cumbre del Puig Major y el pie del escarpe de Émile Baudot. EL PB separa la Cuenca Balear-Povenzal al norte de la Argelino-Balear al sur, limita al SE por un escarpe pronunciado, el Escarpe de Emile Baudot, que con una dirección NE-SO ha sido interpretado como de origen tectónico; falla en dirección diestra, por Acosta *et al*. (2001) y que constituye el límite entre el PB y la Cuenca Argelino-Balear.

El límite SO del Promontorio está conectado con el margen de Península Ibérica (Canal de Ibiza). Al NO del PB se encuentra el Canal de Valencia, un *rift* abortado de orientación SO-NE que recolecta los aportes terrígenos del margen del Ebro (Roca, 1992; Canals *et al*., 2000), desembocando hacia el NE en la Cuenca Balear-Provenzal, tras más de 400 km de recorrido.

Geológicamente, el Promontorio Balear es la prolongación hacia el NE de las Cordilleras Béticas, y ha sido afectado por diferentes episodios de *rifting* durante el Terciario superior (Fontboté *et al*., 1990). La presente configuración del Mediterráneo Occidental, donde se inscribe el PB se puede sintetizar como resultado de una subducción pre-Oligocena de África

bajo la placa de Eurasia, un *rifting* Oligoceno y una expansión oceánica durante el Mioceno (Rehault *et al.*, 1985).

La configuración actual del PB 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 (Andrieux *et al*., 1971; Auzende *et al*., 1973; Balanyá y García-Dueñas, 1987; Lavecchia, 1988; Mantovani *et al*., 1990; Vegas, 1992) (Figura 2.7).

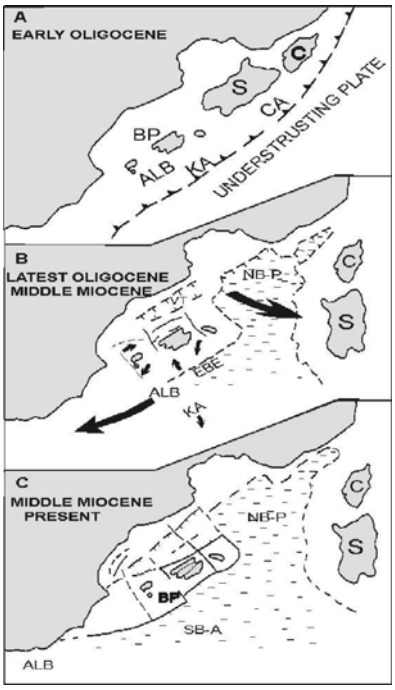


Figura 2.7. Evolución geológica del Promontorio Balear desde el Oligoceno a la actualidad.

La batimetría del mar Balear está lejos de presentar un carácter uniforme, su compleja evolución estructural y sedimentaria se refleja también en el relieve submarino (Figuras 2.2., 2.3, 2.4 y 2.8). Así, el archipiélago Balear se dispone en dos grandes bloques estructurales: el de las Pitiusas (Ibiza y Formentera) y el de las islas mayores (Mallorca y Menorca). El primero está limitado al oeste por el canal de Ibiza, de unos 800 m de profundidad, y al este por el canal de Mallorca, de 700 m de profundidad. Al sur del canal de Mallorca se abre la depresión de Formentera, de 1.000 m de profundidad. El canal de Menorca solo alcanza los 100 m de profundidad. Al sureste se halla el escarpe de Émile Baudot, de 2.500 m de alto, que se prolonga hacia el sur hasta el escarpe de Mazarrón. Al sur de Menorca y al Este de Mallorca se abre un profundo valle submarino conocido como cañón de Menorca.

En cuanto a la geomorfología general de la zona del mar Balear, la plataforma insular Balear se puede subdividir en dos; la correspondiente a Mallorca-Menorca y la que corresponde a

las islas Pitiusas (Ibiza y Formentera). La Plataforma de Mallorca-Menorca muestra terrazas erosivas posiblemente relacionadas con las oscilaciones glacioeustáticas, mientras que la plataforma insular de las Pitiusas está condicionada principalmente por procesos tectónicos que marcan claramente sus límites.

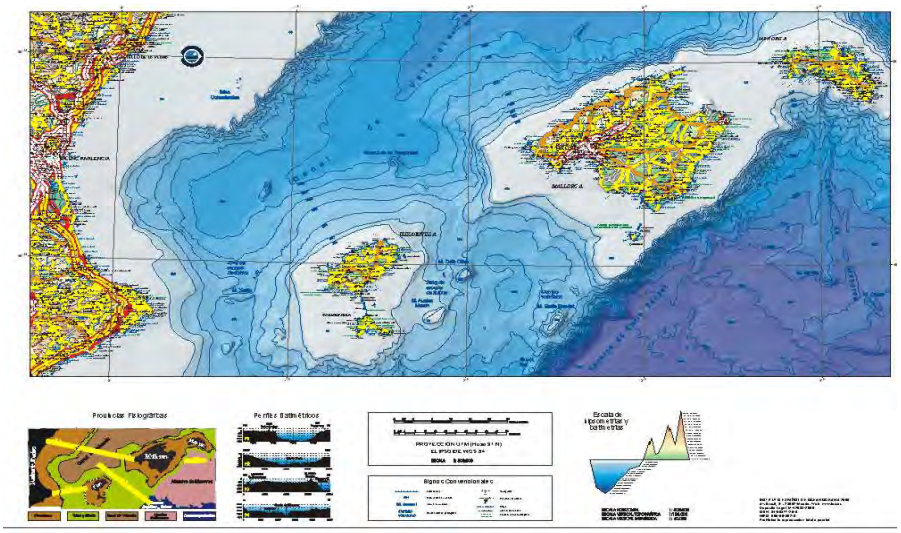


Figura 2.8. Mapa Topobatimétrico del Mar Balear y Golfo de Valencia, escala 1:500.000. Ministerio de Educación y Ciencia.

Plataforma Insular de Mallorca-Menorca

Las islas de Mallorca y Menorca tienen una plataforma común que incluye la pequeña isla de Cabrera, su superficie total alcanza los 6.418 km^2 y presenta una disimetría en cuanto a su anchura entre la fachada norte, estrecha y con mayor pendiente, y la amplia y más suave plataforma sur (Tabla 2.1). Una de las características más relevantes de esta plataforma es la presencia de complejos de barras litorales que se presentan paralelas a la línea actual de costa en profundidades entre 70 y 80 metros y con una alta continuidad lateral y un relieve entre 3 y 5 metros. Los sedimentos de la plataforma balear están constituidos mayoritariamente por arenas y gravas con un alto porcentaje (77 %-84 %) de carbonatos de origen biogénico (Alonso *et al*., 1988; Fornós y Ahr, 1997).

Plataforma Insular de Ibiza-Formentera

Las Pitiusas tienen una plataforma insular común con un área estimada en 2.709 km^2. La anchura de la plataforma varía desde 2 km al este de Formentera a más de 25 km al oeste de esta isla (ver Tabla 2.1 para características morfométricas).

En contraste con la plataforma de Mallorca-Menorca, la característica de esta plataforma viene dada por la tectónica, a veces activa, que afecta a estas islas. Un claro ejemplo de esta

influencia tectónica esta representado por el límite oeste de la plataforma Pitiusa, cortada en dirección N-S por accidentes tectónicos. Como consecuencia de este tectonismo activo, el margen está caracterizado por abundantes deslizamientos sedimentarios (Figura 2.9).

Una característica general de todo el margen Balear es la existencia de montes submarinos, siendo los dos localizados a levante de estas islas de los más representativos. Se trata del Monte Ausias Marc y del Monte dels Oliva.

Tabla 2.1. Morfometría del Promontorio Balear.

	MALLORCA-MENORCA	IBIZA-FORMENTERA
SUPERFICIE PLAT. INSULAR (km^2)	6417.8	2709
ANCHURA MAX. (km)	35350 (SW Cabrera)	24.900 (W Formentera)
ANCHURA MIN. (km)	3.081	2.002 (E Formentera)
ANCHURA MEDIA (km)	17.275	14.161
PROFUNDIDAD MEDIA (m)	87	99
RUPTURA DE PENDIENTE (m)/ MEDIA	149.5, 116.4, 149/**138.3**	100.3, 138.1/**119.2**
PENDIENTE DE LA PLAT.INSULAR (GRADOS)	NE: 3.43 E: 0.50 SW: 0,23-0.75 S: 10..560	0.37 – 4,11
ANCHURA DEL TALUD INSULAR (km)	NW: 6.738 E: 11..385 SW: 6.775	N, E, W: 2.789 S: 6.972
PENDIENTE DEL TALUD INSULAR (GRADOS)	S: 16 E: 17	6.5
BASE DEL TALUD INSULAR (m)	NE: 1440 SW: 1369-2092	N: 243 S: 665

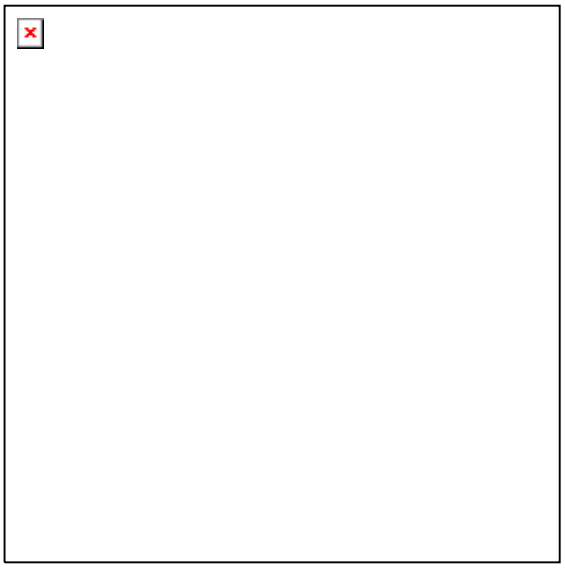


Figura 2.9. Esquema 3D del deslizamiento y escarpe del borde Oeste de la isla de Ibiza. Se aprecia asimismo algunos *pockmarks* (cráteres) de escapes de fluidos.

Talud de Mallorca-Menorca

La parte sur de la plataforma NO de Mallorca no presenta un claro borde de plataforma, debido a los fenómenos de desestabilización sedimentaria que se proyectan hacia el oeste de forma masiva, hacia el Canal de Valencia. La parte sur está marcada por un rasgo fisiográfico de primer orden, el escarpe de Emile Baudot, que marca el límite entre el PB y la cuenca profunda Argelino-Balear. El elemento más relevante de este talud es el Cañón de Menorca, entallado en el borde externo de la plataforma menorquina y que discurre en dirección sur por decenas de kilómetros, siendo el principal conducto de transporte sedimentario desde la plataforma hasta los grandes fondos.

Talud de Ibiza-Formentera

El talud oeste de Ibiza-Formentera conecta con el límite sur del Canal de Valencia. La anchura del talud es de 25 km en su parte Oeste que se encuentra frente al Canal de Ibiza y está afectado por una serie de *slumps* y *slides* con facturación en el talud superior. El talud Norte se encuentra frente al Canal de Mallorca, presentando asimismo evidencias de deslizamientos sedimentarios y cráteres de expulsión de fluidos (*pockmarks*). Finalmente el talud Este presenta una componente tectónica importante habiéndose detectado algunas fallas activas.

Cuencas Profundas

La provincia fisiográfica más grande del mediterráneo Occidental es la gran extensión de fondo marino conocida como Cuenca Argelino-Balear, localizada al sur del PB y limitada por la isobata de 2.600 m. Su superficie total alcanza los 240.000 km^2 y su profundidad máxima es de 2.800 m. Aunque en trabajos previos se definió esta cuenca como plana y sin elementos de relieve debido a procesos deposicionales (Rothwell *et al*., 1998), otros autores pusieron de manifiesto relieves de 1 a 35 m producidos por el afloramientos e intrusiones diapíricas (Stanley *et al*., 1976, Acosta *et al*., 2002).

Margen continental del Mediterráneo español entre cabo de Gata y cabo de Creus

El margen continental del Mediterráneo español se extiende, de sur a norte, entre el cabo de Gata (36° 51’ N, 2° 6’ O) y el cabo de Creus (42° 19’ N, 3° 19’ E). En este margen continental se distinguen claramente dos sectores, que son el margen continental Bético y el margen continental Ibérico y Costero-Catalán (Zazo *et al*., 2001). Esta división, tiene una clara relación con la geología continental, que en muchos casos determina claramente la morfología que se observa en los fondos marinos. Así, en el levante español encontramos dos unidades geológicas principales: Zona Bética y Zona de las Cordilleras Ibérica y Costero-Catalana (Vera, 2004) (Figura 2.10).

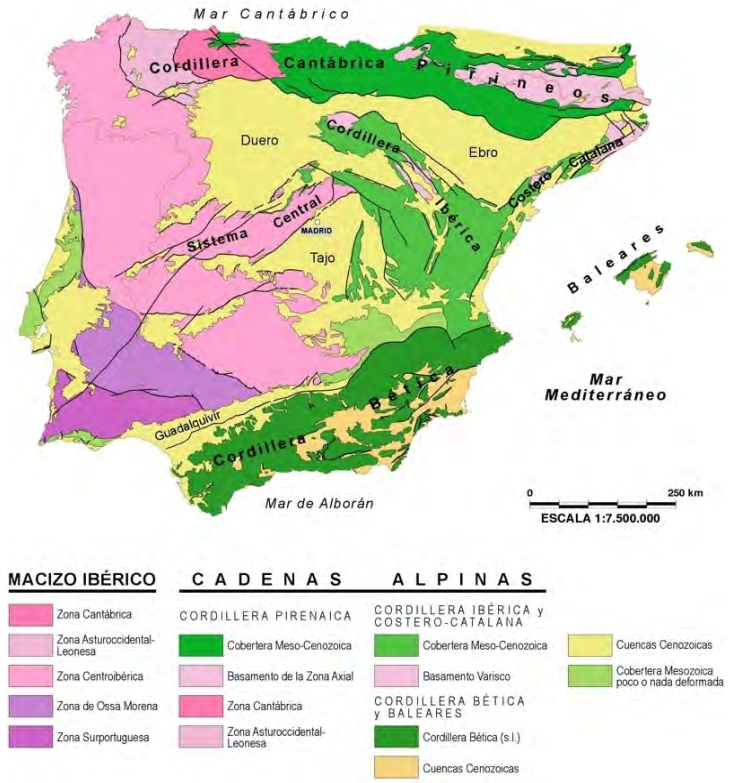


Figura 2.10. Principales unidades geológicas de España peninsular, Portugal y Baleares (Vera, 2004).

Margen continental Ibérico y Costero-Catalán

Dentro de este margen continental se distinguen dos grandes dominios que son, de norte a sur, el Dominio Costero-Catalán y el Golfo de Valencia (Díaz del Río y Fernández-Salas, 2005).

Dominio Costero-Catalán

Presenta una dirección preferente NE-SO con una gran influencia tectónica impuesta por la Cordillera Costero-Catalana (Medialdea *et al*., 1994). En este dominio del margen son muy importantes los aportes sedimentarios procedentes del continente en forma de depósitos fluviales y deltaicos, relacionados con las cuencas del Ebro, Ter, Besós y Llobregat, entre otros.

La plataforma continental tiene una extensión bastante variable. De norte a sur, es estrecha hasta llegar a Tarragona. Las anchuras menores se localizan en el extremo septentrional (Figura 2.11). La anchura mínima de plataforma se localiza al norte del Delta del Ebro (10-25 km), y la máxima al sur (85 km). La ruptura de la plataforma continental se encuentra entre los 110 m y los 160 m, siendo máxima frente al Delta del Ebro (Maldonado, 1977).

En el área submarina del Delta del Ebro se han identificado tres tipos de relieves positivos: campos de barras de arena y cuerpos tabulares arenosos, ambos de carácter deposicional y fondos encostrados, de carácter erosivo (Díaz *et al*., 1990).

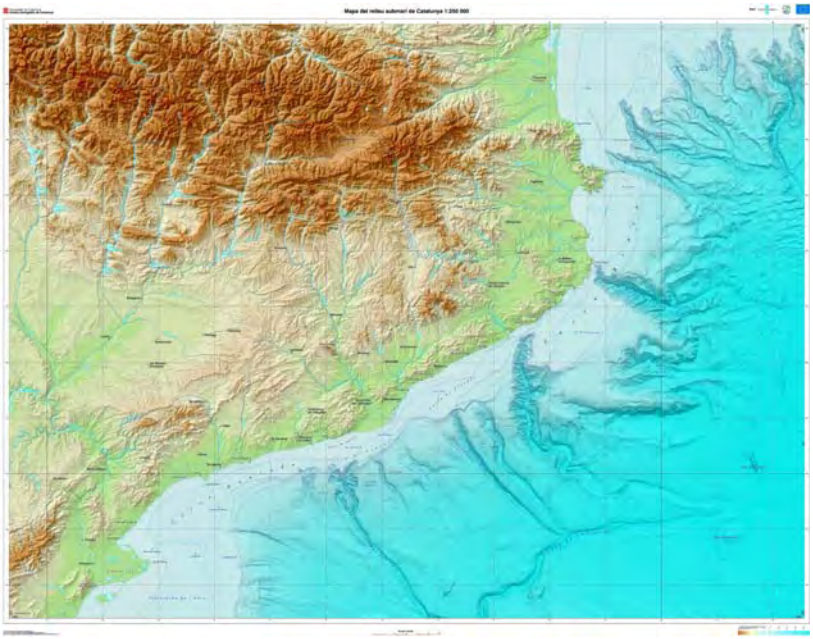


Figura 2.11. Mapa topo-batimétrico del margen continental Ibérico y Costero-Catalán, entre las zonas del Delta del Ebro y el Cabo de Creus. Institut Cartogràfic de Catalunya.

a)

b)

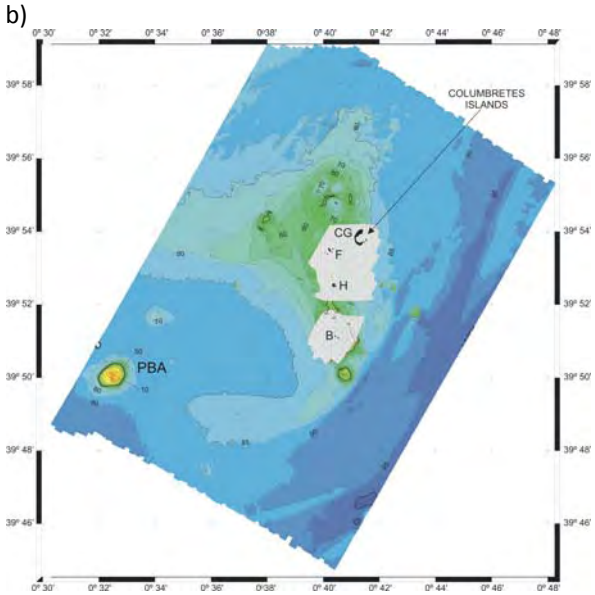


Figura 2.12. a) Vista aérea de las islas Columbretes. Autor: ©Silvia Revenga. b) Mapa batimétrico de las islas y su entorno. Contornos cada 5 m. En color gris se representan zonas sin datos batimétricos (Muñoz *et al*., 2005).

En el extremo meridional del Dominio Costero-Catalán, cerca de la ruptura de pendiente de la plataforma continental, se encuentran las islas Columbretes, un grupo de ocho islas de origen volcánico localizadas a unos 50 km de la costa que emergen desde una profundidad de 90-100 m (Figura 2.12). Dichas islas constituyen el afloramiento superficial de un extenso campo volcánico submarino (Maillard y Maufret, 1993) dispuesto sobre una corteza continental adelgazada en la que los últimos 5 km corresponden a materiales sedimentarios. Los materiales volcánicos que aparecen por encima del nivel marino corresponden mayoritariamente a basanitas y fonolitas emitidos durante el cuaternario (Aparicio y García, 1995).

En el talud continental destacan, además de los cañones submarinos, algunos deslizamientos desarrollados en sus flancos, preferentemente en las vertientes meridionales (Got y Stanley, 1974) y el Sistema Turbidítico del Ebro (Alonso y Maldonado, 1990; Alonso *et al*., 2000). Destaca el deslizamiento denominado BIG'95, que afecta un área de 2000 km^2 frente a las islas Columbretes (Lastras *et al*., 2002). El paso a la llanura abisal es suave.

Dominio del Golfo de Valencia

Este dominio se extiende desde la parte meridional de la Cuenca del Ebro hasta el cabo de la Nao. Las cuencas hidrográficas que vierten en este sector han transportado durante todo el cuaternario una gran carga sedimentaria al litoral en forma de depósitos prodeltaicos que provocan lobulaciones en la línea de costa y que a veces generan secuencias imbricadas en la zona infralitoral y la plataforma interna (Acosta *et al*., 1986; Goy *et al*., 1987).

En el tramo entre Valencia y el cabo de la Nao, la plataforma se estrecha considerablemente hasta valores medios de 35 km. La influencia neotectónica produce una secuencia de escarpes que estructuran la plataforma con un relieve en graderío hacia la cuenca (Rey y Díaz del Río, 1983). Este relieve continúa más allá de la ruptura de pendiente del talud, situada a 140-160 m de profundidad, constituyendo la cabecera del Canal de Valencia.

El talud continental está ocupado en su mayor parte por el Surco de Valencia (Alonso *et al*., 2000) y el Canal de Valencia, al que tributa sus aportes toda la red de drenaje encajada en el talud (O'Connell *et al*., 1985). Son abundantes los deslizamientos en el talud superior (Díaz del Río *et al*., 1986) y destaca también el Sistema Turbidítico de Valencia (Maldonado *et al*., 1985).

En este sector destaca también la existencia de numerosas huellas de escape de fluidos en el lecho marino, constituidas por depresiones de hasta 500 m de diámetro y más de 50 m de profundidad. Son abundantes en el Canal de Ibiza, en el Promontorio Balear, así como en el talud del Golfo de León (Acosta *et al*., 2001, 2002).

Margen continental Bético

Se extiende desde el cabo de la Nao, próximo al de San Antonio, y el cabo de Gata. La influencia de las direcciones estructurales béticas es muy fuerte, con una orientación predominante NE-SO que condiciona casi todos sus rasgos morfológicos. Dentro de esta parte del margen continental se distinguen dos sectores: el Arco Septentrional, margen intermedio que se extiende del cabo de la Nao al cabo de Palos, y el Arco Meridional, margen abrupto que va del cabo de Palos al cabo de Gata (Martín-Serrano, 2005).

Arco Septentrional

En el infralitoral se identifican prismas sedimentarios, abanicos fluviales, rasas rocosas (en zonas acantiladas) y lentejones arenosos (García, 2000). La plataforma oceánica tiene una anchura que varía entre 30 km al norte y un mínimo de 13 km en el sur. El basamento bético llega a aflorar en la zona de cabo de Palos. En la plataforma interna predominan formas deposicionales (barras y dorsales de arena de dirección N-S) y en la plataforma media y externa se observan depresiones relacionadas con procesos erosivos y relieves heredados de dirección E-O. En las inmediaciones del cabo de Palos se observan también relieves volcánicos con morfología de pitón (Díaz del Río y Fernández-Salas, 2005).

La ruptura de pendiente se produce a unos 130 m de profundidad, y el talud es suave y relativamente ancho (50 km), con algunas plataformas marginales e incisión de algunos cañones (Díaz del Río y Fernández-Salas, 2005).

Arco Meridional

El infralitoral está poco desarrollado y es más irregular que en el Arco Septentrional, con numerosos rasgos estructurales que le dan un aspecto abrupto. El drenaje continental es escaso y predomina el sistema de ramblas. Hay importantes asentamientos de *Posidonia oceanica*, especialmente entre el cabo de Palos y el Golfo de Mazarrón.

La plataforma continental es estrecha, con una anchura que no supera los 6 km. Predominan las formas erosivas, con escarpes que le confieren un aspecto escalonado. La ruptura de pendiente, a unos 110 m, está impuesta en gran medida por el Escarpe de Mazarrón (E-O). Destaca la plataforma marginal frente al Golfo de Mazarrón, y la presencia de cañones y deslizamientos asociados a estos. En las proximidades del cabo de Gata abundan las formaciones volcánicas (Medialdea *et al*., 1982).

2.1.2.1. Principales Rasgos: ríos y cañones

A lo largo de las costas de esta demarcación hay pequeños ríos poco caudalosos y de régimen estacional, debido a la proximidad de los sistemas montañosos, pero también hay grandes ríos asociados a los grandes valles. El Ebro, el Ródano y el Po son los grandes ríos

que influyen en el MEDOC. El delta del Ebro es un accidente geográfico de gran importancia en esta demarcación por sus aportes terrígenos, su producción biológica y sus efectos sobre la circulación marina de plataforma y regional. También es importante resaltar la existencia de lagunas costeras, destacando por sus dimensiones el Mar Menor y las albuferas de Torrevieja y Valencia.

Elementos geomorfológicos relevantes en el Promontorio Balear

A partir de los proyectos de investigación desarrollados por el IEO en el margen insular del PB, se han puesto de manifiesto, algunos por primera vez, elementos morfológicos muy relevantes la caracterización morfológica y fisiográfica de este margen que se describen a continuación.

Campo volcánico Sur Mallorquín

El campo volcánico esta localizado al SE de la depresión central (Figura 2.13), y en los alrededores del monte Emile Baudot. Acosta *et al*. (2001) han descrito la naturaleza de este campo compuesto por 118 intrusiones volcánicas con relieves sobre el fondo marino de 8 a 501 m y diámetros desde 11 a 1.714 m. El campo volcánico cubre un área de 513 km^2 siendo el monte Emile Baudot su figura central (Figura 2.13).

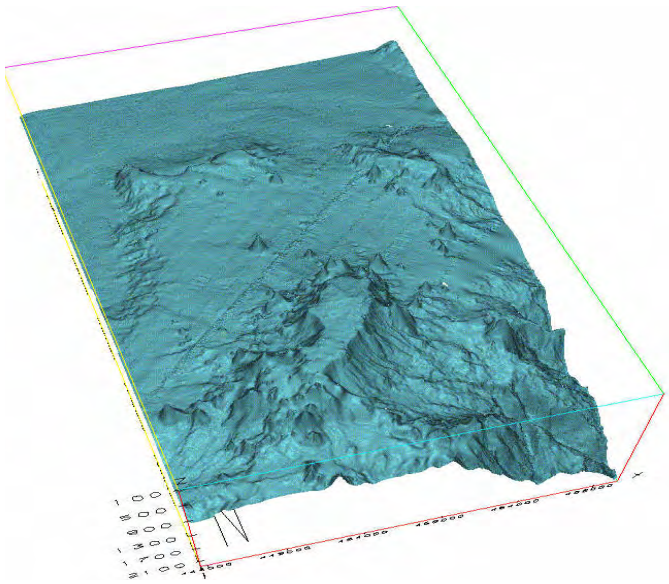


Figura 2.13.Esquema 3D del Campo Volcánico Sur Mallorca. En Primer término el monte Emile Baudot.

Deslizamientos sedimentarios

En el Margen Balear se han identificado 14 deslizamientos submarinos que cubren un área de 2.313 km^2 lo que representa el 6,3 % de la superficie total del PB. Estos movimientos en

masa de sedimentos implican la movilización de más de 1.300 km^3 de sedimentos, (Figura 2.14).

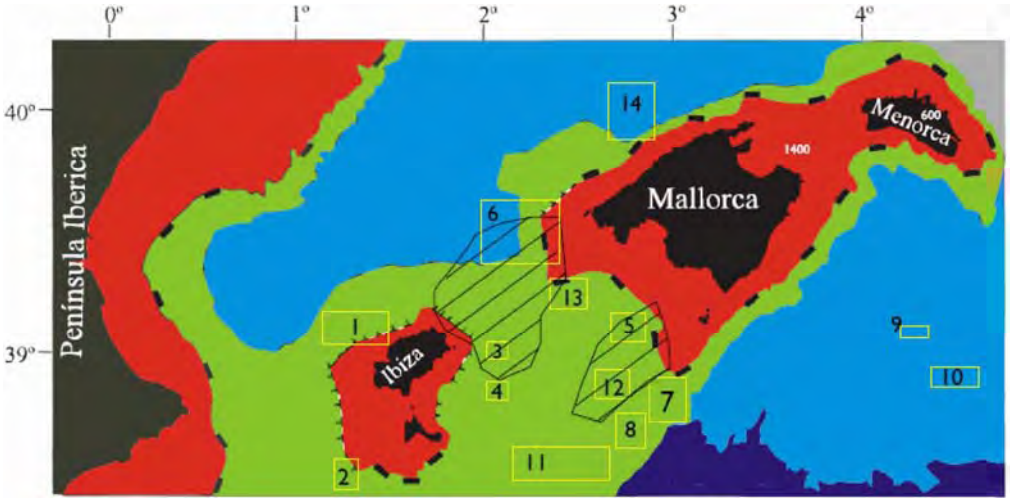


Figura 2.14. Extensión de los deslizamientos sedimentarios en el PB (números arábigos).

Cráteres de escape de fluidos (pockmarks)

Se han identificado dos zonas principales con alta concentración de *pockmarks*; el canal de Ibiza y el margen Este de Ibiza-Formentera. Se han identificado otras áreas con presencia de indicios de escape de fluidos y se puede asegurar que estas morfologías están representadas ampliamente en todo el PB. La asociación de estos *pockmarks* con la mayoría de las zonas de deslizamiento hacen pensar en una relación directa entre la presencia de gas sub-superficial como un factor determinante en el inicio de los procesos de deslizamiento (Figura 2.15).

Figura 2.15. Existencia de huellas de escapes de Fluidos en el PB (triángulos negros).

Montes submarinos

Un elemento geológico igualmente destacado, y que aparece distribuido por casi toda la cuenca catalana-balear son los montes submarinos de origen volcánico. Los más grandes se hallan entre el bloque de Ibiza-Formentera y Mallorca. Se trata de los montes Ses Olives, Ausías March (el de mayores dimensiones) y Emile Baudot, cuyas cumbres se sitúan a menos de 100 m de la superficie. La cima de estos tres montes submarinos es plana por efecto de la erosión del oleaje durante las épocas de bajo nivel del mar del cuaternario, cuando eran islas. Existen otros volcanes submarinos destacados, sobre todo en el sector meridional y central del mar Catalano-Balear. Así, cabe citar los identificados en torno a la isla de Ibiza y al norte de Menorca, la mayoría de ellos en aguas profundas (Figura 2.16).

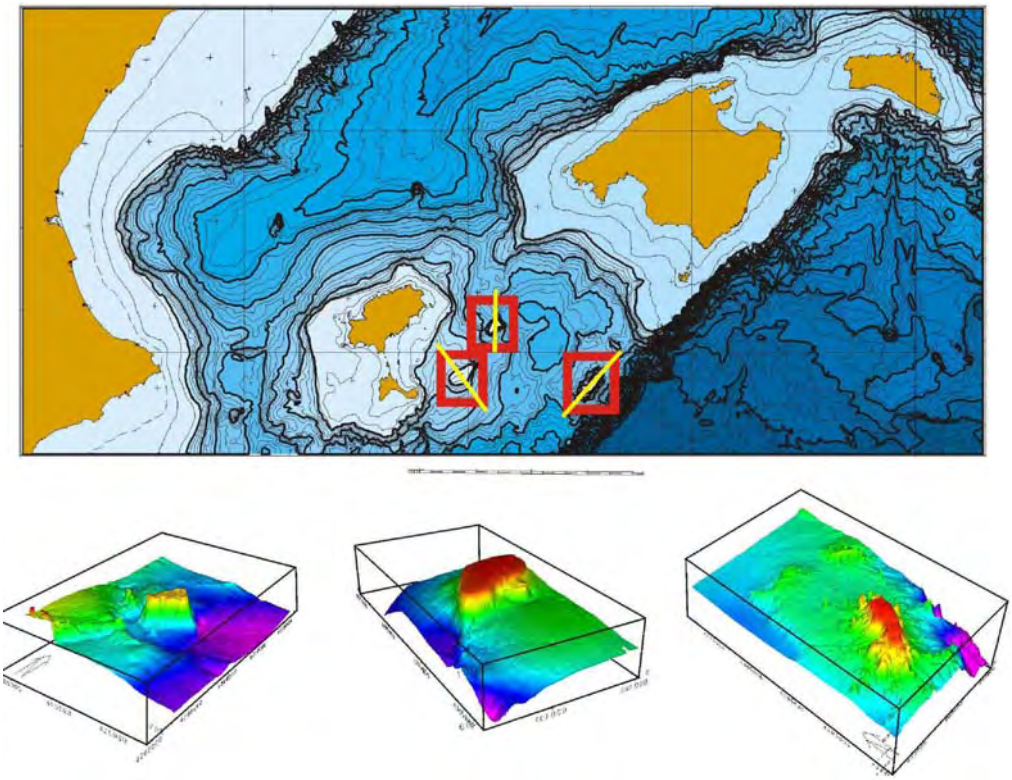


Figura 2.16. Principales montes submarinos de la zona Balear. De izquierda a derecha: Ausías March, Ses Olives y Emile Baudot.

Cañones submarinos

Los cañones submarinos son uno de los rasgos morfológicos más destacables de esta demarcación. En los últimos años se han desarrollado numerosos proyectos de investigación para el estudio de la morfología y dinámica de los cañones submarinos, los cuales presentan

características dispares, desde escasamente encajados en el borde de plataforma hasta profundamente encajados y con cabeceras próximas a la línea de costa, o de tipo intermedio, como los cañones del Golfo de León (Canals y Casamor, 2004) (Figura 2.17).

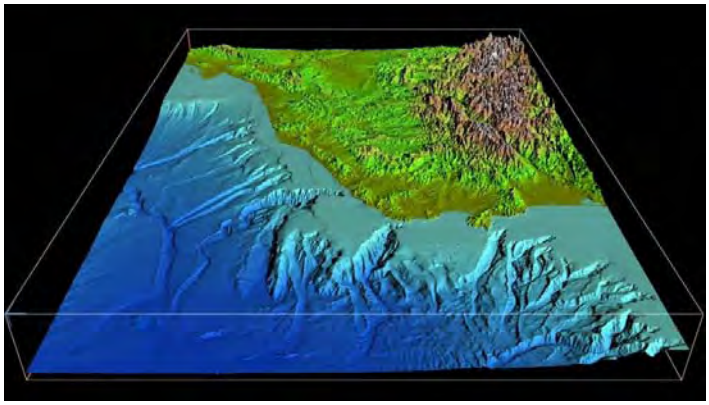


Figura 2.17. Modelo digital del terreno en 3D mostrando el relieve en el área del Cabo de Creus, donde destaca la incisión de cañones submarinos en la plataforma continental. Imagen cedida por el Dr. Miquel Canals.

Investigaciones recientes han puesto de manifiesto la importancia de los cañones submarinos como conductos preferentes para la circulación de las aguas densas de plataforma, las cuales inyectan grandes cantidades de sedimento y alimento al ecosistema profundo del Mediterráneo occidental. En otras palabras, se considera que los procesos hidrológicos que se producen en esta región son uno de los principales motores del Mediterráneo profundo. Se han identificado en detalle dos sistemas de cañones importantes en la zona: El Cañón de Menorca y el sistema de cañones del SE de Mallorca (Pera y Cabrera) (Figura 2.18).

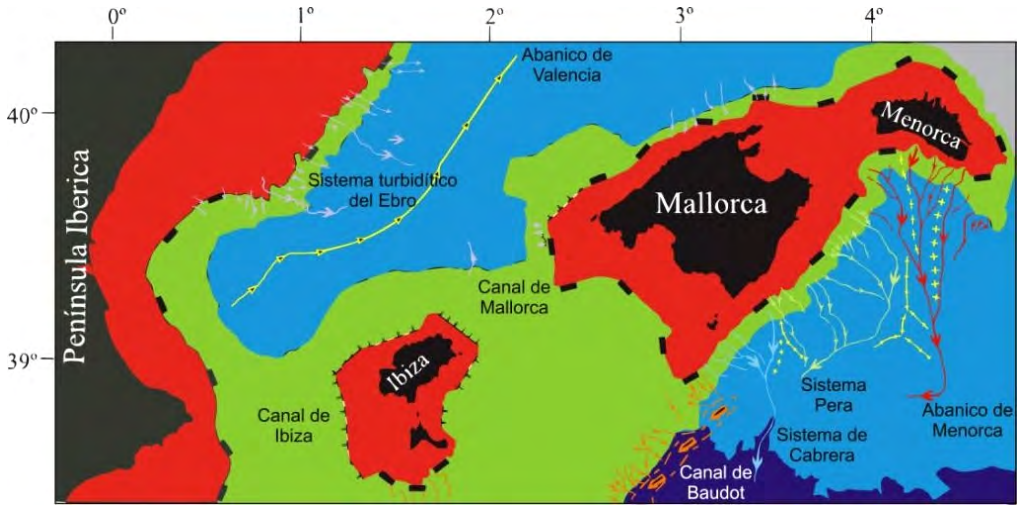


Figura 2.18. Sistemas turbidíticos en el PB (cañones y cárcavas submarinas).Líneas con cruces marcan las líneas de cresta de dorsales.

2.2. Meteorología

2.2.1. Régimen atmosférico, campos de viento, temperaturas y pluviosidad

La compleja topografía existente tras las costas del MEDOC constituye una barrera efectiva frente a los vientos dominantes. Los valles entre los sistemas montañosos imponen direcciones preferentes a los vientos, llegando a modificar el flujo atmosférico que podría esperarse según el modelo geostrófico, generando vientos bien conocidos como: el Mistral, la Tramontana, el Gregal, el Bora o el Meltemi, que convergen en áreas definidas del MEDOC, dando lugar a afloramientos y a los procesos convectivos de invierno debidos a enfriamientos muy localizados.

En latitudes medias la circulación general atmosférica es zonal, en la dirección de los paralelos geográficos, prevaleciendo los vientos circulando del Oeste hacia el Este, inducidos por el Alta de Azores y las bajas presiones de Islandia. Tres circunstancias tienen un gran impacto sobre las condiciones meteorológicas del MEDOC: la situación del Alta de las Azores, la zona de ciclogénesis de los Alpes, y el hecho de que el Mediterráneo es un mar caliente, rodeado de sistemas montañosos, que favorecen que este mar sea un origen de vapor de agua, calor y energía que pueden generar gran inestabilidad atmosférica.

Los cambios de latitud del Alta de las Azores dan lugar a variadas situaciones atmosféricas en Europa y el Mediterráneo. La situación del Alta de las Azores puede bloquear el flujo zonal (O-E) y orientarlo hacia el norte o hacia el sur, pudiendo generar tres regímenes de tiempo atmosférico bien definidos: flujo zonal, con el Alta de las Azores centrada en los 35° N sobre el Atlántico; flujo medio, con el Alta de las Azores situada sobre los 50° N; flujo meridional, con el Alta de las Azores localizada entre los 50° N y los 80° N, enviando aires polares sobre el MEDOC.

Cualquiera de estos regímenes puede modificar o fortalecer la circulación marina. Debiéndose resaltar que la presencia de vientos polares origina procesos de gran trascendencia, como la formación de aguas intermedias y profundas del MEDOC.

El flujo meridional y las situaciones intermedias que generan la entrada de vientos fríos y secos desde el norte, tienen un impacto importante sobre el MEDOC. En invierno, el Golfo de León y el mar Ligur son barridos frecuentemente por estos vientos, reforzados por el efecto de los Alpes, causa principal de la ciclogénesis, generando el sistema de vientos Mistral-Tramontana. Estos vientos causan un efecto dramático sobre la estabilidad de la columna de agua. Cuando la superficie del mar se enfría se produce una disminución de la

estratificación y de la estabilidad. Las aguas superficiales de la columna aumentan su densidad, hundiéndose e iniciando un proceso de mezclado por convección, el cual puede llegar a afectar a la totalidad de la columna desde la superficie hasta el fondo. Las aguas superficiales se hunden hasta alcanzar el nivel de densidad que les corresponde, generando aguas intermedias y profundas, cuyos volúmenes formados varían de un año a otro.

2.2.2. Oleaje

El oleaje se forma por la fricción continuada del viento sobre la superficie del mar, siendo definido por su altura, longitud y periodo. Estas características están determinadas por la velocidad del viento, la distancia en la que actúa, el tiempo durante el cual actúa sobre la superficie del mar, y la profundidad. El ente público Puertos del Estado, proporciona información sobre el régimen de oleaje en las aguas costeras de España a partir de los datos obtenidos por las sondas repartidas por la costa.

En el mar Mediterráneo hay sondas que recogen datos para tres proyectos o conjuntos de datos diferentes, el conjunto de datos WANA, formado por series temporales de parámetros de viento y oleaje procedentes de modelado numérico del sistema de predicción del estado de la mar desarrollado por Puertos del Estado en colaboración con la Agencia Estatal de Meteorología; el conjunto de datos REDEXT, formado por las medidas procedentes de la Red de Boyas de Aguas Profundas, fondeadas lejos de la línea de costa a gran profundidad para disminuir los efectos locales y proporcionar medidas representativas de grandes zonas litorales; y el conjunto de datos SIMAR-44, que está formado por series temporales de parámetros atmosféricos y oceanográficos procedentes de modelado numérico, siendo realizado en el marco del Proyecto Europeo HIPOCAS.

Con el fin de dar una visión global del oleaje en la Demarcación Levantino-Balear, se han seleccionado varias de las boyas de la red REDEXT repartidas por la demarcación. La información relativa a las boyas escogidas se presenta en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2. Información de las boyas seleccionadas de la Red de Boyas de Aguas Profundas. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Puertos del Estado.

Nombre	Localización (Datum WGS84)	Profundidad	Fecha primer dato
Valencia II	0,21° E | 39,52° N	260	2005
Cabo de Palos	0,33° O | 37,65° N	230	2006
Mahón	4,42° E | 39,72° N	300	1993
Cabo de Begur	3,65° E | 41,92° N	1.200	2001

En la Figura 2.19 se presentan los datos de altura significante (m) recogidos por las boyas seleccionadas durante el año 2010, destacando que durante el periodo estudiado, en los cuatro puntos en más del 50 % de los casos la altura fue inferior a 1 m.

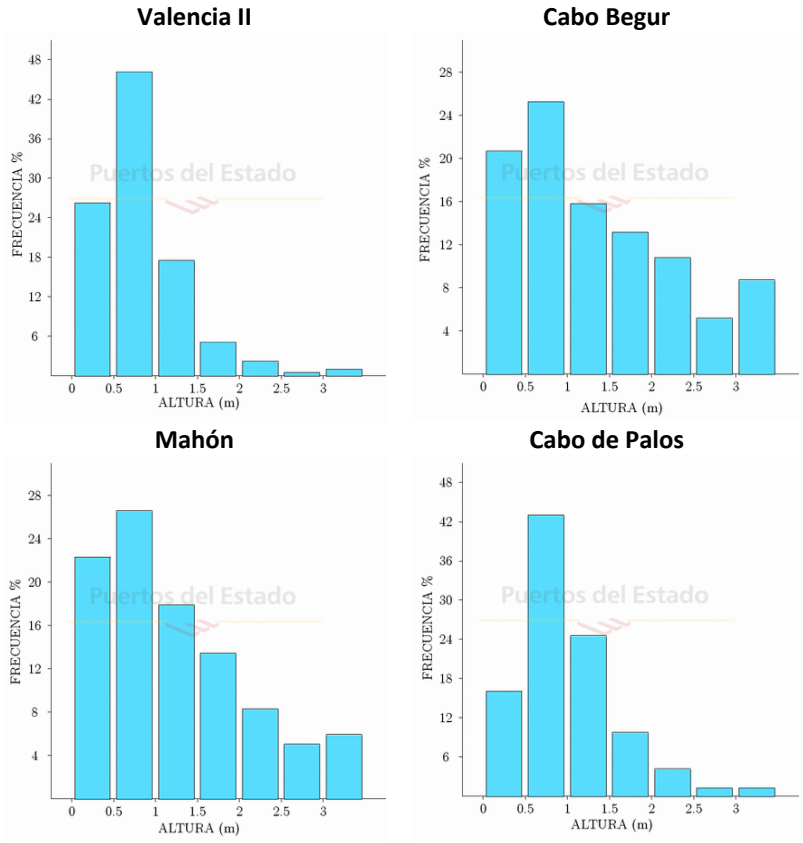


Figura 2.19. Distribución de alturas significantes (m) durante el año 2010 en las boyas seleccionadas. Fuente: Puertos del Estado.

Además de esta información, Puertos del Estado también facilita las rosas de oleaje para el punto y el periodo escogido (Figura 2.20). Estas rosas de oleaje representan la distribución conjunta de la altura de las olas y su dirección predominante. Para el presente estudio se ha seleccionado el periodo 2006-2010 y las boyas de la Tabla 2.2.

Para el Cabo Begur y Mahón, la componente predominante es la dirección Norte, con una probabilidad del 36 % y del 33 %, respectivamente, alcanzando una altura de ola de hasta 5 m (Figura 2.20). En la boya Valencia II no hay una única dirección predominante en las olas, repartiéndose las componentes predominantes entre NE (25 %), E (25 %) y SE (20 %), alcanzando entre 4 m y 2 m.

En la boya de boya de Cabo de Palos (Figura 2.20) tampoco hay una única dirección predominante, sumando las tres componentes principales más del 70 % de probabilidad. Estas componentes son NE (21 %), E (31 %) y SO (27 %) y alcanzan alturas de ola de hasta 4 m.

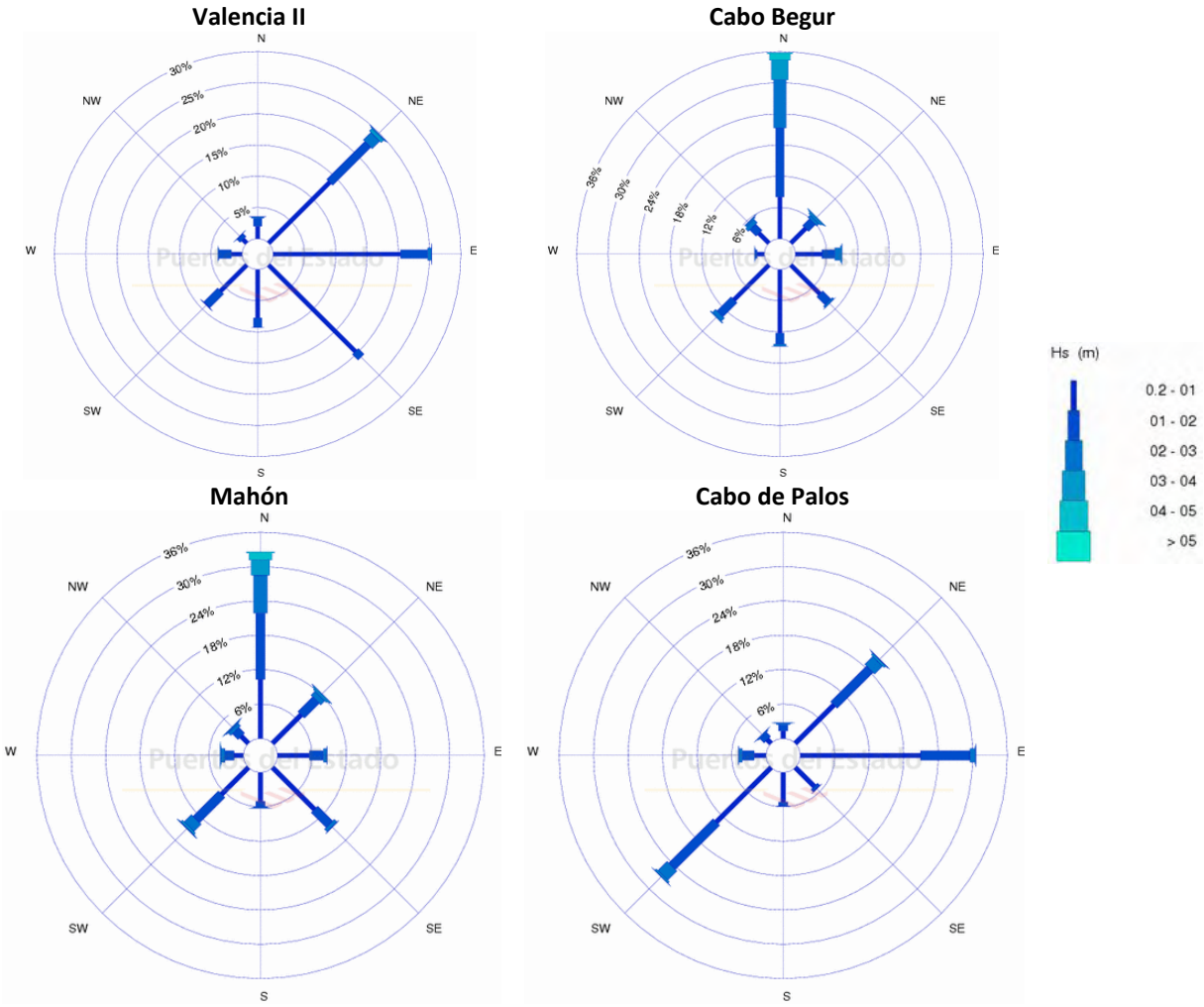


Figura 2.20. Distribución conjunta de altura y dirección de oleaje para el periodo 2006-2010. Fuente: Puertos del Estado.

Además de los datos presentados, a continuación se resumen brevemente los datos obtenidos por el proyecto "Caracterización del Clima Marítimo en el Mar Balear", en el que se llevó a cabo un reanálisis de los datos atmosféricos provenientes del conjunto de datos SIMAR-44 desde 1958 a 2001, para realizar una estimación del régimen medio y extremal de la altura significante (Hs).

Como resultado se obtuvo la distribución de la altura representativa de ola para un periodo de retorno de 50 años (Figura 2.21). Y como principal conclusión se obtuvo que los valores más altos de oleaje ocurrieron durante el invierno, mientras que los más bajos y de dirección más variable se dieron durante los meses del verano.

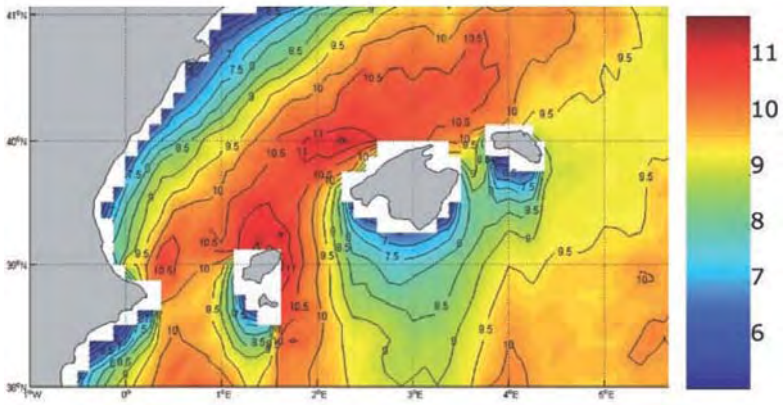


Figura 2.21. Resultados del análisis de la altura representativa de ola para un período de retorno de 50 años. Fuente: Mendez *et al*., 2009.

2.3. Hidrografía y Circulación

2.3.1. Aguas superficiales: Propiedades termohalinas y estacionalidad

Los perfiles verticales de temperatura potencial y salinidad registrados durante el proyecto del IEO: "Influencia de la estructura y dinámica oceanográfica sobre poblaciones demersales en aguas de las Islas Baleares" (IDEA), sirven para mostrar el ciclo hidrográfico extensible a toda el área de la Demarcación Marina Levantino-Balear (Figura 2.22).

La columna de agua, que presenta una marcada estratificación estacional durante el verano, se va mezclando durante el otoño hasta alcanzar la "*quasi*-homogeneidad" durante el invierno, momento en el que la temperatura varía desde los 13 °C en el fondo hasta los 14 °C de la superficie. Posteriormente, en primavera, se observa un progresivo incremento de la temperatura debido al aumento de horas de luz y de la radiación solar. La formación de una capa de mezcla superficial, con el progresivo aumento de la temperatura, 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. Como se puede ver en la Figura 2.22, la temperatura superficial puede superar los 28 °C durante el verano. Por otro lado, las salinidades de las aguas superficiales oscilan a lo largo del año entre 37 y 37,5 ‰ en la cuenca Argelina, debido

a la presencia de Agua Superficiales Atlántica (AW) reciente con valores entre 38 y 38,2 ‰ al norte de las islas, debido al predominio del AW que tiene un largo tiempo de permanencia en el Mediterráneo. La situación de los frentes oceánicos superficiales determina la presencia de ambas aguas al norte o sur de las islas. Los valores inferiores a 13 °C corresponderían al Agua de Invierno del Mediterráneo Occidental (*Western Mediterranean Intermediate Water*, WIW) presente en el invierno tardío y primavera. Los valores más altos de salinidad, sobre 38,55 ‰, que se observan en la gráfica, corresponden al Agua Levantina Intermedia (*Levantine Intermediate Water*, LIW) y se encuentra sobre los 500 m. Por debajo de las aguas intermedias LIW hasta el fondo se encuentran el Agua Profunda del Mediterráneo Occidental (*Western Mediterranean Deep Water*, WMDW) cuyos valores están centrados sobre los 12,7 °C de temperatura y 38,45 ‰ de salinidad. En este tipo de gráficas es difícil distinguir el ciclo estacional. Los valores característicos de temperatura y salinidad de las diferentes masas de agua se muestran en la Tabla 2.3.

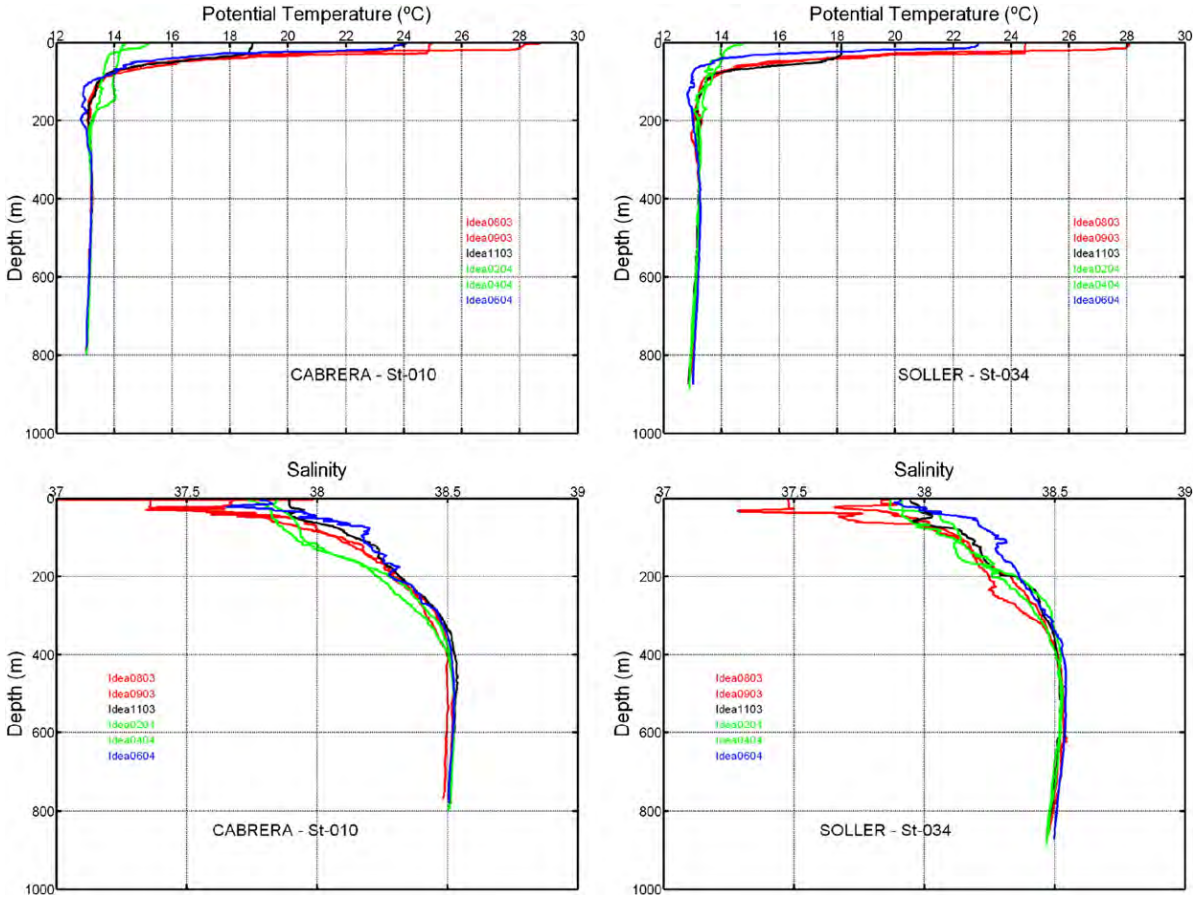


Figura 2.22. Ciclo anual de temperatura y salinidad en perfiles verticales mostrando su evolución en la columna de agua, durante las campañas del proyecto IDEA.

2.3.2. Masas de Agua

Como se ha mencionado anteriormente, las masas de agua que se pueden diferenciar en la columna de agua del MEDOC son aguas de origen atlántico transformadas por procesos de evaporación, mezcla y convección, y por el tiempo de residencia en este mar. Dependiendo de su posición en la columna pueden ser clasificadas como aguas superficiales, intermedias y profundas. Los valores característicos de esas masas de agua se muestran en la Tabla 2.3.

Aguas superficiales

Las Aguas Superficiales Atlánticas (AW) alcanzan la cuenca Argelina después de atravesar los giros del mar de Alborán y el semipermanente frente Almería-Oran, que se extiende desde la costa española a la africana. Este frente se puede considerar como el punto de partida de la corriente Argelina. A partir del cual las AW participan en la circulación ciclónica del MEDOC. Una parte de ellas atraviesa el estrecho de Sicilia y viaja a través del MEDOR (Mediterráneo Oriental) retornando a la cuenca Occidental como un agua sub-superficial, más salada y densa. Las AW que alcanzan la costa norte del MEDOC participan en los procesos convectivos de invierno dando lugar a la formación de aguas intermedias del MEDOC. Las aguas remanentes de esos procesos alcanzan los canales baleáricos formando parte de la NC (*Northern Current* o Corriente Septentrional), para una vez atravesados mezclarse con las AW recientes que se encuentran en la cuenca Argelina.

Los datos climatología marina indican que, en la cuenca Argelina, la capa superficial hasta los 150 m está ocupada por AW recientes con bajas salinidades. Estas AW (>37,5 ‰) están formadas por la mezcla de las AW que acaban de abandonar el mar de Alborán y las aguas superficiales más salinas presentes en la cuenca Argelina. Pueden alcanzar el mar Balear por distintos caminos, sin poderse describir con certeza la trayectoria y las causas que facilitan esas entradas desde el sur en los canales Baleáricos. Algunas observaciones sugieren que son los grandes giros anticiclónicos desprendidos de la corriente Argelina los que pueden advectar AW a los canales (Taupier-Letage y Millot, 1988), mientras que otros resultados obtenidos a partir de análisis climatológicos y de transportes de masas de agua en la totalidad del Mediterráneo, mantienen la idea de un flujo permanente de AW partiendo del mar de Alborán (Tziperman y Malanotte-Rizzoli, 1991).

Al norte de las islas, en el mar Balear, Font *et al*. (1988) indicaron que la capa superior hasta los 300 m está generalmente ocupada por AW residentes. Estas aguas superficiales, muy mezcladas y que participan en la circulación general ciclónica alrededor del MEDOC, son relativamente más frías y salinas (>37 ‰, Tabla 2.3) y fluyen hacia el sur a lo largo del talud peninsular formando parte de la NC. Normalmente alcanzan y cruzan el canal de Ibiza. La presencia de estructuras mesoescalares en el Golfo de Valencia puede alterar la trayectoria de la NC y desviar parte de su flujo hacia el Canal de Mallorca. En cualquier caso, el

transporte es totalmente dependiente de la variabilidad estacional de la NC, del orden de 2 Sv en invierno y de un 1 Sv en verano.

Tabla 2.3. Valores característicos de Temperatura (T) en °C y Salinidad (S) en ‰, de las diferentes masas de aguas en origen y sus valores locales en las islas Baleares.

Masa de Agua	Valores en origen	Valores locales
AW	15,0 < T < 18,0 36,15 < S < 36,50	15,0 < T < 28,0 36,50 < S < 37,50
AW (residente)	13,0 < T < 28,0 37,50 < S < 38,30	13,0 < T < 28,0 37,50 < S < 38,10
WIW	12,5 < T < 13,0 37,90 < S < 38,30	12,5 < T < 13,0 37,90 < S < 38,30
LIW	14,0 < T < 15,0 38,70 < S < 38,80	13,0 < T < 13,4 38,45 < S < 38,60
WMDW	12,7 < T < 12,9 38,40 < S < 38,48	12,7 < T < 12,9 38,40 < S < 38,48

Al norte de las islas, en el mar Balear, Font *et al*. (1988) indicaron que la capa superior hasta los 300 m está generalmente ocupada por AW residentes. Estas aguas superficiales, muy mezcladas y que participan en la circulación general ciclónica alrededor del MEDOC, son relativamente más frías y salinas (>37 ‰, Tabla 2.3) y fluyen hacia el sur a lo largo del talud peninsular formando parte de la NC. Normalmente alcanzan y cruzan el canal de Ibiza. La presencia de estructuras mesoescalares en el Golfo de Valencia puede alterar la trayectoria de la NC y desviar parte de su flujo hacia el Canal de Mallorca. En cualquier caso, el transporte es totalmente dependiente de la variabilidad estacional de la NC, del orden de 2 Sv en invierno y de un 1 Sv en verano.

Las entradas hacia el norte de AW reciente, cuando el forzamiento atmosférico decae, junto con la estructuras antes citadas afectan a la Corriente Septentrional (NC), lo cual puede dar lugar a un reforzamiento de la Corriente Balear a lo largo del talud de las islas. El encuentro de las AW recientes con las residentes puede generar gradientes significativos de salinidad, dando lugar a la aparición de frentes oceánicos. Su distribución espacio-temporal es muy variable, estando asociados generalmente a estructuras mesoescalares como filamentos, meandros o giros de ambos signos.

Aguas intermedias

En las profundidades intermedias del MEDOC, se localizan dos masas de agua: las LIW (*Levantine Intermediate Water*), presentes todo el año, y el agua de invierno del MEDOC

(*Western Mediterranean Intermediate Water*, WIW). La LIW se forma a partir del incremento de salinidad, y por tanto de densidad, que sufren las AW debido a procesos de evaporación superficial en el Mediterráneo Oriental (MEDOR). Retorna al MEDOC a través del estrecho de Sicilia, circulando en profundidades intermedias y describiendo una larga trayectoria ciclónica a lo largo de la costa septentrional de esa cuenca. Font (1987) sugirió su camino en dirección sur hacia los canales Baleáricos para adentrarse en la cuenca Argelina. La otra masa de agua intermedia, WIW, fue descrita por Salat and Font (1987) indicando que estas aguas se forman en los procesos de enfriamiento invernal y posterior mezcla vertical que tienen lugar en el norte del MEDOC. Perkins y Pisteck (1990) demostraron que estas aguas WIW cruzan los canales de las islas Baleares.

La WIW es un agua estacional, su área de formación abarca la plataforma continental desde el mar Ligur hasta las costas catalanas, incluyendo el Golfo de León. Esta masa está localizada entre las aguas superficiales y la LIW, en capas de espesor muy variable. Está caracterizada por un mínimo absoluto de temperatura (T<13 °C), mostrando un amplio rango de salinidades (entre 37,7 ‰ y 38 ‰). Valores de salinidad bajos, como el de 37,7 ‰, parecen indicar que la WIW puede formarse circunstancialmente en latitudes más bajas como el Golfo de Valencia, tal como fue observado en el año 2005 y en años posteriores. La presencia de esta masa en los canales baleáricos muestra una fuerte variabilidad estacional directamente relacionada con su formación progresiva durante el invierno. Siendo detectada en esa zona primeramente en marzo, formando pequeños lentejones dentro de la capa de AW. La progresiva llegada de estos lentejones facilita la formación de una capa que puede llegar a ocupar amplias zonas de los canales. Durante la primavera, los valores de su salinidad evolucionan con la llegada de las aguas formadas en latitudes más septentrionales, alcanzando valores de 38,1 ‰ a 38,3 ‰. En la primavera tardía, la WIW forma una capa continua que separa claramente las AW de las LIW pudiendo ocupar la totalidad del canal de Ibiza. Se han observado capas de WIW de hasta 400 m de espesor. Durante el verano y el principio del otoño esta agua cruza los canales desapareciendo progresivamente por mezcla con otras aguas en la cuenca Argelina, tal como sugiere Katz (1972). Generalmente en otoño ya no se encuentran restos de WIW al norte de los canales.

La LIW forma una capa continua entre los 300 m y los 700 m. Está caracterizada por mostrar un máximo absoluto de salinidad y un máximo relativo de temperatura en profundidad. Los núcleos de máxima salinidad (>38,5 ‰) se suelen encontrar entre 400 m y 450 m, con temperaturas potenciales de 13,2 °C a 13,4 °C. A lo largo de la costa española, se observa una variabilidad estacional en el volumen y en los valores característicos de LIW, posiblemente relacionada con las fluctuaciones de la Corriente Septentrional y con los procesos invernales de formación de agua profunda, que pueden interrumpir el flujo de LIW hacia el mar Balear. Los valores mínimos de salinidad se encuentran al principio de verano y

los máximos en otoño. Font (1987) sugirió un periodo de tres meses para que la LIW cruce el mar Balear y alcance los canales, lo que supone que se mueve con una velocidad promedio de 5 cm s^{-1}.

Aguas profundas

La totalidad de los fondos del MEDOC están ocupados por el agua profunda del mar Mediterráneo (*Western Mediterranean Deep Water*, WMDW), la cual se forma en los procesos invernales de convección del área sur del Golfo de León y mar Ligur. Su trayectoria hacia el sur desde su zona de formación es poco conocida. La WMDW se encuentra por debajo de la LIW hasta el fondo de la columna, la interfase entre estas dos aguas puede encontrarse a partir de los 800 m, con valores de temperatura menores de 12,9 °C y salinidades menores de 38,46 ‰ (Tabla 2.3).

En el área de las islas Baleares, los valores mínimos de salinidad del WMDW, se encuentran en otoño e invierno, mientras que los máximos se encuentran en verano. Esta variabilidad estacional puede estar relacionada con su mezcla con la LIW y evidentemente también con su ciclo estacional de formación. El volumen de agua formado anualmente no puede ser compensado por una salida rápida de WMDW a través del estrecho de Gibraltar hacia el océano Atlántico, por lo que se acumula en la cuenca Argelina y mar de Alborán favoreciendo la elevación de su interfase con la LIW. El verano parece ser la época propicia para que esto ocurra (García Lafuente *et al*., 1995), lo que podría explicar la presencia ocasional de esta agua en puntos aislados de los canales de las islas, cuando lo normal es que estén por debajo del umbral de los mismos.

Durante la última década, el frío invierno de 2004-2005 causó una de las mayores perdidas de calor en el mar en el área de formación del WMDW, generando la formación de inmensas cantidades de aguas extremadamente frías y densas que rápidamente se hundieron y extendieron por el MEDOC, ocupando todos los fondos de esa cuenca y dando lugar a la compleja estructura reflejada en la Figura 2.23, la cual es fácil de identificar sobre el diagrama T/S (López-Jurado *et al*., 2005). Tres masas de agua contribuyen a la generación de esa anomalía y se corresponden con las aguas:

- (C) *Cascading*, la masa de agua WMDW más fría.
- (N) Nueva WMDW algo más salada y cálida, producida por procesos de convección en mar abierto.
- (O) Antigua WMDW, aguas con esos valores sobre las otras dos.

Los datos oceanográficos obtenidos durante el periodo 2005-2009 en el mar Balear y datos de 2011 revelan la persistencia de esa anomalía, que se ha extendido a la totalidad del MEDOC (Schröder *et al*., 2006).

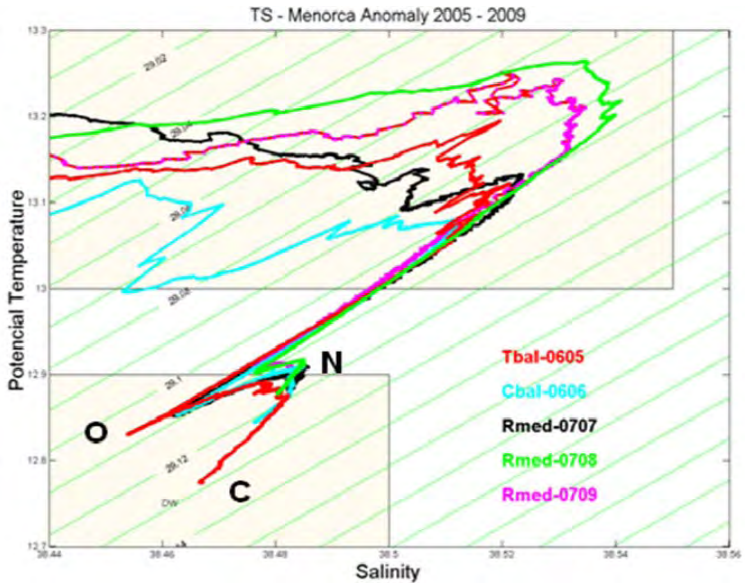


Figura 2.23. Anomalía termohalina en las WMDW y su evolución a lo largo del periodo de 2005-2009 periodo, valores registrados en una estación profunda al norte de la isla de Menorca.

2.3.3. Circulación

2.3.3.1. Dinámica general

El modelo general de circulación marina del Mediterráneo Occidental es ciclónico, con dos corrientes permanentes: las corrientes Septentrional y Argelina. Estas corrientes afectan áreas diferentes del litoral español. La primera afecta las costas peninsulares al norte del canal de Ibiza y las costas norte de las islas, zona conocida como el mar Balear. La segunda afecta a la costa sur de las islas y la costa peninsular hasta el cabo de Gata.

La Corriente Argelina (*Algerian Current*, AC) está formada por Agua Atlántica (AW) reciente, con origen en el frente Almería-Oran, y fluye de forma permanente a lo largo de la costa norte africana, desde el mar de Alborán hacia Sicilia, confinada en los 250 m superficiales y manteniéndose dentro de los 30 km a costa. Su velocidad promedio es de unos 40 cm s^{-1} y su máxima alcanza los 80 cm s^{-1}, lo cual genera un transporte de un volumen de agua de unos 1,7 Sv (Benzohra y Millot, 1995). Esta corriente se inestabiliza en las proximidades de la longitud 1-2° E, generando giros ciclónicos y anticiclónicos, que se desprenden de la corriente principal. Únicamente los giros anticiclónicos incrementan su tamaño pudiendo alcanzar diámetros de 100 km, separándose de la costa y llegando a derivar durante semanas incluso meses en esa cuenca. Llegan a alcanzar más de 1000 m de profundidad y pueden capturar lentejones de Agua Levantina Intermedia en su deriva, al interferir con esa masa de agua sobre el talud insular de Cerdeña. Pueden afectar a la costa meridional

española y bloquear las entradas de aguas AW en los canales baleáricos, las cuales están asociadas a la inestabilidad del frente Almería-Orán. Las entradas más significativas tienen lugar durante otoño y principio de invierno, cuando se produce el mayor contraste térmico entre las AW recientes y residentes, formándose un reforzado frente Almería-Orán. Un decaimiento de este frente favorecería la formación de una importante vena de AW, que podría alcanzar eventualmente los canales de las islas.

La circulación de la capa superficial del mar Balear está controlada por la Corriente Septentrional (NC) que transporta agua atlántica con un largo periodo de residencia en el Mediterráneo, por lo tanto más fría y más salina, y por la corriente semipermanente denominada corriente Balear (BC). La NC fluye permanentemente en dirección sur sobre el talud continental de la Península Ibérica, desde el mar Ligur hacia los canales Baleáricos, afectando hasta unos 400 m, y la BC fluye a lo largo del talud norte insular y está confinada a los 150 m superiores. Los canales de Ibiza y Mallorca desarrollan un papel importante en la circulación en el sur del mar Balear. La aparición de estructuras mesoescalares en el Golfo de Valencia y al norte del canal de Ibiza puede dificultar la circulación preferente de la NC a través de ese canal, desviando una parte hacia el canal de Mallorca y hacia el NE. Por otro lado, cuando disminuye el forzamiento atmosférico, se producen entradas en dirección norte de AW reciente a través de los canales. La BC está generada principalmente por esa recirculación hacia el NE de parte de la NC y por esas entradas de aguas Atlánticas recientes (Figura 2.24). Las entradas y salidas de AW a través de estos canales pueden fortalecer o debilitar el transporte de la BC.

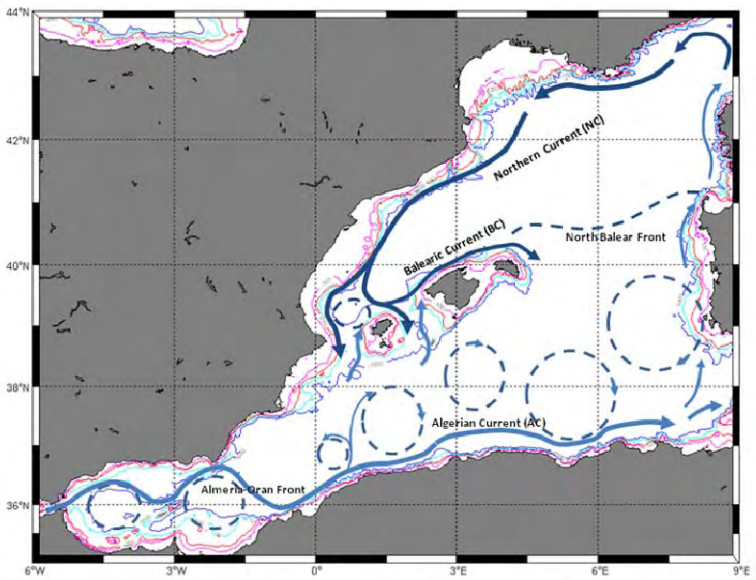


Figura 2.24. Mediterráneo Occidental, circulación general superficial, con las corrientes y frentes principales que caracterizan la zona.

Ambas corrientes están caracterizadas por unas velocidades promedio de unos 10 cm s^{-1} y máximas sobre los 30-40 cm s^{-1} en superficie. Diversos estudios han enfatizado la alta actividad de mesoescala en la vecindad de ambos frentes (La Violette *et al*., 1990; Pinot *et al*., 1994; López-García *et al*., 1994) que puede generar la aparición de meandros, giros y filamentos. Estas estructuras pueden alcanzar tamaños de 40-50 km y se caracterizan por su movimiento vertical al talud, lo cual puede tener consecuencias importantes sobre la circulación de la corriente a lo largo de las isobatas del mismo. Estas inestabilidades contribuyen a la gran variabilidad de modelos de circulación en la zona de los canales.

Además, sobre el talud continental de la cuenca Balear se genera el frente Catalán, a partir de los gradientes de salinidad entre las aguas costeras menos salinas afectadas por aportes continentales, que fluyen sobre el talud desde el Golfo de León, y las aguas de mar abierto (AW) más salinas. Este frente está localmente reforzado por los aportes de agua del delta del Ebro. En la zona de las islas, la BC transporta aguas atlánticas a la costa noroccidental de las islas y su frente asociado se alarga sobre el talud insular, pudiendo alcanzar las costas de Córcega y Cerdeña (frente Nord-Balear, Figura 2.24). Formando el límite entre las aguas atlánticas recientes poco salinas y las residentes más salinas.

La circulación de las capas intermedias del MEDOC está determinada principalmente por el movimiento de la masa de Agua Levantina Intermedia (LIW), la cual es originaria del Mediterráneo Oriental (MEDOR), que se incorpora al MEDOC a través del estrecho de Sicilia. Se caracteriza por ser un agua muy salina y por lo tanto más densa que las aguas superficiales. Inicia su periplo en la cuenca occidental circulando ciclónicamente por el mar Tirreno y una vez alcanzado el extremo sur de Cerdeña se introduce en la cuenca Argelina bordeando dicha isla. Al rebasar Cerdeña gira bruscamente hacia el norte (Katz, 1972), para iniciar un nuevo giro ciclónico a lo largo de la costa septentrional del MEDOC, bordeando las islas de Cerdeña y Córcega, el mar Ligur, el Golfo de León y la costa continental española alcanzando los canales de las islas Baleares. En esta zona septentrional participa en los procesos de formación del agua profunda. Una vez rebasadas las islas, atravesando los canales o bordeando las islas, se incorpora de nuevo a la cuenca Argelina, donde su trayectoria es algo más difusa. Acaba alcanzando el mar de Alborán y formando parte del agua Mediterránea que se vierte al Atlántico.

El Agua Profunda del Mediterráneo Occidental (WMDW) se forma en la parte septentrional de la cuenca durante los procesos convectivos de invierno. La zona de formación se encuentra en las áreas donde convergen los vientos fríos y secos de procedencia polar, al sur del mar Ligur y del Golfo de León. Durante estos procesos de acondicionamiento, enfriamiento y convección se producen “cascadas” puntuales de aguas muy densas que alcanzan el fondo de la cuenca. La distribución de esas aguas es poco conocida, aunque se

sabe que alcanzan a la totalidad de la cuenca, llegando incluso al mar Tirreno. Las aguas que alcanzan el mar de Alborán forman parte del agua mediterránea que se vierte al Atlántico.

Variabilidad estacional e interanual

La variabilidad hidrográfica estacional en el MEDOC está determinada por los procesos regionales que tienen lugar en la cuenca y en el conjunto del Mediterráneo. El forzamiento atmosférico, la evaporación, los procesos de mezcla y convección principalmente, determinan y secuencian las circunstancias en las que se mueven las masas de agua y las variables que las caracterizan. El forzamiento atmosférico invernal provoca los procesos de enfriamiento y convección que dan lugar a la formación de la WIW y las aguas profundas WMDW, que prácticamente interrumpen el flujo de LIW hacia los canales. Como consecuencia, los valores más bajos de salinidad se registran durante el invierno, aumentando a finales de la primavera y durante el verano (Font, 1987). A su vez, intensifica la Corriente Septentrional (NC), aumentando su transporte desde 1 Sv en verano a 2 Sv en invierno (Font *et al*., 1988).

La variabilidad interanual de la circulación en MEDOC está condicionada por una serie de procesos: la variabilidad atmosférica (Vignudelli *et al*., 1999), la interacción aire-mar y los flujos de calor (Mertens y Schott, 1998), el efecto de las anomalías regionales como la *Eastern Mediterranean Transient* (Manca, 2000) y por anomalías globales (como el calentamiento global). Todos estos factores afectan a los valores de diferentes variables oceanográficas durante los procesos de formación de masas de agua, así como a la circulación regional y general, provocando una importante variabilidad espacial y temporal (Vargas *et al*., 2005). Las variaciones interanuales de los valores característicos, espesores y las áreas de influencia de las diferentes masas de agua se han estudiado en el área de las islas Baleares (López-Jurado *et al*., 1996; Pinot *et al*., 2002), y se ha observado que afectan a la eventual formación de las estructuras de mesoescala y por lo tanto también a la circulación regional.

En la plataforma continental, los mecanismos que regulan la circulación de las diferentes masas de agua a distintas profundidades son relativamente complejos y están influenciados por la acción del viento. En la plataforma continental externa, el régimen de circulación dominante depende de la corriente general, mientras que en la plataforma interna el viento ejerce un control mucho mayor, dando origen a una microcirculación local de gran variabilidad (Font, 1987). De esta manera las Aguas Intermedias Levantinas y Superficiales de ambos sectores presentan un comportamiento similar acoplado al esquema general de circulación N-S paralela a la costa. Eventualmente los vientos de componentes sur (jaloques) provocan en superficie un tercer giro ciclónico de las aguas superficiales del mar de Alborán que alcanzan las costas regionales desde las costas argelinas, enriqueciéndolas en nutrientes. Este giro se bifurca a la altura del zócalo de cabo de Palos en dos direcciones una

norte hacia la cuenca Balear y otra sur hacia el mar de Alborán, donde nuevamente recirculará.

2.3.3.2. Procesos costeros y de mesoescala

La presencia progresiva de WIW, circulando por debajo de la NC hacia el Golfo de Valencia y el canal de Ibiza, junto con la topografía de esa zona y la afluencia de AW a través de los canales, genera la aparición de estructuras mesoescalares que inducen un efecto perturbador sobre la circulación (Pinot *et al*., 2002). Estas estructuras afectan a la superficie y las capas intermedias y ocasionalmente a la capa profunda, como se observó en el verano de 1996 (Pinot *et al*., 2002). Pueden permanecer en la zona durante varias semanas e incluso meses y, dependiendo de su localización, llegan a bloquear total o parcialmente el canal de Ibiza, provocando el desvío de parte de la NC y las aguas intermedias hacia el canal de Mallorca. En esas circunstancias se produce un reforzamiento de la BC (García-Ladona *et al*., 1994). Durante la primavera, la intensidad de la NC disminuye debido al progresivo relajamiento del forzamiento invernal facilitando que filamentos de AW progresen hacia el norte a través de los canales, lo que refuerza también la Corriente Balear.

La zona sur está menos afectada por estos procesos. Sin embargo, está influida por la inestabilidad del frente Almería-Orán y por las estructuras de mesoescala separada de la Corriente Argelina (Millot, 1987). Condiciones de bloqueo, similares a las señaladas anteriormente, pueden ser causadas por la presencia de grandes giros anticiclónicos situados al sur de las islas de Ibiza y Formentera. Estos giros estancan la circulación a través de los canales y desvían las AW hacia las islas de Cabrera (al sur de Mallorca) y Menorca (Salas, 2003; Fuente *et al*., 2004). En la capa intermedia de esa zona sur se pueden encontrar Valores de salinidad muy altos (hasta 38,6 ‰). A veces aparecen como un gran lentejón y otros atrapados por los giros anticiclónicos en la interacción con la vena principal de LIW cerca de Cerdeña (Emelianov *et al*., 1998; Millot y Taupier Latage, 2005).

Las masas de agua que bañan las costas de la zona sur de la Demarcación Levantino-Balear pertenecen al extremo suroeste de la extensa cuenca Algero-Provenzal, conformando una zona de transición con el mar de Alborán. En general, el estudio de estas masas de agua ha recibido poca atención por parte de los especialistas a pesar de su indudable interés. El número de campañas específicas realizadas es casi inexistente, con la salvedad de las campañas ECOMURCIA, realizadas por el IEO (García Rodríguez, 2003), y las más litorales de la Dirección General del Medio Natural (realizadas por la empresa Taxon Estudios Ambientales (Taxon), en 2004), del Servicio de Pesca y Acuicultura (a través de la empresa Taxon, en 2004 y 2007) de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia (CARM). No obstante, la zona constituye un punto de mezcla y divergencia de las aguas que posee gran interés a mesoescala. Por un lado, las Aguas Mediterráneas Profundas (MWD) de alta

salinidad (38-39 ‰) alcanzan el Levante tras rodear el mar Balear y se dirigen hacia Gibraltar para su salida. En esta zona, la existencia de cañones submarinos de más de 1.000 m produce interesantes afloramientos que fueron identificados en el estudio hidrodinámico de la región, con datos de campo y modelos de simulación, realizado por el Servicio de Pesca y Acuicultura de la CARM (a través de la empresa Taxon en 2008). Por otro lado, en las láminas de agua superficiales, el Agua Atlántica Modificada (MAW), cargada de nutrientes y de baja salinidad, tras su entrada por el Estrecho y después de sufrir dos giros ciclónicos, se dirige hacia el Mediterráneo Oriental a través de la costa sur argelina. Eventualmente, ya en aguas del mar argelino occidental, ocurre un tercer giro ciclónico, que dirige las MAW hacia las costas, cuyos efectos poco estudiados sean probablemente responsables de proliferaciones de fitoplancton, contribuyendo notablemente a la producción biológica en las costas del suroeste peninsular.

El estrechamiento de la plataforma entre los sectores oriental y meridional, a partir del afloramiento del zócalo situado frente al cabo de Palos (13 km), junto al fuerte cambio en la dirección de la línea de costa, produce perturbaciones en el campo local de flujos que delimitan dos tramos netamente diferenciados, no solo hidrodinámicamente sino también físico-químicamente. El primero de ellos abarca desde el extremo norte hasta cabo Palos, con exposición predominante hacia el este y el segundo, desde cabo de Palos hacia el cabo de Gata, presenta orientación predominante sureste. De acuerdo a esta división, el sector norte no recibe la influencia directa de las Aguas Profundas del Mediterráneo de una elevada salinidad (aproximadamente 38,5 ‰). Esta corriente, formada directamente por convección en el Golfo de León y el mar de Liguria, alcanza en profundidad (>1.000 m) la zona abisal del sector sur una vez bordeadas las cordilleras Baleares. Las simulaciones hidrodinámicas señalan un afloramiento de estas aguas hasta casi la superficie (-20 m) en un estrecho margen situado sobre la plataforma continental del sector sur. El patrón de estos afloramientos parece ser bastante complejo, dependiendo tanto de la influencia del viento como de la particular orientación de los cañones, de manera que unos pueden funcionar como afloramientos al tiempo que otros actúan de sumidero.

2.3.3.3. Afloramientos

Los afloramientos son mecanismos que llevan hasta la superficie las aguas profundas ricas en nutrientes, lo que sirve para fertilizar la zona iluminada más superficial. Pueden ser producidos por distintos factores: la circulación vertical, el régimen de circulación ciclónica o la presencia de ciertos vientos que arrastran las aguas costeras hacia mar adentro, facilitando el ascenso de las aguas profundas en las proximidades de la costa.

La existencia de cañones submarinos de más de 1.000 m produce afloramientos que fueron identificados en el estudio hidrodinámico de la región, con datos de campo y modelos de

simulación, realizado por el Servicio de Pesca y Acuicultura de la CARM y la empresa Taxon Estudios Ambientales en 2008.

Los episodios de viento presentes en la zona, inducen la aparición de afloramientos de aguas profundas, en concreto en el norte y noroeste del golfo de León, donde se han identificado seis células de este tipo (Canals y Calafat, 2008). Los vientos de componente noroeste (combinación de vientos de Mistral y Tramontana) están presentes todo el año, provocando importantes desplazamientos de las aguas sobre la plataforma. A gran escala, los eventos del N-NO inducen un desplazamiento de las aguas superficiales del la parte NE hacia la parte SO de modo que se da una tendencia al afloramiento en la primera zona, y a la hundimiento en la segunda (Rubio, 2006). A menor escala, se observa la aparición de puntos discretos de afloramiento frente a las costas de Provence, Camargue y Langedoc y de hundimiento frente a las costas de Rosellón (Millot, 1990).

2.4. Distribución de nutrientes y oxígeno

En general, el Mediterráneo es un mar con limitación de nutrientes, y en consecuencia con una baja productividad biológica, siendo comparable a la del mar de los Sargazos y a los giros centrales de aguas oceánicas (Sournia, 1972). La oligotrofia se incrementa de este a oeste. Solo en determinados puntos donde el aporte de nutrientes es mayor la productividad aumenta. Uno de estos puntos es el mar de Alborán, por la influencia de la entrada de aguas superficiales del Atlántico, mucho más ricas en nutrientes y cuya influencia llega al levante español.

La escasez de campañas oceanográficas en la zona es notable. Los datos usados para caracterizarla en este trabajo proceden de la zona DS3, limitados a los 200 m para los nutrientes, del proyecto MEDATLAS del IEO. A escala más local los datos empleados proceden de las campañas litorales realizadas por Taxon entre 2007 y 2009, en este caso limitadas a los primeros 50 m de profundidad (Figura 2.25).

Los perfiles de salinidad y temperatura marcan una clara diferencia entre las aguas profundas del Mediterráneo, con temperaturas de 12 °C y elevada salinidad (38,5 ‰) sin apenas variación estacional, y las aguas superficiales e intermedias, en transición desde superficie hacia estos valores, con una variación estacional, e incluso diaria, mucho mayor. A partir de los 500 m las aguas son ya típicamente WMDW. La estacionalidad se limita así a la capa de Agua Atlántica Modificada (MAW), con una pequeña amplitud en la zona superior de LIW (Krahmann, 1997).

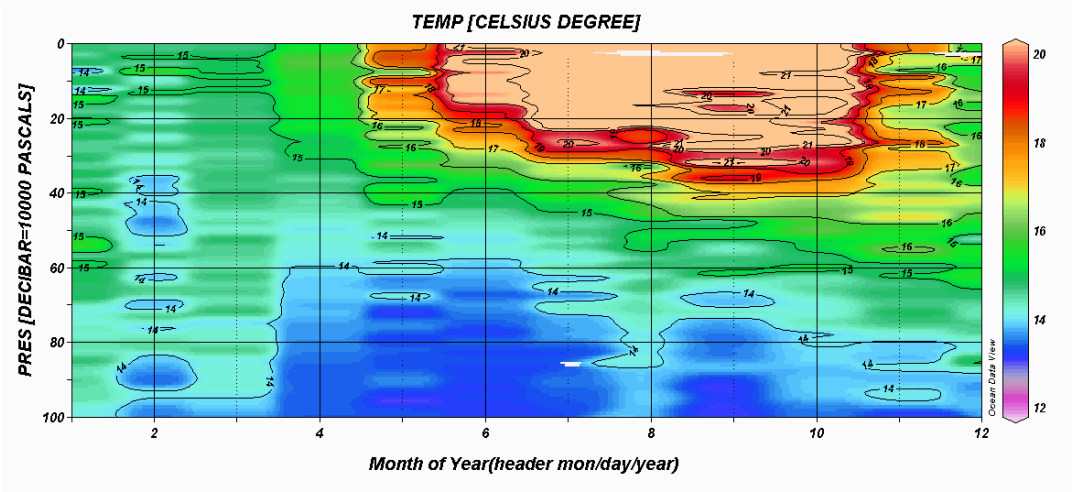


Figura 2.25. Evolución anual del perfil de temperatura a partir de los datos de las campañas litorales de la empresa TAXON.

En el Mediterráneo Occidental se produce un fuerte enfriamiento otoñal y un calentamiento similar en primavera. Dado que en verano la velocidad del viento suele ser más baja, la capa superficial caliente es más somera y la termoclina se forma a 15-20 m de profundidad, con un salto térmico de 10 °C desde los 24-14 m (Figura 2.25). Las profundidades máximas de la capa superior no rebasan los 100 m.

Las concentraciones de nitrógeno varían desde los 0,5 mmol m^{-3} en superficie hasta los 8,3 mmol m^{-3} en profundidad, siendo la variación estacional mínima. Otro tanto ocurre con el fósforo que varía desde los 0,3 mmol m^{-3} en superficie hasta los 0,83 mmol m^{-3} en profundidad (Figura 2.26).

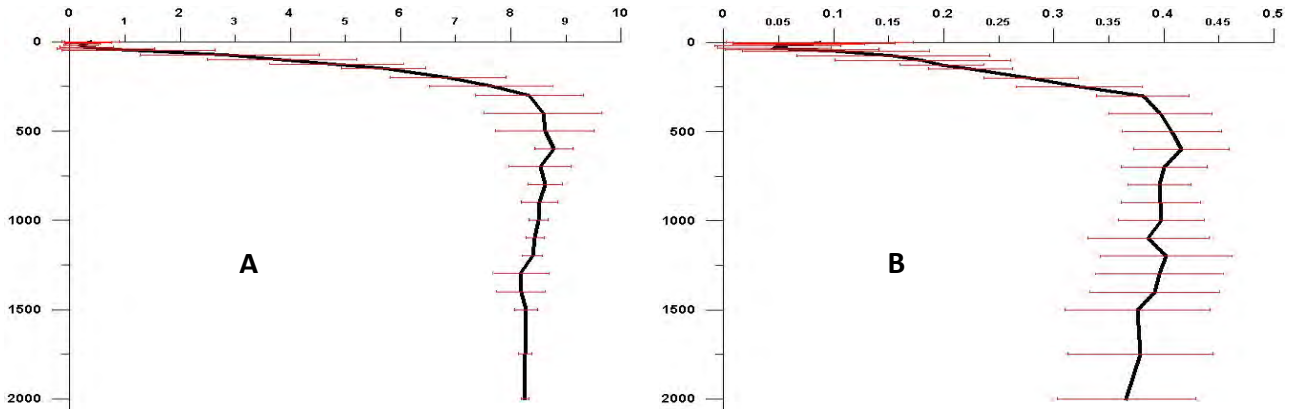


Figura 2.26. Perfiles en profundidad (dbar) de las variaciones anuales de nitratos (A) y fosfatos (B) en la cuenca argelina occidental del Mediterráneo. Fuente: http://doga.ogs.trieste.it/medar/climatologies/DS3/ds3.html

2.5. Dióxido de carbono y Acidificación

El dióxido de carbono (CO_2) es uno de los productos del uso de combustibles fósiles y el principal gas de *efecto invernadero*. Además de su importante contribución al incremento del forzamiento radiactivo en la Tierra (IPCC, 2007), el incremento de CO_2 en la atmósfera altera los ciclos biogeoquímicos, principalmente del carbono, en los océanos.

Se estima que los océanos absorben un 30 % del CO_2 de origen antropogénico vertido a la atmósfera en los últimos 250 años (Sabine *et al*., 2004). Este hecho contribuye a mitigar el *efecto invernadero* pero tiene otras repercusiones en el océano. La absorción del exceso de CO_2 en la atmósfera por parte del océano lleva inevitable y directamente a una disminución de los niveles de pH o acidificación en los océanos. Como consecuencia de la compleja físico-química del CO_2 en agua de mar, el exceso de CO_2 disuelto se compensa con una reducción de las concentraciones de carbonatos, una disminución del pH y una disminución de la saturación de las formas de carbonato. Estos son consecuencias directas de la química del CO_2 en el océano de sobra conocidas, entendibles y predecibles, pero las consecuencias de estos hechos en cuanto al impacto sobre la biota, los ecosistemas y los ciclos biogeoquímicos marinos es todavía un tema emergente de investigación (Doney *et al*., 2009).

Desde la época preindustrial hasta la actualidad, la concentración de CO_2 en la atmósfera ha pasado de 280 ppm a 385 ppm, superando las emisiones actuales las hipótesis más pesimistas previstas hace una década; y en el mismo período la acidez de los océanos se ha incrementado en un 30 % (0,1 unidades), un cambio que es 100 veces más rápido que cualquier otro ocurrido en al menos los últimos 20 millones de años (Orr *et al*., 2009). Se estima que a este ritmo, en varias décadas, se limitará el crecimiento de los arrecifes coralinos en aguas tropicales y los océanos polares se volverán corrosivos para los organismos marinos calcáreos, calculándose un descenso del pH de 0,4±0,1 unidades de aquí al 2100, con respecto a las condiciones preindustriales (Meehl *et al*., 2007).

Se desconoce el efecto de la acidificación sobre los organismos marinos y su capacidad de adaptación al cambio, pero hay estudios que alertan de que la acidificación del medio reduce la calcificación en organismos con estructuras calcáreas (Fabry *et al*., 2008; Gazeau *et al*., 2007) y que podría afectar a su reproducción (Havenhand *et al*., 2008).

La acidificación de los océanos puede también afectar negativa y globalmente a las actividades socioeconómicas como la pesca y el marisqueo por los efectos que puede causar sobre las redes tróficas marinas, y sobre los arrecifes coralinos que sirven de zona de reproducción y refugio para muchas especies con interés comercial y que además son un activo importante en el sector turístico de muchos países. A esto habría que sumar que la acidificación de los océanos reduce su capacidad para fijar el CO_2 antropogénico, lo que dificultará la estabilización del CO_2 atmosférico en el futuro (Orr *et al*., 2009).

Millero *et al*. (1979) estudiaron el sistema de carbonatos en la parte sur del litoral Levantino-Balear, frente a la costa de Andalucía, obteniendo valores de pH = 8,2 y pCO_2 = 395 µatm. Posteriormente, Delgado y Estrada (1994) obtuvieron valores similares entre Cataluña y las Islas Baleares (pH = 8,23, pCO_2 = 388 µatm), concluyendo que el mar Mediterráneo actuaba como fuente de CO_2 hacia la atmósfera.

Estudios posteriores indican que el mar Mediterráneo actúa como sumidero de carbono orgánico y al mismo tiempo como fuente de carbono inorgánico hacia el Océano Atlántico (Dafner *et al*., 2001), y que se caracteriza por una alta alcalinidad (Santana-Casiano *et al*., 2002). Estudios recientes sugieren que el mar Mediterráneo en conjunto está próximo al equilibrio con la atmósfera, con una ligera tendencia a la captura de CO_2 atmosférico (D'Ortenzio *et al*., 2008). Huertas *et al*. (2009) cuantificaron la salida neta de carbono inorgánico del mar Mediterráneo hacia el océano Atlántico en unas 25 t C $año^{-1}$ y el flujo de carbono antropogénico hacia el Mediterráneo desde el Atlántico en unas 4,2 t C $año^{-1}$.

2.6. Sustancias químicas peligrosas

El alto grado de urbanización de la costa, la presencia de grandes núcleos urbanos e industriales, la agricultura y el transporte marítimo-terrestre son las mayores presiones que contribuyen a la contaminación marina en esta demarcación. La entrada de contaminantes asociados a actividades antropogénicas se produce a través de diferentes vías de acceso: desde tierra, atmósfera, ríos, vertidos directos, fuentes difusas, etc., y también desde regiones marinas adyacentes. En este sentido, puede ser relevante el transporte de sedimentos y de su carga contaminante desde áreas limítrofes, como ocurre desde el Golfo de León hacia las costas catalanas (Ulses *et al*, 2008). La hidrodinámica de esta Demarcación (mareas leves y corrientes costeras de baja intensidad) no favorece la dispersión de los contaminantes que acceden al medio marino desde tierra, siendo por tanto más sensible a la contaminación producida por vertidos directos que las demarcaciones atlánticas y sudmediterráneas.

Los niveles de compuestos organoclorados, hidrocarburos aromáticos policíclicos y metales pesados, identificados como prioritarios en el Plan de Acción del Mediterráneo, y los posibles efectos biológicos son evaluados regularmente por el Instituto Español de Oceanografía (IEO), por encomienda del Ministerio de Medio Ambiente (MARM), con el objetivo de dar cumplimiento al Programa MED POL del Convenio de Barcelona. En la zona costera peninsular, el seguimiento se realiza utilizando mejillón (*Mytilus galloprovincialis)*, mientras que en la plataforma interna las matrices prioritarias son sedimento superficial y salmonete de fango (*Mullus barbatus*) (Martínez-Gómez *et al*, 2010). Este programa se aplica en zonas identificadas como vulnerables por el Plan de Acción Nacional de España

(UNEP/MAP, NAP Spain, 2005) por su potencial riesgo de contaminación, y en zonas de referencia. En el ámbito del mar Balear no se ha realizado hasta ahora un programa de seguimiento continuado de estas sustancias químicas, por lo que no se dispone de series temporales en zonas relevantes, como la Bahía de Palma, y la información disponible sobre niveles de metales y organoclorados en biota procede del seguimiento de la calidad de las aguas en zonas de producción de moluscos (Deudero *et al*., 2007b) y de estudios científicos puntuales sobre niveles de metales en *Posidonia oceanica* (Tovar *et al*., 2010). En los últimos años, las comunidades autónomas también están realizando programas de seguimiento de la calidad de las aguas costeras, analizando un mayor número de contaminantes en agua y sedimentos con el fin de dar cumplimiento a la Directiva Marco de Agua. En general, los datos disponibles (CCAA y MARM-IEO) corresponden fundamentalmente al ámbito costero, que es el más expuesto a la contaminación, mientras que la información sobre niveles y efectos biológicos asociados en la plataforma externa es escasa o inexistente.

En mar abierto, el transporte atmosférico constituye la vía de entrada predominante para muchos contaminantes. En el caso de los compuestos orgánicos persistentes (COPs), simulaciones realizadas en el Mediterráneo indican que la entrada de bifenilos policlorados (PCBs) por deposición atmosférica varía, según las regiones, entre 0,1-1 g km^{-2} año, llegando a aportar esta vía entre un 80 % y un 95 % del total de COPs (UNEP, 2002). Otra vía de entrada a zonas marinas profundas es el transporte de contaminantes asociados a los sedimentos, que por una combinación de factores de fuerza durante eventos climáticos excepcionales, son resuspendidos en la plataforma continental y llegan hasta el talud, a través de los cañones submarinos (Canals *et al*., 2006). La entrada de metales por esta vía ha sido detectada en zonas superiores del cañón de Foix, situado en las proximidades del delta del río Llobregat (Palanqués *et al.,* 2008). La accesibilidad de la contaminación a zonas profundas y alejadas de los focos emisores, unida a los posibles fenómenos de bioacumulación y transferencia de contaminantes a través de la cadena trófica, tal y como se ha constatado con compuestos órgano-estánnicos en peces de aguas profundas del Golfo de León (Borghi y Porte, 2002), justifican la necesidad de aplicar programas de seguimiento continuado de la contaminación en estos ámbitos.

Aunque los metales están presentes en el medio marino de forma natural, con unas concentraciones características de las zonas de estudio, las actividades antropogénicas pueden incrementar notablemente sus niveles, especialmente en ambientes costeros y estuáricos. Entre los niveles de metales obtenidos utilizando poblaciones naturales de mejillón (Red del IEO, periodo: 1991-2010), destacan los niveles de plomo (Pb) y cadmio (Cd) en el tramo litoral entre Portmán y Cartagena, debido a las actividades industriales y a la movilización y paso al mar de los metales presentes en los residuos mineros; los niveles de mercurio (Hg) en el tramo litoral comprendido entre Tarragona y Peñíscola, por la

contaminación derivada de las plantas de cloro-sosa ubicadas en las proximidades de la costa [Vila-seca (Tarragona) y Flix (Río Ebro)]; y los niveles de Pb y cobre (Cu) en Barcelona. Los altos niveles de Cd obtenidos en mejillones de las islas Columbretes, donde no existen actividades industriales, pueden estar relacionados con causas naturales (vulcanismo, movimientos tectónicos, afloramientos geotermales, afloramientos costeros, etc.). En cuanto a los niveles de metales obtenidos por el IEO en un estudio realizado en cuatro zonas (Cartagena-Portmán, Santa Pola, Valencia y Delta del Ebro), utilizando salmonete de fango y sedimentos, los niveles más altos de Hg, Pb y arsénico (As) en salmonete y de Pb, Zn y Cd en sedimento, se obtuvieron en muestras procedentes de la zona litoral Cartagena-Portmán, zona próxima a las antiguas explotaciones mineras de la Sierra de La Unión-Cartagena y al polo industrial del Valle de Escombreras. En un estudio reciente (2004-2007), utilizando mejillones transplantados y fondeados en sitios relevantes de esta Demarcación (Benedicto *et al.*, 2011), también se han detectado los niveles más altos de Pb, Cd y Hg en la zona litoral entre cabo Tiñoso y cabo de Palos (Murcia), confirmando los resultados obtenidos en estudios previos (Benedicto *et al.*, 2008). En este mismo estudio, se detectaron niveles altos de Pb en las proximidades del puerto de Palma de Mallorca y niveles muy altos de Cd en Mahón. Los niveles de Cd en Mahón, confirman los resultados obtenidos en el estudio de la variabilidad temporal de los niveles de metales en el archipiélago Balear, en el que las concentraciones más altas de Pb, Cd y níquel (Ni) se detectaron en bivalvos del la ría de Mahón (Deudero *et al*., 2007a). Los niveles relativamente altos de metales [Cabrera (Cd), Santa Eulalia (Pb y Cd) y Cala Trebelutja (Pb y Cd)] encontrados en algunas zonas de Baleares donde no hay actividades industriales relevantes, pueden estar relacionados con causas naturales, como puede ser el caso de Cabrera, con la deposición atmosférica (aerosoles atmosféricos y polvo sahariano), o con vertidos de aguas residuales.

En la costa de la Demarcación Levantino-Balear se ubican algunos de los principales núcleos urbanos e industriales del Mediterráneo occidental, como Barcelona, Tarragona, Castellón de la Plana, Sagunto, Palma de Mallorca, Valencia, Alicante y Cartagena, y asociados a ellos se desarrolla también una intensa actividad portuaria que favorece la entrada de metales traza, compuestos organohalogenados, compuestos organoestánnicos e hidrocarburos. De hecho, las mayores concentraciones de hidrocarburos aromáticos policíclicos en mejillón y sedimento de esta Demarcación se detectan en las áreas de influencia de los núcleos urbanos y puertos de Barcelona, Tarragona y Valencia (León *et al*., 2011). En la zona costera, los principales aportes de compuestos organoclorados proceden de los vertidos de desecho de las grandes ciudades y núcleos industriales. Los estudios realizados con mejillón como bioindicador muestran altas concentraciones de PCBs en Barcelona, Tarragona, Valencia y Cartagena, mientras que las concentraciones de DDT y sus metabolitos de degradación mayoritarios (DDE y DDD) son especialmente altas en Barcelona. En general, las concentraciones de estos compuestos muestran una tendencia decreciente desde que se

establecieron prohibiciones de uso y fabricación, varias décadas atrás, debido a sus efectos nocivos sobre la salud de los organismos y a su alta persistencia. Así, las concentraciones detectadas de DDT y sus metabolitos decrecieron en mejillón un 27,3 % entre 1993 y 2001, y un 13,2 % en el caso de los PCBs (Campillo *et al*., 2004).

En sedimentos costeros de Barcelona y Tarragona se han detectado, además de los bifenilos policlorados, otros contaminantes persistentes como los difeniléteres polibromados, dioxinas y furanos (Eljarrat *et al*., 2005). En las áreas donde se encuentran los principales puntos de vertido, se ha constatado una disminución de las concentraciones de contaminantes presentes en la columna de agua y en sedimento al aumentar la distancia a la costa (Tolosa *et al.,* 1995). La escasa dispersión de la contaminación en las proximidades de estos puntos, debido al bajo hidrodinamismo existente, hace que las concentraciones de determinados contaminantes puedan producir efectos tóxicos en los organismos. En organismos de estas zonas se han detectado efectos citotóxicos y genotóxicos relacionados con la acumulación de compuestos organoclorados, hidrocarburos y metales pesados (Escartín y Porte, 1999; Porte *et al.,* 2002; Martínez-Gómez *et al.,* 2008; Fernández *et al.,* 2010, 2011).

Los aportes de los principales ríos hacia los sistemas costeros también son relevantes en esta Demarcación, no solo por los vertidos que recogen a lo largo de su cuenca, sino por la carga de contaminación asociada de sus sedimentos. Entre ellos destaca el río Ebro, en el que las fuentes primarias de contaminantes organoclorados proceden de actividades agrícolas e industriales que se realizan a lo largo de su cuenca (85.000 km^2), así como de efluentes municipales y tributarios. Se han detectado altas concentraciones de compuestos industriales, como son los PCBs, en sedimentos del Delta del Ebro (Campillo *et al*., 2008), y las mayores concentraciones de DDT (y sus metabolitos) y hexaclorobenceno en mejillón natural de esta Demarcación. Estos compuestos también se han detectado en salmonete de fango y sedimentos del Delta. También hay otros ríos y cuencas cuyo impacto puede ser relevante en la costa, ya sea por la intensa actividad urbana e industrial asociada (río Llobregat) o por la intensa actividad agrícola en sus cuencas (ríos Júcar y Segura). En estas cuencas, así como a lo largo del litoral, la caracterización de los pesticidas tiene un gran interés, por la intensa actividad agrícola que se desarrolla en esta Demarcación. En los programas de seguimiento del Mediterráneo solo se incluyen los pesticidas organoclorados, que están presentes en el medio debido a su elevada persistencia, aunque su uso está prohibido desde hace décadas. Sin embargo, se ha comprobado el transporte de pesticidas y herbicidas de nueva generación (alaclor, atrazina, simazina, etc.), de uso más común en el Mediterráneo, a través de ríos como el Ebro, siendo la principal vía puntual de entrada a las aguas del Mediterráneo. Se calcula que aproximadamente hasta un 3 % de estos compuestos que se aplican a cultivos son transportados por los ríos de la región

mediterránea (UNEP/MAP, 1997). De hecho, la presencia de pesticidas organofosforados se ha constatado en bivalvos del Delta del Ebro (Solé *et al*., 2000). En cuanto a los niveles de metales en sedimentos en la costa catalana, un estudio realizado en 2007 en nueve sistemas prodeltaicos y áreas adyacentes (Belzunces *et al.,* 2010) revela que los factores de enriquecimiento de Cd y Hg más altos se encontraron en las áreas metropolitanas de Barcelona y Tarragona, respectivamente.

Asociados a los ríos y también a través de vertidos directos al litoral acceden al medio marino las aguas residuales, que cobran especial importancia durante el periodo estival, por el significativo crecimiento poblacional en las costas de esta Demarcación. En la mayor parte de los casos, los efluentes sufren un tratamiento previo a su vertido, pero algunos sistemas de depuración pueden verse superados durante la máxima afluencia turística. Estos aportes son especialmente relevantes en los principales núcleos urbanos y en las zonas más turísticas de toda esta Demarcación, tanto en el litoral peninsular como en el del archipiélago Balear. Las aguas residuales urbanas contribuyen a la entrada al medio marino de tensoactivos, hidrocarburos aromáticos policíclicos y otros compuestos menos estudiados desde el punto de vista ambiental, como los productos de cuidado e higiene personal y/o fármacos (Gros *et al.,* 2009; Teijon *et al.,* 2010).

En general el seguimiento de la contaminación es sistemático en la zona litoral más somera en relación con metales traza, hidrocarburos aromáticos policíclicos y contaminantes organoclorados, quedando pendiente la inclusión del mar Balear. Sin embargo en los actuales programas de seguimiento internacional no se contemplan muchos compuestos que están siendo actualmente usados a nivel agrícola, urbano o industrial, como pesticidas organofosforados, triazinas o bifenilos polibromados. Aunque algunos de ellos (atrazina, clorpirifós, simazina, etc.) se han incluido recientemente en la legislación europea en el ámbito de la Directiva Marco de Agua (2000/60/CE), quedaría pendiente su inclusión en los programas internacionales de seguimiento. En cuanto a las zonas marinas más profundas, hay poca información para su evaluación, ya que solo se dispone de datos puntuales y sería necesario completar su estudio.

3. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

3.1. Hábitats

3.1.1. Ecosistema pelágico

En la elaboración de esta parte se ha empleado la información publicada en la página web del Servicio de Información Oceanográfica de la Región de Murcia (SIOM) (https://caamext.carm.es/siom/). Recientemente, algunos autores han intentado subividir las masas de agua de acuerdo a su régimen trófico (D'Ortenzio y D'Alcalá, 2009) mediante clasificaciones multivariantes de las imágenes satélite (*k mean analysis*). Según esta clasificación las masas de aguas más litorales del levante español corresponden a los subtipos costeros, caracterizadas por la existencia de un *bloom* fitoplanctónico más o menos acusado durante el cual puede hasta duplicarse la biomasa planctónica, mientras que las aguas más alejadas del litoral carecerían de dicho *bloom* (Figura 3.1). De forma general existe un incremento de productividad desde la zona oceánica hacia la costa. Este incremento acontecería bien en otoño, siendo entonces más acusado, o ya entrado el invierno, mucho menos pronunciado.

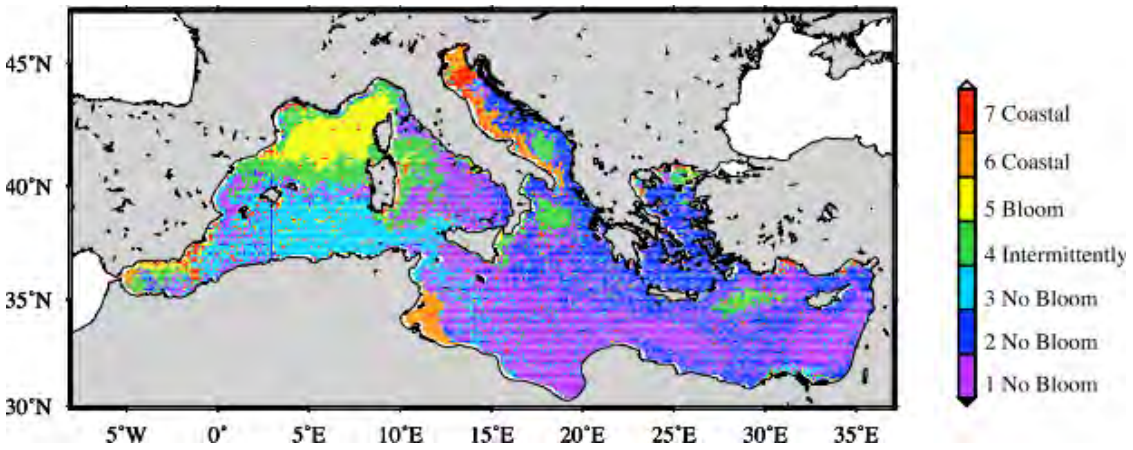


Figura 3.1. Resultados de la clasificación multivariante del régimen trófico de las aguas del Mediterráneo (tomado de D'Ortenzio y D'Alcalá, 2009).

Si se comparan estos datos con los valores medios del Mediterráneo se comprueba la notable productividad relativa de estas aguas, donde durante los *blooms* se alcanzan valores de 1 mg m^{-3} Chl, mientras la media de las máximas globales para todo el Mediterráneo no superan los 0,28 mg m^{-3} Chl (Figura 3.2).

A la escala de la zona de estudio, los perfiles en profundidad extraídos de la zona DS3 de MEDATLAS, avalan estos resultados. Muestran además un máximo de clorofila muy superficial (40-50 m), presentando un mínimo a la altura de la termoclina (15-20 m), aunque independiente de ésta pues es constante durante todo el año. También es destacable la gran varianza registrada por estos datos, lo que señala la importancia de fenómenos locales. Los datos de CTD más locales de la costa murciana presentan también un máximo a 50 m pero con unos valores mucho menores, en torno a 0,25 mg m^{-3} Chl durante todo el año. Hay que tener en cuenta que se trata de datos muy puntuales y no un promedio de diferentes años.

Para validar definitivamente la evolución de la clorofila anual, se ha recurrido al análisis de un año completo de los valores espaciales de clorofila, a partir imágenes satélite, para la zona de estudio (tomadas de SEAWIFF: http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/SeaWiFS/). En este caso, los datos se refieren a la media de los primeros 15-25 m, que son los accesibles para el satélite. Estos datos confirman la existencia de un *bloom* invernal, cuyo valor medio alcanzaría los 0,5 mg m^{-3} Chl, pero que de forma local puede superar los 3 mg m^{-3} Chl. También existe un notable gradiente relacionado con la cercanía a costa, de forma que las áreas más costeras serían las más productivas (Figura 3.1).

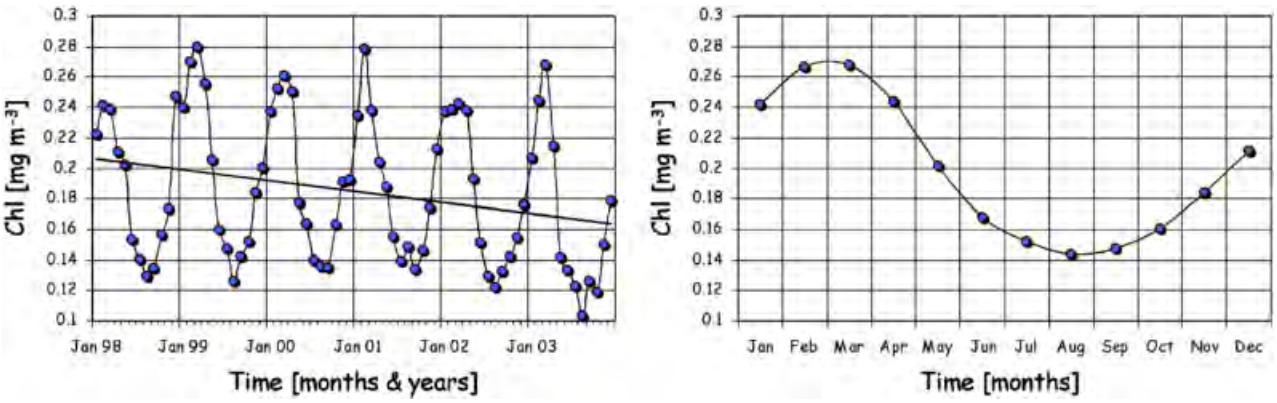


Figura 3.2. Evolución interanual y mensual de la concentración de clorofila en el Mediterráneo. Fuente: D'Ortenzio y D'Alcalá, 2009.

En general, en las costas de la región del sudeste, de aguas oligotróficas, las comunidades planctónicas están dominadas por organismos pequeños. La influencia del tercer giro ciclónico en el mar de Argelia es mayor de lo esperable, puesto que la composición fitoplanctónica analizada es aparentemente más parecida a la del mar de Alborán según Bouza y Aboal (2007 y 2008).

3.1.2. Ecosistema bentónico y demersal

3.1.2.1. Sustratos blandos

Estos fondos están formados por partículas sueltas de diferentes tamaños, y las especies epibiontes escasean, debido a la gran inestabilidad del sustrato, siempre en movimiento. La dinámica de estos fondos impide la instalación de la mayoría de especies macrobentónicas sésiles. Los organismos del compartimento endobentónico son de hecho los dominantes en estas comunidades, así como la fauna móvil. Existe un grupo de especies que sí tienen la capacidad de fijarse en estos fondos inestables, contribuyendo a su consolidación y estabilización, permitiendo así la instalación de otras especies. El tamaño de las partículas que constituyen estos fondos está definido por el hidrodinamismo, y es dicho tamaño el factor que define la composición específica de las comunidades que los habitan.

Los fondos se clasifican por tanto, en fondos de sedimentos gruesos (gravas y arenas) y en fondos de sedimentos finos (fangos), con todo el gradiente existente entre ambos tipos. Los de grano grueso están bien oxigenados, son pobres en materia orgánica y bacterias y ricos en organismos intersticiales, mientras que los fangos están poco oxigenados, y son ricos en materia orgánica y pobres en organismos intersticiales.

Las macroalgas son poco abundantes en este tipo de fondos. La fauna es diversa, pero formada especialmente por organismos endobiontes, siendo los grupos más abundantes los moluscos, poliquetos, crustáceos, equinodermos, y en menos medida esponjas o poríferos, cnidarios y peces. La mayoría de especies son filtradoras o sedimentívoras.

Las comunidades típicas de fondos blandos (de menor a mayor profundidad) se resumen en la relación que se presenta a continuación. Esta clasificación, muy simplificada, parte de la base de la establecida por Peres y Picard (1964).

Zona mediolitoral

Esta zona no muestra límites claramente definidos al depender del grado de humectación por oleaje y mareas, y del tamaño de grano.

Comunidad del detrítico mediolitoral

Se instala en playas de cantos y gravas. La fauna y la flora son escasas dadas las duras condiciones ambientales. Pequeños crustáceos y algunos moluscos son los fila que están mejor adaptados.

Detrítico costero (Foto: Gili et al., ICM. CSIC)

Comunidad de arenas mediolitorales

Propia de playas arenosas. Los poliquetos errantes

son los organismos más abundantes, así como los crustáceos y anfípodos, que viven entre los granos de arena.

Zona infralitoral

Comunidad de guijarros infralitorales

Se instala en las acumulaciones de guijarros o cantos, típicos de calas y zonas que quedan protegidas de un fuerte hidrodinamismo. Sin embargo, la movilidad del sustrato impide una cobertura vegetal continua de este tipo de sustrato.

La fauna típica de estas comunidades está formada por algunos cnidarios (p. ej. *Anemonia sulcata*), y ascidias (*Botryllus schlosseri*), pero es la fauna móvil la más dominante, es decir, moluscos, crustáceos, poliquetos, equinodermos y algunas especies de peces. Cuando estas comunidades sufren los efectos de la contaminación, son determinadas especies de algas y de poliquetos las que reemplazan a la fauna anteriormente descrita.

Comunidad de arenas finas superficiales

Estas comunidades están sometidas a la acción del oleaje, ocupando la franja de los 3-4 m de profundidad. Las especies dominantes pertenecen a los grupos de los moluscos (p. ej. *Psammocola depressa, Donax trunculus o Chamelea gallina*).

Fondos blandos de arenas finas (Foto: Gili et al., ICM. CSIC)

Comunidad de arenas finas bien calibradas

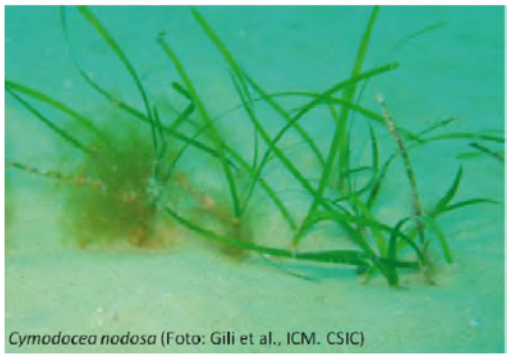
Se trata de arenas finas y homogéneas de origen terrígeno, muy poco enfangadas y sometidas a bajo hidrodinamismo. Ocupan grandes extensiones a lo largo del litoral mediterráneo español, se extienden desde la zona donde el oleaje deja de tener un efecto directo sobre el sedimento hasta donde comienzan a desarrollarse las praderas de *Cymodocea* o *Posidonia* (o hasta los 20-30 m cuando no hay fanerógamas marinas). Son típicas de esta comunidad la fauna de moluscos, crustáceos, equinodermos y peces, con presencia de pocos organismos suspensívoros.

Comunidad de arenas fangosas de zonas calmas

Se desarrolla fundamentalmente en el infralitoral superior, pudiendo aparecer también a más profundidad. Está constituida por un sedimento fangoso-arenoso, es decir, son zonas de bajo hidrodinamismo o con alto aporte de limos de origen terrígeno. Esta biocenosis es mucho más pobre que la que aparece en los sustratos no fangosos. Entre la flora destaca la presencia de *Caulerpa prolifera* y de *Cymodocea nodosa*. Respecto a la fauna, moluscos y poliquetos son abundantes, con presencia de crustáceos, equinodermos, y peces. Los filtradores son poco abundantes.

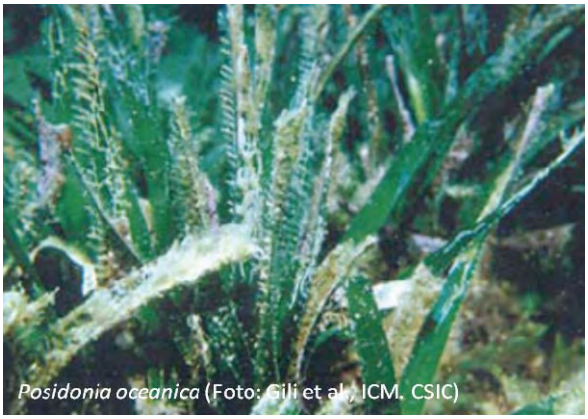
Comunidad de pradera de Cymodocea

Se caracteriza por la dominancia de la fanerógama *Cymodocea nodosa.* Se instala sobre arenas finas o fangosas. Estas praderas pueden ser monoespecíficas (con *C. nodosa* como única especie estructural), o mixtas (con la especie principal acompañada por la fanerógama *Zostera noltii* y/o el clorófito *Caulerpa prolifera*). Sobre las hojas de *Cymodocea nodosa* es frecuente encontrar numerosos invertebrados (moluscos, equinodermos, etc.). Además, las praderas someras de *C. nodosa* son zonas muy favorables para el reclutamiento de numerosas especies ícticas litorales y albergan poblaciones de peces adultos como la agujilla o aguja de mar (*Syngnathus abaster*). Las praderas profundas de *C. nodosa* pueden encontrarse entre 15 y 35 m de profundidad sobre fondos arenosos en zonas donde, por fuerte hidrodinamismo o inestabilidad del fondo, las praderas de *P. oceanica* no pueden desarrollarse.


Cymodocea nodosa (Foto: Gili et al., ICM. CSIC)

Comunidad de pradera de Posidonia

Se instala sobre fondos arenosos, pero puede hacerlo también sobre roca, extendiéndose desde los 0 m a los 40 m de profundidad. Es una comunidad muy característica del litoral mediterráneo. La especie que da nombre a esta comunidad es la fanerógama *Posidonia oceanica*, su extensión a lo largo del litoral mediterráneo español es considerable y juegan un importante papel como productores primarios, además de como fijadores del sustrato y lugar de cría y refugio para numerosas especies animales. Es, al igual que el coralígeno, una biocenosis clímax en el Mediterráneo. Su desarrollo se da en aquellas zonas en que las aguas estén limpias, oxigenadas, no contaminadas, y además requiere condiciones de temperatura y salinidad estables, poco hidrodinamismo y un sustrato adecuado para el desarrollo de las plántulas. Además de numerosas especies de algas que se instalan en las praderas de *Posidonia*, esponjas, cnidarios, briozoos, ascidias, así como equinodermos, moluscos, crustáceos y poliquetos, forman la comunidad que acompaña a la especie que da nombre a la misma. La fauna íctica es así mismo muy abundante.


Posidonia oceanica (Foto: Gili et al., ICM. CSIC)

Zona circalitoral

Comunidad de fondos detríticos costeros

Se trata de fondos de sustrato blando, con sedimentos de origen mezclado, terrígeno y biogénico. Se extienden desde el final de la pradera de *Posidonia*, la biocenosis de arenas bien calibradas, la del precoralígeno o la del coralígeno, hasta profundidades de 100 m o más. Varias especies de algas están presentes en esta comunidad y también esponjas, cnidarios, moluscos, briozoos, ascidias, así como crustáceos, equinodermos, poliquetos y diversas especies de peces. La comunidad presenta una mayor o menor riqueza de especies dependiendo de la estructura del detrítico.

Comunidad de fondos detríticos enfangados

Se desarrolla en fondos detríticos enfangados debido a los aportes terrígenos de ríos. La composición de este sedimento puede ser desde arena muy fangosa a fango compacto, aunque siempre presenta una proporción de gravas o cascajo. Es una comunidad mucho más pobre que la anterior, y aunque aparecen varios grupos (moluscos, poliquetos, crustáceos, equinodermos, ascidias, cnidarios o peces), presenta una baja diversidad específica.

3.1.2.2. Sustratos rocosos

Los sustratos rocosos son mucho más escasos y presentan una gran estabilidad en comparación con los fondos blandos. La competencia por el espacio en este tipo de fondos es muy elevada y, en general, la presencia de un fondo rocoso supone una cobertura casi en continuo de organismos sobre el sustrato. La gran diversidad de orografías de este tipo de sustratos ofrece una gran diversidad de nichos en los que se instala una elevada diversidad de especies, creando así numerosos hábitats para las especies epibentónicas. En relación a la profundidad, las comunidades de fondos rocosos más someras están dominadas por la cobertura algal (fotófilas), mientras que las de zonas más profundas están dominadas por comunidades esciáfilas en las cuales predominan los animales.

Las comunidades de fondos rocosos se pueden clasificar en base a la profundidad. Esta clasificación, muy simplificada, se basa en la establecida por Peres y Picard (1964).

Zona supralitoral

Esta zona es semejante para todo el litoral Mediterráneo de características rocosas.

Comunidad de roca supralitoral

Zona permanentemente emergida, sometida a fuerte insolación y poca humectación. En esta zona aparecen diferentes especies de moluscos (p. ej. *Littorina punctata*, *L. neritoides, Patella rustica* o *P. ferruginea*) y crustáceos (p. ej. *Pachigrapsus marmoratus* o *Chthamalus depressus*).

Zona mediolitoral

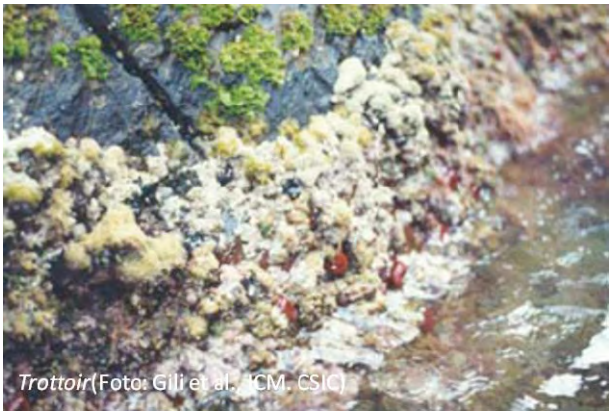
Dada la muy reducida amplitud de mareas del Mediterráneo, esta zona es muy limitada espacialmente. Estas comunidades son marcadamente estacionales.

Comunidad de la roca mediolitoral superior

Estas comunidades presentan una especial resistencia a la desecación. Están caracterizadas por la presencia de algunas especies de algas (p. ej. *Nemalion helmintoides* y *Rissoella verruculosa*), así como por moluscos (p. ej. *P. rustica* y *P. ferruginea, L. punctata* y *L. neritoides*) y crustáceos (*C. stellatus* y *Pachygrapsus marmoratus*).

La degradación de estas comunidades por contaminación da lugar a una sustitución de especies, donde aparecen algas como *Bangia atropurpurea* y *P. leucostatica*, y pueden llegar a desaparecer todas las especies características de la zona siendo sustituidas por algas cianofíceas.

Comunidad de la roca mediolitoral inferior


Trottoir (Foto: Gili et al., ICM. CSIC)

Esta comunidad presenta una alta diversidad de especies, especialmente de algas. Las especies dominantes varían según las características de la zona y del sustrato. *Lythophyllum lichenoides*, por ejemplo, es típica de las formaciones rocosas de "trottoir" en la costa catalana. En lo que respecta a la composición faunística, diversas especies de moluscos, cnidarios (p. ej. *Actinia equina*), y crustáceos, abundan en estas comunidades.

Zona infralitoral

Esta zona se extiende hasta los 35-40 m de profundidad. Las condiciones ambientales son más constantes que las de las comunidades previamente descritas y albergan una elevada diversidad. La dominancia algal sigue siendo marcada, dado que la profundidad de esta zona permite la penetración de la radiación solar, siendo esta la que define en buena parte las comunidades que se relacionan a continuación.

Comunidad fotófila de la roca infralitoral de zonas batidas:

Aparece en los primeros centímetros por debajo del nivel del mar, en zonas con alta irradiación y expuestas a un elevado hidrodinamismo. Esta comunidad es en realidad una continuación de la comunidad mediolitoral y es el mayor porte de algunas especies de algas lo que las diferencia. Estas comunidades están constituidas por numerosas especies de algas,

dominando unas especies u otras según las condiciones ambientales de las zonas. Dentro de las algas se pueden mencionar *Cystoseira mediterranea, Hypnea musciformis, Lithophyllum incrustans*.

En lo que respecta a la fauna, esponjas (como *Clathrina coriacea*), cnidarios (*como Aiptasia diaphana*), moluscos (como *Mytilus galloprovincialis* o *Dendroponoma petreum*) y crustáceos (como *Eriphia verrucosa* o *Balanus perforatus*) están presentes en estas comunidades.

Al igual que se mencionó anteriormente, la contaminación puede afectar dramáticamente a estas comunidades, llevando a que las especies que las componen se vean sustituidas por algas como *Corallina elongata*, y dominadas tan solo por *M. galloprovinciales* y *B. perforatus*.

Comunidades dominadas por vermétidos

Están constituidas por los tubos calcáreos de *Dendropoma petraeum*. Estas estructuras tubiformes se consolidan gracias a la presencia de rodofíceas incrustantes. Son características de zonas de roca batida, y en áreas no contaminadas pueden alcanzar los 10 cm de grosor. Estas comunidades necesitan aguas cálidas para desarrollarse por lo que son típicas del sureste Peninsular y del mar Balear.

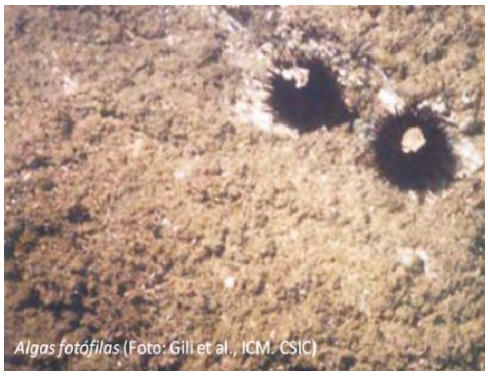
Comunidad de algas esciáfilas infralitorales de zonas batidas

Se desarrollan en zonas de baja irradiación y expuestas al oleaje. Algas como *Cladophora pellucida* y *Valonia utricularis*, aparecen en estas comunidades. En lo que se refiere a la fauna se encuentran, cnidarios como *Sertularella ellisi* o *Clavularia ochracea*, moluscos como *Lithophaga litophaga* y *M. galloprovincialis*, crustáceos como *B. perforatus,* briozoos como *Turbicellepora magnicostata* y ascidias como *Pseudodistoma cyrnusense.*

En este tipo de comunidades la contaminación puede llevar a la desaparición casi total del componente algal, y al dominio de especies de moluscos, briozoos, crustáceos y ascidias especialmente resistentes (entre ellas las especies mencionadas anteriormente, excepto en el caso de la ascidia, pues se trataría de especies del género Diplosoma, más resistentes a perturbaciones).

Comunidad de algas fotófilas infralitorales de zonas calmas

Se desarrolla sobre la roca o sobre sedimentos consolidados, bien iluminados y que no experimentan fuerte hidrodinamismo. Si bien precisan de elevada irradiancia, las zonas mediterráneas con aguas transparentes pueden permitir que estas algas se desarrollen hasta los 30 m de profundidad. Es una de las comunidades más extendidas en las costas rocosas mediterráneas,


Algas fotófilas (Foto: Gili et al., ICM. CSIC)

muy dominada por el componente vegetal. Más de 30 especies de algas son características de este tipo de comunidades, y a partir de cierta profundidad se puede incluso hablar de *facies*, dominadas por unas u otras especies de algas.

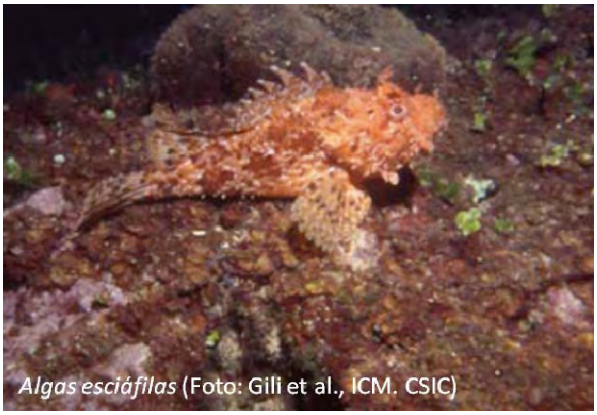
Esponjas, cnidarios, nemertinos, moluscos, poliquetos, crustáceos, briozoos, equinodermos, ascidias y una elevada diversidad de peces, caracterizan estas ricas y variadas comunidades.

Como en los casos anteriores, la contaminación merma dramáticamente la composición específica de estas comunidades, dando lugar a formaciones dominadas por unas pocas especies de algas, o por formaciones organógenas a base de briozoos, moluscos, poliquetos o crustáceos.

Comunidad de rodofíceas calcáreas incrustantes y erizos

Aparecen en las superficies rocosas y acantilados, llegando a formar una banda de mayor o menor amplitud entre la biocenosis fotófila de la roca infralitoral de zonas batidas y la de algas fotófilas infralitorales de zonas calmas. Algas, esponjas, cnidarios, moluscos, crustáceos, briozoos, equinodermos y ascidias forman parte de esta biocenosis.

Comunidad de precoralígeno o de algas esciáfilas de zonas calmas


Algas esciáfilas (Foto: Gili et al., ICM. CSIC)

Esta comunidad se desarrolla en fondos protegidos de iluminación directa, aprovechando la configuración de las formaciones rocosas, o la profundidad; sin embargo siempre aparece en zonas donde la iluminación no sea excesivamente escasa. Esta comunidad es la precursora del coralígeno mediterráneo. Además de varias especies de algas, la fauna de esponjas y cnidarios es muy dominante, y en general la fauna de organismos suspensívoros. Son también abundantes los moluscos, poliquetos, crustáceos, briozoos, equinodermos, ascidias y peces. Están así mismo representados los platelmintos y equiuroideos. Como en los casos anteriores, la contaminación da lugar a una elevada pérdida de biodiversidad.

Zona circalitoral

En esta zona la iluminación disminuye, así como el hidrodinamismo (con excepción de las fuertes corrientes). Bajo estas condiciones muchas algas desaparecen, aumentando la presencia de algas calcáreas y de las especies animales. El coralígeno es la comunidad que se instala en estas zonas, es una comunidad genuinamente mediterránea, que se desarrolla

fundamentalmente entre los 25 y 70 m de profundidad en la costa catalana principalmente y de los 40 m a 120 m en el sureste peninsular y en Baleares.

Comunidad de coralígeno o de algas esciáfilas circalitorales de zonas calmas

Coralígeno (Foto: Gili et al., ICM. CSIC)

Se trata de una estructura en la que los principales constructores son las algas calcáreas, siendo los organismos dominantes, tanto en especies como en biomasa, los organismos suspensívoros. El coralígeno bien desarrollado puede presentar una estratificación, con un estrato elevado o erecto, formado por grandes gorgonias y esponjas erectas, un estrato intermedio, formado por grandes colonias de briozoos, esponjas, ascidias, hidrozoos y poliquetos, y un estrato inferior formado sobre todo por algas calcáreas, briozoos, esponjas y madreporarios. Aprovechando los huecos entre las formaciones rocosas, las algas incrustantes y el resto de organismos, se instala una abundante fauna epífita y endobionte. La fauna móvil también encuentra en este bosque refugio y alimento. Son más de 15 las especies de algas típicas del coralígeno, siendo muy numerosas las especies de esponjas y cnidarios presentes. También están bien representados grupos como los briozoos, las ascididas, los moluscos, los crustáceos, los equinodermos, los poliquetos, los platelmintos y los equiúridos, siendo muy abundante la fauna íctica. Como en los casos anteriores, la degradación de esta comunidad conlleva una elevada pérdida de biodiversidad.

Comunidad de grutas semioscuras y extraplomos

Se desarrolla en grietas y extraplomos, cuevas o túneles, donde la luz está muy amortiguada. El componente algal está muy reducido o es nulo. Muchas de las especies de esta comunidad forman parte del estrato intermedio de la comunidad coralígena. Las especies de algas son muy poco abundantes, y dominan los mismos grupos zoológicos mencionados para la comunidad anterior, quizá con una mayor dominancia de esponjas y cnidarios.

Invertebrados Marinos Mediterráneos

La denominación de “Invertebrados Marinos Mediterráneos” engloba numerosos grupos de animales que siguen una clasificación taxonómica compleja. La diversidad de los invertebrados marinos del entorno mediterráneo es enorme. El 96 % de las especies marinas son invertebrados, y el 28 % de los invertebrados marinos hallados en el Mediterráneo son especies endémicas. Los principales fila en los que se agrupan los invertebrados marinos

mediterráneos son poríferos, cnidarios, ctenóforos, platelmintos, nemertinos, moluscos, crustáceos, anélidos y equinodermos. En el Mediterráneo se pueden encontrar unas 600 especies de esponjas, 450 de cnidarios, 500 de briozoos, 777 de anélidos, 1.376 de moluscos, 1.935 de artrópodos, 143 de equinodermos, 244 de tunicados y unas 550 especies de otros invertebrados.

Hasta hace relativamente poco tiempo, se consideraba a los invertebrados marinos como grupos menores y carentes de importancia. Sin embargo, hoy en día, se están utilizando a los invertebrados como indicadores no solo de sustratos sino también de comunidades.

A continuación, a partir de la revisión de la información procedente de estudios de la pesquería de arrastre demersal y de estudios específicos y del ecosistema Balear, se caracterizan los invertebrados más importantes presentes en las comunidades macrobénticas del mar Balear.

Poríferos

Los poríferos o esponjas son especies ingenieras de ecosistemas. Al igual que los corales registran presiones, como cambios climáticos, la contaminación y la pesca. La lista de especies presentes en el mar Balear es muy amplia, llegando a rozar la centena. Las especies que se han utilizado como indicadores del estado del ecosistema se presentan en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Lista de especies utilizadas como indicadores del ecosistema en el mar Balear.

GRUPO	Especie	Rango batimétrico
Demospongiae	*Spongia officinalis*	
	Petrosia ficiformis	
	Cacospongia spp.	
	Ircina spp.	
	Hippospongia communis	

Cnidarios

Dentro de los cnidarios, el grupo más importante que forma parte de las comunidades macrobénticas son los *Antozoa,* que incluye los corales verdaderos, anémonas y plumas de mar. Los corales también son consideradas especies ingenieras de ecosistemas, es decir, que pueden crear y modificar hábitats.

La respuesta de los corales a cambios climáticos ha sido registrada en el Mediterráneo Noroccidental con eventos de aumento de mortalidad como el ocurrido en el año 2003 cuando se produjo una ola de calor excepcional (Garrabou *et al*., 2009). En las islas Baleares

el impacto fue intermedio entre el impacto más elevado en el Golfo de Nápoles y el menor en la costa catalana, si bien el rango batimétrico afectado fue superior al resto de áreas, alcanzando hasta los 40 m de profundidad, en los que se detectaron necrosis en las colonias de gorgonias. Los episodios de mortalidad de gorgonias se han ido repitiendo en el Mediterráneo a lo largo del tiempo, habiéndose registrado tales eventos al menos durante los últimos 20 años. En la Tabla 3.2 están recogidas las principales especies de gorgonias del mar Balear.

El coral rojo (*Corallium rubrum*, Cuvier 1758) vive exclusivamente sobre sustratos rocosos. La importancia del coral rojo está reconocida internacionalmente, con su inclusión en la Directiva Hábitats, en su Anexo V y en el Convenio de Barcelona, en su Anexo III; ambos recogen la necesidad de controlar su explotación, pero también en el Convenio de Berna, en su Anexo III, que lo califica como especie en peligro. Además, OCEANA y otras organizaciones científicas y conservacionistas han vuelto a respaldar su inclusión en el Apéndice II de CITES, para regular su comercio internacional. OCEANA considera que tanto esta especie como el resto de especies de la Familia Corallidea, a la que pertenece, han sufrido y sufren una fuerte explotación en el Mediterráneo, hecho que ha puesto sus poblaciones en riesgo. Por ello, su explotación debe ser prohibida en líneas generales en las aguas de las islas Baleares.

Tabla 3.2. Lista de especies de corales (Gorgonias) utilizadas como indicadores del ecosistema en el mar Balear.

Grupo	Especie	Rango batimétrico (m)
Gorgonacea	*Paramuricea clavata*	30-40
	Eunicella cavolinii	-
	Eunicella sigularis	15-20
	Eunicella verrucosa	
	Leptogorgia sarmentosa	
	Corallium rubrum	-

La proliferación masiva de medusas es un fenómeno que últimamente se viene observando en el Mediterráneo y que es necesario destacar. Las medusas también se conocen como celentéreos aunque pertenecen al filum de los cnidarios y dentro de este, la mayoría pertenecen a la clase Scyphozoa. En la actualidad, debido a factores diversos tales como el aumento de contaminación de origen antropogénico o el calentamiento del Mediterráneo, se ha observado una proliferación preocupante de estos organismos a lo largo de todo el litoral mediterráneo. Son numerosas las especies de medusas, tanto en el mar Mediterráneo como en mares interiores (Mar Menor), que han aumentado sus poblaciones y su ámbito de distribución de forma considerable. Se pueden observar como especies masivas en el Mar Menor las especies *Rhizostoma pulmo* y *Cothylorhiza tuberculata*, y en los últimos años

también está apareciendo en abundantes bancos la conocida medusa “clavel” (*Pelagia noctiluca*) en las costas de Mallorca.

También ha destacado recientemente la especie de la clase Cubozoa, *Carybdea marsupialis* (cubomedusa), en las costas mediterráneas, como responsable de múltiples picaduras a bañistas, y el hidrozoo *Physalia physalis*, conocido como Carabela portuguesa, que aunque no es muy abundante, presenta una picadura que puede llegar a ser mortal, distribuyéndose en aguas tropicales y subtropicales del Pacífico, el Índico y el Caribe.

Moluscos

En el Mediterráneo se encuentra un gran número de especies de moluscos, citándose en el mar Balear un centenar, aunque probablemente la lista sea mayor. Algunas de ellas, como la nacra, son especies altamente sensibles e indicadoras del estado ambiental del ecosistema.

La nacra común (*Pinna Nobilis*, Linnaeus 1758) es una de las especies de bivalvo de mayor tamaño endémica del Mediterráneo. Esta especie habita las praderas de *Posidonia* y sus poblaciones se encuentran en regresión, siendo objeto de una normativa de protección de la Comunidad Europea (92/43/EEC). La disminución de esta especie se debe a factores de impacto antrópico y al efecto de la interacción con la especie invasora congenérica *P. oceanica*. Los estudios más recientes confirman la estrecha relación entre la disminución de las praderas de *Posidonia* y esta especie (Hendriks *et al*., 2010).

En las últimas décadas, se han identificado un total de 59 especies de moluscos cefalópodos, de las cuales una decena son explotadas.

Crustáceos

Durante las últimas décadas, se han identificado un total de 115 especies de crustáceos decápodos en los fondos marinos entre 50 y 800 m de profundidad del Mediterráneo Occidental. De estas especies, 108 corresponden a crustáceos decápodos: 12 *Dendrobranchiata*, 26 *Caridea*, 1 *Stenopoidea*, 1 *Erionacidea*, 4 *Palinuridea*, 2 *Nephropidea*, 2 *Thalissinedea*, 19 *Anomura* y 42 *Brachyura*, y además, 4 estomatópodos que forman un orden aparte.

Existen especies en el Mediterráneo Occidental que son escasas o ausentes en el entorno Balear, como es el caso de la galera (*Squilla mantis*, Linnaeus 1758), un estomatópodo bentónico de alto interés comercial y que se localiza sobre todo en la desembocadura de los ríos de las costas mediterráneas peninsulares.

Por otro lado, cabe destacar que en las últimas décadas se han producido extinciones, como la de la centolla (*Maja squinado*), especie litoral que en la actualidad es objeto de un proyecto de reintroducción, o la del carabinero (*Aristaeomorpha foliácea*), especie del talud

prácticamente extinguida y del que solo se capturan ejemplares aislados, cuando en el inicio de la pesquería de talud era la especie más abundante en las capturas.

Equinodermos

Este grupo de invertebrados se encuentra representado en el mar Balear por al menos 50 especies que incluyen: los lirios de mar (*Crinoidea*), las estrellas de mar (*Asteroidea*), las ofiuras (*Ophiuroidea*), los erizos (*Equinoidea*) y las holoturias (*Holoturoidea*).

De las nueve especies de erizos que se encuentran en el Mediterráneo, las más abundantes son: el erizo negro (*Arbacia lixula*, Linnaesu 1758), el erizo violeta (*Sphaerechinus granularis*, Lamarck, 1816) y el erizo común (*Paracentrotus lividus*, Lamarck 1816). En Baleares no se explotan comercialmente estas especies, siendo la única especie que se comercializa la holoturia *Stichopus regalis*, Cuvier 1817, conocida con el nombre de "morena bamba", aunque sus capturas son pequeñas (Tabla 3.3). No existen estudios del estado de las poblaciones de erizos en las Baleares, pero estudios llevados a cabo en la costa catalana muestran cómo en ciertas zonas las densidades son menores que en otras, relacionándose dichas disminuciones con la captura recreativa. En las islas Baleares, la captura recreativa parece tener poca importancia, aunque faltan estudios para evaluarla.

Tabla 3.3. Lista de especies de Equinodermos comerciales y su rango batimétrico.

Grupo	Especie	Rango batimétrico (m)
Stichopodidae	*S. regalis*	53-686

Otros grupos

Las comunidades de invertebrados marinos de anélidos, poliquetos y braquiópodos han sido poco estudiados y falta información para conocer su papel y funcionamiento en el ecosistema Balear.

3.1.3. Hábitats protegidos

La Demarcación Levantino-Balear incluye alrededor de 131.500 ha de superficie marina protegida sin contar con la extensión contemplada en las Reservas Marinas de Pesca, tal y como se desprende del "Anuario EUROPARC-España del estado de los espacios naturales protegidos, 2009" (EUROPARC-España, 2010).

La mayoría de las zonas protegidas son costeras o están en la plataforma somera (sin rebasar los 100 m de profundidad), debido a que el conocimiento de las zonas profundas del Mediterráneo español es muy escaso. Sin embargo, la plataforma profunda y el cañón submarino de Cap de Creus son una excepción dado que se vienen desarrollando

investigaciones en la zona desde hace siete años (ICM-CSIC). Actualmente, en el marco del proyecto INDEMARES, se están investigando varias zonas de plataforma profunda: el canal de Mallorca-Menorca (ICM-CSIC e IEO), el Seco de los Olivos o Banco de Chella (OCEANA) y las montañas del mar de Alborán (Secretaría General del Mar). Dentro del proyecto INDEMARES también se está investigando la zona del Delta del Ebro y las islas Columbretes.

Por otro lado, cabe destacar que en esta Demarcación se encuentra el mejor ejemplo de ecosistemas insulares no alterados del Mediterráneo español, el Parque Nacional Marítimo-Terrestre del Archipiélago de Cabrera (Islas Baleares), el cual cuenta con 8.703 ha marinas (www.reddeparquesnacionales.mma.es). Y también hay que mencionar el Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar, al sur de la Demarcación, que es uno de los espacios protegidos que cuenta con más figuras de protección: Parque Natural, Reserva de la Biosfera de la UNESCO, parte de sus fondos marinos están declarados como Zona de Especial Importancia para el Mediterráneo (ZEPIM) por el Convenio de Barcelona, Lista de Humedales de Importancia Internacional según el Convenio RAMSAR y también incluye LIC y ZEPA de la Red Natura 2000.

Además de figuras de Espacios Naturales Protegidos (ENP), en esta Demarcación también se ha llevado y se lleva a cabo la protección de los hábitats marinos a través de las Reservas Marinas de Interés Pesquero (RMIP), de esta forma, en la zona de la Demarcación Levantino-Balear se incluyen seis de las diez Reservas Marinas de competencia estatal que fueron declaradas por la Ley 3/2001, de Pesca Marítima del Estado (Tabla 3.4).

Tabla 3.4. Superficie total (ha) de las Reservas Marinas de Interés Pesquero de ámbito estatal presentes en la Demarcación Levantino-Balear. Fuente: elaboración a partir de datos del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.

Reserva Marina de Interés Pesquero	Superficie Total (ha)
Cabo de Gata	4.653
Cabo de Palos-Islas Hormigas	1.931
Isla de Tabarca	1.754
Cala Ratjada	11.286
Islas Columbretes	5.543
Masía Blanca	457

En el Anexo I se presenta el listado de todos los hábitats protegidos, descritos en el mar Balear, incluidos en el Convenio de Barcelona. Además de los hábitats incluidos en el Anexo I, es necesario mencionar que existen otras comunidades bentónicas con escasa o desconocida distribución en el mar Balear, que también deberían incluirse en un inventario definitivo, ya que son prioritarias para su conservación, como son: facies de vermétidos

(mediolitoral e infralitoral), facies de grandes briozoos, facies de gorgonias, biocenosis de cuevas (grutas de cuevas de oscuridad total) y facies de *Corallium rubrum.*

3.2. Especies

3.2.1. Fitoplancton y zooplancton

La comunidad fitoplanctónica de la Demarcación Levantino-Balear aparece dominada por diatomeas, que suponen el 55 % de la diversidad con 143 especies, seguidas por dinoflagelados, con un 28 % y 63 taxa, y cocolitofóridos, con el 14 % y 33 taxa. Los grupos representados por un menor número de especies fueron *Chrysophyceae* con 6 (2,5 %) y *Eustigmatophyceae* y *Euglenophyceae* ambas con 1 (0,4 %).

La composición del zooplancton del noroeste del mar Alborán muestra una dominancia de copépodos y cladóceros, siendo el plancton gelatinoso (apendicularias, sifonóforos y doliólidos) los que ocupan el tercer lugar en abundancia (Souza *et al.*, 2007). Existe una estacionalidad con predominio de copépodos en invierno primavera y otoño y de cladóceros en verano. El incremento de la concentración de este último grupo es notable, pasa de un 3 % en primavera a un 45 % en verano, debido principalmente a la proliferación de la especie *Penillia arvirostris* y del genero *Podom sp*., desplazando a los copépodos a un segundo lugar.

3.2.3. Peces

3.2.3.1. Peces pelágicos

Las poblaciones de peces pelágicos que habitan las aguas de la Demarcación Levantino-Balear se encuentran fuertemente influenciadas por las descargas de ríos como el Ebro en la región de Tramuntana y el Ródano en el Golfo de León, y la Corriente del Norte (NC), un frente ciclónico que se desplaza a lo largo de la plataforma en dirección norte-sur (Font *et al*. 1988; Millot, 1999) (Figura 3.3).

Desde el punto de vista ecológico y también con respecto a la actividad pesquera, los peces pelágicos se pueden dividir en tres grandes grupos: pelágicos pequeños, pelágicos medianos y grandes migratorios (Bas, 1995).

La comunidad pelágica detectada mediante el uso de ecosondas científicas en la plataforma continental de la zona Levantina-Balear, está compuesta por nueve especies pelágicas costeras, principalmente pequeños y medianos pelágicos, como la sardina, la anchoa, el jurel mediterráneo (*Trachurus mediterraneus*), la boga (*Boops boops*), la alacha (*Sardinella aurita*), el tonino (*Scomber colias*), el jurel atlántico (*Trachurus trachurus*), el jurel azul

(*Trachurus picturatus*) y la caballa (*Scomber scombrus*). Todas ellas forman bancos o agrupaciones características durante el día, cerca del fondo, y por la noche llevan a cabo una migración vertical hacia la superficie, dispersándose, mezclándose entre ellas y formando capas.

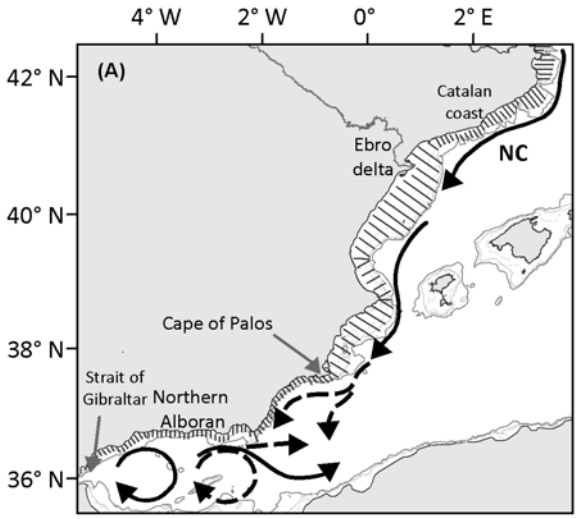


Figura 3.3. Corriente del Norte (North Current: NC).

Otras especies, como la bacaladilla (*Micromesistius poutassou*) o los peces linterna (*Lampanyctus crocodilus*, *Myctophum punctatum*, *Maurolicus muelleri* y *Ceratoscopelus maderensis*), aparecen frecuentemente al final de la plataforma continental o al comienzo del talud, formando capas o agregaciones muy características y densas.

Por lo que respecta a las diferentes regiones mencionadas, los clupeiformes, como la sardina, anchoa y alacha, son más abundantes en la zona de Tramuntana, mientras que el Golfo de Vera es una zona en la que predominan los perciformes como los jureles y los escómbridos, principalmente toninos, siendo esta última una zona pobre en densidad de pelágicos. La zona intermedia entre Tramuntana y Golfo de Vera, es una zona de transición, en la que abundan la sardina, la boga y el jurel mediterráneo. La abundancia de unas y otras varía de un año a otro dependiendo del éxito de la puesta y reclutamiento, característica ésta típica de los pequeños pelágicos. La caballa aparece puntualmente y en pequeñas cantidades.

3.2.3.2. Peces bentónicos y demersales

Una asociación es un conjunto de especies cuya distribución, en el espacio y en el tiempo, se solapa en un área determinada, es decir, comparten un mismo hábitat o un mismo rango batimétrico. A menudo, estas asociaciones se denominan también comunidades. Entre los

trabajos que se refieren a las comunidades de peces del Mediterráneo español, se pueden citar los de Massutí *et al*. (1996), Moranta *et al*. (1998, 2000) y Massutí y Reñones (2005) sobre las comunidades demersales de las islas Baleares; los de Stefanescu *et al*. (1994) y Demestre *et al*. (2000) en la plataforma y talud de Cataluña, y Fernandez y García Rodríguez (2004) en el Golfo de Alicante, mientras que las especies que habitan zonas profundas, por debajo de los 1000 m, han sido objeto de estudio por parte de Stefanescu *et al.* (1993) en Cataluña.

Sin embargo, los estudios centrados en las asociaciones demersales, considerándolas en su conjunto, sin limitarse a una comunidad o a una taxocenosis concreta, considerando el conjunto de especies, tanto peces como crustáceos, cefalópodos y otros invertebrados (englobando así la relación entre los invertebrados epibénticos y los peces demersales), son más escasos tanto en el Mediterráneo Occidental (Gaetner, 1999; 2002; Biagi *et al*., 2002; Colloca *et al*., 2003;) como en el litoral español (Sardà *et al.*, 2004; Massutí y Reñones, 2005).

En el Mediterráneo español, se pueden distinguir claramente dos áreas biogeográficas, separadas por el cabo de Palos: el mar de Alborán, al sur del cabo y la zona de Levante-Cataluña hacia el noreste (Abelló *et al.*, 2002). Por otra parte, Gaetner (2005), también identifica estas áreas incorporando en el norte una tercera, el Golfo de León. Esta zona intermedia, entre cabo de Palos y el Golfo de León, ha sido la zona de estudio, y es equivalente a la subárea geográfica 6 (GSA06) establecida por la Comisión General de Pesca para el Mediterráneo (CGPM).

El área seleccionada está sometida a una elevada intensidad de pesca, ejercida principalmente por las flotas de arrastre. En los últimos años, el número de embarcaciones de pesca de arrastre en la zona ha disminuido progresivamente, pasando de 810 arrastreros en 1998 a 510 que se contabilizaron en 2009, repartidos de manera similar entre la zona de Cataluña (298) y la de Levante (269). Esta situación, mantenida a lo largo del tiempo, ha podido implicar algunos cambios estructurales en las asociaciones demersales presentes en la zona.

Asociaciones demersales

En la zona comprendida entre el cabo de Palos y el cabo de Creus, las campañas de arrastre de fondo han consignado 386 especies, de las que los peces son el grupo con mayor representación (153), seguido de los crustáceos (91), moluscos (69), equinodermos (35) y otros (38). Las asociaciones identificadas están dominadas por los peces, mayoritariamente en la plataforma, donde también aparecen cefalópodos como *A. media* e *I. coindetii*, y crustáceos como *L. depurator* y *D. arrosor*. En el talud superior comienza a aparecer un mayor número de especies de crustáceos, como *P. heterocarpus*, *M. tuberculatus* y *N. norvegicus*, siendo en el talud medio donde los crustáceos tienen una importante

contribución a la estructura de la asociación, tanto en número de especies como de abundancia. En general, la contribución de los condrictios a las asociaciones establecidas es muy escasa, salvo el caso de *S. canicula* y *Etmopterus spinax* en el estrato mas profundo.

Las especies que muestran mayores abundancias promedio son *Micromesistius poutassou*, *Glossanodon leioglosus*, *Gadiculus argenteus*, *Spicara maena* y *Capros aper* entre los peces, *Plesionika heterocarpus*, *Pasiphaea sivado* y *Aristeus antennatus* entre los crustáceos y *Alloteuthis media* entre los cefalópodos. Además, algas de las familias Corallinaceae y Rodophiceae también muestran abundancias elevadas en algunas zonas. Por su frecuencia de aparición, *Merluccius merluccius* (90 %) es la especie que aparece en más muestras, seguida de *Boops boops*, *Capros aper* y *Mullus barbatus* con un 60 % de frecuencia. Los cefalópodos *Illex coindetii*, *Alloteuthis media* y *Eledone cirrhosa*, así como el crustáceo *Liocarcinus depurator* y el equinodermo *Astropecten irregularis*, también superan el 60 % de frecuencia de aparición.

Se han identificado seis asociaciones, cuya distribución está claramente influenciada por la profundidad, y que definen las asociaciones de la plataforma continental superior y media, borde de talud y del talud superior y medio de la zona. Esta estructuración de las asociaciones, que tienen como base la influencia de la profundidad, ha sido observada en otras ocasiones en el Mediterráneo.

- Las asociaciones de plataforma superior (profundidad media = 75 m) se caracterizan por la presencia de *Boops boops*, *Mullus barbatus*, *Merluccius merluccius*, *Spicara flexuosa* y *Serranus hepatus* entre los peces; *Alloteuthis media*, *Illex coindetii* y *Octopus vulgaris* entre los cefalópodos; *Dardanus arrosor* y *Liocarcinus depurator* entre los crustáceos, y *Astropecten irregularis* y *Stichopus regalis* entre los equinodermos.
- En la plataforma intermedia (profundidad media = 128 m) existe dominancia de especies como *M. merluccius*, *Capros aper*, *Trisopterus minutus*, *M. barbatus*, *Micromesistius poutassou* entre los peces óseos y *Scyliorhynus canicula* entre los condrictios; *I. coindetii*, *A. media* y *Eledone cirrhosa* entre los cefalópodos; *L. depurator* y *Macropodia tenuirrostris* entre los crustáceos y *A. irregularis* y *S. regalis* entre los equinodermos.
- En el borde del talud (profunidad media = 170 m), especies de peces como *M. merluccius*, *S. canicula*, *C. aper* y *Lophius budegassa*; los cefalópodos *E. cirrhosa* y *A. media*; los crustáceos *Macropipus tuberculatus* y *D. arrosor*; *y* los equinodermos *Echinus acutus* y *Cidaris cidaris*.
- En el talud superior (profundidad media = 305 m), aparecen especies como *Gadiculus argenteus*, *M. poutassou*, *Phycis blennoides*, *S. canicula* y *Helicolenus dactylopterus*

entre los peces; *Plesionika heterocarpus*, *M. tuberculatus* y *Nephrops norvegicus* entre los crustáceos; *Sepietta oweniana* y *E. cirrhosa* entre los cefalópodos, y entre los equinodermos *A. irregularis*, con muy baja contribución.

- El talud intermedio (profundidad media = 595 m) se caracteriza por la presencia de peces como *Lampanictus crocrodilus*, *Galeus melastomus* y *P. blennoides*, presentando abundantes especies de crustáceos, como *Plesonika martia*, *Policheles typhlops*, *Pasiphaea multidentata*, *N. norvegicus* y *Aristeus antennatus* entre otros. Los cefalópodos están representados por *Todarodes sagitatus*.

Algunas de estas especies contribuyen apreciablemente a establecer la disimilaridad entre las asociaciones elegidas. De esta forma se puede observar que, en la plataforma superior, las especies que marcan la diferencia entre las dos asociaciones definidas para esta zona son *S. flexuosa*, *M. barbatus*, *Pagellus erythrinus*, *Diplodus annularis* y *Spicara smaris*. Las diferencias entre asociaciones de plataforma superior y plataforma media se basan en las mayores abundancias de especies como *C. aper*, *M. poutassou*, *S. canicula* e *I. coindetii*, mucho más abundantes en la plataforma media. A su vez, las diferencias de la plataforma media con el borde del talud residen en las mayores abundancias en el borde de talud de *S. canicula*, *A. irregularis*, *Aspitrigla cuculus*, *Echinus acutus*, *Lepidorhombus boscii*, *M. tuberculatus* y *H. dactylopterus*. La comparación de esta asociación con la del talud superior muestra que especies como *G. argenteus*, *M. poutassou*, *P. heterocarpus*, *P. blennoides*, *N. norvegicus*, *Plesionika giglioli*, *Solenocera membranacea*, *Munida intermedia* y *Pasiphaea sivado* diferencian la asociación del talud superior. Finalmente, la comparación entre las asociaciones del talud superior y las del talud medio, muestra mayores abundancias de *L. crocrodilus*, *P. martia*, *A. antennatus*, *P. multidentata* y *P. typhlops* en el talud medio.

En las islas Baleares, se observan algunas diferencias con las asociaciones de la Península. De un total de 352 especies catalogadas en campañas de prospección pesquera realizadas en las islas Baleares (153 peces, 55 crustáceos, 59 moluscos, 29 equinodermos y 56 especies pertenecientes a otros grupos taxonómicos, 115 correspondieron a especies demersales comerciales (83 peces, 19 crustáceos decápodos, 12 moluscos cefalópodos y 1 equinodermo holoturoideo). Estos grandes grupos taxonómicos presentan claras diferencias en su distribución batimétrica. Mientras que la abundancia de peces y cefalópodos es máxima en la plataforma continental y decrece a lo largo del gradiente batimétrico prospectado, la de crustáceos decápodos aumenta, siendo máxima en el talud. El único equinodermo de interés comercial, *Stichopus regalis*, presenta su máxima abundancia entre 100 y 200 m de profundidad.

Las asociaciones definidas están caracterizadas por las siguientes especies:

- Plataforma costera (entre 40 y 80 m): *Serranus cabrilla*, *Chelidonichtys lastoviza*, *Mullus surmuletus*, *Scorpaena notata*, *Scyliorhinus canicula*, *Trachinus draco*, *Mullus barbatus*, *Scorpaena scrofa*, *Spicara smaris* y *Octopus vulgaris*,
- Plataforma media (entre 80 y 150 m): *Lepidotrigla cavillone*, *S. smaris*, *S. canicula*, *Merluccius merluccius*, *T. draco*, *Chelidonichthys cuculus*, *M. surmuletus*, *M. barbatus*, *Serranus cabrilla*, *Citharus linguatula*, *S. notata*, *Stichopus regalis* y *Alloteuthis media*,
- Margen plataforma (entre 150 y 250 m): *C. cuculus*, *S. canicula*, *M. merluccius*, *M. surmuletus*, *Lepidorhombus boscii*, *Phycis blennoides*, *Lophius budegassa*, *S. regalis*, *A. media*, *Macropipus tuberculatus* e *Illex coindetti*.
- Inicio talud (entre 250 y 450 m): *Chlorophtalmus agassizi*, *Galeus melastomus*, *Micromesistius poutassou*, *Helicolenus dactylopterus*, *P. blennoides*, *Plesionika heterocarpus*, *Parapenaeus longirostris*, *Plesionika gigliolii* y *Plesionika antigai*.
- Talud medio (entre 450 y 600 m): *Phycis blennoides*, *Plesionika martia* y *P. gigliolii*.
- Talud profundo (entre 600 y 800 m): *P. blennoides*, *Aristeus antennatus* y *P. martia*.

Las comunidades coralígenas y de maërl son muy características de la plataforma continental de las islas Baleares y pueden ser la causa de algunas diferencias observadas en la estructura de los recursos demersales costeros de la plataforma insular respecto a la peninsular (Massutí y Reñones, 2005). *M. surmuletus*, que muestra mayor preferencia por plataformas estrechas, con predominio de fondos carbonatados de rocas y gravas (Lombarte *et al*., 2000), es más abundante que *M. barbatus* en las islas Baleares. Por contra, *M. barbatus*, con mayor preferencia por plataformas extensas y fondos de fangos terrígenos (Lombarte *et al.,* 2000), más extendidos en el continente, predomina sobre *M. surmuletus* en la Península Ibérica (Tserpes *et al*., 2002). En las comunidades explotadas del talud de las islas Baleares también se observan algunas diferencias respecto al talud peninsular. El predominio de especies del género *Plesionika* en el talud insular podría estar relacionado con la ausencia de cañones submarinos en esta área.

En conclusión, la existencia de estas asociaciones demersales bien definidas y basadas en la profundidad, debe de ser considerada en futuros estudios de evaluación pesquera ya que facilita la aplicación de una gestión basada en un enfoque ecosistémico. El carácter multiespecífico de las pesquerías de arrastre del Mediterráneo, así como la alta diversidad observada, sugiere un estado saludable del Mediterráneo. Por el contrario, todas las asociaciones estudiadas presentan signos de alteración, lo que sugiere un moderado y persistente impacto de las actividades pesqueras en la estructura de dichas asociaciones. Desde el punto de vista de la gestión pesquera, es importante comprobar la estabilidad en el

tiempo y en el espacio de estas asociaciones sobre las cuales incide dicha actividad, ya que podrán ser útiles en la futura gestión de pesquerías multiespecíficas.

3.2.4. Mamíferos marinos

Los mamíferos marinos son animales con una gran movilidad geográfica. Las áreas de distribución de muchas especies se extienden sobre amplias regiones oceánicas, superando los límites de una sola demarcación. Aunque las características geológicas y oceanográficas de las demarcaciones condicionan la presencia de especies, su estatus debe considerarse en el contexto más amplio de las poblaciones biológicas a las que pertenecen.

La Demarcación Levantino-Balear, encuadrada en la región del Mar Mediterráneo, abarca la mayor parte de la costa mediterránea peninsular, el archipiélago balear y varias islas e islotes. La presencia de cetáceos en esta zona está relacionada con una plataforma continental estrecha, un talud surcado por cañones submarinos, y con la existencia de áreas locales de afloramiento.

En el pasado se documentó la presencia vestigial de ejemplares de foca monje. Se ha descrito la presencia de 19 especies de cetáceos (4 misticetos y 15 odontocetos), de las cuales 7 son más habituales. Las especies más frecuentes son el delfín listado y el mular. Otras especies comunes son el delfín común, el delfín gris, el calderón, los cachalotes y los rorcuales comunes. El conocimiento sobre las poblaciones de cetáceos proviene de los registros de los varamientos en las costas, observaciones en el mar y campañas sistemáticas de avistamiento.

Los delfines mular y común se observan tanto en la plataforma como más lejos de la costa. Las demás especies suelen aparecer a partir del talud continental. El delfín común es más frecuente en el litoral murciano. Algunas especies están presentes todo el año (mular, listados) mientras que otras sólo aparecen estacionalmente, reflejando un movimiento migratorio a lo largo de la costa (rorcual común). Las poblaciones de delfines mulares, comunes y listados son genéticamente diferentes a las del Atlántico y Mar de Alborán. La dieta de los delfines listados está constituida por cefalópodos y peces mictófidos. Los mulares se alimentan de distintas especies de peces (merluza, sardina, congrio) y cefalópodos (pulpo, sepia, calamar).

Los cetáceos compiten con el hombre por los recursos pesqueros. Las principales amenazas para su conservación son la urbanización de la costa y las actividades derivadas del desarrollo turístico, el tráfico marítimo (contaminación acústica, riesgo de colisiones), la contaminación química producida por los vertidos industriales y las capturas accidentales en algunas pesquerías. En las últimas décadas se produjeron varios episodios de epizootias que afectaron a las poblaciones mediterráneas de delfines listados y calderones.

3.2.5. Reptiles marinos

Los únicos reptiles marinos presentes en las aguas de la Demarcación Marina Levantino-Balear son las tortugas marinas. Actualmente viven siete especies de tortugas marinas, de las cuales tres han sido citadas en las aguas de esta demarcación: la tortuga boba (*Caretta caretta*), la tortuga verde (*Chelonia mydas*) y la tortuga laud (*Dermochelys coriacea*). De las tres, solo la tortuga boba y la tortuga verde se reproducen en el Mediterráneo, haciéndolo exclusivamente en la parte oriental, aunque se conocen desoves esporádicos de tortuga boba en la costa española.

Las tortugas marinas llegan al Mediterráneo atraídas por las altas temperaturas superficiales del mar y la abundancia de alimento presente, en su paso por las rutas migratorias atlánticas. La tortuga boba es la más abundante de las tres, en el Mediterráneo, y la que visita con más frecuencia las aguas de la Demarcación Levantino-Balear, presentando cierta preferencia por la zona del delta del Ebro (Cardona *et al*., 2009).

Actualmente las poblaciones de tortugas están en regresión y se sabe que sus principales amenazas son la captura accidental en anzuelos de la pesquería del palangre, la destrucción de sus hábitats de anidación, el comercio de productos de tortuga, las colisiones y el cambio climático. La captura accidental en anzuelos de palangreros es la principal amenaza en esta demarcación, estimándose que en el Mediterráneo español se capturan entre 2 y 3,5 tortugas por cada 1.000 anzuelos, lo que implica que algunos años se capturen unas 30.000 tortugas (www.tortugasmarinas.info). Para intentar remediar esta situación, se está realizando desde hace años un esfuerzo conjunto entre científicos y pescadores con el objetivo de reducir los efectos de la pesca sobre las poblaciones de tortugas marinas. El cambio del tipo de anzuelo, de los cebos o de la profundidad de pesca, se estima que podrían dar resultados muy positivos.

3.2.6. Aves marinas

Las aguas de la Demarcación Levantino-Balear tienen gran interés ya que en ellas está la única ave marina endémica de España, la pardela balear (*Puffinus mauretanicus*). También se puede observar la gaviota de Audouin (*Larus audouidii*), especie autóctona del Mediterráneo que también aparece en el Sahara occidental.

En el Mediterráneo en general, y en la Demarcación Levantino-Balear en particular, predominan las aves migratorias debido a su estratégica situación en el paso de las rutas migratorias entre Europa y África. Entre las aves que visitan esta demarcación se pueden encontrar tres grandes grupos: las que buscan refugio en sus desplazamientos norte-sur en el Atlántico, las que se reproducen aquí y las que lo utilizan como zona de invernada.

La pardela balear se reproduce en las islas Baleares y utiliza como lugar de invernada la costa levantina, a donde llega en busca de alimento, aunque también se cita en el Cantábrico y en el estrecho de Gibraltar.

Las gaviotas son un grupo bien representado en esta demarcación, pudiéndose encontrar la gaviota patiamarilla (*Larus michaelis*), la argéntea (*Larus argentatus*), la sombría (*Larus fuscus*), la picofina (*Larus genei*) y la reidora (*Larus ridibundus*). Y también hay que destacar la presencia de pardela cenicienta (*Calonectris diomedea*), la pardela mediterránea (*Puffinus yelkouan*), el charrán común (*Sterna hirundo*), el charrán patinegro (*Sterna sandvicensis*), el cormorán moñudo (*Phalacrocorax aristotelis*) y el paíño (*Hydrobates pelagicus*). Asimismo, cabe destacar algunas de las aves que utilizan esta demarcación como zona de invernada, como es el caso del cormorán grande (*Phalacrocorax carbo*), el alcatraz atlántico (*Morus bassanus*), el alca (*Alca torda*), el frailecillo (*Fratercula arctica*).

3.2.7. Especies protegidas

En el Anexo II del presente documento se incluye el listado de especies marinas del Anexo II del Convenio de Barcelona presentes en el mar Balear, con indicación de las que ya han sido incluidas en el Catálogo Español (CEEA) y Balear (CB) de Especies Amenazadas y su correspondiente categoría de protección.

La protección de las especies marinas mediante su inclusión en listados de especies protegidas, así como la protección del hábitat en el que viven, siempre ha sido muy escasa en comparación con los ecosistemas terrestres. Según la Orden de 9 de junio de 1999, por la que se incluyen en el Catalogo Nacional de Especies Amenazadas determinadas especies de invertebrados marinos, encontramos diferentes figuras de protección.

Hay varias especies de moluscos sobre los cuales la actividad pesquera ha sido tan intensa y poco regulada hasta la fecha, que prácticamente se encuentran el peligro de extinción. Dentro de estas especies, es sin duda la lapa (*Patella ferruginea*) la que presenta un mayor grado de amenaza en todo el Mediterráneo. Se trata de una especie endémica del Mediterráneo Occidental que está catalogada “en peligro de extinción”.

Otras de las especies de invertebrados marinos mediterráneos, consideradas como “especies vulnerables”, es *Pinna nobilis* (nacra de mar). Se trata de un molusco bivalvo que vive en aguas someras incrustado en las praderas de fanerógamas marinas (principalmente *Posidonia oceanica*). Por otro lado, también se encuentra dentro de este apartado el gasterópodo marino *Charonia lampas.*

Dentro de las especies catalogadas como de “interés especial”, se encuentra el equinodermo *Centrostephanus longispinus.* Se trata de un equinodermo de aguas someras (0-50 m), cuya

presencia en Cataluña en la actualidad puede considerarse como ocasional, mientras que en el Levante prácticamente ha desaparecido.

Por último y dentro de la categoría de especies "sensibles a la alteración del hábitat", está incluido el asteroideo *Asterina pancerii*. Se trata de una especie de estrella de mar que vive sobre las praderas de *Posidonia oceanica.* En las costas españolas de Murcia y Almería, todavía existen poblaciones en un estado aceptable. La única amenaza aparente que afecta a esta especie es la derivada de la progresiva regresión de su hábitat, debido a la contaminación o la regeneración de playas. Para la conservación de esta especie, bastaría con proteger las praderas de *Posidonia oceanica.*

Los mamíferos marinos son objeto de varios acuerdos internacionales y están protegidos por diferentes normativas legales nacionales e internacionales. El delfín mular y la marsopa está incluida en el Anexo II de la Directiva Hábitat y la Ley 42/2007 de Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, como especie de interés especial, para las que se requiere la designación de áreas especiales de conservación, integradas en la Red Natura 2000. En esta demarcación se han designado 28 Lugares de Interés Comunitario (LICs) para el delfín mular, 11 de los cuales coinciden con áreas designadas también ZEPAS. El R. D. 139/2011 incluye a 21 de las especies de cetáceos citadas en la demarcación en la Lista de especies que requieren protección estricta. A su vez el Catálogo Español de Especies Amenazadas considera a 4 misticetos, al delfín común, al calderón, al delfín mular y al cachalote en la categoría de especies vulnerables y a la foca monje como especie en peligro de extinción.

A nivel internacional y según la IUCN, el estado de la tortuga boba y la tortuga verde se clasifica como "en peligro", mientras que se considera a la tortuga laud "en peligro crítico". En España, la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad (BOE nº 299, 14 de diciembre de 2007), incluye a la tortuga boba y la tortuga verde en el Anexo II de especies de interés comunitario para las que se requiere la creación de zonas especiales de conservación, señalándose además como prioritarias. Y se incluyen, junto a la tortuga laud, en el Anexo IV de dicha Ley como especies de interés comunitario que requieren de una protección estricta.

De las especies de aves marinas presentes en esta demarcación, *P. mauretanicus*, *S. hirundo*, *S. sandvicensis*, *P. aristotelis*, *L. genei*, *C. diomedea*, *P. yelkouan* e *H. pelagicus* están incluidas en el Anexo I de la Directiva de Aves, como especies que requieren medidas de conservación especiales en cuanto a su hábitat. Además, la pardela balear (*P. mauretanicus*) y la gaviota de Audouin (*L. audouidii*) aparecen en el catálogo español de especies amenazadas, como "en peligro de extinción" y "vulnerable", respectivamente.

3.2.8. Especies alóctonas

La presencia de especies alóctonas en los ecosistemas ha sido reconocida como una de las mayores amenazas a la biodiversidad a escala mundial. En el medio marino son numerosos los vectores que facilitan su introducción: aguas de lastre e incrustaciones en embarcaciones, actividades de acuarofilia y acuicultura, apertura de canales interoceánicos etc. Además, la degradación de los ecosistemas inducida por otro tipo de presiones puede favorecer el asentamiento de esas especies y potenciar su carácter invasor, al igual que las variaciones ambientales resultantes del actual proceso de cambio climático acelerado.

Durante las últimas décadas se han producido introducciones de especies desde los mares adyacentes o producidas por los humanos de mares más alejados. Entre las introducciones más destacables se encuentra el cangrejo (*Pecnon gibbesi*), que empezó a colonizar los fondos más litorales a principios del presente siglo. Se considera que la causa más probable de su introducción fue la llegada de un influjo excepcional de aguas atlánticas superficiales. Por otro lado, la especie de quisquilla (*Munida rutllanti*), que habita el talud y es una especie americana, también fue introducida en el Mediterráneo en la década de 1970, detectándose poblaciones bien establecidas en la década de 1990.

En la actualidad, un aspecto importante a tener en cuenta, es la amenaza de la invasión de especies de invertebrados marinos debido a la entrada de especies del Mar Rojo desde la apertura del Canal de Suez, en un proceso que se conoce como “tropicalización”. Se considera que aproximadamente un 4 % de las formas de vida marina en el Mediterráneo, son especies invasoras.

En algunas zonas de Baleares, un nuevo factor está afectando negativamente a esta comunidad ligada a los rizomas: el recubrimiento del alga invasiva *Acrothamnion preissii*.

3.3. Principales stocks pesqueros

El Mediterráneo es un mar oligotrófico, con valores medios de productividad primaria bajos en comparación con otras áreas marinas; sin embargo, existe una marcada heterogeneidad espacio-temporal en los valores de productividad debido a la existencia de estructuras hidrográficas de mesoescala que contribuyen a aumentar, tanto estacionalmente como en determinadas áreas, la fertilidad potencial (Estrada, 1996). Esta baja producción primaria determina que las pesquerías no sean de gran importancia desde el punto de vista de las capturas, aunque existe una gran tradición pesquera. Esto hace que muchos de los métodos de explotación empleados se hayan venido desarrollando a lo largo de un amplio periodo histórico; lo que unido a la gran diversidad de hábitats del Mediterráneo, ha dado origen a la variedad de pesquerías que se pueden observar actualmente. Además, el hecho de que el

litoral mediterráneo sea una zona de gran importancia turística hace que, en general, el valor comercial de las especies capturadas sea elevado.

Los *stocks* de especies de pequeños pelágicos, principalmente de las familias Engraulidae y Clupeidae, son los más abundantes, aunque muestran importantes fluctuaciones de biomasa. La red de cerco es el método de pesca más empleado para capturarlos. La distribución de estos recursos suele estar ligada a las áreas de afloramiento y a las desembocaduras de los grandes ríos, especialmente el Ebro. Por su parte, las especies bentónicas y demersales son explotadas tanto por flotas semiindustriales de arrastre como por las flotas artesanales, siendo una de las características de estas pesquerías la alta diversidad de especies capturadas así como la ausencia de grandes *stocks* monoespecíficos.

Por otro lado, aunque las flotas artesanales son importantes en algunas áreas, considerando el número de embarcaciones y la incidencia social de las mismas, las capturas no suponen más que una parte muy pequeña del total. En conjunto, la pesca artesanal se caracteriza por la diversidad de artes de pesca y especies capturadas, el elevado valor comercial de las mismas, la casi nula incidencia de los descartes y la forma de explotación de los recursos, más selectiva y adaptada a las variaciones estacionales de abundancia de los mismos.

La sardina y el boquerón o anchoa son las dos especies de interés comercial más importantes en términos de biomasa desembarcada (Lleonart y Maynou, 2003) y representan una importante proporción de la biomasa de la comunidad de peces pelágicos costeros. Los desembarcos de ambas especies (anchoa y sardina) llevados a cabo en la zona en las últimas décadas aparecen en la Figura 3.4.

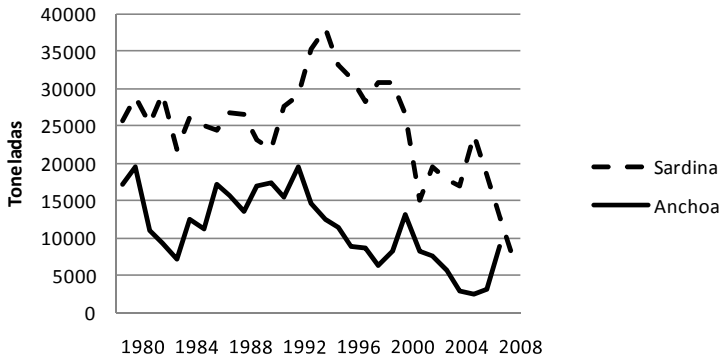


Figura 3.4. Desembarcos de sardina (*Sardina pilchardus*) y anchoa (*Engraulis encrasicolus*) en la región Levantina.

La anchoa (*Engraulis encrasicolus*) se distribuye, principalmente, por la zona de Tramuntana, sobre todo en el área del Golfo de Rosas, cercana al Golfo de León, y en la desembocadura del río Ebro. Se encuentra desde la costa a los 200 m de profundidad, ocupando la totalidad

de la plataforma continental (Figura 3.5). La época de puesta transcurre durante 6 meses, entre abril y octubre, aunque el pico de puesta se da entre mayo y julio (Palomera, 1989, 1992; García y Palomera, 1996). El intervalo de tallas de la anchoa detectada en el Mediterráneo se encuentra entre 5,5 cm y 17 cm, con una vida corta, de no más de tres años.

La sardina (*Sardina pilchardus*), se distribuye por toda el área Levantino-Balear, aunque es muy escasa en el Golfo de Vera (Figura 3.5), con una distribución más costera, no superando los 100-110 m de profundidad. La época de puesta de la sardina, en el Mediterráneo, discurre entre los meses de octubre y mayo, con picos de puesta en octubre, diciembre y febrero, siendo éste último el más importante (Palomera y Olivar, 1996). En el Mediterráneo, esta especie puede llegar a los 22,5 cm, aunque normalmente no supera los 18 cm.

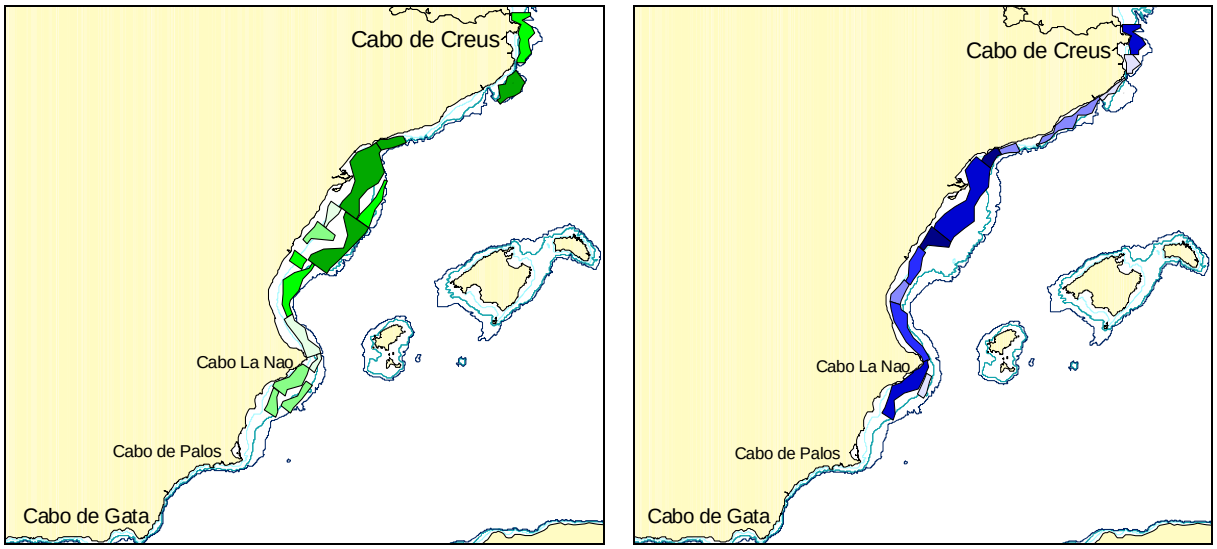


Figura 3.5. Distribución de la población de anchoa (*Engraulis encrasicolus*) (izquierda) y de sardina (*Sardina pilchardus*) en el Mediterráneo español detectada mediante ecosondas.

Tal y como se ha comentado anteriormente, otras especies abundantes en esta área son la alacha, la boga y el jurel mediterráneo. La alacha, aunque tuvo una época de mayor abundancia en la década de los noventa, no es una especie pelágica abundante en la actualidad, con tallas comprendidas entre 7 cm y 29,5 cm de longitud. La boga no es una especie comercialmente importante en esta zona mediterránea y su intervalo de tallas se encuentra entre 6,5 cm y 30,5 cm, mientras que el jurel mediterráneo se encuentra entre 4 cm y 37,5 cm. Los escómbridos, como el tonino o la caballa, pueden llegar a alcanzar los 40 cm de longitud. El tonino es más abundante en el Golfo de Vera, así como en el mar de

Alborán y Golfo de Cádiz. La caballa sin embargo, aparece de forma puntual, predominando las tallas pequeñas, alrededor de los 20 cm de longitud total.

La mayor parte de los desembarcos de especies demersales proviene de las flotas de arrastre de fondo. El carácter multiespecífico de la pesquería de arrastre de fondo queda patente si se considera que en las capturas se pueden llegar a identificar más de 600 especies de diferentes grupos taxonómicos. En consecuencia, la proporción de descartes es muy elevada, hasta un 77 % de las especies y entre un 30-40 % del peso total capturado. Tanto la plataforma como el talud continental son explotados intensamente por la flota de arrastre, aunque en función de la profundidad, tal y como se ha comentado en apartados anteriores, varían las especies predominantes. En función de las especies objetivo, así como de las especies asociadas y de la profundidad a la que se efectúa la pesca, se han diferenciado hasta cuatro *métiers* o tácticas de pesca diferentes.

En la plataforma litoral más somera (hasta los 80-90 m de profundidad), en las capturas predominan los salmonetes (*Mullus barbatus* y *M. surmuletus*), el pulpo común (*Octopus vulgaris*) y diferentes especies de espáridos y escorpénidos. El porcentaje de descartes es elevado, debido a que esta zona es la de mayor diversidad. En la plataforma más profunda (de 100 m a 200 m de profundidad) son importantes las capturas de merluza (*Merluccius merluccius*), rapes (*Lophius* spp.), pez de San Pedro (*Zeus faber*) y el pulpo blanco (*Eledone cirrhosa*). En el talud superior las especies objetivo son la cigala (*Nephrops norvegicus),* la gamba blanca (*Parapenaeus longirrostris*) y la merluza, produciéndose capturas accidentales importantes de bacaladilla (*Micromesistius poutassou*) y brótola (*Phycis blennoides*). En estos dos últimos estratos batimétricos los peces representan la parte más importante de los descartes, debido fundamentalmente a resultar de tallas pequeñas de nulo valor comercial, como es el caso de *Gadículus argenteus*. La pesca en el talud medio (entre 500 m y 750 m, aproximadamente) tiene como especie objetivo la gamba roja (*Aristeus antennatus*), capturándose como especies accidentales el cangrejo rojo (*Geryon longipes*), la brótola (*Phycis blennoides*) y el condríctio *Galeus melastomus*. La pesca en este estrato batimétrico produce los menores descartes, tanto en diversidad de especies como en peso.

La pesca de arrastre de fondo en el Mediterráneo español comenzó al inicio del siglo XIX, pero a partir de los años 70 del pasado siglo XX sufrió un desarrollo espectacular con los planes de renovación de flota. A pesar de la reducción de flota experimentada en los últimos años, se considera que la mayoría de los recursos demersales están intensamente explotados o en estado de sobreexplotación. Sin embargo, el grado de sobreexplotación difiere para las dos áreas de gestión de la Comisión General de Pesca del Mediterráneo (GFCM). El número de embarcaciones de arrastre por unidad de superficie en la zona GSA 6 (*Northern Spain*) es unas 6-7 veces mayor que en la zona GSA 5 (*Balearic Islands*) (Tablas 3.5 y 3.6).

Tabla 3.5. Evolución del número de embarcaciones de arrastre de fondo por área de gestión.

Año	GSA 6 Northern Spain	GSA 5 Balearic Islands
2000	774	41
2001	760	39
2002	757	37
2003	738	37
2004	729	37
2005	722	37
2006	716	36
2007	691	36
2008	624	34
2009	567	34

Tabla 3.6. Extensión en km^2 de los diferentes estratos de profundidad según área de gestión.

Estrato	GSA 6 Northern Spain	GSA 5 Balearic Islands
10-200 m.	21.229	6.670
200-500 m.	6.719	2.641
500-800 m.	4.558	3.345
Total	32.506	12.656

Entre los invertebrados marinos presentes en esta demarcación, se pueden encontrar especies que son importantes desde un punto de vista económico y que se encuentran sometidas a diferentes grados de explotación pesquera. La actividad extractiva sobre estos grupos se realiza desde la línea de costa hasta el talud, con artes de pesca que van desde la actividad mariscadora en la zona litoral hasta el empleo de artes de pesca como las nasas, los palangres de fondo, las artes de pesca de arrastre de profundidad, etc.

Esta actividad pesquera se centra principalmente en especies pertenecientes al grupo de los moluscos y los crustáceos. Los cefalópodos son los moluscos más importantes explotados en los fondos marinos entre 50 m y 800 m de profundidad. En el mar Mediterráneo este grupo ha sido capturado desde los tiempos clásicos. Se consideran un *bycatch* de la pesquería, presentándose en un amplio rango batimétrico, pero especialmente en las aguas costeras (inferiores a 150 m). Su biomasa representa entre el 8 % y el 30 % de las capturas retenidas por embarcación. Dependiendo de la especie, su descarte fluctúa entre el 1 % y el 40 % de su peso, pero este porcentaje aumenta en número, ya que muchos ejemplares descartados corresponden a individuos de pequeño tamaño o a especies sin interés comercial. Las especies de cefalópodos más capturadas son *Octopus vulgaris, Loligo vulgaris* o *Sepia*

officinalis, que son capturados con artes tan variados como el arrastre de fondo o los trenes de nasas para pulpos (también conocidos como *Cadups* o *Cadufos*).

Por el volumen de capturas destacan el pulpo común y varias especies de pulpo blanco (Tabla 3.7). El pulpo común (*O. vulgaris*, Cuvier 1797) es capturado en los fondos litorales, constituyendo una importante fracción de los desembarcos de la flota de arrastre, que representan alrededor del 18 % de la captura desembarcada. Y las especies de pulpo blanco (*E. cirrhosa*, *E. moschata*, Cuvier 1797) que son capturadas en las Baleares simultáneamente al pulpo común.

Tabla 3.7. Lista de cefalópodos comerciales y su rango batimétrico.

Grupo	Especie	Rango batimétrico (m)
Sepiidae	*Sepia elegans*	52-334
	Sepia offcinalis	44-70
	Sepia orbignyana	41-353
Loliginidae	*Alloteuthis media*	46-189
	Loligo vulgaris	44-494
Ommastrephidae	*Illex coindetti*	69-416
	Todarodes sagittatus	139-692
Octopodidae	*Octopus vulgaris*	41-326
	Scaeurgus unicirrhus	74-326
	Eledone cirrhosa	53-400
	Eledone moschata	41-103

Del total de especies identificadas en esta demarcación, se comercializan una veintena. Dentro de las especies de crustáceos con interés pesquero destacan los crustáceos decápodos *Aristeus antennatus* (gamba roja), *Parapenaeus longirrostris* (gamba blanca) y *Nephrops norvegicus* (cigala), que suelen ser capturados con artes de arrastre de fondo. Dichas especies se encuentran en la actualidad sometidas a una situación de sobrepesca. Otra especie de crustáceo que también se encuentran sometido a explotación pesquera es la langosta (*Palinurus elephas*), que se captura con diversos artes de pesca como las nasas u otros artes de pesca fijas como los trasmallos. Algunas especies son consideradas objetivo de la pesquería comercial, como la gamba roja, mientras que otras son importantes especies *bycatch* (captura acompañante) como la cigala, o el gambussí (*Plesionika* spp.) (Tabla 3.8).

Entre los cnidarios, el coral rojo (*Corallium rubrum*) se encuentra sometido a explotación, regulada por la Ley 3/2001, de 26 de marzo, en aguas exteriores y establece los requisitos y

condiciones para su ejercicio. La regulación de la pesca de esta especie en Cataluña en aguas interiores, queda contemplada en el Decreto 389/2004 de 21 de septiembre.

Tabla 3.8. Lista de crustáceos comerciales y su rango batimétrico.

Grupo	Especie	Rango batimétrico (m)
Solenoceridae	*Solenocera membranacea*	353-686
Aristeidae	*Aristeus antennatus*	510-745
	A. foliacea	626-737
Penaeidae	*Parapenaeus longirostris*	139-624
Pandalidae	*Plesionika acanthonotus*	472-702
	Plesionika antigai	326-444
	Plesionika edwardsii	326-686
	Plesionika gigliolii	326-737
	Plesionika heterocarpus	153-345
	Plesionika martia	399-745
Nephropidae	*Nephrops norvegicus*	371-694
Palinuridae	*Palinurus elephas*	96-146
Calappidae	*Calappa granulata*	53-137
Homolidae	*Paramola cuvieri*	160-706
Portunidae	*Liocarcinus depurator*	91-353
	Macropipus tuberculatus	52-698
Geryonidae	*Geryon longipes*	400-745

A lo largo de los últimos años se han utilizando modelos analíticos para evaluar el estado de explotación de algunas de las principales especies objetivo de la pesca de arrastre para las cuales se dispone de los datos apropiados. Estos datos son proporcionados por la Red de Información y Muestreo (RIM) del IEO y por el Programa Nacional de Datos Básicos (*Data Collection Framework* de la UE). Asimismo, las campañas del programa MEDITS (*International bottom trawl survey in the Mediterranean*), que se vienen realizando desde 1994, han permitido obtener información sobre la abundancia, la distribución y la estructura poblacional de los principales recursos y sobre las comunidades explotadas. Las estimaciones de abundancia se utilizan en las calibraciones de los Análisis de Población Virtual. Los resultados de estas evaluaciones se presentan regularmente en el *Working Group on demersal species* del Comité Científico Asesor (SAC) de la Comisión General de Pesca del Mediterráneo (GFCM, 2006, 2007, 2008 y 2010).

Tabla 3.9. Desembarcos (en tm) para las principales especies evaluadas (Conjunto GSA05 y GSA06).

Año	*Mullus* spp.	*M. merluccius*	*Aristeus antennatus*	*Parapenaeus longirostris*
2000	1138	4905	544	341
2001	1235	5304	662	381
2002	1278	4145	864	201
2003	1097	4224	698	138
2004	1061	3816	717	82
2005	1134	4128	480	104
2006	1539	4746	518	124
2007	1523	3490	720	108
2008	1244	4097	879	107
2009	1097	5157	883	122

El anexo III contiene los principales resultados de las evaluaciones de especies demersales del Grupo de Trabajo GFCM-SCSA-SAC, en el que se confirma la sobreexplotación de los recursos. Los objetivos de gestión se centran en la disminución de la mortalidad pesquera por medio de la reducción del esfuerzo de pesca (entre el 30 y el 70 % según las áreas) y en la mejora del patrón de explotación mediante un cambio en las características de las mallas de los artes de pesca.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abelló, P.; Carbonell, A.; Torres, P.; 2002. Demersal and epibenthic assemblages of trawlable grounds in the northern Alboran Sea (western Mediterranean). En: Mediterranean marine demersal resources: the medits international trawl survey (1994-1999). Abelló *et al*. eds. Sci Mar 66 (2): 183-198.

Acosta, J.; Canals, M.; López-Martínez, J.; Muñoz, A.; Herranz, P.; Urgeles, R.; Palomo, C.; Casamor, J.L.; 2002. The Balearic Promontory geomorphology (western Mediterranean): morphostructure and active processes. *Geomorphology*, 49: 177-204.

Acosta, J.; Muñoz, A.; Herranz, P.; Palomo, C.; Ballesteros, M.; Vaquero, M.; Uchupi, E.; 2001. Geodynamics of the Emile Baudot escarpment and the Balearic Promontory, western Mediterranean. *Mar. Pet. Geol.,* 18 (3): 349-369.

Acosta, J.; Serra, J.; Herranz, P.; Canals, M.; Mateu, G.; Guillen, J.; Sanz, J. L.; Calafat, A.; San Gil, C.; Catafau, H.; Fornos, A.; 1986. *Resultados preliminares de la campaña de geología marina Geocarbal-85/I, realizada en la plataforma continental de las Islas Baleares. Instituto Español de Oceanografía.* Informes Técnicos del Instituto Español de Oceanografía, No. 44 (11 pp). Madrid, Spain.

Alonso, B.; Canals, M.; Palanques, A.; 2000. El Canal Medio-Oceánico de Valencia (Mediterráneo Noroccidental): Procesos sedimentarios y evolución durante el Plio-Cuaternario. En Alonso, B. y Ercilla, G. (eds.), *Valles Submarinos y Sistemas Turbidíticos Modernos*. CSIC, Barcelona: 230-249.

Alonso, B.; Guillen, J.; Canals, M.; Serra, J.; Acosta, J.; Herranz, P.; Sanz, J.L.; Calafat, A.; Catafau, E.; 1988. Los sedimentos de la plataforma continental Balear. *Acta Geológica Hispánica*, 23 (3): 185-196.

Alonso, B.; Maldonado, A. 1990. Late Quaternary sedimentation patterns of the Ebro Delta turbidite systems (northwestern Mediterranean): Two styles of deep-sea deposition. *Marine Geology*, 95: 353-377.

Andrieux, J.; Fontoboté, J. M.; Mattauer, M.; 1971. Sur un modele explicatif de l'arc de Gibraltar. *Earth and Planetary Science Letters*, 12: 191-198.

Aparicio, A.; García, R.; 1995. El volcanismo de las Islas Columbretes (Mediterráneo Occidental). Quimismo y mineralogía. *Bol. Geol. Y Min*., 106 (5): 468-488.

Auzende, J.M.; Olivet, J.-L.; Pautot, G.; 1973. Balearic Islands: Southern prolongation. In W. B. F. Ryan, K. J. HsuÈ et al. (Eds.), *Initial reports of the Deep Sea Drilling Project,* volume XIII (pp. 1441-1447).Washington DC: US Government Printing Office.

Balanyá, J.C.; García-Dueñas, V.; 1987. Les directions structurales dans le Domaine d'Alboran de parte et d'autre du DeÂtroit de Gibraltar. *Comptes Rendus Academie Sciences*, Paris, 304(II): 929-933.

Belzunces, M.; Palanqués, A.; De Torres, M.; 2010. Trace metal pollution in sediments of the Catalan coast (Northwestern Mediterranean). Rapp. Comm. int. Mer Medit, 39: 261.

Benedicto, J.; Andral, B.; Martinez-Gomez, C.; Guitart, C.; Deudero, S.; Cento, A.; Scarpato, A.; Caixach, J.; Benbrahim, S.; Chouba, L.; Boulahdid, M. & Galgani, F.; 2011. A large scale survey of trace metal levels in coastal waters of the Western Mediterranean basin using caged mussels (Mytilus galloprovincialis). J. Environ. Monit., The Royal Society of Chemistry, 13: 1495-1505. http://dx.doi.org/10.1039/c0em00725k

Benzohra, M.; Millot, C.; 1995. Characteristics and circulation of the surface and intermediate water masses off Algeria. *Deep Sea Res*., 42 (10): 1803-1830.

Borghi, V.; Porte, C.; 2002. Organotin Pollution in Deep-Sea Fish from the Northwestern Mediterranean. Environmental Science and Technology, 36: 4224-4228.

Campillo, J.A.; Franco, M.A.; Martínez, F.; Benedicto, J.; 2004. Comparison of organic contaminant levels in mussels *Mytilus galloprovincialis* from the Mediterranean coast of Spain collected in 1993 and 2001. Rapp. Comm. Int. Mer Médit., 37: 177.

Campillo, J.A.; Martínez, F.; López, D.; León, V,M.; Martínez-Gómez, C.; Benedicto, J.; 2008. Distribution of organochlorine contaminants in Mediterranean sediments from Spain. SETAC Europe 18th Annual Meeting. Varsovia, Abstract Book, p. 168.

Canals, M.; Calafat, A.M.; 2008. Islas Baleares y aguas del Levante Peninsular. En: Mares de España: The Seas of Spain. Secretaría General del Mar. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. ISBN: 978-84-8320-423-8.

Canals, M.; Casamor, J.L.; 2004. Mediterraneo Noroccidental-Relieve submarino. *Investigación y ciencia* (Nº Monográfico), 27-31.

Canals, M.; Casamor, J.L.; Urgeles, R.; Lastras, G.; Calafat, A.M.; Masson, D.; Berné, S.; Alonso, B.; De Batist, M.; 2000. The Ebro continental margin, Western Mediterranean Sea: Interplay between canyon-channel systems and mass wasting processes; In: H. Nelson and P. Weimer (Eds.), Deep-Water Reservoirs of the World, GCS SEPM Foundation, Houston Texas (USA), p. 152-174 (CD edition).

Canals, M.; Puig, P.; Durrieu de Madron, X.; Heussner, S.; Palanques, A.; Fabres, J.; 2006. Flushing submarine canyons. *Nature*, 444: 354-357.

Cardona; L.; Revelles; M.; Parga; M.; Tomás; J.; Aguilar; A.; Alegre; F.; Raga; A. & Ferrer; X.; 2009. Habitat use by loggerhead sea turtles Caretta caretta off the coast of eastern Spain

results in a high vulnerability to neritic fishing gear. Marine Biology, Springer Berlin / Heidelberg, 156: 2621-2630.

Colloca, F.; Cardinale, M.; Belluscio, A.; Ardizzone, G.D.; 2003. Pattern of distribution and diversity of demersal assemblages in the central Mediterranean Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 56: 469-480.

D'Ortenzio, F., Antoine, D.; Marullo, S.; 2008. Satellite-driven modeling of the upper ocean mixed layer and air-sea CO_2 flux in the Mediterranean Sea; *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers* 55 (4): 405-434.

D'Ortenzio, F.; d'Alcala, M.R.; 2009. On the trophic regimes of the Mediterranean Sea: a satellite analysis. *Biogeosciences*, 6: 139-148. http://dx.doi.org/10.5194/bg-6-139-2009

Dafner, E. González-Dávila, J.M.; Sempéré, R.; 2001. Total organic carbon exchange through the Strait of Gibraltar in September 1997. *Deep-Sea Research I* 48: 1217-1235

Delgado, O.; Estrada, M.; 1994. CO_2 system in a Mediterranean frontal zone. *Scientia Marina* 58: 237-250.

Demestre, M.; Sánchez, P.; Abelló, P.; 2000. Demersal fish assemblages and habitat characteristics on the continental shelf and upper slope of the north-western Mediterranean. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 80: 981-988.

Deudero, S.; Box, A.; March, D.; Valencia, A.; Grau, A.; Tintore, J.; Benedicto, J. 2007a. Temporal trends of metals in benthic invertebrate species from the Balearic Islands, Western Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin*, 54: 1545-1558.

Deudero, S.; Box, A.; March, D.; Valencia, JM.; Grau, AM, Tintoré, J.; Caixach, J. 2007b. Organic compounds temporal trends at some invertebrate species from the Balearics, Western Mediterranean. Chemosphere, 68 (9): 1650-1659

Díaz del Río, V.; Fernández-Salas, L.M.; 2005. El margen continental del Levante español y las Islas Baleares. En Martín-Serrano, A. (ed.), *Mapa Geomorfológico de España y del margen continental. Escala 1:1 000 000*. Instituto Geológico y Minero de España, 117-198.

Díaz Del Río, V.; Rey, J.; Vegas, R.; 1986. The Gulf of Valencia Continental Shelf: Extensional Tectonics in Neogene and quaternary sediments. *Marine Geology*, 73: 169-179.

Díaz, J.I.; Nelson, C.H.; Barber, J.H.; Giró, S.; 1990. Late Pleistocene and Holocene sedimentary facies on the Ebro continental shelf. *Marine Geology*, 95: 333-352.

Doney, S.C., V.J. Fabry, R.A. Feely, J.A. Kleypas; 2009: Ocean acidification: the other CO_2 problem, Ann. Rev. Mar. Sci., 1, 169-192, 10.1146/annurev.marine.010908.163834.

Eljarrat, E.; De La Cal, A.; Larrazabal, D.; Fabrellas, B.; Rodríguez Fernández-Alba, A.; Borrull, F.; Marce, R.M.; Barcelo, D.; 2005. Occurrence of polybrominated diphenylethers, polychlorinated dibenzo-p-dioxins, dibenzofurans and biphenyls in coastal sediments from Spain. *Environmental Pollution*, 136, 493-501.

Emelianov, M.; Millot, C.; Font, J.; Taupier-Letage, I.; 1998. New data of Levantine Intermediate Water circulation in Western Mediterranean Sea. Konstantin Feodorov Memorial Symposium. Saint Petersburg. IOC Workshop report, 159: 132-137.

Escartín, E.; Porte, C.; 1999. Assessment of PAH Pollution in coastal areas from the NW Mediterranean through the analysis of fish bile. *Marine Pollution Bulletin*, 38: 1200-1206.

Estrada, M.; 1996. Producción primaria en el Mediterráneo noroccidental. *Scientia Marina*, 60 (S2): 55-64. http://hdl.handle.net/10261/28336

EUROPARC-España; 2010. Anuario EUROPARC-España del estado de los espacios naturales protegidos 2009. Ed. FUNGOBE. Madrid. 104 pp.

Fabry, V. J., B. Seibel, B., R. A. Feely, and J. C, Orr; 2008.Impacts of ocean acidification on marine fauna and ecosystem processes. ICES J. Mar. Science 65, 414.

Fernández, B.; Campillo, J.A.; Martínez, C.; Benedicto, J.; 2011. Micronuclei and other nuclear abnormalities in mussels (*Mytilus galloprovincialis*) as biomarkers of cyto-genotoxic pollution in Mediterranean waters. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 52 (6): 479-491.

Fernández, B.; Campillo, J.A.; Martínez-Gómez, C.; Benedicto, J.; 2010. Antioxidant responses in gills of mussel (*Mytilus galloprovincialis*) as biomarkers of environmental stress along the Spanish Mediterranean coast. *Aquatic Toxicology*, 99: 186-197.

Font, J.; 1987. The path of Levantine Intermediate Water to the Alboran Sea. Deep Sea Res., 34: 1745-1755.

Font, J.; Salat, J.; Tintoré, J.; 1988. Permanent features of the circulation in the Catalan Sea. *Oceanol. Acta*, S-9: 51-57.

Fornós, J.J.; Ahr, W.M.; 1997. Temperate carbonates on a modern low-energy, isolated ramp: the Balearic platform, Spain. *J. Sediment Res.* 67 (2): 364-373.

García Lafuente, J.; López-Jurado, J.L.; Cano, N.; Vargas, M.; Aguiar, J.; 1995. Water masses circulation through the Ibiza channel. *Oceanologica Acta*, 18 (2).

García, B.; 2000. Cartografía y Caracterización de las praderas de Posidonia oceanica protegidas mediante arrecifes artificiales en la Región de Murcia. Servicio de Pesca y Acuicultura, Monografía, 96 p.

García-Ladona, E.; Tintoré, J.; Pinot, J.M.; Font, J.; Manríquez, M.; 1994. Surface circulation and dynamics of the Balearic Sea. Seasonal and Interannual Variability of the Western Mediterranean Sea. *Coastal and Estuarine Studies*, 46: 73-91.

Garrabou, J.; Coma, R.; Bensoussan, N.; Bally, M.; Chevaldonné, P.; Ciclianos, M.; Diaz, D.; Harmelin, J.G.; Gambis, M.C.; Kersting, D.K.; Ledous, J.B.; Lejeusne, C.; Linares, C.; Marschal, C.; Pérez, T.; Ribes, M.; Zuberer, F.; Cerrano, C.; 2009. Mass mortality in Northwestern Mediterranean rocky benthic communities: effects of the 2003 heat wave. Global Change Biology (2009). http://dx.doi.org/j.1365-2486.2008.01823.x

Gazeau, F., Quiblier C., Jansen J. M., Gattuso J. P., Middelburg J. J. and Heip C. H. R.; 2007. Impact of elevate CO2 on shellfish calcification, Geophysical Research Letters 34 (L07603). http://dx.doi.org/10.1029/2006GL028554

Got, H.; Stanley, D.J.; 1974. Sedimentation in two Catalonian canyons, northwestern Mediterranean. *Marine geology*, 16: M91-M100.

Goy, J.L.; Rey, J.; Díaz del Río, V.; Zazo, C.; 1987. Relación entre las unidades Geomorfológicas cuaternarias del litoral y de la plataforma interna-media de Valencia (España): Implicaciones Paleogrográficas. En: *III Reunión del grupo español de geología ambiental y ordenación del territorio. Comunicaciones*, II: 1369-1361.

Gros, M.; Petrović, M.; Barceló, D.; 2007. Wastewater treatment plants as a pathway for aquatic contamination by pharmaceuticals in the Ebro river basin (Northeast Spain). *Environ Toxicol Chem.* 26: 1553-1562.

Havenhand, J. N., F.-R. Butler, M. C. Thorndyke, and J. E.; 2008. Williamson, Near-future levels of ocean acidification reduce fertilization success in a sea urchin, Current Biology 18 (15) R651-R652.

Hendriks, I.E.; Cabanellas-Reboredo, M.; Bouma, T.J.; Deudero, S.; Duarte, C.M.; 2010. Seagrass Meadows Modify Drag Forces on the Shell of the Fan Mussel Pinna nobilis. Estuaries and Coasts. http://dx.doi.org/10.1007/s12237-010-9309-y

Huertas, I.; Ríos, A.; García-Lafuente, J.; Makaoui, A.; Rodríguez-Gálvez, S.; Sánchez-Román, A.; Orbi, A.; Ruíz, J.; Pérez, F.; 2009. Anthropogenic and natural CO2 exchange through the strait of gibraltar; *Biogeosciences* 6 (4): 647-662.

IPCC; 2007. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 pp.

Katz, E.J.; 1972. The Levantine Intermediate water between the Strait of Sicily and the Strait of Gibraltar. *Deep-Sea Res*., 19: 507-520.

Krahmann, G.; 1997. Saisonale und zwischejaehrliche Variabilitaet im westlichen ittelmeer-Analyse historischer Daten. PhD thesis, University Kiel.

La Violette, P.; Tintoré, J.; Font, J.; 1990. The surface circulation of the Balearic Sea. *J. Geophys. Res.*, 95: 1559-1568.

Lastras, G.; Canals, M.; Huges-Clarke, J.E.; Moreno, A.; De Batist Renard, M.; Masson, D.G.; Cochonat, P.; 2002. Seafloor imaginery from the Big'95 debris flow, western Mediterranean. *Geology*, 30 (10): 871-874.

Lavecchia, G.; 1988. The Tyrrhenian-Apennines system: structural setting and seismotectogenesis. *Tectonophysics*, 147: 263-296.

León, V.M.; Martínez-Gómez, C.; García, I.; Campillo, J.A.; Benedicto, J.; 2011. Spatial distribution and temporal trends of polycyclic aromatic hydrocarbons in *Mytilus galloprovincialis* from the Iberian Mediterranean coast. Science of Total Environment (enviado para su publicación).

Lombarte, A.; Recasens, L.; Gonzales, M.; Gil de Sola, L.; 2000. Spatial segregation of two species of Mullidae (*Mullus surmuletus* and *Mullus barbatus*) in relation to habitat. *Marine Ecology. Progress Series*, 206: 239-249.

López-García, M.J.; Millot, C.; García-Ladona, E.; 1994. Suface circulation variability in the Balearic basin. *J. Geophys. Res.*, 99: 3285-3296.

López-Jurado, J.L.; García Lafuente, J.; Pinot, J.M.; Álvarez, A.; 1996. Water exchanges in the Baleric channels. CIESM Science series 2. Dynamics of Mediterranean strait and channels. *Bulletin de L'Institut océanographique*, Monaco, special 17.

López-Jurado, J.L.; González-Pola, C.; Vélez-Belchi, P.; 2005. Observation of an abrupt disruption of the long-term warming trend at the Balearic Sea, western Mediterranean Sea, in summer 2005. *Geophysical Research Letters*, Vol. 32.

Maldonado, A.; 1977. Introducción geológica al Delta del Ebro. *Treballs Institut Catala Historia Natural*, 87: 7-45.

Maldonado, A.; Got, H.; Monaco, A.; O'Connell, A.; Mirable, L.; 1985. Valencia Fan (Northwestern Mediterranean): Distal deposition fan variant. *Marine Geology*, 62: 259-319.

Manca, B.; 2000. Recent changes in dynamics of the Eastern Mediterranean affecting the water characteristcs of the adjacent basins. CIESM Workshop series.

Mantovani, E.; Babucci, D.; Albarello, D.; Mucciarelli, G.; 1990. Deformation patterns in the central Mediterranean and behavior of the African/Adriatic Promontory. *Tectonophysics*, 179, 63-79.

Martínez-Gómez, C.; Benedicto, J.; Campillo, J.A.; Moore, M.N.; 2008. Application and evaluation of the neutral red retention (NRR) assay for lysosomal stability in mussel populations along the Iberian Mediterranean coast. *Journal of Environmental Monitoring*, 10: 490-499.

Martínez-Gómez, C.; León, V.M.; Campillo, J.A.; Fernández, B.; Benedicto, J.; 2010. Towards an integrated approach for monitoring the effects of chemical contaminants in the Spanish coastal Mediterranean waters. Conferencia Científica Anual del Consejo Internacional para la Exploración del Mar, Nantes (Francia), ICES CM 2010/ F ref:1450

Martín-Serrano, A.; (ed.) (2005): *Mapa Geomorfológico de España y del margen continental. Escala 1:1 000 000.* Instituto Geológico y Minero de España, 232 p.

Massutí, E.; Reñones, O.; 2005. Demersal resource assemblages in the trawl fishing grounds off the Balearic Islands (western Mediterranean). *Science Marina*, 69 (1): 167-181.

Medialdea, J.; Baena, J.; García-Rodríguez, J.; Maldonado, A.; Uchuoi, E.; Udías, A.; Wandossell, J.; Zamarreño, I.; 1982. Memoria explicativa y Mapa Geológico de la Plataforma Continental Española y Zonas Adyacentes 1:200 000, hoja nº 84-85/84S-85S (Almería-Garrucha/Cella-Los Genoveses). IGME, Madrid, 105 p y 5 mapas.

Medialdea, J.; Medialdea, T.; Vázquez, J.T.; Maldonado, A.; Alonso, B.; Díaz, J.I.; Ercilla, G.; Farrán, M.; 1994. Memoria explicativa y Mapa Geológico de la Plataforma Continental Española y Zonas Adyacentes 1:200 000, hoja nº 25-25E (Figueres). ITGE, Madrid, 82 p y 5 mapas.

Meehl, G.A., T.F. Stocker, W.D. Collins, P. Friedlingstein, A.T. Gaye, J.M. Gregory, A. Kitoh, R. Knutti, J.M. Murphy, A. Noda, S.C.B. Raper, I.G. Watterson, A.J. Weaver and Z.-C. Zhao; 2007: Global Climate Projections. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA (2007).

Méndez, F.; Orfila, A.; Cañellas, B.; 2009. Proyecto: "Caracterización del Clima Marítimo en el mar Balear". Investigación para la sostenibilidad de la zona costera de las Illes Balears. Gestión Integrada de la Zona Costera. Ficha resumen en: www.costabalearsostenible.com

Mertens, C.; Schott, F.; 1998. Interannual variability of deep water formation in the Northwestern Mediterranean. *J. Phys. Oceanogr*. 28 (7): 1410-1424.

Millero, F. J., Morse, J.; Chen, C.-T.; 1979. The carbonate system in the western Mediterranean sea; *Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers* 26 (12): 1395-1404.

Millot, C.; 1987. Circulation in the Western Mediterranean Sea. *Oceanologica Acta*, Vol. 10 (2).

Millot, C.; 1990. The Gulf of Lions' hydrodynamics. *Continental Shelf Research*, 10 (9-11): 885-894.

Moranta, J.; Massutí, E.; Morales-Nin, B.; 2000. Fish catch composition of the deep-sea decapod crustacean fisheries in the Balearic Islands (western Mediterranean). *Fisheries Research*, 45: 253-264.

Moranta, J.; Stefanescu, C.; Massutí, E.; Morales-Nin, B.; Lloris, D.; 1998. Fish community structure and depth-related trends on the continental slope of the Balearic Islands (Algerian basin, western Mediterranean). *Marine Ecology Progress Series*, 171: 247-259.

Muñoz, A.; Lastras, G.; Ballesteros, M^{a}.; Canals, M.; Acosta, J.; Uchupi, E.; 2005. Sea floor morphology of the Ebro Shelf in the region of the Columbretes Islands, Western Mediterranean. *Geomorphology,* 72 (1-4): 1-18.

O'Connell, S.; Alonso, B.; Kastens, K.A.; Maldonado, A.; Malinverno, A.; Nelson, C.H.; Palanques, A.; Ryan, W.B.F.; 1985. Morphology and Downslope Sediment Displacement in a Deep-Sea Valley, The Valencia valley (Northwentern Mediterranean). *Geo-Marine Letters*, 5: 149-156.

OHI (International Hydrographic Organization), 1953. *Limits of Oceans and Seas*. Special Publication nº 82. 3er Edition, 1953.

Orr, J.C., K. Caldeira, V. Fabry, J.-P. Gattuso, P. Haugan, P. Lehodey, S. Pantoja, H.-O. Pörtner, U. Riebesell, T. Trull, M. Hood, E. Urban, and W. Broadgate; 2009. Research Priorities for Ocean Acidification, report from the Second Symposium on the Ocean in a High-CO_2 World, Monaco, October 6-9, 2008, convened by SCOR, UNESCO-IOC, IAEA, and IGBP, 25 pp., (available at http://www.ocean-acidification.net/Symposium2008/).

Palanqués, A.; Masqué, P.; Puig, P.; Sánchez-Cabeza, J.A.; Frignani, M.; Alvisi, F.; 2008. Anthropogenic trace metals in the sedimentary record of the Llobregat continental shelf and adjacent Foix Submarine Canyon (northwestern Mediterranean). *Marine Geology*, 248: 213-227.

Palomera I.; Olivar M.P.; 1996. Nearshore ichthyoplankton off the Costa Brava (Northwest Mediterranean). *Bol. Inst. Esp. Oceanografía*, 22: 71-76.

Peres, J.M.; Picard, J.; 1964. Nouveau Manuel de bionomie benthonique de la Mer Mediterranee. *Rec Trav Sta Mar Endoume*,. 31 (47): 1-137.

Perkins, H.; Pistek, P.; 1990. Circulation in the Algerian Basin during June 1986. *J. Geophys.l Res.*, 95: 1577-1585.

Pinot, J.M.; López-Jurado, J.L.; Riera, M.; 2002. The CANALES experiment (1996-1998). Interannual, seasonal and mesoscale variability of the circulation in the Balearic Channels. *Prog. Oceanogr.*, 55: 335-370.

Pinot, J.M.; Tintoré, J.; Gomis, D.; 1994. Quasi-synoptic mesoscale variability in the Balearic *Sea. Deep Sea Research*, 41 (5-6): 897-914.

Porte, C.; Escartín, E.; García de la Parra, L.M.; Biosca, X.; Albaigés, J.; 2002. Assessment of coastal pollution by combined determination of chemical and biochemical markers in *Mullus barbatus*. *Marine Ecology Progress Series*, 253: 205-216.

Rehault, J. -P.; Boillot, G.; Mauffret, A.; 1985. The western Mediterranean. En D. J. Stanley & F. -C. Wezel, *Geological evolution of the Mediterranean Basin* (pp. 101-129). New York: Springer.

Rey, J.; Díaz del Río, V.; 1983. La plataforma continental mediterránea entre Cabo de Palos y Cabo Tiñoso. Morfología y estudios sísmicos de la cobertera sedimentaria. *Informes Técnicos del Instituto Español de Oceanografía*, 11: 31 p.

Roca, E. (1992): *L'estructura de la Conca Catalano-balear: paper de la cornpressió i de la distensió en la seva genesi*. Tesis doctoral, Universitat de Barcelona. 330 p.

Rothwell, R.G.; Thomson, J.; Kahler, G.; 1998. Low sea-level emplacement of a very large Late Pleistocene ‘‘megaturbidite’’ in the western Mediterranean Sea. *Nature*, 392: 377-380.

Rubio Company, A.; 2006. Remolinos de mesoescala en el mediterráneo noroccidental: Generación y evolución. Tesis Doctoral, Universitat Politècnica de Cataluya.

Sabine CL, Feely RA, Gruber N, Key RM, Lee K, et al.; 2004. The oceanic sink for anthropogenic CO2. Science 305: 367-71.

Salas, J.J.; 2003. Evolution of the open-sea eddy ALGERs’98 in the Algerian basin with lagrangian trajectories and remote sensing observations. *J. Mar. Sust.*, 43: 105-131.

Salat, J.; Font, J.; 1987. Water mass structure near and offshore the Catalan coast during the winters of 1982 and 1983. *Annales Geophysicae*, 5B (1): 49-54.

Santana-Casiano, J., Gonzalez-Davila, M.; Laglera, L. M.; 2002. The carbon dioxide system in the Strait of Gibraltar; *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 49 (19): 4145-4161.

Schröder, K.; Tangherlini, M.; Gasparini, G.P.; 2006. Hydrographic conditions in the Western Mediterranean Sea after the Eastern Mediterranean Transient. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 8. SRef-ID: 1607-7962/gra/EGU06-A-03417

Solé, M.; Porte, C.; Barcelo, D.; Albaiges, J.; 2000. Bivalves Residue Analysis for the Assessment of Coastal Pollution in the Ebro Delta (NW Mediterranean). *Marine Pollution Bulletin*, 40: 746-753

Stanley, D.J.; Got, H.; Kenyon, N.H.; Monaco, A.; Weiler, Y.; 1976. Catalonian, East Betic, and Balearic margins: Structural Types and Geologically Recent Foundering of the Western Mediterranean Basin. Smithsonian Contributions to the Earth Sciences, 20: 67p.

Stefanescu, C.; Lloris, D.; Rucabado, J.; 1993. Deep-sea fish assemblages in the Catalan Sea (western Mediterranean) below a depth of 1000 m. *Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 40 (4): 695-707. http://dx.doi.org/10.1016/0967-0637(93)90066-C

Stefanescu, C.; Morales-Nin, B.; Massutí, E.; 1994. Fish assemblages on the slope in the Catalan Sea (Western Mediterranean): influence of a submarine canyon. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 74: 499-512.

Taupier-Letage, I.; Millot, C.; 1988. Surface circulation in the Algerian Basin during 1984. *Oceanol. Acta*, Spec. issue 9: 79-85.

Teijon, G.; Candela, L.; Tamoh, K.; Molina-Díaz, A.; Fernández-Alba, A.R.; 2010. Occurrence of emerging contaminants, priority substances (2008/105/CE) and heavy metals in treated wastewater and groundwater at Depurbaix facility (Barcelona, Spain). *Science of the Total Environment,* 408: 3584-3595.

Tolosa, I.; Bayona, J. M.; Albaiges, J.; 1995. Spatial and temporal distribution, fluxes, and budgets of organochlorinated compounds in Northwest Mediterranean sediments. *Environmental Science & Technology,* 29: 2519-2527.

Tovar Sánchez, A.; Serón, J.; Núria Marbà, N.; Arrieta, J.M.; Duarte, C.M.; 2010. Long-term records of trace metal content of western Mediterranean seagrass (*Posidonia oceanica*) meadows: Natural and anthropogenic contributions. Journal of Geophysical Research, Vol. 115, 10 p. http://dx.doi.org/10.1029/2009jg001076

Tserpes, G.; Fiorentino, F.; Levi, D.; Cau, A.; Murenu, M.; Zamboni, A.; Papaconstantinou. C.; 2002. Distribution of Mullus barbatus and M. surmuletus (Osteichtyes: Perciformes) in the Mediterranean continental shelf: implications for management. *Scientia Marina*, 66 (S2): 39-54.

Tziperman, E.; Malanotte-Rizzoli, P.; 1991. The climatological seasonal circulation of the Mediterranean Sea. *J. Mar. Res.*, 49: 411-434.

Ulses, C.; Estournel, C.; Durrieu de Madron, X.; Palanques, A.; 2008. Suspended sediment transport in the Gulf of Lions (NW Mediterranean): Impact of extreme storms and floods. *Continental Shelf Research*, 28 (15): 2048-2070.

UNEP 2002 Regionally Based Assessment of Persistent Toxic Substances. Mediterranean Regional Report. UNEP Chemicals (http://www.chem.unep.ch).

UNEP/MAP 1997. Draft transboundary Diagnostic Analysis for the Mediterranean Sea (TDA MED). UNEP (OCA) MED IG. 11/7.inf. 10 th Ordinary Meeting of Contracting Parties to the Barcelona Convention. Tunis 18-21. November 1997.

UNEP/MAP, NAP Spain. 2005. El plan de acción nacional para la protección del mar mediterráneo contra la contaminación de origen terrestre. AM-MED POL/ MATE, 109 pp.

Vargas, M.; Salat, J.; Fdez Puelles, M.L.; López-Jurado, J.L.; Pascual, J.; Ramírez, T.; Cortés, D.; Franco, I.; 2005. Trends and time variability in the nortern continental shelf of the Western Mediterranean. *J. Geophys.l Res.*, 110: 18pp. http://dx.doi.org/10.1029/2004JC002799

Vegas, R.; 1992. The Valencia trough and the origin of the western Mediterranean basins. *Tectonophysics*, 203: 249-261.

Vignudelli, S.; Gasparini, G.; Astraldi, M.; Schiano, E.; 1999. A posible influence of the North Atlantic Oscillation on the circulation of the Western Mediterranean sea. *Geophys. Res. Lett*. 26 (5): 623-626.

Zazo, C.; Maestro, A.; Díaz del Río, V.; Goy, J.L.; Somoza, L.; 2001. Geomorfología litoral y de la plataforma continental. En: *Evolución reciente de la geomorfología española* (1980-200) (A. Gómez-Ortiz y A. Pérez González, Eds.). Sociedad Española de Geomorfología y Servei de Gestió i Evolució del Paisatge (UB), Barcelona, 97-138.