Sensibilidad Ambiental de la Línea de Costa de la *Badia de Palma* (Mallorca, Illes Balears)

Perspectiva Integrada de la zona costera de la Badia de Palma (Mallorca, Illes Balears. Mediterráneo Occidental)

SOCIB Balearic Islands Coastal Observing and Forecasting System

Prólogo

Este informe forma parte de los documentos internos del SOCIB (*Sistema de Observación y Predicción Costero de las Illes Balears*) que constituyen trabajos previos y necesarios para la implantación de una *Gestión Integrada de las Zonas Costeras y Marinas* (GIZCM) adecuada utilizando la Badia de Palma como zona piloto. Incluyen, entre otros, trabajos sobre la delimitación de la zona costera y marina, de establecimiento de la *Sensibilidad de la Línea de Costa* y aplicación de un *Sistema de Indicadores para la GIZC (Gestión Integrada de las Zonas Costeras)* en las Illes Balears.

La combinación de estos trabajos sobre temáticas concretas aplicados en el mismo ámbito costero pretenden constituir el trabajo previo y necesario para la implantación de una Gestión Integrada de Zonas Costeras y Marinas (GIZCM) adecuada para la Badia de Palma. El establecimiento de la Sensibilidad Ambiental de la Línea de Costa (SALC) de la Badia de Palma es una caracterización de la línea de costa diseñada para determinar el comportamiento de los materiales que la constituyen frente a una afección por hidrocarburos. Los criterios de clasificación se han adoptado de estándares internacionales planteados por instituciones con una dilatada trayectoria en el campo de la contaminación marina causada por hidrocarburos (NOAA, *National Oceanic and Atmospheric Administration, USA*; IFREMER, *Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer*; IH Cantabria, *Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria*).

El establecimiento de la SALC de la Badia de Palma constituye un trabajo complementario y necesario de cara a una iniciativa de GIZCM para alcanzar la sostenibilidad de la zona costera. El objetivo de la sensibilidad ambiental es la caracterización de la línea de costa atendiendo a su vulnerabilidad ante una afección por hidrocarburos. La SALC de las Illes Balears, como también de la Badia de Palma, se ha elaborado de acuerdo con tres componentes: 1) mofodinámico/geomorfológico, 2) bio-ecológico y 3) socioeconómico. Cada uno de los tres componentes se ha elaborado mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG). La información generada está destinada a proporcionar un conocimiento exhaustivo sobre los tipos de costa a los técnicos encargados de dirigir y distribuir las labores de mitigación de la afección contaminante. Los estudios sobre SALC permiten conocer la persistencia del contaminante dependiendo del tipo de sustrato que esté afectado, de este modo, se aplicará el protocolo de limpieza adecuado para el tipo de contaminante y tipo de sustrato. La combinación con modelos de deriva de oleaje y corrientes ofrece la posibilidad de adelantarse a la llegada del contaminante a la línea de costa y actuar de una manera proactiva pudiendo organizar y preparar con cierta antelación los dispositivos de erradicación y limpieza.

Los resultados de este trabajo son perfectamente compatibles con trabajos específicos de caracterización espacial de la zona costera como el informe que ha realizado el SOCIB para el ámbito de la Badia de Palma con el título: *Caracterización Espacial de la Badia de Palma*. El conocimiento exhaustivo del comportamiento de los materiales de la línea de costa frente a una afección por hidrocarburos también puede resultar de gran utilidad para mitigar los efectos de sustancias contaminantes con un comportamiento análogo. De esta manera la caracterización de la línea de costa de

acuerdo con su sensibilidad ambiental constituye una herramienta de decisión de cara a la gestión de la línea de costa durante un evento de contaminación tanto de origen marino (p.e. vertido de hidrocarburos) como de origen terrestre/continental (p.e. aguas de escorrentía superficial o subterránea que contengan elementos contaminantes).

Este trabajo ha sido realizado por Pablo Balaguer Huguet bajo la dirección y supervisión de Amy S. Diedrich (coordinadora del Área Estratégica de Investigación y Sostenibilidad y Gestión Integrada de Áreas Costeras y Marinas. -SIAS Division- del SOCIB), Guillermo Vizoso (Investigador del *Grupo de Tecnologías Marinas, Oceanografía Operacional y Sostenibilidad* -TMOOS- del IMEDEA) y por Joaquín Tintoré Subirana (director del SOCIB).

Palma de Mallorca, Febrero 2011

Índice

Resumen ejecutivo..*1*

1.- Introducción..*7*

1.1.- Marco institucional y antecedentes..*9*

1.2.- Sensibilidad de la costa en las Illes Balears..*13*

1.3.- Sensibilidad de la costa en la Badia de Palma..*17*

2.- Objetivos del estudio..*19*

3.- Descripción de la zona de estudio..*21*

3.1.- Marco físico/ambiental..*21*

3.2.- Aspectos socioeconómicos / jurídicos..*26*

4.- Método..*33*

4.1.- Componente geomorfológico de la costa..*33*

4.1.1.- Exposición relativa a la energía del oleaje..*35*
4.1.2.- Altura de la línea de costa..*36*
4.1.3.- Tipo de sustrato..*41*
4.1.4.- Grado de sensibilidad biológica..*42*

4.2.- Componente biológico-ecológico de la línea de Costa..*43*

4.3.- Componente de uso humano..*44*

5.- Resultados..*47*

5.1.- Sensibilidad de la costa en las Illes Balears.. *47*

5.1.1.- Caracterización geomórfologica..*47*
5.1.2.- Caracterización biológica..*48*
5.1.3.- Cracterización uso humano..*48*

5.2.- Sensibilidad de la costa en la Badia de Palma..*50*

5.2.1.- Caracterización geomórfologica..*50*
5.2.2.- Caracterización biológica..*51*
5.2.3.- Cracterización uso humano..*56*

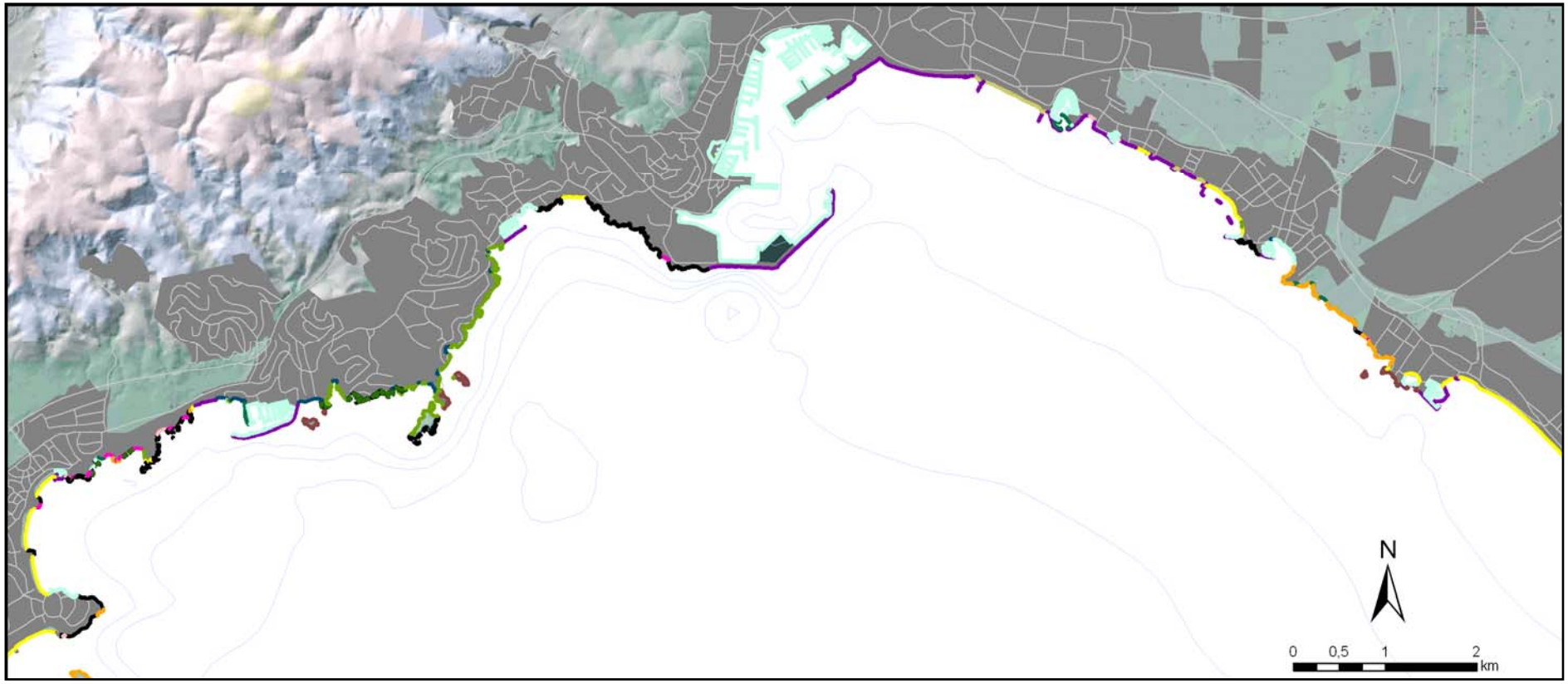
6.- Discusión y conclusiones..*59*

7.- Sugerencias de futuro..*63*

8.- Bibliografía..*69*

9.- Anexo 1: Cartografía de la Sensibilidad Ambiental (SA) de la línea de costa de la Badia de Palma, (Mallorca, Illes Balears)..*75*

10.- Anexo 2: Conexión y compatibilidad con aspectos relacionados con la caracterización espacial de la zona costera de acuerdo con una GIZCM..*125*



Índice de acrónimos

AAPI: *Áreas de Asentamiento en Paisaje de Interés.*
ANEI: *Área natural de Especial Interés*.
ARIP: *Área Rural de Interés Paisajístico*
BOCAIB: *Bolletí Oficial de les Illes Balears. Boletín Oficial de las Illes Balears.*
CAMBAL: *Plan Especial de Contingencia por Contaminación Accidental de Aguas Marinas en las Illes Balears.*
CEDRE: *Centre de Documentation et Recherche et Experimentattions sur les pollutions accidentelles des aux.*
CEE: *Comunidad Económica Europea*.
CITTIB: *Centre d'Investigació i Tecnologies Turístiques de les Illes Balears.Centro de Investigación y tecnologías Turísticas de las Illes Balears.*
CSIC: *Consejo Superior de Investigaciones Científicas*
EUNIS: *European Nature Information System.*
GIZC: *Gestión Integrada de la Zona Costera*
GIZCM: *Gestión Integrada de Áreas Costeras y Mar*inas.
GOI: *Grup d'Oceanografia Interdisciplinar. Grupo de Oceanografía Interdisciplinar.*
IBESTAT: *Institut Balear d'Estadística. Instituto Balear de Estadística. Instituto Balear de Estadística.*
IDEIB: *Infraestructura de Dades Espacials de les Illes Balears. Infraestructura de Datos Espaciales de las Illes Balears.*
IFREMER: *Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer.*
IH Cantabria: *Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria.*
IMEDEA: *Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados.*
ISA: *Índice de Sensibilidad Ambiental.*
IUEM: *Institut Universitarie Européen de la Mer.*
LEN: *Llei d'Espais Naturals. Ley de Espacios Naturales*
LIC: *Lugar de Interés Comunitario (Red Natura 2.000)*
MSALB: *Mapa de Sensibilidad Ambiental del Litoral de las Illes Balears.*
MTB: *Mapa Topogràfic Balear. Mapa Topográfico Balear.*
NOAA: *National Oceanographic and Atmospheric Administra*tion.
PEM: *Planificación Espacial Marina*
POLMAR: *Pollution des Mers*
POOT: *Pla d'Ordenació de l'Oferta Turística. Plan de Ordenación de la Oferta Turística (Conselleria de Turisme. Govern de les Illes Balears).*
R.N.2000: *Red Natura 2.000.*
SA: *Sensibilidad Ambiental.*
SALC: *Sensibilidad Ambiental de la Línea de Costa.*
SIAS: *Strategic Issues and Applications for Society, SIAS Division (SOCIB).*
SIG: *Sistema de Información Geográfica.*
SOCIB: *Sistema d'Observació i Predicció Costanera de les Illes Balears. Sistema de Observación y Predicción Costero de las Illes Balears.*
TMOOS: *Tecnologías Marinas, Oceanografía Operacional y Sostenibilidad.*
UIB: *Universitat de les Illes Balears.*
UL: *Unidad Litoral.*
VVAA: *Varios Autores.*
ZEPA: *Zona de Especial Protección para las Aves (Red natura 2.000).*

Resumen ejecutivo

El establecimiento de la *Sensibiliad Ambiental de la Línea de Costa* (SALC) de la Badia de Palma es un trabajo que se ha desarrollado en el *Área Estratégica de Investigación de la Ciencia de la Sostenibilidad y Gestión Integrada de Zonas Costeras y Marinas* dentro de la División SIAS (*Strategic Issues and Applications for Society, SIAS Division*) del *SOCIB* (*Sistema de Observación y Predicción Costera de las Illes Balears*).

El objetivo principal de este trabajo es el de determinar el comportamiento de los materiales que constituyen la línea de costa frente a una afección causada por hidrocarburos y/o sustancias contaminantes de naturaleza o comportamiento análogo. La determinación de la SALC frente a este/os tipo/os de contaminación constituye una herramienta de apoyo a la toma de decisiones, puesto que el conocimiento del comportamiento de los materiales frente a un episodio contaminante permitirá desarrollar protocolos de actuación adecuados para cada tipo de costa. Los resultados ofrecidos en este informe se basan en el trabajo realizado en el marco del convenio, con fecha de 9 de Agosto de 2004, entre la *Conselleria d'Interior del Govern de les Illes Balears* y la *Universitat de les Illes Balears* para la "*Elaboració d'estudis i aplicacions encaminades a augmentar el coneixement dels corrents marins i les onades per minimitzar els seus riscos sobre les persones, els bens i el medi ambient*". La determinación de la SALC fue realizada por el *Grupo de Oceanografía Interdisciplinar* del IMEDEA (*Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados, CSIC-UIB*), que posteriormente pasó a llamarse *TMOOS* (Tecnologías Marinas Oceanografía Operacional y Sostenibilidad). Los resultados expuestos en este informe han sido convenientemente revisados y adaptados para la realidad actual existente en el ámbito de la Badia de Palma. El objetivo de este trabajo se divide en dos tareas principales:

1) Determinar los tipos de costa de la Badia de Palma de acuerdo con la SALC.
2) Relacionar la diversidad de tipos de costa observados con las Unidades Litorales (ULs) que configuran la Badia de Palma.

El establecimiento de la SALC de la Badia de Palma se ha basado en estándares internacionales de clasificación de la línea de costa planteados por instituciones con una dilatada trayectoria en el campo de la contaminación marina causada por hidrocarburos (NOAA, *National Oceanic and Atmospheric Administration, USA*; IFREMER, *Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer*; IH Cantabria, *Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria*).

El establecimiento de la SALC de la Badia de Palma constituye un trabajo complementario y necesario de cara a una iniciativa de *Gestión Integrada de Zonas Costeras y Marinas* (GIZCM) para alcanzar la sostenibilidad de la zona costera. El objetivo de la sensibilidad ambiental es la caracterización de la línea de costa atendiendo a su vulnerabilidad ante una afección por hidrocarburos. La SALC de las Illes Balears, como también de la Badia de Palma, se ha elaborado de acuerdo con tres componentes: 1) mofodinámico/geomorfológico, 2) bio-ecológico y 3) uso humano (socioeconómico). Cada uno de los tres componentes se ha creado mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG). La caracterización geomorfológica se ha basado en criterios de exposición relativa al oleaje, altura y porosidad de los materiales por lo que se han diferenciado un total de 9 tipos de costas subdivididos en 17 subtipos. En la Badia de Palma los tipos de costa que se han diferenciado, de un modo genérico, han sido acantilados expuestos, costas altas (>3m) o bajas (<3m) con presencia de acumulaciones de bloques en la parte inferior, rompeolas artificiales, playas (arena, gravas y guijarros, mixtas) y estructuras artificiales (muelles, pantalanes, embarcaderos, etc.). Estos tipos de costa también pueden presentar dos variantes de acuerdo con el grado de exposición al oleaje, de este modo pueden ser: 1) expuestas al oleaje, o 2) localizadas en zonas de baja energía. El mayor o menor grado de vulnerabilidad geomorfológica se establece de acuerdo con las características texturales de los materiales que conforman la línea de costa y su grado de exposición al oleaje. La capacidad de los materiales para retener las sustancias contaminantes y de autolimpieza determinará esta vulnerabilidad. El componente bio-ecológico se ha establecido de acuerdo con la presencia de zonas naturales protegidas por diversas administraciones (regional, estatal, europea). El mayor o menor grado de vulnerabilidad bio-ecológica se ha establecido de acuerdo con el número de figuras de protección

(tanto de la administración regional, estatal como europea) que coinciden sobre un tramo de la línea de costa. El componente de uso humano tiene un marcado carácter descriptivo y se limita a señalar las infraestructuras y equipamientos que pueden facilitar las labores de limpieza de las zonas afectadas (grúas, rampas para embarcaciones, embarcaderos, presencia de varaderos, primeros auxilios, etc.), diferentes usos que se desarrollan a lo largo de la línea de costa (puntos de inmersión de interés, deportes náuticos, zonas de ocio) y zonas de elevado valor patrimonial (yacimientos arqueológicos).

La información generada está destinada a proporcionar un conocimiento exhaustivo sobre los tipos de costa a los técnicos encargados de dirigir y distribuir las labores de mitigación de la afección contaminante. Los estudios sobre SALC permiten conocer la persistencia del contaminante dependiendo del tipo de sustrato que esté afectado, de este modo, se aplicará el protocolo de limpieza adecuado para el tipo de contaminante y tipo de sustrato. La combinación con modelos de deriva de oleaje y corrientes ofrece la posibilidad de adelantarse a la llegada del contaminante a la línea de costa y actuar de una manera proactiva pudiendo organizar y preparar con cierta antelación los dispositivos de erradicación y limpieza.

La Badia de Palma se localiza en el flanco suroccidental de la isla de Mallorca (Illes Balears, Mediterráneo Occidental), su apertura está orientada hacia el SW y los cabos que la limitan (Cap de Cala Figuera en el flanco occidental y el Cap Blanc en el flanco oriental) distan entre sí una distancia de unos 25 km aproximadamente (13,6 millas náuticas). Posee una longitud de la línea de costa de 124 km (de acuerdo con el Mapa Topográfico Balear de 1.995, escala 1/5.000), 118,4 de los cuales pertenecen a la línea de costa de la isla de Mallorca y los 5,6 km restantes se reparten entre los islotes principales localizados muy próximos a la línea de costa (el más lejano de la línea de costa es el islote *el sec* que se halla a media milla náutica de la costa). Las estructuras artificiales (rompeolas, muelles, puertos deportivos, embarcacaderos, rampas de varada, etc) se extienden a lo largo de 56 km lineales de costa, las costas formadas por materiales no consolidados (playas) se extienden a lo largo de unos 4 km lineales de costa y ocupan una

superficie de 494.000 m^2. Las costas rocosas bajas (con alturas inferiores a los 3 m) se extienden a lo largo de 10 km y las costas altas (alturas superiores a los 3 m) se extienden a lo largo de 54 km de costa aunque la abundancia de acantilados con laderas relativamente suaves (perfiles cóncavos) permite la accesibilidad al mar en buena parte de estos tipos de costas.

Existe una elevada diversidad de ambientes a lo largo de sus más de 100 km lineales de costa. Las zonas que actualmente no están urbanizadas, con baja densidad de edificaciones o zonas que se han desarrollado urbanísticamente en los últimos 15 - 20 años responden a antiguas zonas militares o bien costas dominadas por acantilados en los que predomina la maquia o garriga mediterránea. Las áreas naturales, no transformadas o escasamente transformadas por el hombre, suelen poseer algún tipo de figura de protección y la mayor parte de ellas se localizan en los cabos que delimitan la bahía (Cap de Cala Figuera, Cap Enderrocat y zona de Cap Blanc). Las áreas naturales (no transformadas por el hombre) se extienden a lo largo de unos 20 km lineales de costa y las áreas urbanizadas se extienden a lo largo de 104 km lineales de costa. Estas últimas se dividen en zonas turísticas (de acuerdo con el *Plan de Ordenación de la Oferta Turística*, *POOT*, *1995*) y zonas urbanas residenciales que se extienden a lo largo de 70 km y 32 km lineales respectivamente.

Desde la perspectiva jurisdiccional y socioeconómica la bahía se encuentra compartida por tres municipios que de W a E son Calvià, Palma y Llucmajor que ocupan el 30% (37 km), 46% (58 km) y 24% (29 km) de la línea de costa respectivamente. Los núcleos urbanos costeros aglutinan el 79% del total de la población de los 3 municipios lo que supone una población de 386.148 habitantes a los que hay que sumar 95.000 plazas turísticas (POOT, 1995). Existen 10 infraestructuras portuarias que comprenden más de 20 marinas y puertos deportivos con una capacidad para 5.898 embarcaciones (CITTIB, 2009), el puerto comercial de Palma constituye el puerto más importante de las islas con el mayor número de operaciones comerciales y desde los últimos años, el turismo de cruceros representa una actividad en alza. La oferta turística es importante, al igual que el resto de les Illes Balears. En cuanto a la procedencia, los turistas procedentes de Alemania y Gran Bretaña conjuntamente con el turismo nacional son los predominantes. Los

establecimientos turísticos presentan una ocupación media anual del 68% (CITTIB, 2009) lo que determina un cierta continuidad de la actividad turística durante el año, aunque en determinadas zonas la estacionalización de la actividad turística es importante.

Las áreas naturales protegidas se localizan en ambientes marinos y terrestres. En el ámbito marino cabe destacar los LICs marinos (*Lugares de Importancia Comunitaria, Red Natura 2000*) de la zona de Cala Falcó (sector occidental de la bahía) y Cap Regana (sector oriental de la bahía) y la Reserva Marina (*Conselleria d'Agricultura i Pesca. Govern de les Illes Baelars*) de Cap Enderrocat-Regana (sector oriental de la bahía). En las áreas terrestres son destacables las áreas protegidas por la legislación regional (*Llei d'Espais Naturals, LEN 1/1.991. Conselleria d'Ordenació del Territori, Govern de les Illes Balears*) y por la legislación europea (LICs y ZEPAs de acuerdo con la Red Natura 2000). En total existen 34 km de línea de costa afectados por algún tipo de figura de protección (el 28% del total de la bahía) y la extensión de estas áreas se eleva a 83 km^2 de superficie marina y terrestre protegida en contacto con la línea de costa de la Badia de Palma.

La diversidad de tipos de costa así como de ambientes naturales y antrópicos, el elevado número de habitantes a los que se deben sumar las plazas turísticas, la coexistencia de tres municipios, la presencia de áreas protegidas, tanto marinas como terrestres, por diferentes administraciones (regional, nacional, europea) y la elevada actividad comercial y náutico-recreativa, convierten a la Badia de Palma en una zona en la que su análisis y estudio desde una visión integradora es una necesidad urgente para salvaguardar la diversidad de sus ecosistemas y alcanzar un desarrollo sostenible.

La elaboración de todas las tareas relacionadas con la SALC en un entorno de *Sistemas de Información Geográfico* (SIG) supone un manejo ágil de la información que beneficiará la gestión de situaciones de emergencia por contaminación marina en cuanto a tiempo de respuesta. La incorporación de información en un entorno SIG permite la consulta rápida de las bases de datos asociadas a la cartografía. Las ventajas de elaborar los datos correspondientes a la

SALC mediante la utilización de SIG son: 1) conocimiento, en tiempo real, de los tipos de costa afectados o potencialmente afectados por una afección contaminante, 2) longitud de línea de costa afectada, 3) conocimiento del tipo de protección medioambiental de la línea de costa en caso de que exista, 4) conocimiento ágil de las principales características de las infraestructuras y equipamientos adecuados de cara la mitigación de la afección contaminante (p.e. tonelaje máximo de las grúas de los puertos, existencia de puesto de primeros auxilios, espacio de varadero disponible, etc.) y 5) posibilidad de simplificar los tipos de costa, de manera rápida y ágil, en caso de que sea necesario, entre otros.

Los resultados de este trabajo son compatibles con trabajos específicos de caracterización espacial de la zona costera como el informe que ha realizado el SOCIB para el ámbito de la Badia de Palma con el título: *Caracterización Espacial de la Badia de Palma*. El conocimiento exhaustivo del comportamiento de los materiales de la línea de costa frente a una afección por hidrocarburos también puede resultar de gran utilidad para mitigar los efectos de sustancias contaminantes con un comportamiento análogo. De esta manera la caracterización de la línea de costa de acuerdo con su sensibilidad ambiental constituye una herramienta de decisión de cara a la gestión de la línea de costa durante un evento de contaminación tanto de origen marino (p.e. vertido de hidrocarburos) como de origen terrestre/continental (p.e. aguas de escorrentía superficial o subterránea que contengan elementos contaminantes).

1.- Introducción

Los hábitats costeros se encuentran sometidos a un riesgo potencial continuo de ser afectados por diversos tipos de contaminación que pueden proceder tanto de zonas terrestres como de ambientes marinos. Los vertidos de contaminantes pueden tener diversos orígenes de acuerdo con la fuente de la que provengan. Existen dos tipos principales de fuentes de contaminación: 1) procedentes de procesos naturales o geoquímicos, o bien, 2) procedentes de actividades humanas. Los primeros no se consideran como elementos ajenos al medio puesto que pueden ser asimilados por el sistema. En cambio, los vertidos procedentes de actividades humanas poseen diversos grados de impacto dependiendo del tipo de contaminante, estos pueden proceder de aguas residuales, de actividades portuarias, transporte de sustancias peligrosas, de la eliminación de residuos sólidos, eliminación del material dragado y desechos de minería, derivados de los usos del suelo, derivados de la actividad y desarrollo turístico en la zona costera, descargas térmicas y radioactivas, entre otros. Independientemente de donde proceda (ambientes marinos y/o terrestres) y de su fuente de origen, la contaminación puede ser microbiológica, por metales pesados, por eutrofización, por organoclorados y sustancias nutritivas, por petróleo y derivada de la acuicultura y de la sobreexplotación de pesquerías.

La Sensibilidad Ambiental de la Línea de Costa (SALC) se basa en los efectos de la contaminación por hidrocarburos (derivados del petróleo) sobre los diferentes materiales que constituyen el litoral. De modo que los métodos y criterios aplicados y los resultados obtenidos en este trabajo se fundamentarán en la contaminación por hidrocarburos.

Las sociedades occidentales dependen en gran medida de los combustibles fósiles, éstos comprenden alrededor del 80% del abastecimiento energético mundial (Albaigés, 2005). Los derivados del petróleo abarcan la mayor parte de esta dependencia energética, este hecho aumenta la probabilidad de producir vertidos o derrames desde los buques que los transportan (a partir de cualquier eventualidad (colisión, hundimiento, etc.)), y en los puntos de carga y descarga. Las poblaciones concentradas en la línea de costa y que dependen directamente de sus recursos y de las oportunidades de situación derivadas de la condición litoral, en caso de derrame o vertido accidental de hidrocarburos, pueden verse comprometidas debido al efecto ejercido sobre el medio natural como en el entramado socioeconómico (Loureiro *et al.*, 2005).

El accidente del buque Prestige en Noviembre del año 2.002, aumentó la conciencia nacional y europea y derivó en un consenso en la necesidad de realización de mapas de sensibilidad de la línea de costa para protegerla de posibles derrames y vertidos de hidrocarburos (Figueras, 2005; Pombo, 2005). Las actitudes adoptadas por la población, ante un vertido de hidrocarburos, está directamente vinculada a la forma en la que los medios de comunicación cubren la noticia (Anderson, 2002) y en el caso del Prestige, la cobertura mediática contribuyó en gran medida para que la población tomara consciencia de la gravedad que supone sobre medio natural y humano el alcance de estos hechos.

En el caso de Baleares, la dependencia al modelo económico basado en el turismo litoral, hace necesario emprender acciones preventivas ante posibles derrames de hidrocarburos. Esta concienciación en salvaguardar los recursos del medio natural se ha traducido, desde los inicios del siglo XXI, en la adopción de estrategias de Gestión Integrada de la Zona Costera (GIZC). Las acciones encaminadas a determinar la Sensibilidad Ambiental de la línea de costa, teniendo en cuenta todas sus características y agentes y gestores implicados, en función de las características naturales y socioeconómicas, es una manera de gestionar de forma integrada el medio costero (Henocque *et al.*, 1997).

Los estudios relacionados con la sensibilidad de la zona costera deben estar necesariamente asociados a modelos de *Oceanografía Operacional* aplicados a la predicción de deriva de los derrames de hidrocarburos (Jordi *et al.*, 2006). La efectividad de los mapas de sensibilidad de la línea de costa se completa cuando existe un sistema de predicción de deriva de hidrocarburos que determina el momento y las zonas litorales que serán afectadas. Los modelos y sistemas en *Oceanografía Operacional son sistemas desarrollados para el estudio y control de la evolución* espacio-temporal de un fenómeno específico en el mar/océano, o bien orientado para obtener información sobre los rasgos principales de circulación en un área marina específica de interés (González *et al.*, 2008). Los sistemas o modelos en *Oceanografía Operacional* que en este caso nos ocupan suelen utilizarse, en la mayor parte de los casos, en situaciones de emergencia cuando las condiciones atmosféricas son extremas y suelen utilizarse instrumentos de medida (boyas de deriva, estaciones meteorológicas, correntímetros, vehículos autónomos de toma de datos, etc.) para servir información, en tiempo real, de las variables fundamentales que controlan el fenómeno metrológico-oceanográfico y poder predecir su evolución (Gonález *et al.*, 2008). Existen un gran número de modelos enfocados a la predicción de la deriva de los derrames de hidrocarburos. Estos modelos ofrecen un elevado rango de posibilidades, desde la predicción de trayectorias simples, modelos de seguimiento de partículas (volúmenes aislados de hidrocarburos, *particle-tracking models*), modelos tridimensionales (3-D) en los que también consideran el movimiento de los elementos contaminantes a lo largo de la columna de agua, hasta modelos complejos que son capaces de simular una respuesta, ante el vertido, de los hábitats y ecosistemas litorales (Reed *et al.*, 1999).

En el campo de la *Oceanografía Operacional* existen numerosos trabajos dedicados a análisis retrospectivos (*hindcasts analysis*) sobre la evolución de derrames y vertidos pretéritos. Los análisis retrospectivos favorecen la calibración y mejora de modelos oceanográficos de deriva de oleaje y corrientes asociados a modelos atmosféricos (predicción de viento) (Sotillo et al, 2008; Díaz *et al.*, 2008; Abascal *et al.*, 2010), así como también permiten la elaboración de herramientas de tipo pro-activo para futuros eventos de contaminación marina. Estos tipos de análisis han sido aplicados en la zona del Mediterráneo para el vertido ocurrido en Julio de 2.006 en la planta de energía de Jieh a 30 km al Sur de Beirut (Líbano) (Coppini et al, in press), en el Mar del Norte (Shetlands, Escocia) para el hundimiento del *Braer* ocurrido en 1993 (Proctor *et al.*, 1994; Spaulding *et al.*, 1994), hundimiento del *Argo* frente a las costas de Massachussetts en 1976 (Spaulding *et al.*, 1982), hundimiento del *Amoco Cadiz* frente a las costas de la Bretaña francesa en Marzo de 1.978 (Reed & Gundlach, 1989), en el

accidente del buque *Nakhodka* ocurrido en el Mar de Japón ocurrido en Enero de 1.997 (Nakata *et al.*, 1997) y accidente del buque *Prestige* frente las costas de Galicia en Noviembre de 2.002 (Díaz *et al.*, 2008; González et al., 2008), entre otros.

La cartografía aplicada a los efectos/comportamiento de los materiales que constituyen la línea de costa frente a vertidos de hidrocarburos y/o sustancias similares se confeccionan con la intención de priorizar la protección/restauración de diferentes zonas costeras en función de sus características bio-físicas (tipo de sustrato, grado de exposición relativa y hábitats y ecosistemas). Los criterios de sensibilidad de la línea de costa tienen sus inicios a finales de los años 70 (Gunlach & Hayes, 1978), uno de los primeros antecedentes fueron las cartografías desarrolladas en Lower Cook Inlet (Alaska, EEUU) (Michel *et al.*, 1978) aunque es la NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*), a través de su *División de Respuesta y Restauración* (*Office of Response and Restoration*) el organismo precursor, a nivel global, de determinar los criterios y métodos en la elaboración de este tipo de cartografía temática con un importante componente de *Sistemas de Información Geográficos* (SIGs) (http://response.restoration.noaa.gov/type_subtopic_entry.php?RECORD_KEY%28entry_subtopic_type%29=entry_id,subtopic_id,type_id&entry_id(entry_subtopic_type)=74&subtopic_id(entry_subtopic_type)=8&type_id(entry_subtopic_type)=3, accedido el 10/01/2.011). Desde 1.995 la NOAA ha elaborado cartografía temática aplicando Otros trabajos pioneros y de gran interés que han contribuido a establecer las bases metodológicas y otorgar rigurosidad científica al estudio de la sensibilidad de la línea de costa son los de Jensen et al. (1990) en el que ya se apoyaron en el uso de imágenes satélite. Michel & Dahlin (1993) elaboran una guía para el desarrollo de atlas de sensibilidad digitales y Rifaat & Hanna (1995) aplican la sensibilidad de la costa en ambientes tropicales del Mar Rojo.

1.1.- Marco institucional y antecedentes

El trabajo desarrollado en este informe se basa en los resultados obtenidos a raíz del Convenio, con fecha de 9 de Agosto de 2004, entre la *Conselleria d'Interior* del *Govern de les Illes Balears* y la *Universitat de les Illes Balears* (*UIB*) para la "*Elaboració d'estudis i aplicacions encaminades a augmentar el coneixement dels corrents marins i les onades per minimitzar els seus riscos sobre les persones, els bens i el medi ambient*". Los resultados obtenidos en este informe se basan en el trabajo previo realizado en el marco del convenio señalado, aunque han sido pertinentemente revisados y actualizados con la actualidad existente en la Badia de Palma.

Dentro de este convenio se propuso el desarrollo de dos estudios concretos:

1) Sistema de predicción de vertidos marinos en la costa de las Illes Balears.
2) Propuesta para la mejora de la seguridad e información en las playas del litoral balear.

La clasificación del litoral Balear ante una posible afección por hidrocarburos forma parte del primer estudio como complemento básico del sistema de predicción de deriva de los

vertidos marinos. La correcta caracterización de la línea de costa debe incluir información en cuanto a tipos de materiales que la conforman, grado de cohesión de los materiales, altura, exposición al oleaje, etc. La correcta caracterización de la línea de costa de acuerdo con los factores descritos constituye una herramienta útil para los gestores y agentes de la zona costera implicados en los trabajos de mitigación de una posible afección producida por hidrocarburos. El objetivo de trabajo de zonificación era la de generar un mapa de sensibilidad ambiental de litoral balear (MSALB). Para ello se consideró adecuada la utilización de un estándar internacional de clasificación costera para dotar al trabajo de solidez metodológica en cuanto a planteamiento y rigor en cuanto a la tipología y calidad de los datos. Por ello la clasificación del litoral balear de acuerdo con las aptitudes de sus materiales frente a un posible vertido de hidrocarburos se desarrolló siguiendo los estándares propuestos que la NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*, EEUU, NOAA, 2002) utiliza para la confección del *Índice de Sensibilidad Ambiental* (ISA). El MSALB, elaborado en formato atlas (*Atles de Sensibilitat Ambiental del Litoral de les Illes Balears*) contiene información de las áreas litorales de acuerdo con tres componentes: a) Geomorfológico-morfodinámico, b) bio-ecologico y c) socioeconómico.

En el ámbito de las Illes Balears existen precedentes en cuanto a la elaboración de estudios relacionados con la SALC, Oceanografía Operacional aplicada a la estimación de las trayectorias de los vertidos. Los primeros trabajos relacionados con la contaminación marina por hidrocarburos y protocolos de limpieza en el ámbito de las Illes Balears se inician en el Departamento de Química de la Universitat les Illes Balears (UIB) bajo la dirección del Dr. José Ramón Bergueiro López. Bergueiro & Domínguez (1991) realizan un trabajo sobre la contaminación por petróleo e inician una línea de investigación encaminada aportar el conocimiento necesario para su aplicación en tareas de prevención y mitigación de las afecciones por hidrocarburos sobre las áreas costeras. Bergueiro & Domínguez (2001) y Bergueiro & Moreno (2002, 2003) realizan trabajos en la misma línea orientados a la gestión integral de los derrames de hidrocarburos y describen los protocolos de limpieza y restauración de las costas contaminadas por hidrocarburos. En el estudio de Bergueiro *et al*. (2004) se proponen las principales líneas de actuación para una Gestión Integrada de Zonas Costeras frente a un vertido de hidrocarburos. Bergueiro *et al.* (2005, 2006a) describen planes de contingencia ante derrames de hidrocarburos para los puertos de Palma de Mallorca y Eivissa. En otro estudio (Bergueiro *et al.*, 2006b) elaboran el modelo INCOTUR destinado a la estimación de las pérdidas del sector turístico derivadas por un vertido de hidrocarburos. En Bergueiro (2009) se describe le modelo S.O.N.I.A. (*Sistema Operacional de Notificación de Impactos Ambientales*) destinado al desarrollo adecuado de los protocolos de erradicación y limpieza de los hidrocarburos. La misión de este modelo es la de gestionar, de la manera más eficiente, todas las consecuencias derivadas de un vertido de hidrocarburos en el mar.

En el *Grupo de Oceanografía Interdiciplinar* (GOI) del IMEDEA (actualmente TMOOS, *Grupo de Tecnologías Marinas y Oceanografía Operacional y Sostenibilidad*), se desarrolló otra línea de investigación en vertidos de hidrocarburos y contaminación marina en general. En este caso las líneas de trabajo se centran en la elaboración de modelos y sistemas de predicción de la deriva de los

vertidos de hidrocarburos en el ámbito del Mediterráneo Occidental y en la descripción de las características principales de la línea de costa de las Illes Balears de acuerdo con su vulnerabilidad ante un vertido. En la línea correspondiente a los estudios de Oceanografía Operacional destaca el trabajo de Jordi *et al.* (2006) en el que se expone un sistema híbrido de predicción de deriva de corrientes y oleaje aplicable tanto para eventos de contaminación marina (vertidos de hidrocarburos) y para el hallazgo y rescate de personas y embarcaciones. En cuanto a la línea de investigación enfocada a al establecimiento de la vulnerabilidad de los diferentes tipos de costa frente a un afección por hidrocarburos, los estudios se elaboraron en el marco del convenio (*Elaboració d'estudis i aplicacions encaminades a augmentar el coneixement dels corrents marins i les onades per minimitzar els seus riscos sobre les persones, els bens i el medi ambient*). La ejecución del proyecto permitió la elaboración de una serie de trabajos, elaborados en el contexto de la zona costera de las Illes Balears, de carácter científico y a la elaboración de una serie de herramientas de apoyo a la gestión y a la toma de decisiones. En los trabajos de Balaguer *et al.* (2006, 2008) se describe la zonificación o clasificación de la línea de costa de las Illes Balears en función de su vulnerabilidad frente a un posible vertido de hidrocarburos realizada mediante *Sistemas de Información Geográfico* (SIG). Elaboración de capas cartográficas visibles en el programa Google Earth (.kmz) con la intención de que las cartografías correspondientes a la caractarerización morfodinámica - geomorfológica, bio-ecológica y socio-económica puedan ser visualizadas por técnicos y usuarios sin especialización en el manejo de programas de SIG. La elaboración de capas de cartografía temática visibles en programas como Google earth (foto aérea, foto satélite) pueden ser de gran utilidad durante las tareas de emergencia y para fines de difusión y visualización pública de la información gráfica y exponer el trabajo desarrollado. La información cartográfica desarrollada a raíz de este proyecto se ha expuesto en sucesivas ocasiones en la *Fira de la Ciència* (*Conselleria d'Interior, Justícia i Innovació, Govern de les Illes Balears*) con el objetivo de que los alumnos de los colegios visitantes y público en general pueda consultar la información desarrollada y "navegar" a lo largo de la línea de costa e interpretar y conocer la realidad existente. En 2.007 se elaboró un *Atles de Sensibilitat del Litoral de les Illes Balears* con una cartografía de la costa balear a escala 1:50.000 dividida en un total de 55 hojas cartográficas en formato DIN A3, lo que le confiere una gran utilidad como herramienta de apoyo para los trabajos de campo y de gabinete. El Atlas presenta dos secciones bien diferenciadas y a la vez complementarias. En la primera parte se presentan las características principales del clima marítimo de las Illes Balears, que condiciona el grado de exposición de los tramos de costa de acuerdo con la energía del viento, oleaje, etc. Los resultados se presentan por separado para Menorca, Mallorca y Cabrera e Islas Pitiüses. Se expone información sobre las características de frecuencia, altura y dirección del oleaje. La segunda parte se refiere a la sensibilidad o comportamiento de los materiales que constituyen la línea de costa frente a un posible vertido de hidrocarburos. Las hojas cartográficas relativas a la sensibilidad ambiental se representan con la fotografía aérea (en las páginas impares) y con el modelo digital del terreno sombreado, juntamente con los puntos de información e infraestructuras de la línea de costa (páginas pares). Otro aspecto a destacar dentro de las labores desarrolladas a partir del trabajo desarrollado en el marco del convenio fue la elaboración de informes de asesoramiento sobre los tipos de línea de costa

durante las la afección generada por el hundimiento del buque Don Pedro en Julio del año 2.007 frente a las costas de Eivissa. Se elaboraron una serie de informes, que se facilitaron a los técnicos encargados en gestionar y desarrollar las labores de limpieza de la zona costera, con información cartográfica de los tipos de costa correspondientes a los tramos de costas con elevada probabilidad de verse afectados por la afección producida por el hundimiento del buque. Las previsiones sobre la trayectoria de los contaminantes se desarrollaron mediante modelos de deriva de corriente y oleaje de acuerdo con las condiciones meteorológicas del momento. Las zonas costeras que resultaban afectadas de acuerdo con la trayectoria de los contaminantes reflejada por el modelo, eran acotadas y la información acerca de su geomorfología, sensibilidad biológica y equipamientos e infraestructuras, era consultada mediante SIG para realizar los informes correspondientes. Durante el transcurso de las labores de mitigación y limpieza de la contaminación producida por el buque Don Pedro, el grupo de Tecnologías Marinas, Oceanografía Operacional y Sostenibilidad (TMOOS) del IMEDEA, creó ad hoc una página web (http://www.costabalearsostenible.com/donpedro/ acceso el 25 de Agosto de 2010) con toda la información necesaria para asistir las tareas desarrolladas por los técnicos en las mismas zonas afectadas. La información que ofrece esta página es acerca de las previsiones de deriva de las "manchas" de contaminantes y una descripción de los tipos de costa que potencialmente podrían verse afectadas de acuerdo con las previsiones de viento, oleaje y corrientes marinas.

En el Decreto 126/2.008 de 21 de Noviembre se aprueba el *Plan Especial de Contingencia por Contaminación Accidental de Aguas Marinas en las Illes Balears* (CAMBAL) (BOCAIB, Boletín Oficial de las Illes Balears de 2 de Diciembre de 2.008). El CAMBAL constituye un plan de protección civil en el que establecen los medios materiales y de personal, tanto públicos como privados necesarios para proteger la integridad física de las personas, los bienes y el patrimonio colectivo y ambiental ante situaciones de emergencias por contaminación marina. La aprobación del Decreto 126/2.008 por el cual se aprueba el CAMBAL se contempla en la Ley 3/2.006 de Gestión de Emergencias de las Illes Balears que determina la creación de planes de protección civil para combatir situaciones de emergencia de ámbito autonómico y cuya elaboración precisa una metodología científico-técnica específica. Las situaciones de emergencia que deben ser objeto de plan especial bajo el amparo de la Ley 3/2.006 son los que respectan a inundaciones, seísmos, incendios forestales y transportes de mercancías peligrosas y todas aquellas situaciones de riesgo que la *Conselleria* competente en materia de emergencias considere de interés autonómico. Dada la naturaleza insular de las Illes Balears se considera necesaria la elaboración de un plan especial para poder hacer frente a un evento de contaminación accidental de las aguas marinas de las Illes Balears.

El CAMBAL se adapta a lo dispuesto en la Orden de 23 de Febrero de 2.001 por la que se aprobó el *Plan Nacional de Contingencias para Contaminación Marina Accidental*, así como también se adecua al Decreto de 50/1.998 de 8 de Mayo en el que se aprobó el *Plan Territorial de las Illes Balears en materia de Protección Civil*. La gestión de una emergencia derivada de un evento de contaminación marina comprende diversidad de factores y eventualidades técnicas a causa de la diversidad en la naturaleza de los problemas y/o impactos que puedan surgir, de modo que la

organización de las diferentes tareas es compleja. Para evitar frustraciones en la aplicación del CAMBAL, el plan se rige de acuerdo con dos condiciones principales: 1) Modularidad y flexibilidad para que la activación del plan pueda ser gradual de acuerdo con las exigencias que la emergencia determine y 2) Integración entre las diferentes administraciones competentes y organismos implicados en la mitigación de la afección con la finalidad de implantar los operativos y tomar las decisiones de acuerdo con la estructura prevista en el plan. Para concluir la reseña al CAMBAL es preciso señalar que la dirección del plan puede ser delegada en el director/a de la Dirección General de Emergencias de la Conselleria de Interior del Govern de les Illes Balears.

1.2.- Sensibilidad de la línea de costa en las Illes Balears

Las Illes Balears se localizan en el centro del Mediterráneo Occidental, constituyen un archipiélago formado por cinco islas mayores (de mayor a menor: Mallorca, Menorca, Eivissa, Formentera y Cabrera). Todas ellas, menos la isla de Cabrera, se encuentran habitadas. La población total de las Illes Balears es de 1.095.426 habitantes de acuerdo con el padrón de población de 2009 del IBESTAT (*Institut d'Estadística de les Illes Balears*, http://ibestat.caib.es/ibestat/page?f=default&p=inicio, accedido el 10/01/2.011). la isla de Mallorca presenta una población de 862.397 habitantes, Menorca 93.915 habitantes, Eivissa 129.562 habitantes y Formentera 9.552 habitantes. El archipiélago de Cabrera no presenta una población estable censada, aunque su condición de zona militar desde 1.916 y posteriormente la declaración de Parque Nacional en 1.991 por la singularidad de sus hábitats y ecosistemas marítimo-terrestres, ha propiciado una presencia humana continua. Las Illes Balears tienen una superficie total de unos 5.014 km^2 de los cuales 3.640 km^2 corresponden a la isla de Mallorca, 702 km^2 a la isla de Menorca, 541 km^2 a Eivissa, 82 km^2 a Formentera y unos 15 km^2 correspondientes al archipiélago de Cabrera.

Las Illes Balears presentan algo más de 1.500 km lineales de costas (Mapa Topográfico Balear (MTB) 1.995 escala 1/5.000). La isla de Mallorca y el archipiélago de Cabrera tienen una extensión de unos 800 km lineales de costa, Menorca tiene una longitud de línea de costa de unos 350 km, Eivissa 250 km y Formentera alrededor de 100 km. La economía de las Illes Balears tiene una elevada dependencia del sector turístico con una clara orientación hacia el turismo de sol y playa. La línea de costa y concretamente las costas constituidas por playas constituyen un activo de primer orden para la economía balear. En este sentido es preciso salvaguardar en la medida de lo posible las características físicas y ecológicas del espacio costero.

En las Illes Balears la ausencia de explotaciones petrolíferas obliga a que la totalidad de los combustibles derivados del petróleo deban ser importados por vía marítima. Por ello el archipiélago está expuesto a ser afectado por una afección por hidrocarburos. La posición central de las Illes Balears en el Mediterráneo Occidental convierte a nuestro archipiélago en un área vulnerable a ser afectada de manera directa o indirecta por un derrame. El Mar Mediterráneo constituye una zona de unión entre los continentes Europeo (Norte),

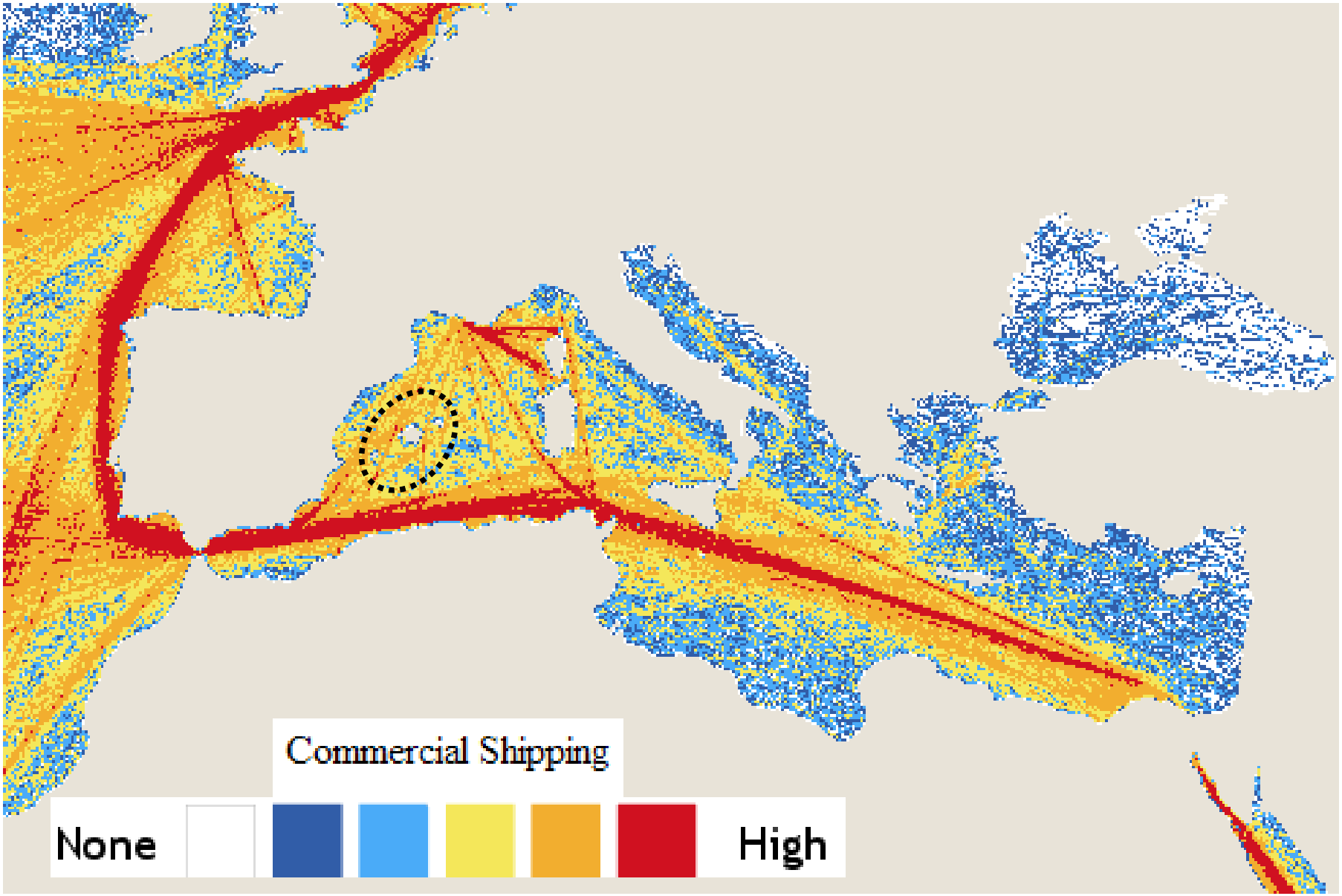


Figura 1.1:

Representación gráfica de las rutas de comunicación marítima de buques mercantes más frecuentes del Mar Mediterráneo. Figura extraída de: http://globalmarine.nceas.ucsb.edu/. Las Illes Balears se localizan en el interior de la línea de puntos negros.

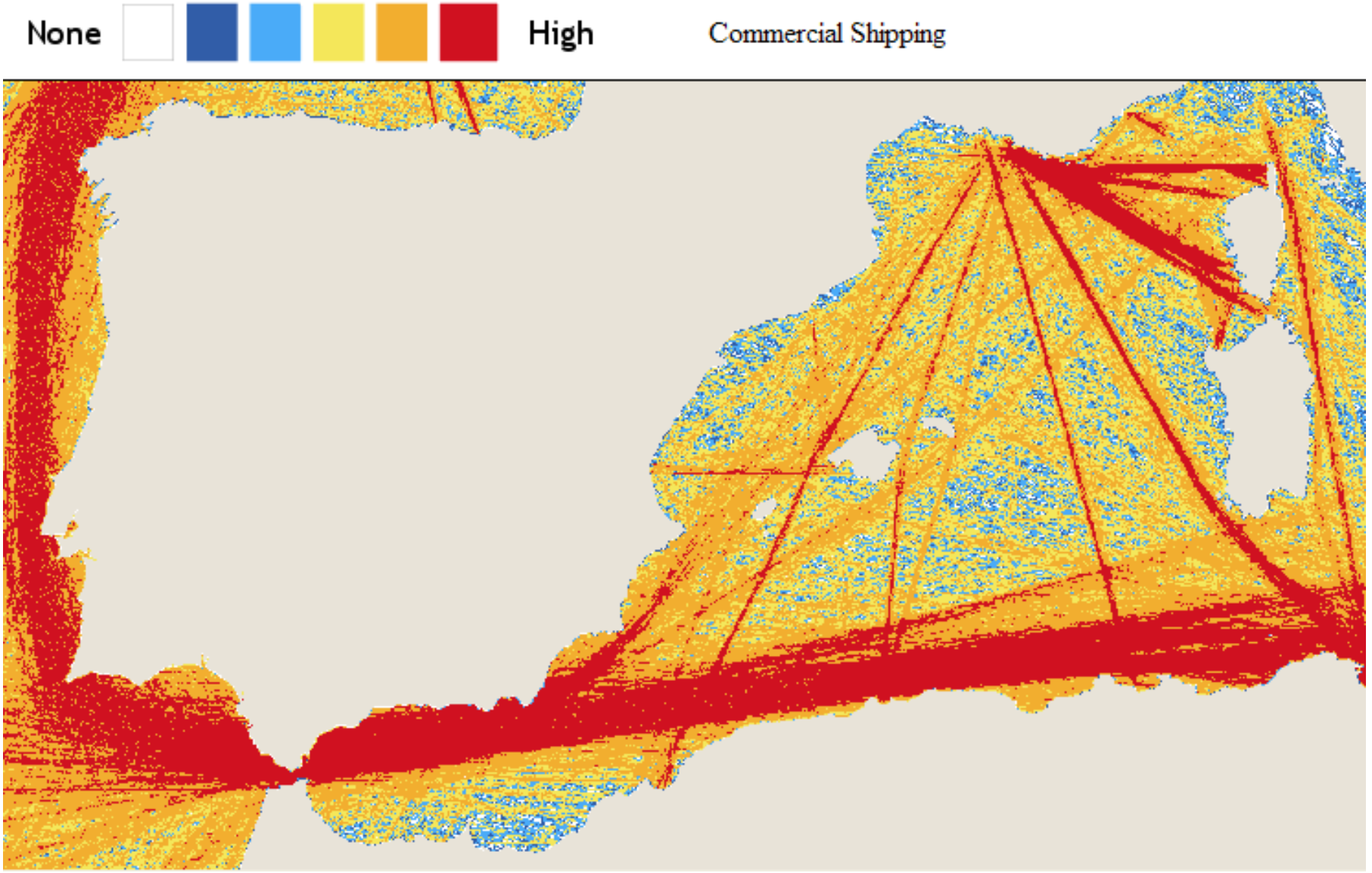


Figura 1.2:

Representación gráfica de las rutas marítimas, de buques mercantes, más frecuentes del Mediterráneo Occidental. Figura extraída de: http://globalmarine.nceas.ucsb.edu/.

Asiático (Este) y Africano (Sur), a esta característica se le une la mezcla de culturas y civilizaciones que tiene lugar desde los tiempos más ancestrales. A las características tanto físicas como culturales, exclusivas de esta región, se le deben unir las relaciones comerciales y el transporte marítimo (tanto de mercancías como de pasajeros) que presenta una mayor intensidad en el corredor que une el Canal de Suez con el Estrecho de Gibraltar (Figura 1.1. http://globalmarine.nceas.ucsb.edu/, accedido el 15/12/2.010), las conexiones continuas entre la vertiente Sur y la vertiente Norte especialmente intensas en el área Occidental, Mar Tirreno, zona de Liguria, Mar Adriático y Mar Egeo (Figura 1.1). La condición de mar interior compromete prácticamente todas las zonas en el caso de producirse cualquier infortunio o naufragio de un buque mercante. En la zona de la Península Ibérica y Norte de África, el tráfico de buques mercantes se intensifica por su cercanía al Estrecho de Gibraltar (Figura 1.2). Las Illes Balears no quedan exentas a ser afectadas y por ello deben tomarse las medias oportunas en cuanto al estudio de la sensibilidad de la línea de costa frente a un derrame o afección por hidrocarburos.

En el archipiélago Balear existe un tráfico doméstico de buques mercantes notable (entre las diferentes islas y entre Baleares y Península), que se intensifica durante los meses de verano. Además del tráfico doméstico destinado al transporte de pasajeros y de mercancías (entre ellas el transporte de hidrocarburos) existen rutas que conectan el Norte de Argelia con el Sur de Francia que suelen atravesar el archipiélago o bien pasar en sus aguas próximas.

Las Illes Balears por su situación central en el Mediterráneo Occidental, por su singularidad en las áreas naturales costeras (la mayor parte de ellas protegidas) y por la dependencia económica de sus costas debido a su especialización en el turismo de sol y masas deben tener mecanismos de prevención ante un evento de contaminación marina. Las costas de las islas pueden verse afectadas por una afección de hidrocarburos y/o sustancias de comportamiento similar por diversas causas, a continuación se exponen una serie de fuentes de contaminación apoyándonos en el trabajo de Bergueiro & Moreno (2002):

1) Accidentes de petroleros o buques cisternas de sustancias derivadas de hidrocarburos. Las Illes Balears pueden verse afectadas por cualquier incidencia que tuviera lugar en estos tipos de buques que continuamente cubren rutas a lo largo del Mediterráneo Occidental (Figuras 1.1 y 1.2). Los incidentes pueden deberse a colisiones de estos buques con otros buques o embarcaciones, fallos en el casco o explosiones.
2) Accidentes de buques mercantes (de carga y pasajeros). Pueden ser colisiones entre ellos y/o naufragios en las proximidades de nuestro archipiélago (Figuras 1.1 y 1.2). Un buen ejemplo de ello lo constituye el naufragio del buque Don Pedro de la compañía Iscomar, frente a las costas de la ciudad de Eivissa en Julio de 2.007.
3) Carga y descarga de petroleros o buques cisterna de sustancias derivadas de hidrocarburos en puertos.
4) Carga y descarga de camiones utilizados para el transporte de hidrocarburos en puestos y zonas cercanas al litoral.

5) Accidentes de camiones destinados al transporte de hidrocarburos que tengan lugar en puertos o zonas cercanas al litoral.
6) Accidentes y roturas en oleoductos.
7) Rotura/pérdidas de los tanques de almacenamiento.

1.3.- Sensibilidad de la línea de costa en la Badia de Palma.

La Badia de Palma se localiza en el SW de la isla de Mallorca (Illes Balears). En los 124 km de línea de costa se halla la mayor concentración de población (entorno a 400.000 habitantes repartidos en 3 municipios) y actividad económica del conjunto de las Illes Balears. El puerto de Palma aglutina toda la actividad comercial marítima de la bahía, así como de la mayor parte de la isla de Mallorca. Existen 10 infraestructuras portuarias que comprenden alrededor de dos decenas de puertos deportivos y marinas destinadas exclusivamente a embarcaciones recreativas. La bahía, expuesta hacia el SW, se encuentra continuamente surcada por embarcaciones de recreo que practican pesca recreativa (March, 2008; March *et al.*, 2008), deporte de la vela o bien se dirigen a las diferentes zonas de fondeo localizadas tanto en el interior como en el exterior de la bahía (Balaguer *et al.*, 2011). La notable actividad náutico-recreativa se combina con el tráfico de buques mercantes cuyo origen o destino es el Puerto de Palma donde suministran graneles, contenedores, tráfico de pasajeros (incluidos cruceros en tránsito) y mercancías en general.

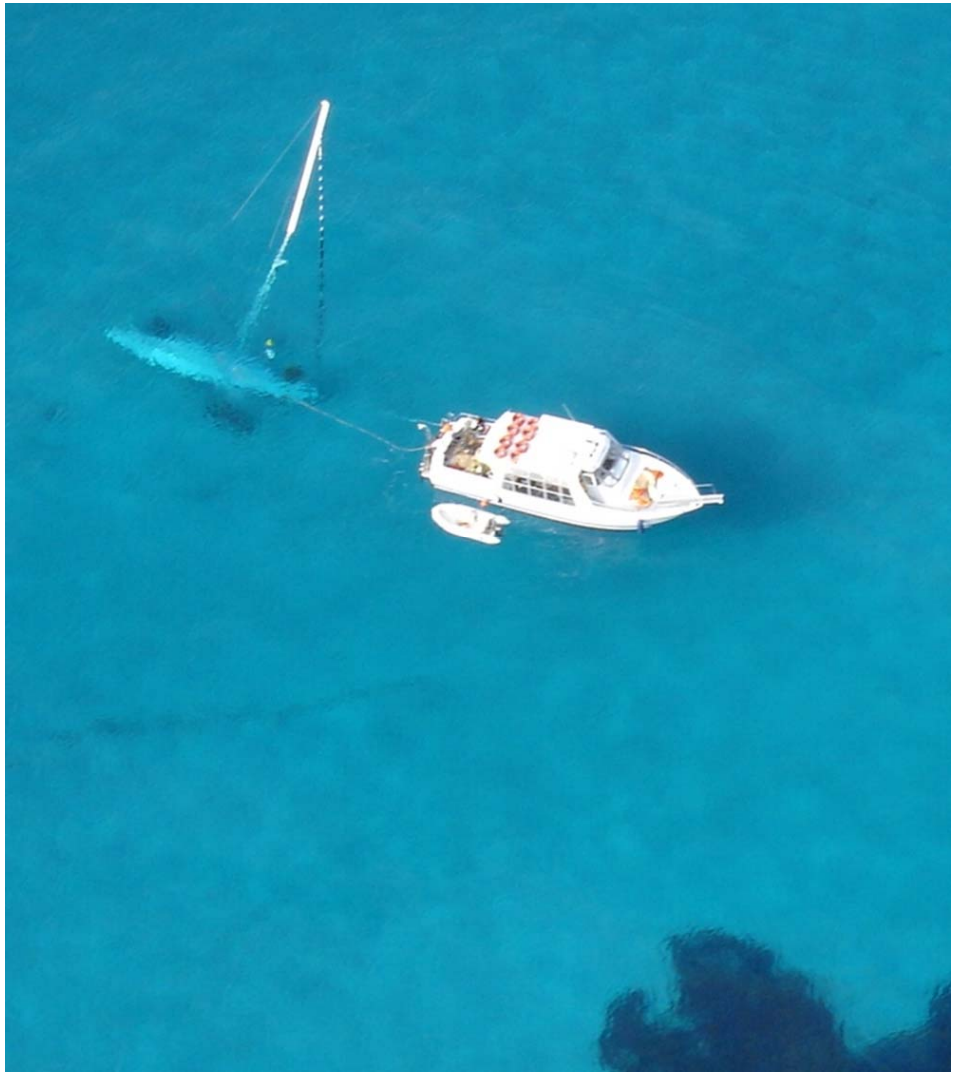
La Badia de Palma posee una gran variedad de tipos de costa que tienen un comportamiento diferente frente a un posible derrame de hidrocarburos y sustancias similares. El comportamiento o respuesta de los tipos de costa dependerá del grado de cohesión del sustrato (arena, roca, grava, cantos rodados, etc), del grado de exposición relativa al oleaje, la altura de la costa y presencia o no de acumulaciones de materiales por causas naturales (p.e. bloques y cantos rodados al pies de un acantilado) o por la acción directa del hombre (p.e. rompeolas artificiales). Estas características condicionan la vulnerabilidad de cada tipo de material que constituye la línea de costa en cuanto al tiempo resiliencia y el tipo de recuperación (teniendo en cuenta si puede auto-limpiarse o auto-recuperarse o bien si debe ser recuperación inducida, coste económico de la recuperación.

En la Badia de Palma se dispone la mayor parte del espectro de tipos de costa que se desarrollan a lo largo del litoral de las Illes Balears. La bahía se puede dividir en tres grandes sectores: 1) sector occidental en el que se desarrollan las costas correspondientes a la vertiente marítima suroriental de la Serra de Tramuntana, 2) sector central en el que se desarrollan las costas principalmente constituidas por materiales menos consolidados correspondientes a la Cuenca de Palma y 3) sector oriental que está formado mayoritariamente por arenas, dunas fósiles y calizas arrecifales, éstas últimas correspondientes a la Marina de Llucmajor.

El litoral del sector occidental de la Badia de Palma está constituido por acantilados, playas de arena, playas de guijarros, costas rocosas con presencia de cantos rodados y bloques y estructuras artificiales (diques y rompeolas). La característica principal de este tramo de costa es la abundancia de calas y radas que interrumpen el trazado rectilíneo de las costas rocosas. En este

sector se desarrollan los tipos de costa más vulnerables frente a una afección de hidrocarburos, la presencia de zonas protegidas de la influencia directa del oleaje, playas de gravas, costas con presencia de cantos rodados, acumulaciones de bloques y rompeolas artificiales, convierten este sector en el más sensible frente a este tipo de contaminación. El litoral del sector central se encuentra modificado en la mayor parte de su trazado, la presencia del Puerto de Palma, los rompeolas del paseo marítimo y todas sus playas regeneradas durante los años 90 del siglo XX son evidencias de este hecho. Las áreas más sensibles de este sector son los rompeolas artificiales con una elevada porosidad secundaria que puede actuar de lugar de almacenamiento del contaminante en caso de vertido y la zona de *es Carnatge*, único vestigio de zona costera conservada en un estado semi-natural. El sector oriental presenta la mayor proporción de costas afectadas por alguna figura de protección y en su mayor parte lo constituyen acantilados, costas rocosas bajas y playas de arena expuestas al oleaje.

La elevada actividad marítima diaria observada en la Badia de Palma, la diversidad de tipos de costas y la elevada población concentrada, ofrece un peligro potencial de producirse cualquier eventualidad en la actividad náutico-recreativa como en el tráfico de personas y/o mercancías. De ahí que es necesario caracterizar con detalle la sensibilidad de las costas para poder aplicar los protocolos de actuación de limpieza de hidrocarburos basados en la discriminación de las costas afectadas dependiendo de sus características (grado de cohesión, altura, porosidad y exposición relativa al oleaje).

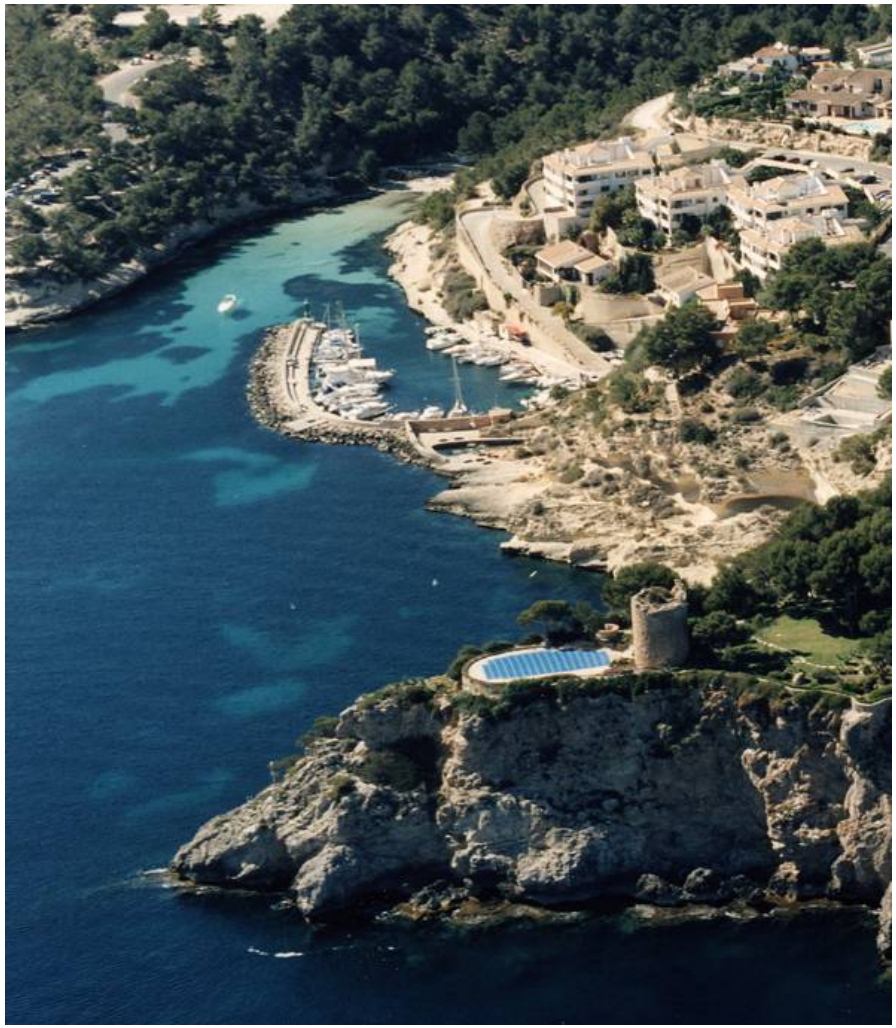


2.- Objetivos del estudio

El objetivo principal de este estudio es ofrecer una herramienta de apoyo a la toma de decisiones de acuerdo con aspectos relacionados con la contaminación marina para la zona costera de la Badia de Palma y con la *Gestión Integrada de Zonas Costero-Marinas* (GIZCM). La zonificación de la línea de costa de acuerdo con el comportamiento de los materiales frente a una afección por hidrocarburos se ha realizado de acuerdo con métodos y criterios adaptados de estándares internacionales (NOAA, 2002) adaptados para la realidad existente de las Illes Balears y de la Badia de Palma. La determinación de la vulnerabilidad y comportamiento de los materiales que constituyen la línea de costa se establece mediante la *Sensibilidad Ambiental de la Línea de Costa* (SALC). Los resultados expuestos en este informe han sido convenientemente revisados y adaptados para la realidad actual existente en el ámbito de la Badia de Palma. El objetivo de este trabajo será la determinación de la SALC de la Badia de Palma y se divide en dos tareas principales:

1) Determinar los tipos de costa de la Badia de Palma de acuerdo con la SALC.

2) Relacionar la diversidad de tipos de costa observados con las Unidades Litorales (ULs), modelos de organización territorial (tanto natural como humana) que configuran la Badia de Palma. De este modo se expone de forma clara la relación entre la SALC con la GIZCM.



3.- Descripción de la zona de estudio (Badia de Palma)

La Badia de Palma se localiza en flanco suroccidental de la isla de Mallorca (Illes Balears, Mediterráneo Occidental) (Figura 3.1). Las Illes Balears conforman una comunidad autónoma uniprovincial de España, de acuerdo con el padrón de población de 2.009 tiene una población de 1.095.426 habitantes. La isla de Mallorca es la isla mayor respecto del resto de islas que constituyen las Illes Balears (Menorca, Eivissa, Formentera) y posee una población de 862.397 habitantes lo que supone el 79% del total balear. Palma de Mallorca es la capital administrativa de la isla de Mallorca y del conjunto del archipiélago, también constituye la ciudad con mayor número de habitantes, el municipio alberga 401.270 habitantes y se ubica en el flanco septentrional de la Badia de Palma. La ciudad de Palma ejerce su influencia metropolitana sobre el resto de la isla, y por este motivo, su puerto (Port de Palma) constituye el punto de entrada de la mayor parte de mercancías y graneles transportadas por barco. La bahía está compartida por tres municipios (Calvià, Palma y Llucmajor) y se encuentra flanqueada por una zona costera que presenta variedad de ambientes urbanizados y naturales (la mayor parte de estos últimos se encuentran protegidos). Estas características le confieren una diversidad de contrastes territoriales y administrativos que hacen que sea un territorio adecuado para emprender estudios e iniciativas relacionadas con la *Gestión Integrada de las Zonas Costeras y Marinas* (GIZCM).

3.1.- Marco físico / ambiental

La bahía se localiza en la vertiente costera del SW de Mallorca y está orientada hacia el SW (Figura 3.2) y se localiza en la costa suroccidental de la isla de Mallorca. Los cabos que la limitan (Cap de Cala Figuera y Cap Blanc) distan entre sí una distancia de 13,6 millas náuticas (25 km) y la superpie del espejo superficial de agua es de unos 260 km^2.

La Badia de Palma tiene una longitud de costa de 124 km (de acuerdo con el Mapa Topográfico Balear 1.995, MTB, escala 1:5.000), de los cuales 118,4 km pertenecen a la isla de Mallorca y los 5,6 restantes a los islotes. La profundidad máxima se sitúa entre los 50 y 60 metros. La mayor parte de los islotes se concentran en el flanco occidental de la bahía y se localizan a distancias cercanas a la costa, el más distante es el islote el Sec y se encuentra a unos 500 m de la línea de costa. Las estructuras artificiales (rompeolas, muelles, puertos deportivos, embarcaderos, rampas de varada, etc) se extienden a lo largo de 56 km lineales de costa. Las costas formadas por materiales no consolidados (costas de playa) tienen una longitud de 4 km y ocupan una superficie (superficie de playas) de 419.000 m^2. Las costas rocosas bajas (con alturas inferiores a los 3m) se extienden a lo largo de 10 km y las costas altas (alturas superiores a los 3m) presentan una longitud de 54 km, aunque la abundancia de acantilados con laderas relativamente suaves (perfiles cóncavos) permite la accesibilidad al mar en buena parte de estos tipos de costas.

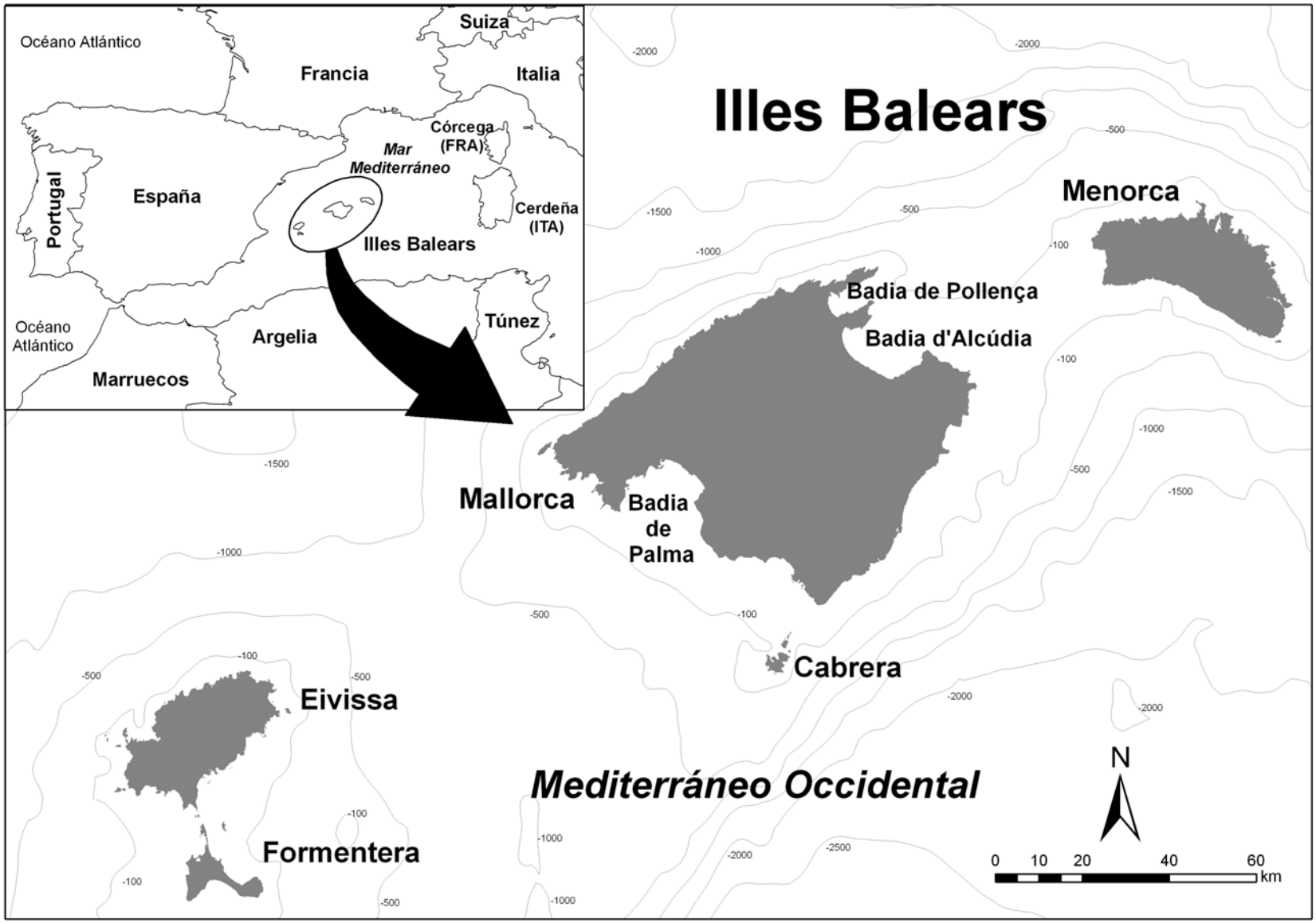


Figura 3.1:

Localización de Las Illes Balears y la isla de Mallorca en el contexto europeo y del Mediterráneo Occidental.

En cuanto a las unidades morfoestructurales y materiales que conforman la línea de costa, la isla de Mallorca se organiza de acuerdo con un conjunto de *Horts* (relieves elevados) y *Grabens* (depresiones) dispuestos alternativamente y que a grandes rasgos se corresponden con las sierras o cordilleras y llanuras de la isla (Figura 3.2). La isla de Mallorca se divide en diferentes unidades morfoestructurales (Figura 3.2) que pueden estar formadas por materiales afectados por deformaciones tectónicas (Orogenia Alpina) y áreas constituidas por materiales post-orogénicos, no afectados por procesos orogénicos. La Serra de Tramuntana, Serres de Llevant y las Serres Centrals (Figura 3.2) se encuentran afectadas por deformaciones tectónicas, configuradas durante la Orogenia Alpina (proceso de deformación tectónica compresiva que tuvo lugar entre el Paleoceno (65 M.A.) y el Mioceno Medio (13,6 - 11,6 M.A.)). Las áreas post-tectónicas, no afectadas por fuerzas compresivas generadas por la Orogenia Alpina, se disponen en la actualidad en la "misma disposición" en la que fueron depositadas, únicamente están afectadas por movimientos de tectónica distensiva y reajuste tectónico. Las zonas de Marina de la isla de Mallorca (Marina de Migjorn o Llucmajor y Marina de Llevant) y buena parte de los materiales que constituyen las cuencas de la isla con edades comprendidas entre el Mioceno Medio (13,6 - 11,6 M.A.) y la actualidad, integran las unidades morfoestructurales post-orogénicas del relieve de Mallorca (Figura 3.2).

La Badia de Palma se localiza en la parte SW de la isla de Mallorca (Figuras 3.2 y 3.3) y tanto su forma como emplazamiento se debe a la disposición de las unidades morfoestructurales que constituyen la isla y que al mismo tiempo confieren diferentes características a los diferentes sectores costeros. La Badia de Palma queda configurada por la vertiente litoral de la cuenca de Palma (en su parte central), por los relieves de la Serra de Tramuntana (en su parte occidental) y por los relieves tabulares post-orogénicos (en su parte oriental) (Figura 3.2).

a) *Costas de la Serra de Tramunatna:*

La vertiente marítima de la Serra de Tramuntana en la Badia de Palma aflora en el sector occidental, concretamente entre la Platja de Cala Major (Palma) y Punta d'es Marroig (Calvià) (Figuras 3.2 y 3.3). Se trata de costas de baja altura (entre 0 y 15 metros de altura) y morfología variable con preponderancia de costas con perfiles verticales (Balaguer, 2005). Los materiales responden a calizas, brechas carbonatadas, margas y margocalizas.

b) *Costas de la Cuenca de Palma:*

Las costas formadas por materiales correspondientes a la cuenca de Palma ocupan la parte central de la bahía (entre el Puerto de Palma y el Punta de ses Olles (Llucmajor) (Figura 3.2). La mayor parte de la línea de costa de este sector ha sido modificada por el hombre mediante construcción de paseos marítimos, escolleras, rompeolas artificiales, puertos deportivos y regeneraciones de playa. En este sector de la bahía, la única zona costera que queda parcialmente sin modificar es la zona de es Carnatge (Balaguer, 2005) formada por materiales del Cuaternario que constituyen las "*secuencias tipo*" para el estudio de alternacias de períodos fríos y templados durante el

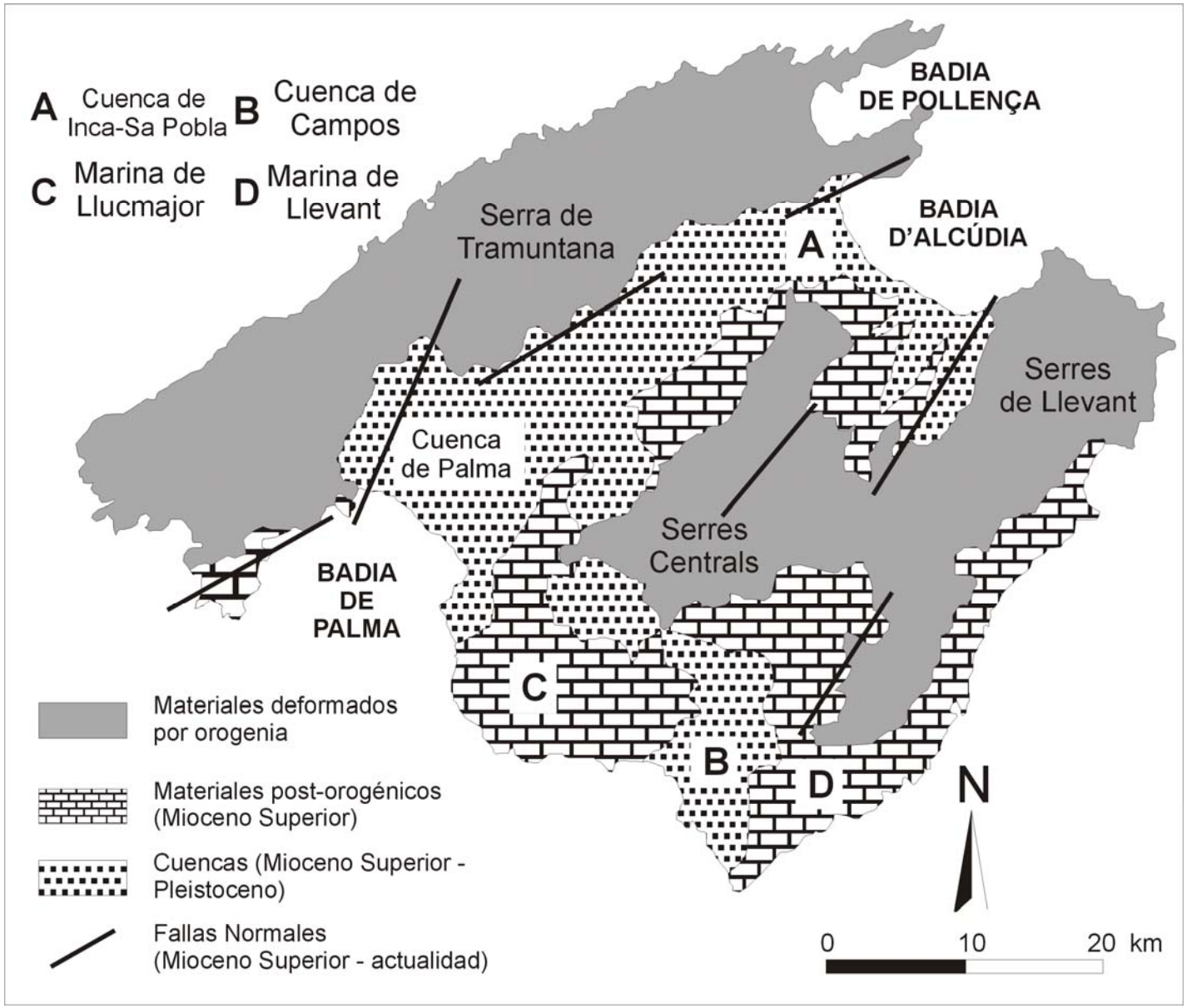


Figura 3.2:

Esquema geológico de la isla de Mallorca. Adaptado de Fornós *et al.*, (2005).

Pleistoceno Superior para el Mediterráneo Occidental (Cuerda, 1989; Zazo *et al*., 2003; Bajardí *et al*., 2009). Los materiales son depósitos de carácter aluvial, arcillas, limos, brechas, conglomerados, eolianitas, arenas eólicas y de playa y calcarenitas bioclásticas.

c) *Costas de los relieves tabulares post-orogénicos:*
Las costas formadas por los relieves tabulares post-orogénicos se extienden tanto en el flanco oriental como en el flanco occidental de la bahía (Figura 3.2). En el sector oriental las costas pertenecientes a esta unidad morfoestructural se extienden entre el Club Náutico del Arenal y el Cap Blanc y en el sector occidental se manifiestan en la zona de Porto Pi - Marivent, y en el sector comprendido entre la Platja de Magalluf y Cap de Cala Figuera (Figura 3.2). Existe una variabilidad de formas de costa, cuyas alturas pueden configurar costas bajas (< 3m) o bien, constituir acantilados de alturas cercanas a los 100 m en la zona de Cap Regana - Cap Blanc (Balaguer 2005). Esta unidad aflora en los cabos que cierran la bahía (Cap de Cala Figuera y Cap Blanc) lo que confiere unas condiciones biogeográficas (de sustrato y flora) análogas propias de maquia y estepa mediterránea. Los materiales que afloran en estos tramos costeros son calizas arrecifales, eolianitas, arenas eólicas y de playa y calcarenitas bioclásticas.

Los hábitats que podemos encontrar en los tramos de la línea de costa sin transformar o poco transformados por el hombre y de acuerdo con la nomenclatura de EUNIS (*European Nature Information System*, http://eunis.eea.europa.eu/habitats.jsp, accedido el 04/10/2010)
(VVAA, 2009) son: 1150 (lagunas costeras), 1240 (acantilados con vegetación de las costas mediterráneas con *Limonium spp*. endémicos), 1410 (pastizales salinos mediterraneos -*Juncetalia maritimi*-), 2210 (dunas fijas del litoral del *Crucianellion maritimae*), 3170 (lagunas y charcas temporales mediterráneas), 6220 (pastizales xerofíticos mediterráneos de vivaces y anuales), 9320 (bosques de *Olea* y *Ceratonia*). En áreas más interiores respecto de la línea de costa, dentro del ámbito de influencia de la Badia de Palma se encuentran los siguientes hábitat: 3140 (aguas oligo-mesotróficas calcáreas con vegetación de *Chara spp*.), 4090 (matorrales pulvinularis orófilos europeos meridionales), 8210 (pendientes rocosas calcícolas con vegetación casmofítica), 9340 (encinares de *Quercus ilex* y *Quercus rotundifolia*). En la mayor parte de las áreas naturales litorales y en las zonas de interior cercanas (sin modificar por el hombre) los hábitats están continuamente perturbados por la actividad humana (fruto de la proximidad de áreas urbanas y/o turísticas) que en algunos casos utiliza estos lugares como vertederos incontrolados y en los que normalmente hay presencia de plantas invasoras. En el ámbito marino y de acuerdo con la descripción de los hábitats naturales según el código EUNIS (VVAA, 2009) son: 1120 (*Posidon oceanicae*. Praderas de Posidonia oceanica) y 1160 (grandes calas y bahías poco profundas).

3.2.- Aspectos socioeconómicos / jurídicos

Desde el punto de vista administrativo y jurisdiccional la Badia de Palma se encuentra repartida por 3 municipios que de W a E son Calvià, Palma y Llucmajor (Figura 3.3). Estos municipios ocupan el 30% (37 km), 46% (58 km) y 24% (29 km) de la línea de costa respectivamente. El municipio de Palma es el municipio que realmente ocupa el sector de costa más reducido aunque las estructuras artificiales convierten a este municipio como el más importante en cuanto a extensión de línea de costa. Un ejemplo de ello son las infraestructuras (muelles, pantalanes, etc.) que constituyen el Ouerto de Palma (Figura 3.5) que poseen una longitud de 26 km de línea de costa.

Los núcleos urbanos en contacto con la línea de costa concentran el 79% del total de la población de los tres municipios (Calvià, Palma y Llucmajor), lo que supone una población de 386.148 habitantes (de acuerdo con el padrón de población de 2009 del IBESTAT, http://ibestat.caib.es/ibestat/page?f=default&p=poblacion, accedido el 04/10/10). Los núcleos turísticos en contacto con la línea de costa concentran el 42% de la población total de Calvià, el 85,6% de la población de Palma y el 57,6% de la población de Llucmajor. Esta concentración de población es el 44,8% de la población total de las Illes Balears lo que supone una elevada presión y densidad poblacional (sin tener en cuenta la población flotante) sobre un espacio marítimo-terrestre con una elevada importancia tanto desde el punto de vista socioeconómico como natural.

A las cifras de población debe sumarse 95.000 plazas turísticas de las zonas turísticas *(Plan de Ordenación de la Oferta Turística*, POOT, 1995) del municipio de Calvià (Illetes, Cas Català Nou, Portals Nous, Costa d'en Blanes, Palmanova, Magalluf y Portals Vells), del municipio de Palma (Marivent, Cala Major, Cas Català, Cala Gamba, es Molinar, Can Pastilla y Platja de Palma) y del municipio de Llucmajor (s'Arenal, Son Verí, Son Verí Nou, Cala Blava, Bellavista, Maioris Décima, Sa Torre, Bahía Azul , Bahía Grande y el Dorado). El sector turístico y de servicios representa la base de las economías locales de la mayor parte de los núcleos urbanos y/o turísticos de la bahía. Mayoritariamente la procedencia de los turistas es de Alemania, Gran bretaña y del territorio nacional y los establecimientos turísticos presentan una ocupación media anual del 68% (CITTIB, 2009) lo que determina una cierta desestacionalización, aunque en ciertas zonas se experimenta una marcada estacionalidad.

El Puerto de Palma se localiza en el extremo septentrional de la bahía y su emplazamiento está ligado a la presencia del lugar de atraque de las embarcaciones de los primeros pobladores de la ciudad de Palma. A lo largo de la historia, el puerto se ha ido ampliando y modernizando a partir de su localización inicial anterior a la ocupación romana del 123 ac. Es el puerto más importante de las Illes Balears tanto en tráfico de mercancías como en tráfico de pasajeros (Ports de Balears, 2009). El tráfico de pasajeros en líneas regulares alcanzó los 709.489 pasajeros y los cruceros dieron lugar a un tráfico de 513.54 pasajeros (Ports de les Balears, 2009). Durante 2.008 se registró un tráfico de 7.855 movimientos de buques mercantes de los cuales 5.484 corresponden a buques españoles y 2.371 a buques extranjeros. Estos movimientos se reparten

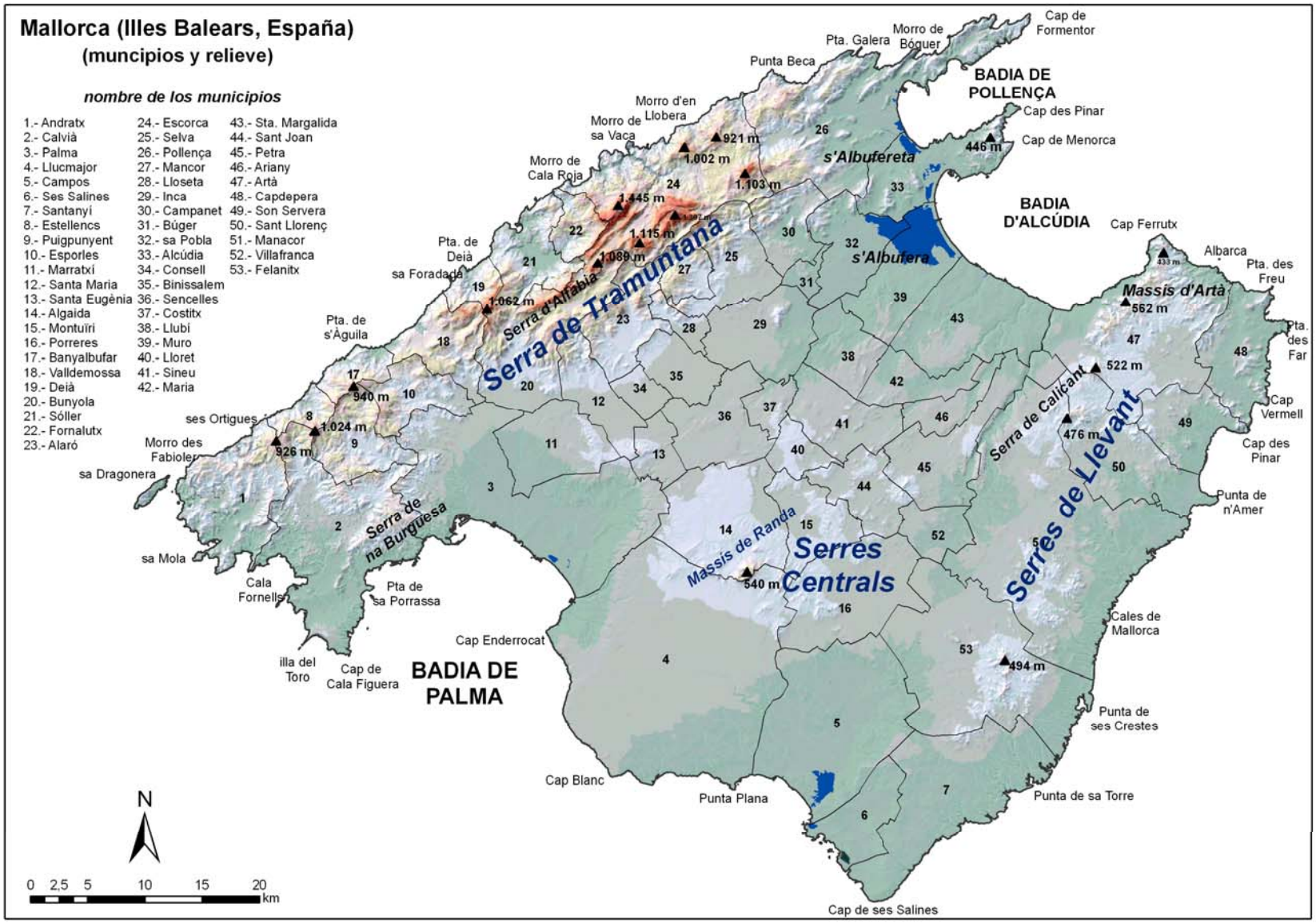


Figura 3.3

Distribución municipal y unidades de relieve de la isla de Mallorca (Illes Balears).

en 241 movimientos de tanques petroleros, 38 movimientos de tanques de gases licuados, 1.133 de buques de tráfico rodado, 456 movimientos de carga en general, 5.780 movimientos de buques de pasaje y 207 movimientos de otros tipos de buques mercantes (Ports de Balears, 2009). El Puerto de Palma también es el primer puerto de las Illes Balears en cuanto a peso de pesca capturada con algo más de 2.970 toneladas que suponen un valor en la primera venta de 12.328.862,41 € (Ports de les Balears, 2009).

En cuanto al turismo náutico recreativo y actividades náuticas en general, cabe destacar la presencia de 10 infraestructuras portuarias repartidas de manera aleatoria a lo largo de la línea de costa de la bahía, estas infraestructuras portuarias albergan 18 marinas y/o puertos deportivos (CITTIB,2009). Existen 3 que se localizan en la costa del municipio de Calvià, 6 en el municipio de Palma y 1 en Llucmajor. Estas infraestructuras agrupan 5.898 amarres (CITTIB, 2009) lo que supone el 41% del total de amarres de la isla de Mallorca. El Real Club Náutico de Palma, con 1.000 amarres, es el puerto deportivo de mayor envergadura, le siguen el Puerto Deportivo de Portals Nous (670 amarres), El Club Náutico de s'Arenal (643 amarres) y el Club de Mar (572 amarres).

La Badia de Palma se caracteriza por la coexistencia de ambientes naturales y urbanizados o transformados por el hombre. Las áreas litorales que actualmente no están urbanizadas o bien que no están fuertemente alteradas por la acción del hombre son aquellas que han sido zonas militares y que han mantenido su estado "natural" por su posición estratégica dentro de la bahía (es el caso de Cap de Cala Figuera, zona de es Carnatge, Cap d'Enderrocat y zona de Cap Blanc) (Figuras 3.4 y 3.5). Las áreas naturales (sin modificar por el hombre) se extiende a lo largo de 20 km de costa y las áreas urbanizadas ocupan 104 km lineales de costa (Figura 3.5).

Las áreas naturales protegidas de la Badia de Palma se localizan tanto en ambientes marinos como terrestres (Figura 3.4) y están regidas por 3 estamentos político-adminitrativos: 1) la *Conselleria d'Ordenació del Territori* del *Govern de les Illes Balears* que con la declaración de la *Ley 1/1.991 de espacios naturales y régimen urbanístico de las áreas de especial protección de las Islas Baelares*, preservó del proceso urbanizador hasta un 33% del territorio de las Illes Balears (Rullán, 2002). 2) la *Conselleria de Medi Ambient* del *Govern de les Illes Balears* que se encarga de la declaración y gestión de los *Lugares de Importancia Comunitarios* (LICs) y *Zonas de Especial Protección para las Aves* (ZEPAs) de la Red Natura 2000 (http:// www.mma.es/portal/secciones/biodiversidad/rednatura2000/rednatura_espana/ accedido el 04/10/2.010). 3) *Conselleria d'Agricultura i Pesca del Govern de les Illes Balears* que, a través de la *Dirección General de Pesca*, declara y gestiona las Reservas Marinas en las Illes Balears. La protección de las reservas se centra en la "*regulación de los usos y de la explotación del medio marino con la intención de recuperar la regeneración natural de los recursos naturales y conservar los ecosistemas marinos más representativos*" (http://www.caib.es/sacmicrofront/contenido.do ?mkey=M69&lang=CA&cont=850# accedido el 04/10/2.010).

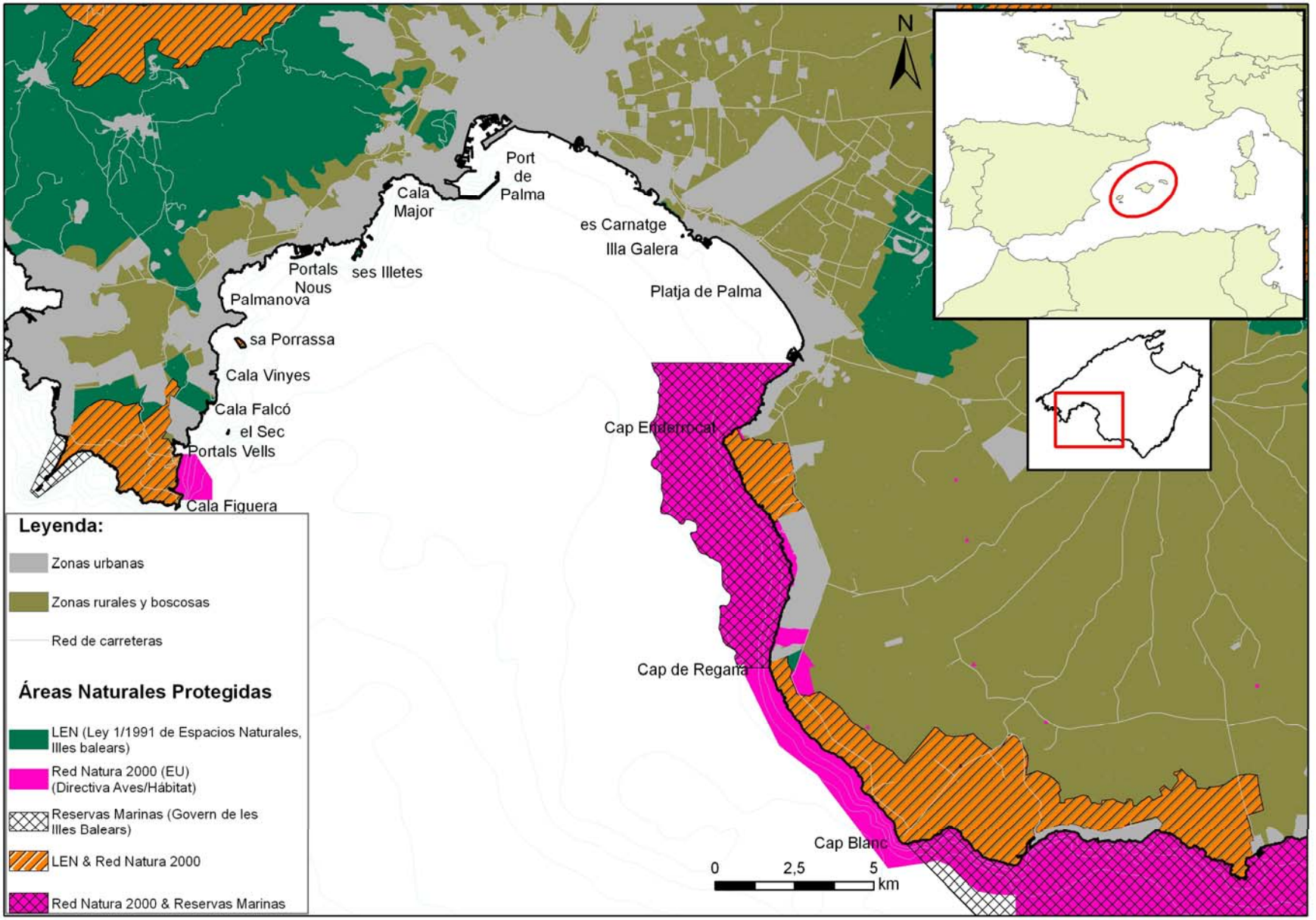


Figura 3.4

Planificación espacial (terrestre y marina) de la Badia de Palma.

En cuanto a las áreas marinas protegidas y de W a E la primera zona con rango de protección de acuerdo con la *Red Natura 2000* es el LIC Área Marina del Cap de Cala Figuera (declara en Abril de 2004) y posee una extensión de 129 ha (Figura 3.4). En el otro extremo de la bahía, en el flanco oriental se localiza el LIC y ZEPA Cap Enderrocat – Cap Blanc, se trata de un área protegida marítimo-terrestre declara en Julio de 2.000 y tiene una extensión de 7.080 ha (Figura 3.4). El ámbito marino protegido comprende toda la vertiente marítima del flanco oriental de la Badia de Palma, excede sus límites y se extiende hasta la Punta d'es Bancals (Llucmajor) (Figura 3.4). El área terrestre se extiende de forma continua e ininterrumpida a lo largo de la línea de costa, rebasando los límites de la bahía hasta la zona de sa Punta Plana i s'Estalella en la zona de s'Estanyol de Migjorn (Llucmajor) (Figuras 3.4 y 3.5). La Reserva Marina de la Badia de Palma declara por la *Consellería d'Agricultura i Pesca* del *Govern de les Illes Balears* coincide con la parte más occidental del área marina del LIC y ZEPA Cap Endrerrocat – Cap Blanc (Figura 3.4). Esta reserva fue declarada como tal en 1.982 por parte del *Consell General Interinsular* como demanda del sector turístico, aunque no fue hasta 1.999 cuando se regularon sus actividades. La reserva tiene una extensión de 2.394 ha, su profundidad máxima es de 30 m y hasta la fecha se han catalogado 24 comunidades de hábitats bentónicos y 340 especies (http://www.caib.es/sacmicrofront/contenido.do?mkey=M69&lang=CA&cont=853 accedido el 04/10/2.010).

Las áreas terrestres en contacto con la línea de costa de la Badia de Palma se encuentran bajo la regulación de la Ley 1/1.991 y por la Red Natura 2000 (Figura 3.4). Los espacios protegidos o más bien, salvaguardados de los procesos de urbanización y transformación del territorio de acuerdo con la Ley 1/1.991, de W a E, son 4: 1) El *Área Natural de Especial Interés* (ANEI) de Cap de Cala Figuera - Refeubetx que se conecta con el área natural de Cala Falcó, tiene una extensión de 880 ha (Figuras 3.4 y 3.5). 2) El ANEI de es Carnatge des Coll d'en Rabassa, se trata de una área con una extensión de 4,8 ha y uno de los principales motivos de su protección es el valor de sus yacimientos paleontológicos correspondientes al Cuaternario (Cuerda, 1989; Zazo *et al.*, 2003; Bajardí *et al.*, 2008). 3) ANEI de Cap Enderrocat, con una extensión de coincide con el extremo occidental terrestre del LIC y ZEPA Cap Enderrocat - Cap Blanc (Figura 3.4). 4) ANEI Marina de Llucmajor (Cap Regana) que con una extensión de 3.101 ha, esta área protegida coincide con el parte oriental terrestre del LIC y ZEPA Cap Enderrocat – Cap Blanc. Además de estos 4 espacios, hay que sumar la protección de los islotes, que independientemente de su extensión y altura, todos han sido declarados ANEI (Figura 3.5). En cuanto a las zonas estrictamente terrestres declaradas LIC y/o ZEPA de acuerdo con la Red Natura 2000, solamente existe el área de Cap de Cala Figuera que abarca el área natural que comprende el cabo homónimo y los islotes cercanos. Esta zona traspasa los límites terrestres de la bahía, coincide en buena parte con los ANEIs de Cap de Cala Figuera - Refeubetx y los específicos de los islotes del sector suroccidental de la bahía (el Sec e Illa de sa Porrassa) y tiene una extensión total de 793 ha (Figura 3.5).

A modo de resumen las áreas protegidas en contacto con la línea de costa de la Badia de Palma (Figura 3.5) tienen una extensión total de 8.245 ha de las cuales 3.528 ha son de ámbito marino y 4.717 ha son de ámbito terrestre. Las áreas protegidas marinas, al

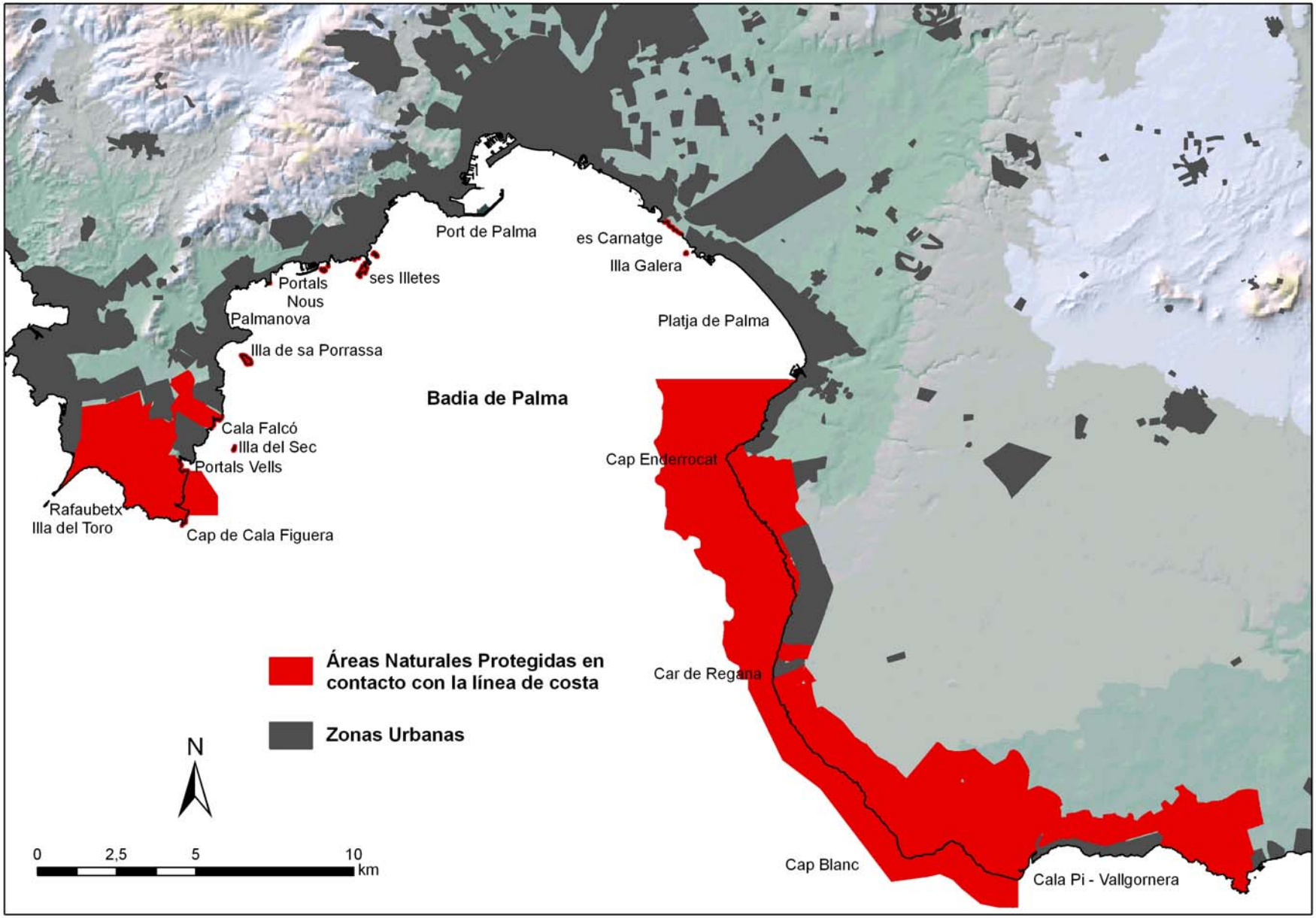


Figura 3.5

Representación d las áreas protegidas (terrestres y marinas) en contacto con la línea de costa de la Badia de Palma. La caracterización del tipo de protección se especifica en la Figura 3.4.

igual que las terrestres, se extienden más allá de los límites de la bahía (Cap de Cala Figuera (W) y Cap Blanc (E)) de modo que la extensión de superfície marina protegida en las aguas interiores de la bahía es de 3.158 ha lo cual supone el 12% de la superfície marina de la Badia de Palma. La longitud de línea de costa afectada por alguna figura de protección (marina y/o terrestre) es de 38 km, lo que significa el 31% de total de la línea de costa (Figura 3.5).

4.- Método

La clasificación del litoral Balear ante una posible afección por hidrocarburos forma parte del primer estudio como complemento básico del sistema de predicción de deriva de los vertidos marinos de las Illes Balears. La correcta caracterización de la línea de costa debe incluir información en cuanto a tipos de materiales que la conforman, grado de cohesión de los materiales, altura, exposición al oleaje, etc. La correcta caracterización de la línea de costa de acuerdo con los factores descritos constituye una herramienta útil para los gestores y agentes de la zona costera implicados en los trabajos de mitigación de una posible afección producida por hidrocarburos.

El objetivo de trabajo de zonificación era la de generar un mapa de sensibilidad ambiental de litoral balear (MSALB). Para ello se consideró adecuado la utilización de un estándar internacional de clasificación costera para dotar al trabajo de solidez metodológica en cuanto a planteamiento y rigor en cuanto a la tipología y calidad de los datos. Por ello la clasificación del litoral balear de acuerdo con las aptitudes de sus materiales frente a un posible vertido de hidrocarburos se desarrolló siguiendo los estándares propuestos que la NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration, EEUU*, NOAA, 2002) utiliza para la confección del Índice de Sensibilidad Ambiental (ISA).

El MSALB, elaborado en formato atlas (*Atles de Sensibilitat Ambiental del Litoral de les Illes Balears*) contiene información de las áreas litorales de acuerdo con tres componentes:

2.1.- Geomorfología de la costa
2.2.- Biológico – ecológico
2.3.- Uso Humano

La clasificación de la línea de costa, en cualquiera de los componentes considerados, se ha realizado mediante la utilización de *Sistemas de Información Geográficos* (SIG) *ArcGIS de Esri*©. La cartografía digital utilizada en su momento fue el Mapa Topográfico Balear (MTB) de 1.995 (escala 1/5.000).

4.1.- Componente geomorfológico de la costa:

La componente geomorfológica constituye el apartado más sólido del proyecto. De acuerdo con la realidad geomorfófica de las costas de las Illes Balears, se han diferenciado 9 tipos de costa, subdivididos en 17 subtipos (Figura 4.1) las costas con un valor de Sensibilidad Ambiental (SA) menor (1-A, 1-B, 2 …) serán aquellas que tendrán un menor impacto y una mayor capacidad de recuperación por sí mismas. Los criterios por los cuales una línea de costa tiene mayor o menor capacidad de “autorecuperarse” se han adaptado del estándar ofrecido por la NOAA (2002) que se enumeran y explican a continuación (Figura 4.1.).

La zonificación de los diferentes tipos de costa se ha basado en trabajos de campo de reconocimiento, en el uso de fotografías aéreas y oblicuas de la costa del año 2.001 de la Demarcación de Costas de las Baleares y así como se han consultado trabajos anteriores de clasificación de la costa (Butzer, 1962; Rosselló, 1964, 1975; Servera, 2000, 2004; Balaguer, 2005).

CÓDIGO SA	TIPOS DE COSTAS DE ACUERDO CON SU SENSIBILIDAD AMBIENTAL (SA). Illes Balears, Mediterráneo Occidental.
1-A	Costas rocosas altas y acantilados expuestos a zonas de elevada energía.
1-B	Estructuras artificiales expuestas a zonas de elevada energía.
1-C	Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base expuestas a zonas de elevada energía.
2	Costas rocosas bajas expuestas.
3-A	Playas formadas por arenas finas y de grano medio.
3-B	Escarpes y costas de perfil escalonado formadas por conglomerados, arenas, limos y arcillas y por litologías calcareníticas.
4	Playas formadas por arenas gruesas.
5	Playas mixtas, formadas por arenas y gravas.
6-A	Playas de gravas, cantos y bloques.
6-B	Costas rocosas bajas expuestas, de perfil escalonado y cóncavo con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos (incluye rompeolas artifícales).
7-A	Costas rocosas de altura variable en zonas de baja energía.
7-B	Estructuras artificiales localizadas en zonas de baja energía.
7-C	Costas rocosas bajas con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos en zonas de baja energía (incluye (rompeolas artificiales).
7-D	Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base localizadas en zonas de baja energía.
8-A	Playas formadas por fangos y arenas en zonas de baja energía.
8-B	Playas de gravas, cantos y bloques en zonas de baja energía.
9	Zonas costeras en contacto o presencia de albuferas y marismas.

Figura 4.1:

Clasificación de las costas de acuerdo con su Sensibilidad Ambiental (SA). Los diferentes tipos de costa han sido adaptados del estándar desarrollado por la NOAA (2002). Los valores de la escala de SA se corresponden con la magnitud del impacto frente a vertidos de hidrocarburos.

La validación de la zonificación morfodinámica inicial que se presenta en este trabajo se valió del testimonio de técnicos medioambientales del *Consell Insular de Menorca*, de la *Demarcación de Costas de las Baleares* y del *Instituto Mediterráneo Estudios Avanzados* (IMEDEA) y actualmente, este trabajo se encuentra bajo la revisión por parte de técnicos del *Sistema de Observación y Predicción de la Zona Costera de las Illes Balears* (SOCIB) conjuntamente con técnicos del IMEDEA del *Grupo de Tecnologías Marinas, Oceanografía Operacional y Sostenibilidad* (TMOOS).

Los tipos de costa adaptados del estándar de la NOAA (2002) responden al comportamiento de los diferentes tipos de costa de las Illes Balears frente a un posible vertido o afección por hidrocarburos así como también a la capacidad de resiliencia. Los diferentes tipos de costa se delimitaron de acuerdo con los siguientes factores:

1) Exposición relativa a la energía del oleaje.
2) Altura de la línea de costa.
3) Tipo de sustrato (grado de cohesión de los materiales, tamaño de grano del sedimento, facilidad de enterramiento, capacidad de infiltración).
4) Grado de sensibilidad biológica.

4.1.1.- Exposición relativa a la energía del oleaje

De acuerdo con la exposición relativa frente a la energía del oleaje se diferencian dos tipos principales de costas: a) costas expuestas o de elevada energía que corresponden a aquellas líneas de costa afectadas por el impacto directo del oleaje y b) costas localizadas en ambientes de baja energía en las que el oleaje no supone un factor modelador permanente de la línea de costa. El grado de exposición al oleaje vendrá determinado: 1) por el grado de articulación de la línea de costa (presencia de cabos, calas, radas, playas encajadas, …), y 2) por las características del fondo marino de la zona costera que den lugar a la disipación de la energía del oleaje antes de que éste alcance la línea de costa o bien, permitan su llegada (trenes de olas) dando lugar a procesos de impacto directo o de reflexión.

El impacto de los vertidos de hidrocarburos y sustancias similares sobre los litorales expuestos (alturas superiores a 1 m de altura), es reducido debido a: 1) La reflexión del oleaje que afecta a las costas formadas por sustratos duros, alejan el vertido de la costa; 2) El retrabajamiento y redistribución continua de los sedimentos de grano grueso (arenas, gravas y cantos) generado por la incidencia del oleaje, apartan el hidrocarburo atrapado entre los espacios intergranulares (NOAA, 2002).

La combinación de la energía del oleaje y de las corrientes de deriva litoral da lugar a un flujo continuo de energía a lo largo de la línea de costa. Para una mejor interpretación cartográfica, este “flujo continuo de energía”, deber ser dividido en dos tipos según el grado de energía (alta energía). Los litorales de “alta energía” (Figuras 4.2 y 4.3) están sometidos constantemente a la influencia de fuerte oleaje o a

fuertes corrientes de deriva. Estas zonas normalmente se localizan en las inmediaciones de cabos marinos o en lugares en donde los vientos dominantes propician la formación de grandes olas que afectan directamente el litoral. Los litorales de "baja energía" normalmente se encuentran protegidos de la incidencia directa del oleaje, aunque en ocasiones (de acuerdo con variaciones estacionales) pueden verse sometidos a la influencia de oelaje debido a temporales excepcionales (Figuras 4.4 y 4.5). En el contexto balear al referirnos a eventos excepcionales cabe tener en cuenta los efectos producidos por las *Rissagues* (Gomis *et al*., 1993; Garcies *et al*., 1996; Rabinovich & Monserrat, 1996; Rabinovich & Monserrat, 1998) cuya misión es similar al de las mareas que pueden determinar la construcción y/o movilización de barras sumergidas pudiendo dar lugar al recubrimiento de los contaminantes.

Inherente a estos tipos de costas dependiendo del grado de energía, existen inferencias respecto a la persistencia de los hidrocarburos depositados en el medio litoral. Los litorales de "alta energía" dan lugar a una rápida eliminación natural en cuestión de días o semanas (NOAA, 2002). Los litorales de "baja energía" eliminan lentamente los hidrocarburos de forma natural, y su auto-recuperación es lenta. Estos últimos necesitan el efecto de un evento excepcional de alta energía (temporal marino) para que se pueda proceder a la limpieza natural del vertido, la persistencia del derrame en estos enclaves puede durar desde días hasta meses. Los esfuerzos en estos tipos de costa deben centrarse en la diferenciación de playas con patrones irregulares en la movilidad del sedimento, sobretodo en las playas de cantos y gravas. De este modo las costas con un valor de Sensibilidad Ambiental (SA) menor serán aquellas que tendrán un menor impacto y una mayor capacidad de recuperación por sí mismas.

4.1.2.- Altura de la línea de costa

La determinación de la altura de la línea de costa de las Illes Balears se ha realizado de acuerdo con los primeros precedentes de estudios de clasificación geomorfológica del área de estudio (Butzer, 1962; Rosselló, 1964, 1975; Servera, 2004) que establecen el límite entre costas altas y costas bajas a partir de los 3 m de altura. El criterio de altura también fue adoptado por estudios de clasificación de la línea de costa posteriores (Balaguer, 2005, 2007) que también han sido utilizados para el establecimiento de la sensibilidad de la línea de costa.

De acuerdo con el estándar adoptado (NOAA, 2002) en las costas protegidas, en cuanto al impacto por hidrocarburos y sustancias similares, la pendiente no representa un factor de primer orden excepto en aquellos lugares en los que se desarrollan comunidades y hábitats sensibles sobre plataformas rocosas de baja pendiente. Por este motivo, en la primera entrega de la clasificación del litoral balear, las costas rocosas localizadas en litorales protegidos de la incidencia directa del oleaje (tipo 7-A. Figura 4.1) no han sido diferenciadas de acuerdo con su altura.

Figura 4.2:

Ejemplo de línea de costa expuesta al oleaje. Costa 1-A (Figura 4.1). Cap Enderrocat (sector oriental de la Badia de Palma) tramo costero expuesto a los oleajes del segundo y tercer cuadrante.

Figura 4.3:

Ejemplo de línea de costa expuesta al oleaje. Costa 3-A (Figura 4.1). Platja de Palma (sector central de la Badia de Palma). En la imagen se aprecia la playa afectada por un temporal del SW.

Figura 4.4:

Ejemplo de línea de costa protegida al oleaje. Costas de tipo 7-A y 8-A (Figura 4.1). Cala Xinxell - Illetes (sector occidental de la Badia de Palma).

Figura 4.5:

Ejemplo de línea de costa protegida al oleaje. Costas de tipo 7-B (Figura 4.1). Interior del Puerto de Palma, R.C.N.P. y muelles del Paseo Marítimo de Palma (sector occidental de la Badia de Palma).

4.1.3.- Tipo de sustrato (grado de cohesión de los materiales, tamaño de grano del sedimento, facilidad de enterramiento, capacidad de infiltración).

El tipo de sustrato es uno de los factores más importantes a la hora de clasificar la línea de costa de acuerdo con su sensibilidad. El término costa rocosa podría definirse, de manera muy simple, como aquellos tipos de costa formada por sustratos rocosos (Trenhaile, 2002). Las costas rocosas también han sido definidas como aquellas constituidas por materiales consolidados sin tener en cuenta su dureza (Sunamura, 1992). De manera que, de acuerdo con las definiciones anteriores, las costas rocosas incluirán aquellos tipos de litoral compuestos por materiales duros (en el contexto balear sepodrían atribuir a las calcáreas y dolomías del Jurásico Inferior) y materiales poco cohesionados como pueden ser los depósitos de conglomerados o *eolianitas* del Cuaternario. Por el contrario las costas formadas por materiales no cohesionados incluirán las costas formadas por depósitos de playa.

La penetración de los hidrocarburos ocurre cuando éstos se hunden dentro de los sedimentos permeables, la profundidad de penetración estará controlada por el tamaño de grano del sustrato y por su clasificación dentro del sustrato. Las penetraciones más profundas tienen lugar en los sedimentos de tamaño grava ya que la buena clasificación que presentan se debe a la uniformidad en el tamaño de grano. En las playas de gravas las acumulaciones importantes de hidrocarburos pueden penetrar hasta 1 m de profundidad. Si los sedimentos presentan una clasificación pobre, como ocurre en las playas mixtas de gravas y arenas, los hidrocarburos y derivados no suelen penetrar más de unos 50cm de profundidad. Las playas de arena difieren según el grado de permeabilidad atendiendo a la diversidad de diámetros de grano que pueden presentar. Los sedimentos fangosos (limos y arcillas) son los que presentan una menor permeabilidad y normalmente tienden a estar saturados de agua, con lo cual la penetración de los hidrocarburos es limitada. No obstante, la presencia de fauna hurgadora puede ofrecer un mecanismo de penetración en cualquier tipo de sustrato impermeable debido a la formación de hoyos y galerías.

El “enterramiento” se produce cuando nuevos sedimentos se depositan sobre las capas de hidrocarburos. La tasa de enterramiento puede variar, las tasas más elevadas suelen darse en las playas formadas por arenas gruesas, debido a que estos sedimentos tienen una gran movilidad bajo condiciones normales de oleaje. Los temporales marinos pueden causar el enterramiento de los hidrocarburos depositados sobre las playas de gravas. En general, las costas formadas por materiales no consolidados con fuertes variaciones estacionales de temporales marinos y con ciclos de erosión - deposición muy marcados, son las que presentan el potencial de enterramiento de hidrocarburos más elevado.

La identificación visual de las estructuras artificiales esuna tarea sencilla debido a la apariencia que las diversas construcciones e infraestructuras presentan desde cualquier

escala de análisis. De todas las estructuras artificiales, los rompeolas y las escolleras son los sustratos más importantes a la hora de identificarlos debido a la elevada potencialidad de retención de hidrocarburos tanto en regímenes de exposición como de refugio.

El tipo de sustrato también afecta a la accesibilidad de las personas y maquinaria encargadas de limpiar y erradicar los vertidos de hidrocarburos depositados en la línea de costa. Generalmente los litorales con una buena accesibilidad por parte de los operarios tienen valores más bajos en la escala del Índice de Sensibilidad Ambiental (ESI), que aquellos litorales difícilmente accesibles que ofrecen una elevada dificultad de movimiento a los operarios, con riesgo de accidente. Por ejemplo, las playas de arenas finas y medias con un elevado grado de compactación constituyen las líneas de costa mas accesibles por parte de los efectivos de limpieza. Las playas formadas por arenas gruesas suelen presentar algunos escarpes y pendientes más elevadas, la alta permeabilidad del sustrato dificulta el paso de los operarios y maquinaria asociada. Las playas de gravas son menos accesibles, en parte debido a las múltiples bermas, clastos y bloques que suelen aparecer a lo largo de su perfil. En estas playas los vehículos tienden a forzar el percolamiento de los hidrocarburos hacia el interior del sustrato. Por último, los litorales asociados a albuferas o marismas, tienen una baja accesibilidad debido a las elevadas proporciones de sedimentos arcillosos y limosos, de manera que la utilización de equipamientos y maquinaria diversa no es posible, además cualquier tipo de tránsito en el interior de una zona húmeda puede generar daños irreversibles tanto en la flora como en la fauna que vive en el interior del sustrato.

4.1.4.- Grado de sensibilidad biológica.

La sensibilidad biológica como integrante de la componente geomorfológica se refiere a las condiciones que reúnen los diferentes tipos de costas para que se puedan desarrollar ciertos tipos de hábitat.

Los diferentes tipos de costas dependen de las características morfoestructurales de la zona costera (contexto regional) en el cual se desarrollan. Los diferentes ambientes costeros o diferentes tipos de costas no se disponen de forma hermética unos respecto a otros, del mismo modo los hábitats costeros se desarrollan gradualmente de acuerdo con las condiciones físicas de la costa (tipo de sustrato, grado de exposición al oleaje, condiciones meteorológicas dominantes).

Las líneas de costa cercanas a zonas interiores inundadas por aguas dulces, saladas o salobres en las que se desarrollan albuferas y marismas, a pesar, de que en algunos casos, no presenten una conexión directa con la zona de *nearshore* se considerará un tipo de línea de costa de grado 9 (Figura 4.1) de máxima vulnerabilidad. Otros tipos de costa, como pueden ser los acantilados verticales expuestos (1-A, Figura 4.1) en las que a priori no se desarrollan hábitats de una transcendencia ni física, ni química, ni ambiental como la tienen las albuferas y marismas, tienen una capacidad de recuperación mayor y precisan de menos tiempo de auto-recuperación.

4.2.- Componente biológico-ecológico de la costa:

Los antecedentes sobre la sensibilidad biológica con finalidad de establecer diferentes grados de vulnerabilidad costera frente a vertidos de hidrocarburos se remontan a los estudios de la NOAA (2002), en ellos la sensibilidad biológica de la zona costera se basa en la localización y elaboración de cartografía temática de la fauna, flora y hábitats potencialmente afectados por posibles vertidos y derrames. Éstos se dividen en siete categorías basadas en las principales características taxonómicas; 1) mamíferos marinos, 2) mamíferos terrestres, 3) aves, 4) reptiles y amfibios, 5) peces, 6) invertebrados y 7) Hábitats y plantas. Cada elemento es a su vez dividido en grupos de especies o sub-elementos con una taxonomía, morfologia, fenología y comportamiento frente a derrames de hidrocarburos.

Para la elaboración de los diferentes grados de vulnerabilidad biológica de las costas de las Islas Baleares se ha optado inicialmente por la consideración de las diferentes figuras de protección que afectan al litoral (Figuras 3.4 y 3.5). La determinación de la riqueza o diversidad biológica/ecológica a partir de las diferentes especies que desarrollan su ciclo vital en la zona costera requiere la compilación de estudios dedicados a la distribución de las especies más características de cada uno de los elementos propuestos por la NOAA (2002). En el momento en el que se realizó la primera cartografía de la sensibilidad de la línea de costa de las Illes Balears (Convenio, con fecha de 9 de Agosto de 2004, entre la *Conselleria d'Interior* del *Govern de les Illes Balears* y la *Universitat de les Illes Balears* (*UIB*)) había un vacío de estudios convenientemente estructurados por grandes categorías, de distribución de especies características. Ante la falta de algunos de esos estudios en el ámbito de las Islas Baleares se consideró determinar el componente biológico de acuerdo con el número de figuras de protección (áreas marinas y terrestres) la elaboración de los diferentes grados de vulnerabilidad se ha realizado de acuerdo con el grado de protección ambiental según lo propuesto por el *Atlas de Sensibilidad del Litoral de la región de Finisterre* elaborado por el CEDRE (*Centre de Documentation et Recherche et dÉxperimentations sur les pollutions accidentelles des aux*) en colaboración con POLMAR (*Pollution des Mers*), IUEM (*Institut Universitarie Européen de la Mer*) y el Ifremer (*Institut Française de Recherche pour l'Exploitation de la Mer*) (Pombo, 2005). En nuestro caso, las figuras de protección ambiental son: 1) de acuerdo con la Ley 42/2.007 del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad: *Parque Natural*, *Parque Nacional*, *Monumento Natural* y Reserva Natural, 1) de acuerdo con la Ley 1/1.991 de Espacios Naturales y de Régimen Urbanístico de las Áreas de Especial Protección de las Islas Baleares: ANEI (*Área Natural de Especial Protección*), ARIP (*Área Rural de Interés Paisajístico*), AAPI (*Área de Asentamiento en Paisaje de Interés) y Reservas Marinas*) y 3) Red Natura 2.000 (Directiva hábitat 92/43/CEE y Directiva Aves 79/409/CEE): LIC (*Lugar de Interés Comunitario*), ZEPA (*Zona de Especial Protección para las Aves*). En la Figura 4.6 se pueden observar los diferentes regímenes de protección coexistentes en la Badia de Palma de acuerdo con la normativa citada. El resultado ha sido la creación de diferentes polígonos de diferente "valor ecológico" de acuerdo con el número de figuras de protección coincidentes en una misma zona y por consiguiente de diferente vulnerabilidad biológica. La declaración de las diferentes figuras de protección es debido a las características del medio natural, entendido como el conjunto de

elementos biológicos, geomorfológicos y culturales singulares en un contexto, insular, nacional y/o regional. De este modo se considerará que los elementos biológicos y ecológicos insertos en cada una de estas áreas protegidas tienen un gran peso específico, suficiente para otorgarles un grado de vulnerabilidad considerable.

En el presente trabajo, además de la consideración del número de figuras de protección que convergen en la zona costera (ámbito marino y terrestre) para determinar la vulnerabilidad biológica/ecológica de la línea de costa, se han captado los datos procedentes del *BIOATLES* (*Conselleria de Medi Ambient. Govern de les Illes Balears*). El *Bioatles* (Bioatlas) es una recopilación de la distribución geográfica de las especies biológicas silvestres en las Illes Balears. El *Bioatles* es un proyecto dinámico y continuo que, hasta la fecha, comprende información acerca de la flora (Gimnospermas, Angiospermas), fauna invertebrada y fauna correspondiente a vertebrados (reptiles, anfibios, aves y mamíferos). La distribución geográfica de las especies catalogadas hasta la fecha puede consultarse en el visor cartográfico del Govern de les Illes Balears (*IDEIB*: http://ideib.caib.es/visualitzador/visor.jsp accedido el 21(01/2.011). Las especies con una distribución geográfica a lo largo de los dominios de la Badia de Palma se han incluido en la cartografía correspondiente a la sensibilidad ambiental. De este modo la caracterización biológica/ecológica en este trabajo quedará determinada por el número de figuras de protección y por la presencia de las especies catalogadas hasta la fecha en el *Bioatles* (*Conselleria de Medi Ambient. Govern de les Illes Balears*).

4.3.- Componente de uso humano:

Los contenidos correspondientes al uso humano aplicado a la sensibilidad de la línea de costa se basan en la identificación y localización de los lugares en los que se hallen puntos de interés de cara a una afección de hidrocarburos. Las características consideradas son infraestructuras, equipamientos, servivios, zonas de ocio (p.e. práctica de deportes náuticos) y áreas de valor artístico-cultural (yacimientos arqueológicos) que deben ser tenidos en cuenta puesto que: 1) pueden recibir el impacto directo de una posible afección de hidrocarburos, 2) puedan dañarse durante las labores de limpieza, o 3) puedan ser de gran ayuda para las labores de limpieza y restauración de la línea de costa.

Todos los rasgos correspondientes a la componente de uso humano han sido representados en la cartografía mediante símbolos que indican cada tipo de punto de interés de uso humano. Los símbolos están localizados sobre la zona en la que se encuentra el punto de interés (infraestructura, equipamiento, patrimonio arqueológico, etc.) o bien, mediante una línea dibujada sobre la cartografía se indica la posición exacta. En el caso de los puertos comerciales, marinas y puertos deportivos, los diferentes puntos de interés, de cara a atenuar los efectos de una afección de hidrocarburos (grúas, servicio de primeros auxilios, rampas, varaderos, entre otros) han sido agrupados en recuadros cercanos a estas instalaciones con el fin de no confundir al usuario de la cartografía en momentos de emergencia.

Los diferentes elementos se han cartografiado mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG). La información

relevante para la erradicación de los efectos de un vertido de hidrocarburos para cada uno de los puntos de interés, infraestructuras, equipamientos, servicios, entre otros, se ha introducido en la tabla de atributos relacionada con la cartografía temática con la finalidad de disponer de información útil de forma rápida durante una situación de emergencia.

Los elementos considerados para la componente de uso humano y reflejados en la cartografía son: aeropuerto, base naval militar, club náuticos (puertos deportivos y/o marinas), emisario submarino, presencia de duchas y wc, gasolinera marítima (localizada en puerto), disposición de obtener información meteorológica, servicio de mecánica, muelle-embarcadero, centro de cría y recuperación (especies marinas), playa, posibilidad de primeros auxilios, lugares de práctica de deportes náuticos (windsurf, kitesurf, surf,…), puerto comercial, puerto pesquero, punto de interés para inmersión subacuática, grúas y pórticos elevadores (travel-lifts), servicio de agua potable, electricidad, astilleros navales, yacimientos arqueológicos (sub-aéreos y sub-acuáticos) y zonas de pesca recreacional (Figura 4.6).

La información para cada punto es variable dependiendo de su función en la línea de costa y de cara a su utilidad para la erradicación de los efectos de un posible vertido. A modo de ejemplo, la información para las grúas de los puertos ha sido el tonelaje máximo que éstas pueden levantar por si existe la necesidad de sacar o tirar al agua embarcaciones, para los puertos se dispone de los m^2 de varadero en caso de necesidad de instalar algún tipo de servicio o equipamiento móvil, características de los yacimimentos arqueológicos cercanos a la línea de costa, etc.

5.- Resultados

5.1.- Sensibilidad de la línea de costa en las Illes Balears

Los resultados obtenidos de la caracterización de la SA de la línea de costa de las Illes Balears se ha extraído del trabajo de Balaguer *et al*. (2006) cuyos autores actualmente están vinculados al *SIAS Division* (*Área Estratégica de Investigación de la Ciencia de la Sostenibilidad y Gestión Integrada de Áreas Costeras y Marinas*) del SOCIB. Los resultados ofrecidos se plantean de acuerdo con cada uno de los tres componentes que componen los trabajos de establecimiento de la SA de la línea de costa (geomorfológico, bio-ecológico y uso humano).

5.1.1.- Caracterización geomorfológica.

En la clasificación geomorfológica de la línea de costa de acuerdo con la SA para las Illes Balears, se han delimitado un total de 4.522 segmentos costeros que responden a los 9 tipos de costa propuestos (Figura 4.1).

Si calculamos la relación entre los segmentos de costa delimitados y la longitud de costa total de acuerdo con el MTB de 1.995, obtendremos que actualmente las Illes Balears poseen una clasificación de la costa (de acuerdo con la SA) en la que la longitud media de los tramos costeros diferenciados es de unos 337 m.

Para la identificación inicial de los diferentes tipos de costa se ha contado con los de trabajos de clasificación geomórfica de la línea de costa (Butzer, 1962; Rosselló, 1964, 1975; Servera, 2004; Balaguer 2005), con el fin de agilizar el proceso de zonificación. De acuerdo con ello las costas de tipo 1-C y 7-D (Figura 5.1) se corresponden con costas de tipo cóncavo, las costas 3-B, 6-B y 7-C (Figura 5.1) se corresponden con costas de perfil escalonado y costas de erosión en estratos, 1-B y 7-B (Figura 5.1) coinciden con las costas antrópicas, las costas 1-A (Figura 5.1) son acantilados profundos o costas altas de perfil vertical o convexo y las costas de tipo 2 (Figura 5.1) son costas rocosas bajas y costas de perfil escalonado inferiores a 3 m de altura. En cuanto a la textura de los sedimentos de playa, se han utilizado los trabajos de Jaume y Fornós, (1992) para las playas de Mallorca y de Gómez-Pujol *et al*. (2001) para las playas de Menorca. La clasificación geomorfológica o morfodinámica de la línea de costa ofrece la información referente al tiempo de residencia del hidrocarburo en el interior de los materiales que la conforman y a la facilidad de limpieza.

Las costas de las Illes Balears, de acuerdo con la cartografía utilizada, poseen una longitud de línea de costa de 1.528 km. Las costas expuestas al oleaje (con capacidad de autolimpieza (NOAA, 2002)) se consideran que son los tipos de costa comprendidas entre 1-A y 6-B (Figuras 4.1 y 5.1). En cuanto a las costas protegidas al oleaje, (costas de alta vulnerabilidad con menor capacidad de autolimpieza (NOAA, 2002)) son las costas comprendidas entre los tipos 7-A y 8-B (Figuras 4.1 y 5.1). La relación de costas expuestas y costas protegidas a la incidencia del oleaje para

el conjunto de las Illes Balears es de 82% y 18% respectivamente. Esta relación, claramente decantada hacia las costas expuestas (con cierta capacidad de autolimpieza), no implica que alrededor del 80% de las costas del archipiélago no reciban un impacto considerable en caso de una afección por hidrocarburos. En el apartado de discusión y conclusiones se hace referencia a un trabajo (Irvine et al., 2006) en el que cuestiona una capacidad de autolimpieza 100% efectiva en lo que respecta a ciertos tipos de costas expuestas. La relación de costas expuestas y costas protegidas al oleaje para cada una de las islas es de 79% y 21% respectivamente en la isla de Mallorca, 78% y 22% respectivamente en la isla de Menorca, 88% y 12% respectivamente en la isla de Eivissa, 93% y 7% respectivamente para la isla de Formentera y 90% y 10% respectivamente para el archipiélago de Cabrera (porcentajes calculados a partir de los valores absolutos reflejados en la figura 5.1).

5.1.2.- Caracterización biológica.

Para la elaboración de los diferentes grados de vulnerabilidad biológica de las costas de las Islas Baleares se ha optado inicialmente por la consideración de las diferentes figuras de protección que afectan al litoral. La elaboración de índices de sensibilidad biológica a partir de las diferentes especies que desarrollan su ciclo vital en la zona costera requiere la compilación de estudios dedicados a la distribución de las especies más características de cada uno de los elementos propuestos por la NOAA (2002). Ante a falta de algunos de estos estudios en el ámbito de las Islas Baleares se ha considerado la posibilidad de otorgar diferentes grados de vulnerabilidad costera a partir del número de figuras de protección. La declaración de las diferentes figuras de protección es debida a las características del medio natural, entendido como el conjunto de elementos biológicos, geomorfológicos y culturales singulares en un contexto, insular, nacional y/o regional. De este modo se considerará que los elementos biológicos y ecológicos insertos en cada una de estas áreas protegidas tienen un valor añadido, suficiente para otorgarles un grado de vulnerabilidad considerable.

5.1.3.- Caracterización del uso humano (socioeconómica)

La caracterización socioeconómica o de uso humano refleja todos los equipamientos, infraestructuras, servicios y patrimonio artístico-cultural que pueden ser de ayuda para la mitigación de un vertido, o bien constituir zonas susceptibles a sufrir daños durante las tareas de limpieza.

Las infraestructuras, equipamientos, servicios y elementos, que deben considerarse en caso de una afección por hidrocarburos y sustancias similares, que constituyen la componente de uso humano se reflejan en la figura 4.6.

TIPO COSTA	Mallorca (m)	Menorca (m)	Eivissa (m)	Formentera (m)	Cabrera (m)
1-A	289.541	128.437	114.709	32.351	44.119
1-B	5.609	710	712	------	------
1-C	80.332	53.258	53.538	10.128	4.495
2	42.062	49.512	38.882	12.929	2.539
3-A	45.994	10.196	14.573	14.390	114
3-B	72.293	4.055	12.633	21.769	388
4	2.477	3.156	361	------	------
5	6.461	3.890	4.976	118	544
6-A	5.185	7.554	8.009	------	1.089
6-B	22.132	11.069	11.499	3.145	321
7-A	40.644	38.542	7.327	2.405	3.974
7-B	94.519	17.941	21.670	2.323	253
7-C	4.445	3.229	2.544	------	850
7-D	2.399	2.768	1.408	------	350
8-A	2.277	6.181	2.047	1.958	510
8-B	170	------	------	------	50
9	6.041	8.726	91	------	------
TOTAL	722.582	349.945	294.978	101.518	59.596

Figura 5.1:

Longitud de los diferentes tipos de costa de les Illes Balears según el criterio de clasificación morfodinámica. Las casillas sin valores numéricos se corresponden con tipos de costa que no se manifiestan o bien pendientes de clasificar a partir de muestreos puntales de campo. La definición de los tipos de costa se encuentra en el apartado correspondiente a la caracterización morfodinámica de la línea de costa. Los cálculos se han realizado con el mapa topográfico balear, en formato digital a escala 1/5.000. Los rompeolas artificiales, incluidos en los tipos de costa 6-B y 7-C ocupan 25.142 m de costa en Baleares, 20.612 m se localizan en Mallorca, 218 m en Menorca, 3.654 m en Eivissa y 658 m en Formetera (Balaguer *et al*, 2006).

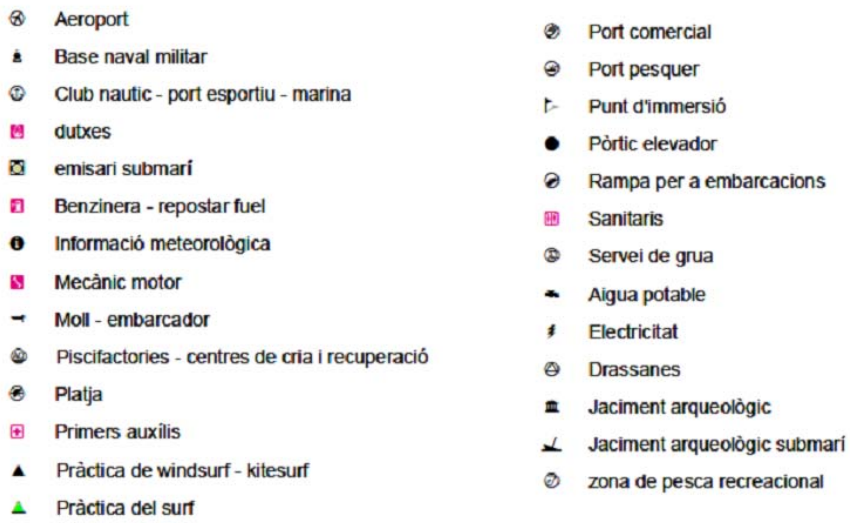


Figura 5.2: Elementos considerados para la componente de uso humano de la caracterización de la SA de la línea de costa de les Illes Balears. Leyenda extraída del Atles de Sesibilitat Ambienntal del Litoral de les Illes Balears (VVAA, 2007) Conselleria d'Interior. Govern de les Illes Balears.

5.2.- Sensibilidad de la línea de costa en la Badia de Palma

El establecimiento de la SA de la línea de costa de la Badia de Palma se ciñe a los tres componentes descritos (geomorfológico, biológico y de uso humano). Los resultados obtenidos para la Badia de Palma constituyen una parte de los resultados totales para las Illes Balears descritos en el apartado 5.1. Aunque en lo que respecta a la componente biológica-ecológica los resultados ofrecidos para la Badia de Palma se han ampliado más allá del establecimiento de áreas protegidas y se han señalado las diferentes especies de flora y fauna (de acuerdo con el *Bioatles*) de la zona costero-marino que podrían verse afectadas en un episodio de contaminación por hidrocarburos.

5.2.1.- Caracterización geomorfológica.

En la Badia de Palma se han identificado 8 tipos diferentes de costas subdivididos en 15 categorías (Figura 5.3). Se han delimitado hasta 364 tramos de costa a lo largo de los 124 km de costa de la bahía, lo cual supone una longitud media del tramo de costa de 342 m.

Los 124 km lineales de línea de costa de la Badia de Palma están compuestos en un 35% por estructuras artificiales localizadas dentro de puertos o en zonas protegidas del oleaje (Figura 5.3). Los acantilados o costas altas expuestas suponen algo más del 15% y las costas escalonadas y escarpes formadas por eolianitas (textura de tamaño arena) correspondientes a depósitos dunares fósiles intercaladas con depósitos de arenas suponen el 12% (Figura 5.3).

Las costas expuestas al oleaje (costas de tipo 1, 2, 3,4, 5 y 6) suponen un 54,6% del litoral de la bahía. El 46,4% restante (costas de tipo 7 y 8) corresponde a costas protegidas del oleaje (Figura 5.3). Esta proporción señala que prácticamente la mitad del la línea de costa de la Badia

de Palma está constituida por materiales y ambientes litorales con una alta vulnerabilidad (costas protegidas a la incidencia directa del oleaje) ante un vertido de hidrocarburos y sustancias similares. No obstante, las costas consideradas expuestas al oleaje, y por consiguiente, consideradas como costa con capacidad de autolimpieza (NOAA, 2002), también poseen una vulnerabilidad considerable ante una afección por hidrocarburos. Este es el caso de las costas de tipo 1-C (5,5% de la línea de costa de la bahía) que la presencia de bloques puede acumular grandes cantidades de sustancia contaminante en los espacios "*interbloque*", la misma situación que ocurre en las costas de tipo 6-B (8,2% del litoral de la bahía) en las que se incluyen los rompeolas artificiales (Figura 5.3). Es preciso también considerar el impacto potencial sobre las costas de tipo 3-B (12%) debido a la heterogeneidad de materiales (consolidados y no consolidados) que pueden localizarse en superficies reducidas y complicar las tareas de limpieza. Las costas de tipo 5 y 6-A, playas mixtas de arena y grava y playas de grava respectivamente (ambas suman 1% del total del litoral de la bahía) cuya textura de los materiales permite la percolación e infiltración de las sustancias contaminantes como los hidrocarburos. De este modo es preciso considerar que en la Badia de Palma el 73,1 de la línea de costa (91 km) pueden ser consideradas como costas con una vulnerabilidad considerable ante un vertido de hidrocarburos.

Las costas de arena (playas) (3-A y 4, Figura 5.3) a pesar de localizarse en tramos expuestos al oleaje (con capacidad de "auto-limpieza") no deben olvidarse puesto que presentan la capacidad de enterrar los hidrocarburos y así actuar de reservorio de manera parecida como ocurre en las costas 1-C, 6-B y 7-C.

En el Anexo 1 se pueden observar los mapas de los tipos de costa (de acuerdo con su SA) a escala 1/10.000. Tanto en la cartografía del anexo como en la figura 5.4 puede observarse que las costas protegidas de la incidencia directa del oleaje presentan una mayor concentración en el flanco occidental de la bahía.

5.2.2.- Caracterización biológica

La caracterización biológica de la Badia de Palma se ha basado en el número de figuras de protección de áreas naturales que convergen en la zona costera (Figura 5.5). Las áreas naturales protegidas en la zona costera de la Badia de Palma son áreas terrestres, áreas marinas y áreas de protección marítimo-terrestre (Figuras 3.4 y 5.5). En el apartado 3.2 correspondiente a los aspectos socioeconómicos/jurídicos del área de estudio se describen las áreas naturales que están en contacto con la línea de costa. Las zonas protegidas responden a la *Ley 1/1.991 de espacios naturales y régimen urbanístico de las áreas de especial protección de las Islas Baelares* (LEN) (*Conselleria d'Ordenació del Territori* del *Govern de les Illes Balear*), *Lugares de Importancia Comunitarios* (LICs) y *Zonas de Especial Protección para las Aves* (ZEPAs) de la Red Natura

Tipo de costa	Descripción	Longitud (m)	%	% acumulado
1-A	Costas rocosas altas y acantilados expuestos a zonas de elevada energía	19.648,0	15,8	15,8
1-B	Estructuras artificiales expuestas a zonas de elevada energía.	800,3	0,6	16,4
1-C	Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base expuestas a zonas de elevada energía.	6.827,1	5,5	21,9
2	Costas rocosas bajas expuestas.	4.385,5	3,5	25,5
3-A	Playas formadas por arenas finas y de grano medio.	9.026,0	7,3	32,7
3-B	Escarpes y costas de perfil escalonado formadas por conglomerados, arenas, limos y arcillas y por litologías calcareníticas.	14.748,9	11,9	44,6
4	Playas formadas por arenas gruesas.	1.056,2	0,8	45,4
5	Playas mixtas, formadas por arenas y gravas.	438,8	0,4	45,8
6-A	Playas de gravas, cantos y bloques.	716,2	0,6	46,3
6-B	Costas rocosas bajas expuestas, de perfil escalonado y cóncavo con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos. (Incluye rompeolas artifícales).	10.258,5	8,2	54,6
7-A	Costas rocosas de altura variable en zonas de baja energía.	7.697,8	6,2	60,8
7-B	Estructuras artificiales localizadas en zonas de baja energía.	44.626,2	35,9	96,6
7-C	Costas rocosas bajas con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos en zonas de baja energía. Incluye (rompeolas artificiales).	1.064,5	0,9	97,5
7-D	Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base localizadas en zonas de baja energía.	1.664,1	1,3	98,8
8-A	Playas formadas por fangos y arenas en zonas de baja energía.	1.440,4	1,2	100,0
Longitud de costa (km) ***BADIA DE PALMA***		124,4	100,0	

Figura 5.3:

Longitud de los tipos de costa de la Badia de Palma de acuerdo con su SA. En la tabla se expresan los valores absolutos de longitud de la línea de costa, el porcentaje que representa cada uno de ellos y el porcentaje acumulado.

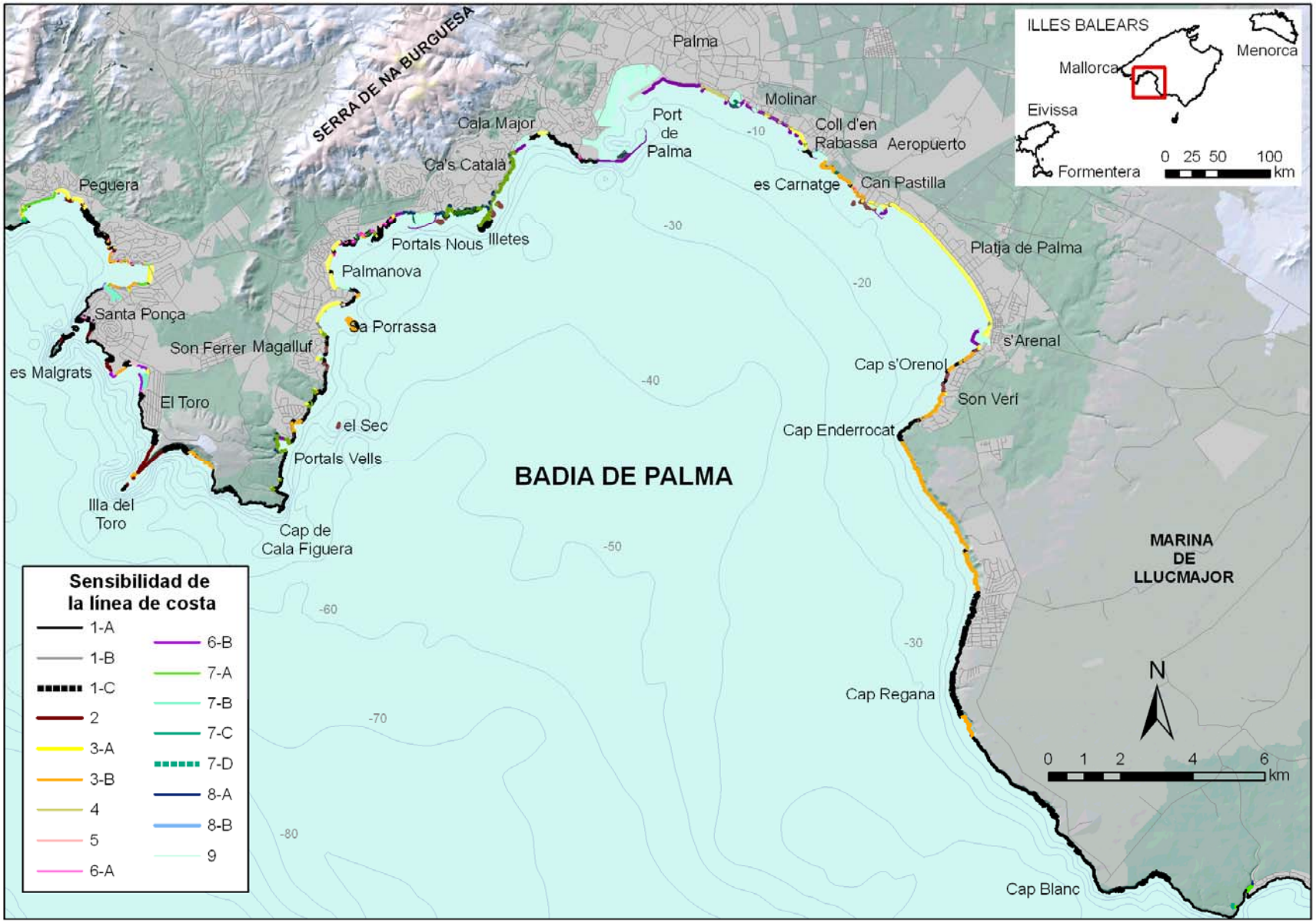


Figura 5.4:

Representación de los tipos de costa de acuerdo con su SA de la Badia de Palma.

2000 (http:// www.mma.es/portal/secciones/biodiversidad /rednatura2000/rednatura_espana/ accedido el 04/10/2.010) y Reservas marinas (*Conselleria d'Agricultura i Pesca del Govern de les Illes Balears, Dirección General de Pesca*).

De acuerdo con la figura 5.4 en la que se ilustran el grado de solapamiento o coincidencia de figuras de protección sobre la línea de costa, las áreas terrestres con mayor "grado" de protección se localizan en los municipios de Calvià y Llucmajor. Se trata de las inmediaciones del Cap de Cala Figuera, Portals Vells, Illa de sa Porrassa (Calvià) y las zonas del Cap de Enderrocat, Cap Regana y Cap Blanc (Llucmajor). Referente a las áreas marinas protegidas, el área con mayor protección se localiza en el flanco oriental y abarca la superficie de la Reserva Marina de la Badia de Palma (frente a las costas de Llucmajor), mientras que el LIC y ZEPA de Enderrocat - Cap Blanc (Llucmajor) y el LIC marino correspondiente al área marina del Cap de Cala Figuera (Calvià) constituyen el resto de áreas marinas protegidas de la bahía (Figuras 3.4, 3.5 y 5.4).

En este informe se ha procedido a ampliar la caracterización biológica de acuerdo con las líneas propuestas por el estándar de la NOAA(2002). De manera conjunta a la determinación a las áreas costeras en las que existen figuras de protección, se han localizado las especies de flora y fauna catalogadas en el Bioatles (*Conselleria de Medi Ambient. Govern de les Illes Balears*) en las ediciones de Mayo de 2.006, Agosto de 2.007, Agosto de 2.008 y Noviembre de 2.009. Las especies consideradas son las que presentan su distribución (preferentemente zonas de anidamiento) en los dominios de la Badia de Palma (tramo de costa comprendido entre el Cap de Cala Figuera y Cap Enderrocat). Las especies corresponden a las Clases de Pteridófitos, Angiospermas, Aves y Reptiles y Anfibios.

Las especies cartografiadas son un total de 22 especies que se reparten en las clases mencionadas en el párrafo anterior. En el Anexo 1 se pueden observar con detalle la localización de estas especies sobre la cartografía escala 1/10.000 de la Badia de Palma. Las especies cartografiadas correspondientes a: 1) *Clase Pterofita* (Pterófitos) son: *Marsilea strigosa*, 2) *Clase Angiosperma* son: *Limonium barceloi*, *Limonium del Prat de Magalluf*, *Limonium leonardi-llorensii*, *Helianthemum caput-felis*, *Medicago citrina*, *Thymelea velutina*, *Convulvulus valentinus subsp. suffrutocosus*, *Lauranea cervicornis*, *Pancratium maritimum*, 3) *Clase Amphibia* (Anfibios): *Bufo viridis subsp. balearicus*, 4) *Clase Reptilia* (Reptiles): *Emys orbicularis*, *Testudo hermanni*, *Testudo graeca subsp. graeca*, *Podarcis pityusensis* y *Podarcis lilfordi*, y 5) *Clase Aves*: *Phalacrocorax aristotelis subsp. desmarestii*, *Pandion haliaetus*, *Falco peregrinus*, *Larus audouinii*, *Larus michahellis*, *Silvia balearica* y *Silvia undata*.

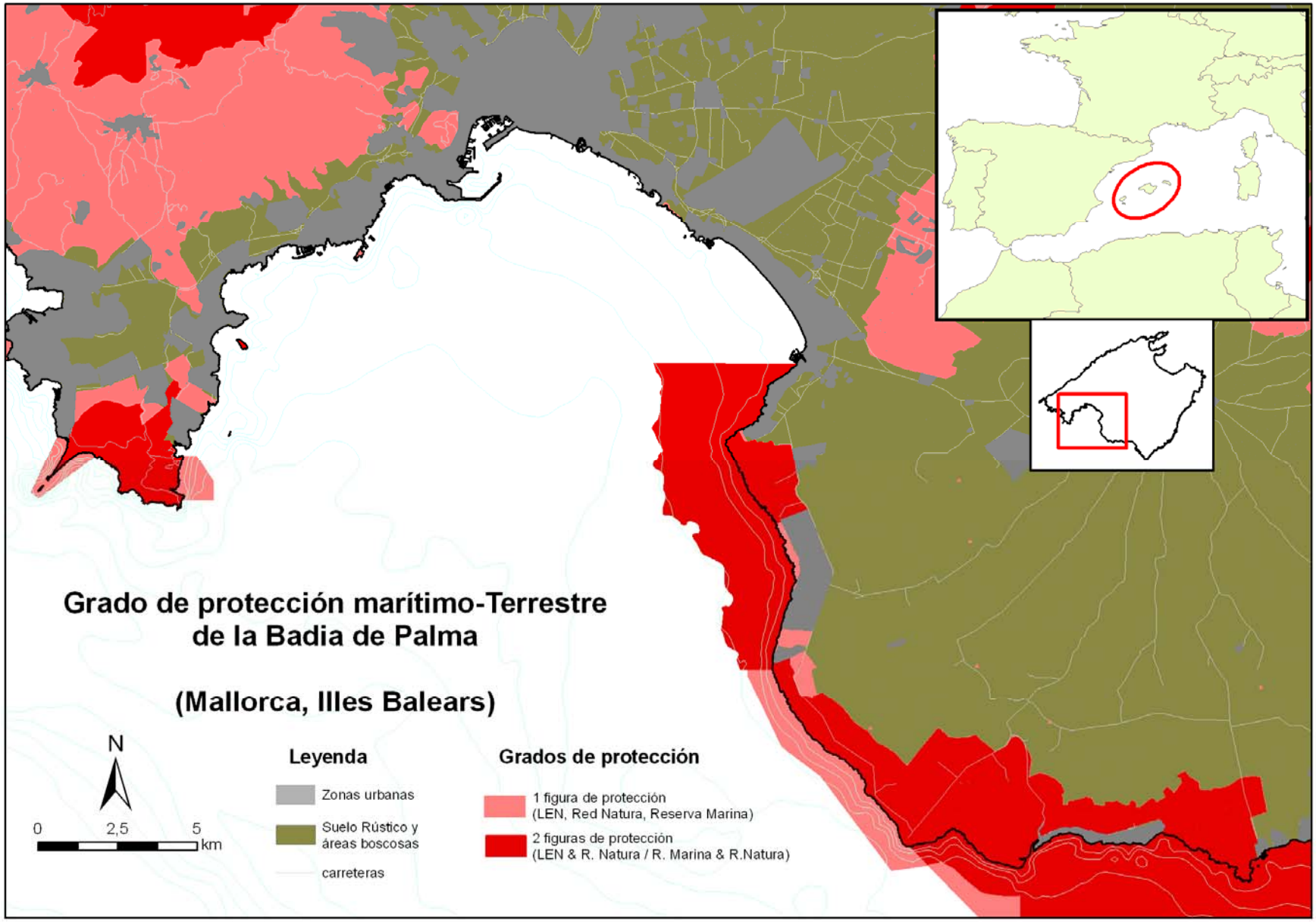


Figura 5.5:

Determinación de los grados de protección de la línea de costa de la Badia de Palma de acuerdo con el número de figuras de protección. Las figuras de protección que afectan a la zona costera de la Badia de Palma derivan de la Ley 1/1.991 de Espacios Naturales del Govern Balear, de la Directiva Hábitats y Directiva Aves de la UE y de la declaración de Reservas Marinas por la Conselleria d'Agricultura i Pesca del Govern de les Illes Balears.

5.2.2.- Caracterización del uso humano (socioeconómica)

La caracterización de los elementos (infraestructuras, equipamientos, servicios) que pueden ser útiles o que pueden ser dañados a raíz de una afección de hidrocarburos (impacto directo del contaminante / impacto derivado de las labores de erradicación y limpieza) en la Badia de Palma incluye 26 tipos o modalidades. Los elementos de uso humano cartografiados en la Badia de Palma son 28 (Figura 5.6), estos son: rampa para embarcaciones, mecánico motor, primeros auxilios, práctica de windsurf o kitesurf, práctica de surf, punto de inmersión, zona de pesca recreacional, muelle – embarcadero, centro de cría y/o recuperación de especies marinas, puerto comercial, puerto pesquero, base naval militar, club náutico / puerto deportivo / marina, aeropuerto, yacimientos arqueológicos submarinos y subaéreos, playas, zonas de fondeo de embarcaciones de recreo, emisario submarino, duchas, pórtico elevador, información meteorológica, gasolinera – punto de reportaje de fuel, toma de electricidad, varadero, sanitarios – aseos, servicio de grúa y toma de agua potable.

En la figura 5.7 se puede observar una perspectiva general de la distribución de algunos de los puntos o elementos de uso humano (zonas de práctica de windsurf y surf, puntos de interés submarino, zonas de pesca recreacional, club náutico, playas, aeropuerto, base naval militar y emisarios submarinos) de la Badia de Palma. En el Anexo se pueden observar los elementos correspondientes al uso humano o caracterización socioeconómica de la línea de costa.

Figura 5.6: Leyenda elaborada para la caracterización del uso humano de la línea de costa de la Badia de Palma. La leyenda y la cartografía se pueden observar con detalle en el **Anexo 1**.

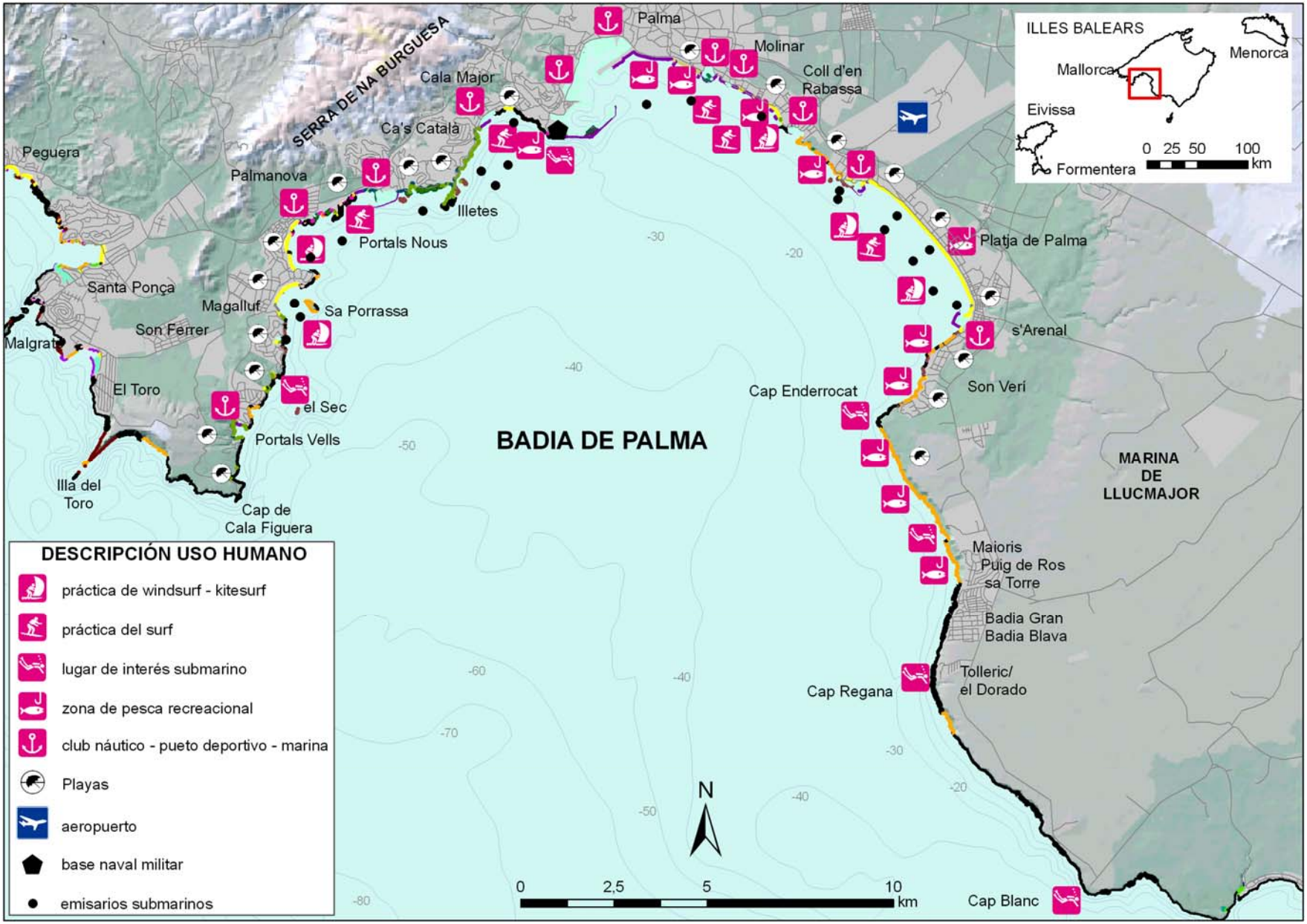
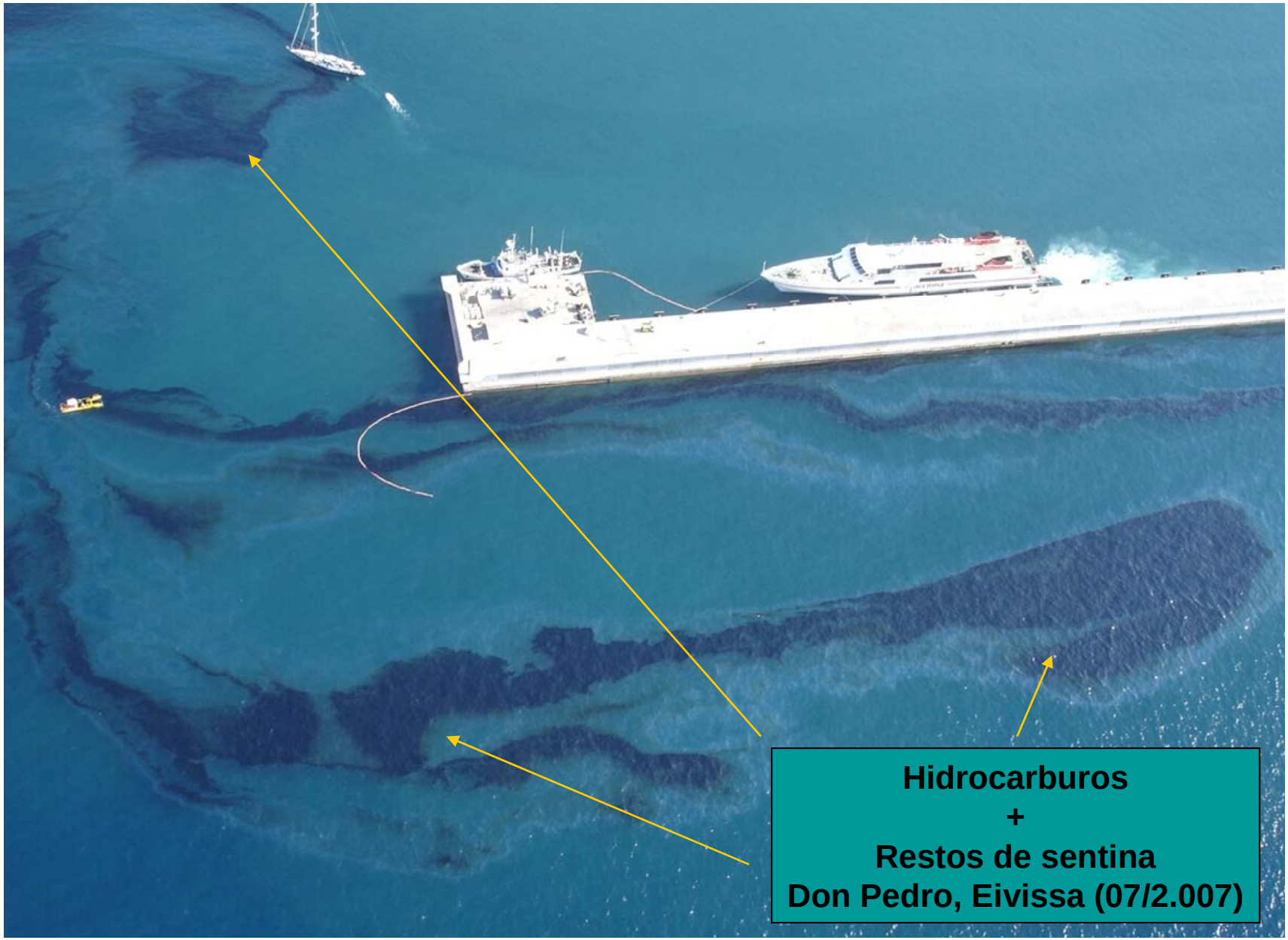


Figura 5.7:

Simplificación y vista general de los puntos o elementos de uso humano (de importancia socioeconómica) de la Badia de Palma relacionados con la caracterización de la sensibilidad ambiental de la línea de costa. En la figura se representan parte de los elementos cartografiados por cuestiones de escala. Los elementos o puntos de uso humano cartografiados se pueden observar con detalle en la cartografía del **Anexo1**.


Hidrocarburos
+
Restos de sentina
Don Pedro, Eivissa (07/2.007)

6.- Discusión y conclusiones

La caracterización de la Sensibilidad Ambiental (SA) de la línea de costa de las Illes Balears se ha realizado de acuerdo con el estándar internacional de la NOAA (2002). La adopción del modelo ofrecido por la NOAA no impide la conveniencia de realizar algunas consideraciones a modo de discusión a partir de la realidad observada tanto en el conjunto de las Illes Balears, como para el caso específico de la Badia de Palma.

Respecto al grado de exposición relativa al oleaje, se considera que las costas expuestas tienen una mayor tendencia a la autolimpieza que los litorales localizados en zonas resguardadas de baja energía (NOAA, 2002). Las costas, con una elevada porosidad, formadas por fragmentos rocosos de tipo gravas, cantos y bloques y estructuras de rompeolas artificiales, pueden albergar los productos derivados de un vertido durante largos periodos de tiempo independientemente del grado de exposición de la costa (Irvine et al., 2006). También se considera que la altura del nivel de saturación de las costas formadas por materiales no consolidados determinará, en gran medida, la capacidad de penetración de los hidrocarburos (Halmemies et al., 2003).

La permanencia de los hidrocarburos en los medios litorales ha de considerarse teniendo en cuenta las características climáticas de la zona afectada, la presencia o posibilidad de introducir seres vivos (normalmente "bacterias bio-degradantes" (*biorremediación*)), con la intención de mitigar los efectos de los hidrocarburos sobre el sustrato (Murado, 2005) y el régimen de temperaturas. En las latitudes cuyas temperaturas permiten que el sustrato alcance los 30 ºC se ha observado una disminución, debido a la volatilización de los hidrocarburos (Berthe-Corti y Höpner, 2005). En este sentido durante los meses estivales es muy frecuente que el sustrato rocoso de la línea de costa balear alcance temperaturas superiores al umbral de los 30ºC.

La creación de un Mapa de Sensibilidad Ambiental de las Islas Baleares es esencial para establecer diferentes grados de vulnerabilidad de la línea de costa frente a un posible vertido o derrame de hidrocarburos o sustancias derivadas. En el establecimiento de la sensibilidad de la línea de costa es necesario tener en cuenta los criterios morfodinámicos o geomorfológicos, biológicos y de uso humano o socioeconómicos.

Los tipos de costa de la clasificación morfodinámica o geomorfológica de la línea de costa se pueden dividir en dos grandes grupos: 1) en costas expuestas a zonas de elevada energía y 2) costas resguardadas localizadas en zonas de baja energía. El tiempo de residencia del hidrocarburo en el interior del sustrato está definido por el tipo de costa que se trate. Los criterios de clasificación de la costa según el grado de sensibilidad, según los criterios adoptados, pueden identificarse a partir de trabajos anteriores de clasificación geomórfica de la costa. En este sentido cabe señalar la utilidad de los trabajos de clasificación de la línea de costa para establecer, de una manera relativamente fiable y rápida, diferentes grados de sensibilidad ambiental en aquellas zonas en las que se carece de un plan de contingencia de contaminación marina. Debe tenerse en cuenta que, en ocasiones, la creación de mapas de SA de la línea de costa, no resultan del todo satisfactorias por utilizar una clasificación demasiado extensa impidiendo la agilidad necesaria de las tareas de

gestión (Pombo, 2005). De este modo la clasificación morfodinámica o geomorfológica del litoral balear podría tener el mismo riesgo debido al elevado número de tramos litorales. El elevado número de tramos litorales de nuestra clasificación para las Illes Balears (9 tipos de costa subdivididos en 17 subtipos) es posible su simplificación de forma ágil gracias a los SIGs con los que se ha elaborado dicha clasificación. En la figura 6.1 se puede observar la relación de los tipos de costa que se desarrollan en la línea de costa de las Illes Balears (parte izquierda) con la clasificación de acuerdo con la SA (parte derecha). Las clasificaciones de la línea de costa pueden cambiar de acuerdo con las variables que consideremos (altura, forma, cohesión de los materiales, grado de exposición relativa al oleaje, etc). Los SIGs permiten una agrupación ágil de las categorías de tipos de costa en caso necesario. Además, la figura 6.1 demuestra que la determinación de la componente mofodinámica - geomorfológica puede adaptarse de una clasificación geomorfológica de la línea de costa en caso de que no existan trabajos previos sobre SA de la línea de costa.

Los criterios de clasificación biológicos, para el conjunto de las Illes Balears se han basado en el número de figuras de protección que afectan a la línea de costa. De acuerdo con este criterio, las zonas con un mayor solapamiento de figuras de protección serán las que tengan un valor biológico más elevado. Para el entorno de la Badia de Palma, además de la caracterización territorial de acuerdo con las figuras de protección se ha ampliado de acuerdo con las líneas propuestas por el estándar de la NOAA (2002). Se han localizado las especies de flora y fauna catalogadas en el Bioatles (Conselleria de Medi Ambient. Govern de les Illes Balears) para el ámbito de la Badia de Palma. Las especies corresponden a las Clases de Pteridófitos, Angiospermas, Aves y Reptiles y Anfibios.

El componente de uso humano (socioeconómico) se basa en las infraestructuras, equipamientos, servicios que pueden ser afectados por una afección de hidrocarburos, así como también se localizan en la cartografía aquellos que puedan ser útiles a la hora de erradicar la afección. También se han considerado el patrimonio histórico (yacimientos arqueológicos de la línea de costa), localizado tanto en ambientes submarinos como subaéreos de la costa que puedan ser afectados por el impacto directo de la contaminación, como por las labores de limpieza posteriores.

El trabajo realizado constituirá una herramienta de gestión de emergencias por contaminación costera de primer orden, cuando pueda combinarse de forma automática con un sistema de predicción de corrientes marinas que incluye modelos a diferentes escalas e incluya también datos en tiempo real con la finalidad de simular las trayectorias de los vertidos (Reed *et al.*, 1999; Jordi *et al.*, 2006; Gonález *et al.*, 2008). El resultado de esta combinación debe ser un sistema operacional que esté incluido en el plan de emergencias de contaminación marina de las Islas Baleares.

Es preciso tener en cuenta que los SIGs pueden tener limitaciones en el momento de gestionar, en tiempo real, los posibles daños en el medioambiente derivados de un vertido debido a la escala en la que normalmente se poseen los datos espaciales (Zerger & Smith, 2003). Un exceso en el detalle de la información puede ser contraproducente y por tanto debe tenerse en cuenta realizando validaciones del modelo de gestión de emergencia propuesto.

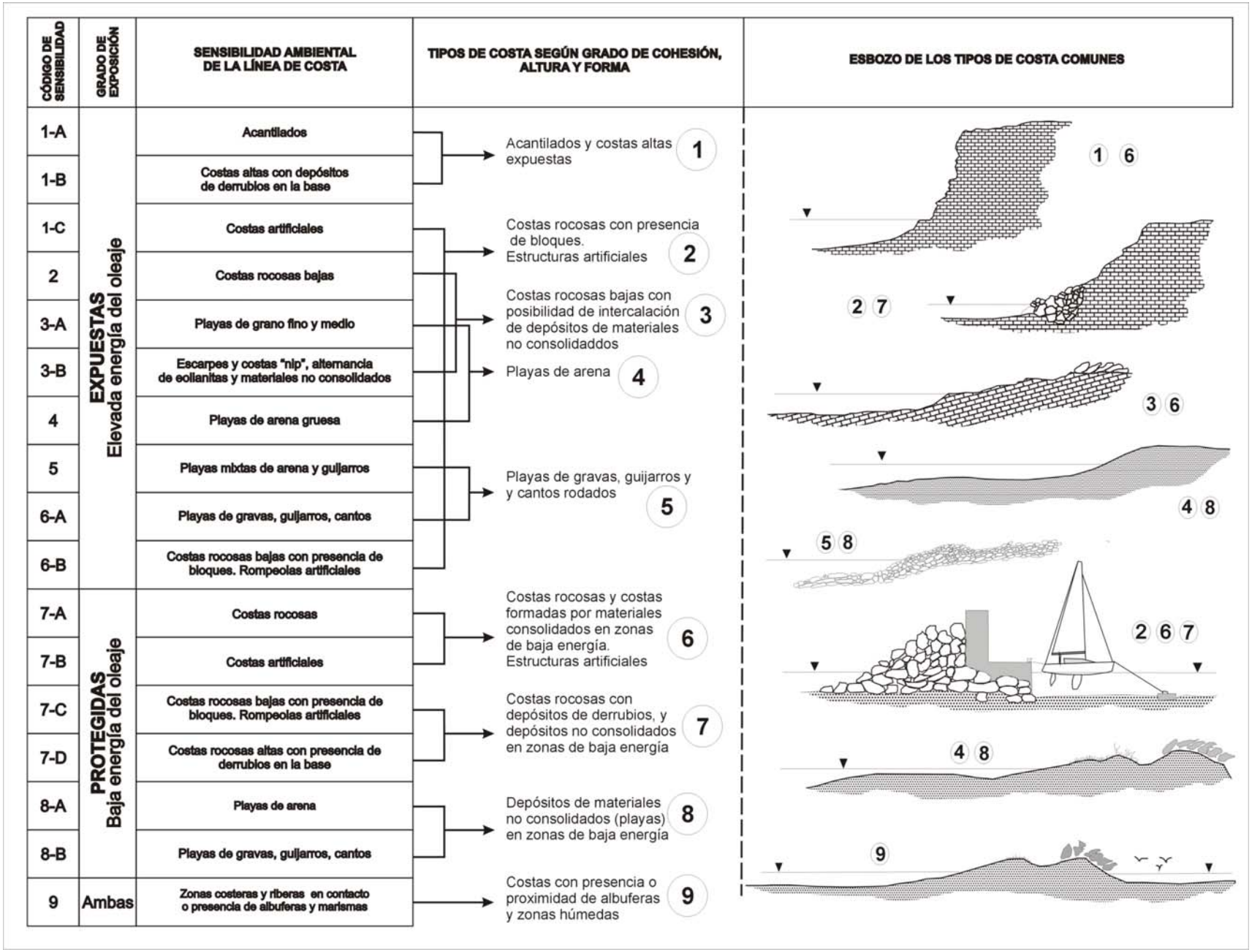


Figura 6.1:

Relación entre los tipos de costa y su clasificación según el grado SA de la línea de costa. El grado o magnitud de la sensibilidad (código de sensibilidad) se dispone en orden creciente de menor a mayor (9 corresponde a la máxima sensibilidad). Los tipos de costa según su cohesión, altura y forma (parte central) pueden corresponderse perfectamente con una clasificación descriptiva de la variedad existente en el litoral (tipos de costa comunes).

Los ambientes costeros y marinos de las Illes Balears contienen un gran número de especies, hábitats y recursos que podrían ser seriamente afectados por un vertido de hidrocarburos. De acuerdo con el elevado riesgo potencial de vertido accidental de hidrocarburos que las Illes Balears presentan dado el considerable tráfico de buques mercantes y de transporte de combustibles que existe en el Mediterráneo Occidental, la protección de los ecosistemas marinos y costeros frente a una afección de hidrocarburos debe ser una de las principales prioridades medioambientales de las Islas. Aunque no siempre es posible evitar estos derrames, es importante tomar precauciones para poder hacer frente a sus consecuencias.

Los estudios sobre sensibilidad de la línea de costa se pueden relacionar con estudios de Gestión Integrada de Zonas Costeras y Marinas (GIZCM). En el anexo 2 se expone la relación de laEl conocimiento de las zonas que ejercen influencia sobre la línea de costa (p.e. cuencas de drenaje, áreas urbanas, ecosistemas naturales) favorecerá el reconocimiento de puntos potenciales de contaminación en las áreas terrestres que pueden acabar afectando a la línea de costa. Por este hecho, la caractreización de la línea de costa de acuerdo con su sensibilidad permitirá determinar, en los momentos en los que exista peligro de contaminación (fugas de fábricas, depuradoras de aguas residuales, entre otros), el grado de vulnerabilidad de los diferentes tramos costeros que potencialmente puedan ser afectados. El conocimiento de las áreas funcionales de la zona costera y de la sensibilidad de la línea de costa facilitará la toma de decisiones en momentos de emergencia por contaminación de sustancias con propiedades similares a la de los hidrocarburos.

7.- Sugerencias de Futuro

Para combatir con éxito la contaminación marina por hidrocarburos es necesario contar con un operativo de respuesta eficaz. Un plan de contingencia eficaz será aquel que pueda combinar la información de antes, durante y después del suceso (vertido). En este sentido es necesario que las Illes Balears posean un plan de contingencia adecuado en el que automáticamente se engloben los modelos de predicción de deriva de los hidrocarburos, las características de la línea de costa y los sistemas operacionales encaminados a minimizar los efectos del contaminante y recuperación de los ecosistemas afectados.

La experiencia adquirida a raíz del evento de contaminación marina derivada del hundimiento del buque Don Pedro en Julio de 2.007 en las aguas de Eivissa, puso de manifiesto las dificultades en ofrecer una respuesta rápida en cuanto a organización y coordinación de personal y tareas. El CAMBAL (*Plan Especial de Contingencia por Contaminación Accidental de Aguas Marinas en las Illes Balears*), posterior a hundimiento del Don Pedro clarifica aspectos clave relacionados con la coordinación de las diferentes tareas entre la administración y los organismos implicados en atenuar el impacto. Y a pesar de los avances conseguidos por el *Grupo de Tecnologías Marinas, Oceanografía Operacional y Sostenibilidad* (TMOOS-IMEDEA) y *Sistema de Observación y Predicción Costero de las Illes Balears* (SOCIB) en materia de modelos oceanográficos, es necesario trabajar en la línea de coordinación y aunar esfuerzos para conseguir una integración absoluta entre los medios y los materiales dispuestos para la mitigación de eventos de contaminación marina con herramientas de contingencia de tipo proactivo que ayuden a la administración pública en cuanto a la monitorización y amortiguación de los vertidos de hidrocarburos y/o sustancias análogas. A pesar de disponer del CAMBAL, la gran experiencia acumulada en cuanto a los progresos en la determinación de la trayectoria de las corrientes y oleaje, caracterización de los tipos de costa de acuerdo con su respuesta frente a hidrocarburos, la coordinación entre todas las fuentes de información es compleja. La diversidad de bases de datos con diferentes formatos (modelos de deriva de oleaje *Vs* SIG).

Las tareas pendientes de carácter técnico más importantes son las relacionadas con la cartografía dentro de un entorno de SIGs. Estos trabajos se basan en la transposición de las clasificaciones de la línea de costa realizadas hasta la fecha a las bases cartográficas digitales actuales en escala 1/5.000 editadas por el SITIBSA (cartografía con fecha de 2.006). Los trabajos relacionados con la cartografía se dividen en tres tareas principales:

1) Revisión de los tipos de costa propuestos por el estándar de la NOAA de acuerdo con su SA para la realidad existente en las Illes Balears.
2) Trasladar la información cartográfica generada hasta la fecha al Mapa Topográfico Balear (MTB) a escala 1/5.000.
3) Establecer índices cartográficos de articulación de la costa. Se trata de los índices de articulación y de confinamiento por los cuales se pretende cuantificar, a modo de índice y por tramos costeros, el grado de rugosidad de la línea de costa. La misión de ambos índices es la de ofrecer la tendencia relativa de la renovación de las aguas de la línea de costa. El índice de articulación se calcula mediante la

relación de la longitud real de la línea de costa y el valor de la longitud de la línea de costa sobre el que se ha practicado una reducción de su resolución mediante el establecimiento de tramos de 100 m de longitud (CBBA, 2008). El índice de confinamiento se basa en el grado de convexidad y concavidad que presenta la costa, este índice se calcula mediante el trazo de una recta que une dos extremos de la costa discriminándose los tramos que quedan fuera (convexos, tendencia a la renovación de las aguas) y dentro (cóncavos, tendencia al confinamiento de las aguas) (CBBA, 2008).

A lo largo del litoral de las Illes Balears y de la Badia de Palma, existe una nutrida variedad de geoformas y disposición de los materiales dependiendo de la altura y distancia respecto del contacto tierra-mar (línea de costa propiamente dicha). Estas diferencias implican un comportamiento diferente de los materiales que conforman la línea de costa frente a hidrocarburos y sustancias contaminantes análogas. Para la costa de Israel, Adler & Inbar (2007) distinguen diferentes naturalezas y disposiciones de los materiales que constituyen la línea de costa. Esta organización de los materiales, dispuestos en franjas "paralelas" respecto de la línea de costa ofrece una respuesta diferente frente a una posible contaminación por hidrocarburos. En la figura 7.1 se puede observar un ejemplo de costa de playa (arenas finas y medias) (es Trenc, Mallorca) en cuya parte superior (*backshore*) se dispone un nivel de cantos y bloques imbricados con una elevada porosidad secundaria (porosidad inter-bloque) que permite una mayor infiltración y capacidad de retención del contaminante en el caso que la afección se produzca durante un temporal. De acuerdo con ello podría considerarse la posibilidad de identificar los tramos costeros de las Illes Balears que presenten diferentes franjas en cuanto a su disposición (y en consecuencia sensibilidad) de materiales tanto en zonas sumergidas como emergidas.

Otro aspecto a tener en cuenta para mejorar y dotar de mayor capacidad proactiva los trabajos sobre SALC en las Illes Balears, es la identificación del mayor número de tramos de la línea de costa en la que se deposita *Posidonia oceanica*, y fanerógamas marinas en general (*bermas vegetales de Posidonia*, Roig & Martín-Prieto, 2005), después de los temporales. La identificación de los sectores en donde suelen depositarse las hojas muertas de *Posidonia oceanica* puede ser un indicio de adelantarse a las zonas costeras en las que se depositarán preferentemente los hidrocarburos en caso de una afección. En la Figura 7.2 se muestran una serie de ejemplos de zonas de acumulación de la *Posidonia oceanica* en la costa de Campos (es Trenc y es Perengons, Mallorca) que podrían ser identificadas y de este modo dotaría a los trabajos de SALC un mayor carácter de tipo proactivo.

Cuando la deposición de hidrocarburos tiene lugar en costas de playa debe tenerse en cuenta la morfodinámica de cada sistema. Una vez depositados los hidrocarburos, existen muchas posibilidades de que éstos sean enterrados por la propia dinámica de la playa (Giles, 1987; Rowland *et al*., 2000; Bernabeu *et al*., 2010). De este modo, el conocimiento de las playas con un mayor "dinamismo" deben ser estudiadas y tenidas en cuenta de cara a un plan de emergencias por contaminación marina por hidrocarburos. Los estudios de Gómez-Pujol *et al.* (2007) y Jiménez *et al*. (2008) son ejemplos de clasificación de playas de la zona del Mediterráneo

Occidental, de manera que es necesaria la ampliación de estos trabajos y su posterior adaptación a eventos de contaminación por hidrocarburos.

Este trabajo presenta una estrecha relación con temáticas relacionadas con dinámica fluvial (descarga de aguas continentales a la zona costera) y *Gestión Integrada de Zonas Costeras y Marinas* (GIZCM). En el **Anexo 2** se expone, de manera sintética, la relación entre estudios de la sensibilidad de la línea de costa y la GIZCM. Considerando que la determinación de la sensibilidad de la línea de costa responde a una afección producida por hidrocarburos (NOAA, 2002), también podría ser útil para sustancias contaminantes con propiedades parecidas a los hidrocarburos que puedan ser transportadas por la escorrentía superficial. El conocimiento de las áreas con una mayor influencia de, o sobre, la zona costera y la distribución de los usos del suelo serán de vital importancia para emprender con garantías iniciativas de GIZCM y *Planificación Espacial Marina* (PEM). En el estudio de Balaguer *et al.* (2008) se propone una delimitación de la zona costera de acuerdo con una iniciativa de GIZCM, esta propuesta determina los métodos y criterios para establecer las áreas con una mayor influencia sobre la línea de costa y viceversa. Los usos del suelo desarrollados en las áreas de influencia de la zona costera (p.e. cuencas de drenaje) pueden deteriorar los hábitats del ámbito marino de la zona costera a través de las aguas de escorrentía superficial y aguas subterráneas (Johnson & Ebert, 2000, Pastor & Ibánez de Aldecoa, 2008). La transformación del territorio en zonas costeras puede condicionar o estar condicionada por las actividades económicas como es el caso del turismo (Burak *et al*., 2004; Oktay & Doratli, 2010). Además los cambios futuros en los usos de la zona costera estarán condicionados por los efectos del cambio climático (Brown, 2006; Hadley, 2009). De acuerdo con ello, los estudios específicos relacionados con la GIZCM y SALC pueden determinar un papel relevante de cara a la toma de decisiones frente a posibles consecuencias perjudiciales tanto para la zona costera y su entramado socioeconómico, derivadas del cambio climático y cambio global.

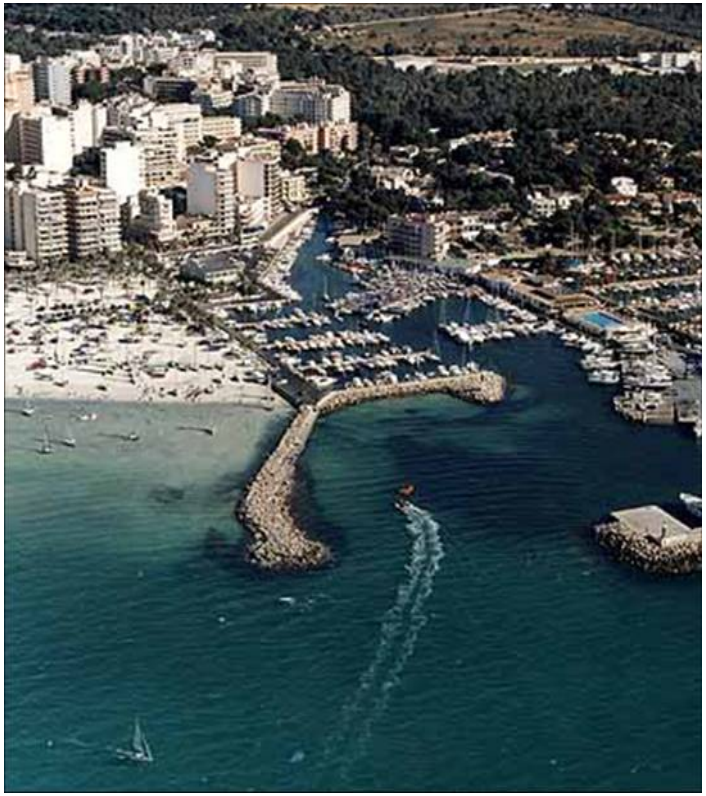


Figura 7.1:

Diferente naturaleza y disposición de los materiales que conforman la línea de costa dispuestos en franjas y en consecuencia diferente grado de sensibilidad (Adler & Inbar, 2007). Fotografía: Playa de *es Trenc* (Campos, Mallorca).

Figura 7.2:

Acumulaciones de *Posidonia oceanica* (*berma vegetal de Posidonia*, Roig & Martín-Prieto, 2005) en la Platja d'es Perengons (Campos, Mallorca). La identificación de los segmentos litorales en los que se suelen acumular restos de fanerógamas marinas puede ofrecer información valiosa de cara a la identificación de zonas en las que podrían acumularse hidrocarburos en caso de derrame.

8.- Bibliografía:

Abascal, A.J.; Castanedo. S.; Medina, R. & Liste, M. (2010) Analysis of the reliability of a statistical oil spill response model. Marine Pollution Bulletin, 60: 2.099 - 2.110.

Adler, E. & Inbar, M. (2007) Shoreline Sensitivity to oil spills, the Mediterranean coast of Israel: Assessment and analysis. Ocean and Coastal Management, 50: 24-34.

Albaigés, J. (2005) Los vertidos accidentales de petróleo al mar: coincidencias y contrastes. In: Figuereas, A. (Ed.) Las lecciones de la catástrofe del prestige. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Biblioteca de Ciencias, Monografía nº 23, pp. 17 - 43.

Anderson, A.G. (2002) The media politics of oil spills. Spill Science Bulletin, 7 (1-2), 7-12.

Assilzadeh, H. & Levy, J.K. (2009) Coastal zone zapping for oil spill emergency Management. A geomatics approach to situational, risk and damage analysis and emergency response applications for oil spill management. Sea Technology. September: 33-38.

Bajardí, T.; Goy, J.L.; Zazo, C.; Hillaire-Marcel, C.; Dabrio, C.J.; Cabrero, A; Ghaleb, B.; Silva, P.G. & Lario, J. (2009) Sea level and climate changes Turing OIS 5e in the Western Mediterranean. Geomorphology, 104: 22-37.

Balaguer, P. (2005) Tipus i evolució de les costes rocoses de Mallorca. Departamento de Ciencias de la Tierra. Universitat de les Illes Balears. Tesis Doctoral. Inédita. 374 p.

Balaguer, P; Vizoso, G.; Ferrer, M.I.; Ruíz, M; Orfila, P.; Basterretxea, G.; Jordi, T; Fornós, J.J.; Satorres, J.; Roig i Munar, F.X. & Tintoré, J. (2006) Zonificación del litoral Balear frente a un posible derrame o vertido de hidrocarburos. Establecimiento de un Índice de Sensibilidad Ambiental (ISA) de la línea de costa. In: Pérez-Alberti, A. & López-Bedoya, J. (Ed.) Actas de la IX Reunión Nacional de Geomorfología. Santiago de Compostela: 311 - 322.

Balaguer, P.; Vizoso, G.; Ruíz, M.; Orfila, P.; Fornós, J.J.; Satorres, J.; Roig-Munar, F.X. & Tintoré, J. (2008) Zonificación del litoral balear frente a un posible derrame o vertido de hidrocarburos. In: Pons, G. (Ed.) V Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears. Ponències i resums. Societat d'Història Natural. Pp 362 - 364.

Balaguer, P. ; Diedrich, A. ; Sardá, R. ; Fuster, M. ; Cañellas, B. & Tintoré, J. (2011) Spatial analysis of recreational boating as a first key step for marine spatial planning in Mallorca (Balearic Islands, Spain). Ocean and Coastal management, 54: 241 - 249.

Bergueiro, J. R. & Domínguez, F. (2001) La Gestión de los Derrames de Hidrocarburos en el Mar. DL:PM1894.

Bergueiro J. R. & Moreno, S. (2002) Limpieza y Restauración de Costas Contaminadas por Hidrocarburos. Procedimien to Operacional. DL:1203.

Bergueiro, J.R. & Moreno-García, S. (2003) Plan de contingencia ante vertidos de hidrocarburos en el entorno de las Islas Baleares. I.S.B.N.: 84 – 688 – 1172 – 6. Depósito Legal: PM 365 – 2003. 810 pp.

Bergueiro, J.R.; Serra-Socías, F.; Santos-Oliver, A. & Moreno-García, S. (2004) Gestión Integrada de Zonas Costeras ante

vertidos de hidrocarburos en el mar. I.S.B.N.: 84 – 688 – 8919 – 9. Depósito Legal: PM 2349 – 2004 355 pp.

Bergueiro; J.R.; Romero-March, R.; Guijarro, S. & Serra-Socías, F. (2006) Simulation of oil spills at the Casablanca Platform (Tarragona, Spain) Under different environmental conditions. Journal of Maritime Research, 3: 55 - 72.

Bergueiro, J.R.; Santos-Oliver, A.; Guijarro, S. & Moreno-García, S. (2006) Contingency plan for hydrocarbon spills in the porto f Ibiza. Maritime transport III. I.S.B.N.: 84-689-8505-8. D.L.: B-21054-2006 : 1.057-1.068.

Bergueiro, J.R. ; Moreno-García, S. ; Fuertes, A.; Martorell, V.; Kantin, R. & Massutí, E. (2006) The incotur model: estimation of losses in the tourism sector of Alcúdia due to a hydrocarbon spill. Artic and Marine Oil Spill Program. Environment Canada. Vol I: 301-311.

Bernabeu, A.M.; Rey, D., Lago, A. & Vilas, F. (2010) Simulating the influence of physicochemical parameters on subsurface oil on beaches: Preliminary results. Marine Pollution, 60 (8): 1170-1174.

Berthe-Corti, L. & Höpner, T. (2005). Geo-biological aspects of coastal oil pollution. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 219, 171-189.

Brown, I. (2006) Modelling future landscape change on coastal floodplains using a rule-based GIS. Environmental Modelling & Software, 21: 1.479 -1.490.

Burak, S.; Dogan, E. & Gazioglu, C. (2004) Impact of urbanization and tourism on coastal environment. Ocean & Coastal Management, 47: 515 - 527.

CITTIB (2009) Tourism in the Balearic Islands. Yearbook 2008 Centre de promoció de la Investigació i Tecnologies Turistiques de les Illes Balears. Ed. Conselleria de Turisme, Govern de les Illes Balears.

Coppini, G.; De Dominicis, M.; Zodiatis, G.; Lardner, R.; Pinardi, N.; Santoleri, R.; Colella, S.; Bignami, F.; Hayes, D. R.; Soloviev, D.; Georgiou, G. & Kallos, G. (in press). Hindcast of oil-spill pollution during the Lebanon crisis in the Eastern Mediterranean, July-August 2006. Marine Pollution Bulletin, doi: 10.1016/j.marpolbul.2010.08.021.

Cuerda, J. (1989) Los tiempos cuaternarios en Baleares. Direcció General de Cultura. Conselleria de Cultura, Educació i Esports. Govern Balear.

Díaz, B.; Pavón, A.; Gómez-Gesteira, M. (2008) Use of a probabilistic particle trucking model to simulate the Prestige oil spill. Journal of Marine Systems, 72 (1-4): 159-166.

Figueras, A. (2005) Las lecciones de la catástrofe del Prestige. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Biblioteca de Ciencias, Monografía nº 23, 184 p.

Fornós, J.J.; Balaguer, P.; Gelabert, B. & Gómez-Pujol, Ll. (2005) Pleistocene formation, evolution, retreat, rates and processes in a carbonate coastal cliff (SE of Mallorca Is. Western Mediterranean). Journal of Coastal Research. Special Issue, 49: 15-21.

Giles, M.R. (1987) Mass transfer and problems of secondary porosity creation in deeply hydrocarbon reservoirs. Marine and Petroleum Geology, 4 (3).

Gómez-Pujol, Ll, Balaguer, P., Mateu, J. & Roig, F.X., 2001. SEDIPME 2000: Sedimentologia de les platges de Menorca. Informe técnico inédito. Institut Menorquí d'Estudis, Consell Insular de Menorca, 48.

Gómez-Pujol, Ll.; Orfila, A.; Cañellas, B.; Álvarez-Ellacuria, A.; Méndez, F.J.; Medina, R. & Tintoré, J. (2007) Morphodynamic classification of Sandy beaches in low energetic marine environment. Marine Geology, 242: 235-246.

González, M.; Ferrer, L.; Uriarte, A.; Urtizberea, A. & Caballero, A. (2008) Operational oceanography system applied to the Prestige oil-spillage event. Journal of Marine Systems, 72: 178-188.

Gundlach, E.R. & Hayes, M.O. (1978) Classificaction of coastal environments in terms of potential vulnerability to oil spill impact. Marine Technology Society Journal, 12: 18 - 27.

Hadley, D. (2009) Land use and the coastal zone. Land Use Policy, 26: 198-203.

Henocque, Y., Denis, J. & Gerard, B. (1997) Methodological guide to integrated coastal management. UNESCO, Intergovernmental Oceanographic Commission, manuals and guides nº 36, 47 p.

Jaume, C. & Fornós, J.J. (1992) Composició i textura dels sediments de les platges del litoral malorquí. Bolletí Societat Història Natural de les Illes Balears, 35, 93-110.

Jensen, J.R.; Elijah, W.R.; Holmes, J.M.; Michel, J.E.; Savitsky, B. & Davis, B. (1990) Environmental Sensitivity Index (ESI) mapping for oil spills using remote sensing and geographical information systems technology. International Journal of Geographical Information Systems, 4 (2): 181 - 201.

Jimenez, J.A.; Guillén, J. & Falqués, A. (2008) Comment on the article "*Morphodynamic classification of Sandy beaches in low energetic marine environment*" by Gómez-Pujol, Ll.; Orfila, A.; Cañellas, B.; Álvarez-Ellacuria, A.; Méndez, F.J.; Medina, R. & Tintoré, J. Marine Geology, 242: 235-246, 2007. Marine Geology, 255: 96-101.

Jordi, A.; Ferrer, M.I.; Vizoso, G.; Orfila, A.; Basterretxea, G.; Casas, B.; Álvarez, A.; Roig, D.; Garau, B.; Martínez, M.; Fernández, V.; Fornés, A.; Ruiz, M.; Fornós, J.J.; Balaguer, P.; Duarte, C.M.; Rodríguez, I.; Álvarez, E; Onken, R. & Tintoré, J. (2006) Scientific management of Mediterranean coastal zone: a hybrid ocean forecasting system for oil spill and search and rescue operations. Marine Pollution, 53 (5-7): 361-368.

Johson, A.K.L. & Ebert, S.P. (2000) Quantifying Inputs of Pesticides to the Great Barrier Reef Marine Park – A Case Study in the Herbert River Catchment of North-East Queenslands. Marine Pollution Bulletin, 41 (7-12): 302-309.

Irvine, G.V.; Mann, D.H. & Short, J.W. (2006) Persistence of 10-year old Exxon Valdez oil on Gulf of Alaska beaches: the importance of boulder-armoring. Marine Pollution Bulletin, 52 (9): 1.011 - 1.022.

Loureiro, M. L.; Ribas, A.; López, E. & Ojea, E. (2006) Estimated costs and admissible claims linked to the Prestige oil spill. Ecological economics, 59: 48-63.

March, D. (2008) Los SIG en la monitorización y modelo espacial de la pesca recreativa. IG+, 10: 4 - 6.

March, D.; Ruiz, M. & Palmer, M. (2008) A GIS application for monitoring the spatial distribution of recreational fisheries at Palma Bay, Balearic Islands. In: Pons, G. (Ed.) V Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears. Ponències i resums. Societat d'Història Natural: 385.

Michel, J. & Dahlin, J. (1993) Guidelines for development of digital environmental sensitivity index atlases and databases. Seatle, Washington, DC: Hazardous Materials Response and Assessment Division, NOAA.

Michel, J.; Hayes, M.O. & Brown, P.J. (1978) Application of an oil spill vulnerability index to the shoreline of lower cook inlet, Alaska. Environmental Geolog, 2 (2): 107 - 117.

Murado, M.A., 2005. Biorremediación. Pseudoproblemas, problemas y una experiencia. In: Figuereas, A. (Ed.) Las lecciones de la catástrofe del prestige. Consejo Superior de Investigaciones Cinéticas. Biblioteca de Ciencias, Monografía nº 23, pp. 123 - 151.

Nakata, K.; Sugioka, S. I. & Hosaka, T. (1997) Hindcast of a Japan Sea Oil Spill. Spill Science & Technology Bulletin, 4 (4): 219-229.

NOAA, (2002) Environmental Sensitivity Index Guidelines. NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) Technical Memorandum. NOS OR&R, 11. National Oceanic and Atmospheric Administration & Department of Commerce, United States of America. 89 pp.

Oktay, B. & Doratli, N. (2010) Assessing the impact of tourism on the physical environment of a small coastal town: Girne, Northern Cyprus. European Planning Studies, 9 (18): 1.485 - 1.505.

Pastor, I. & Ibáñez de Albecoa, M.J. (2008) Evolución de las zonas costeras en Europa. Agencia Europea de Medio Ambiente. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 107 pp. Disponible en: http://www.mma.es/secciones/calidad_contaminacion/eionet/sub_publicaciones_agua.htm.

Pombo, C., 2005. Desarrollo de un mapa de sensibilidad a vertidos de hidrocarburos en la costa de Cantabria. Memoria de Investigación inédita, Universidad de Cantabria, Santander, España, 60 p.

Ports de Balears (2009) Memoria Annual de la Autoritat Portuària de Balears. 232 pp. (disponible en: http://www.portsdebalears.com/memoria/index.html, accedido el 10/10/2010).

Proctor, R.; Elliot, A.J. & Flather, R.A. (1994) Forecast and Hindcast Simulations of the Braer Oil Spill. Marine Pollution Bulletin, 28 (4): 219-229.

Rabinovich, A.B. i Monserrat, S. (1996) Meteorological tsunamis near the Balearic and Kuril Islands: Descriptive and stadistical analysis. Natural hazards, 3: 55 - 90.

Rabinovich, A.B. i Monserrat, S. (1998) Generation of meteorological tsunamis (large amplitude seiches) near the Balearic and Kuril Islands. Natural hazards, 18: 27 - 55.

Reed, M. & Gunlach, E. (1989) Hindcast of the Amoco Cadiz event with a coastal zone oil spill model. Oil and Chemical Pollution, 5 (6): 451-476.

Reed, M.; Spaulding, M.L.; Lorda, E.; Walker, H. & Saila, S.B. (1984) Oil spill fishery impact assessment modelling: the fisheries recruitment problem. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 19 (2): 110-121.

Reed, M.; Johansen, O.; Brandvik, P.J.; Daling, P.; Lewis, A.; Fiocco, R.; Mackay, D. & Prentki, R. (1999). Oil spill modeling towards the close of the 20th century: overview of the state of the art. Spill Science and Technology Bulletin, 5 (1): 3 - 16.

Rifaat, G. & Hanna, M. (1995) An approach to evaluate the application of the Vulnerability Index for oil spills in tropical Red Sea environments. Spill, Science & Technology Bulletin, 2 (2/3): 171 - 186.

Roig, F.X. & Martín-Prieto, J.A. (2005) Efectos de la retirada de bermas vegetales de Posidonia oceanica sobre playas de las Islas Baleares. Consecuencias de la presión turística. Investigaciones Geográficas, Universidad Autónoma de México, 57: 40-52.

Rosselló, V.M., 1964. Mallorca. El Sur y Sureste. Palma de Mallorca: Cámara Oficial de Comercio, Indústria y Navegación, 553 p.

Rosselló, V.M., 1975. El litoral de Mallorca. Assaig de genètica i classificació . Mayurqa, 14, 5 -19

Rowland, A.P.; Kindley, D.K.; Hall, G.H.; Rossall, M.J.; Wilson, D.R.; Benham, D.G.; Harrison, A.F. & Daniels, R.E. (2000) Effects of beach sand properties, temperature and rainfall on the degradation rates of oil in buried oil/beach sand mixtures. Environmental Pollution, 109 (1): 109-118.

Rullán, O. (2002) La construcció territorial de Mallorca. Monografies Científiques. Editorial Moll. Palma de Mallorca. 435 pp.

Servera, J., 2000. Geomorfologia del litoral de les Illes Balears. Posidonia, 1, 27 - 66.

Servera, J., 2004. Geomorfologia del litoral de les Illes Balears. Illes Balears: Quaderns de Natura de les Balears. Documenta Balear, 88 pp.

Sotillo, M.G.; Alvarez-Fanjul, E.; Castanedo, S.; Abascal, A.J.; Menendez, J.; Emelianov, M.; Olivella, R.; García-Ladona, E.; Ruiz-Villarreal, M.; Conde, J.; Gómez, M.; Conde, P.; Gutierrez, A.D. & Medina, R. (2008) Towards an operational system for oil-spill forecast over Spanish waters: Initial developments and implementation test. Marine Pollution Bulletin, 56: 686-703.

Spaulding, M.L.; Kolluru, V.S.; Anderson, E. & Howlett, E. (1994) Application of three-dimensional oil spill model (WOSM/OILMAP) to hindcast the braer spill. Spill Science & Technology Bulletin, 1 (1): 23-35.

Spaulding, M.L.; Jayko, K.B. & Anderson, E.L. (1982) Hindcast of the Argo merchant spill using the uri oil spill fates model. Ocean Engineering, 9 (5): 455 - 482.

Sunamura, T. (1992) the geomorphology of rocky coasts. Wiley i Sons. Chichester, UK. 302 pp.

Trenhaile, A.S. (2002) Rock coasts, with particular emphasis on shore platforms. Geomorphology, 48: 7 - 22.

VVAA (varios autores) (2007) Atles de Sensibilitat Ambiental del Litoral de les Ille Balears (Balaguer, P.; Vallespir, J.; Vizoso, G.; Ruiz, M.; Cañellas, B.; Fornós, J.J. & Tintoré, J.). Direcció General d'Emergències. Conselleria d'Interior, Govern de les Illes Balears.

VVAA, (Varios Autores) (2009) Bases ecológicas para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Dirección General de Medio Natural y Política Forestal, Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Madrid. DVD. Primera Edición. También disponible en: http://www.jolube.es/Habitat_Espana/indice.htm#1.

Zazo, C.; Goy, J.L.; Dabrio, C.J.; Bajadí, T.; Hillaire-Marcel, C.; Ghaleb, B.; González-Delgado, J.A. & Soler, V. (2003) Pleistocene raised marine terraces of the Spanish Mediterranean and Atlantic coasts: records of coastal uplift, sea-level highstands and climate changes. Marine Geology, 194: 103-133.

Zerger, A. & Smith, D.I. (2003) Impediments to using GIS for real-time disaster decision support. Computers, Environment and Urban Systems, 27 (2): 123 – 141.

ANEXO 1:

Cartografía de la Sensibilidad Ambiental (SA) de la línea de costa de la Badia de Palma, (Mallorca, Illes Balears).

- **Características Geomorfológicas** ***(disposición, textura, porosidad de los materiales que constituyen la línea de costa y su altura)***

- **Información Biológica.** ***Zonas protegidas y especies costeras ubicadas en la Badia de Palma (de acuerdo con el Bioatles, Conselleria de Medi Ambient, Govern de les Illes Balears).***

- **Información sobre Uso Humano de la línea de costa** ***(principales infraestructuras, equipamientos, servicios, zonas de ocio y patrimonio histórico susceptibles a ser afectados por un vertido).***

Interpretación de los mapas:

La cartografía que se muestra a continuación se compone de 22 hojas cartográficas que comprenden la línea de costa de la Badia de Palma (entre Cap de Cala Figuera (W) y Cap Blanc (E)).

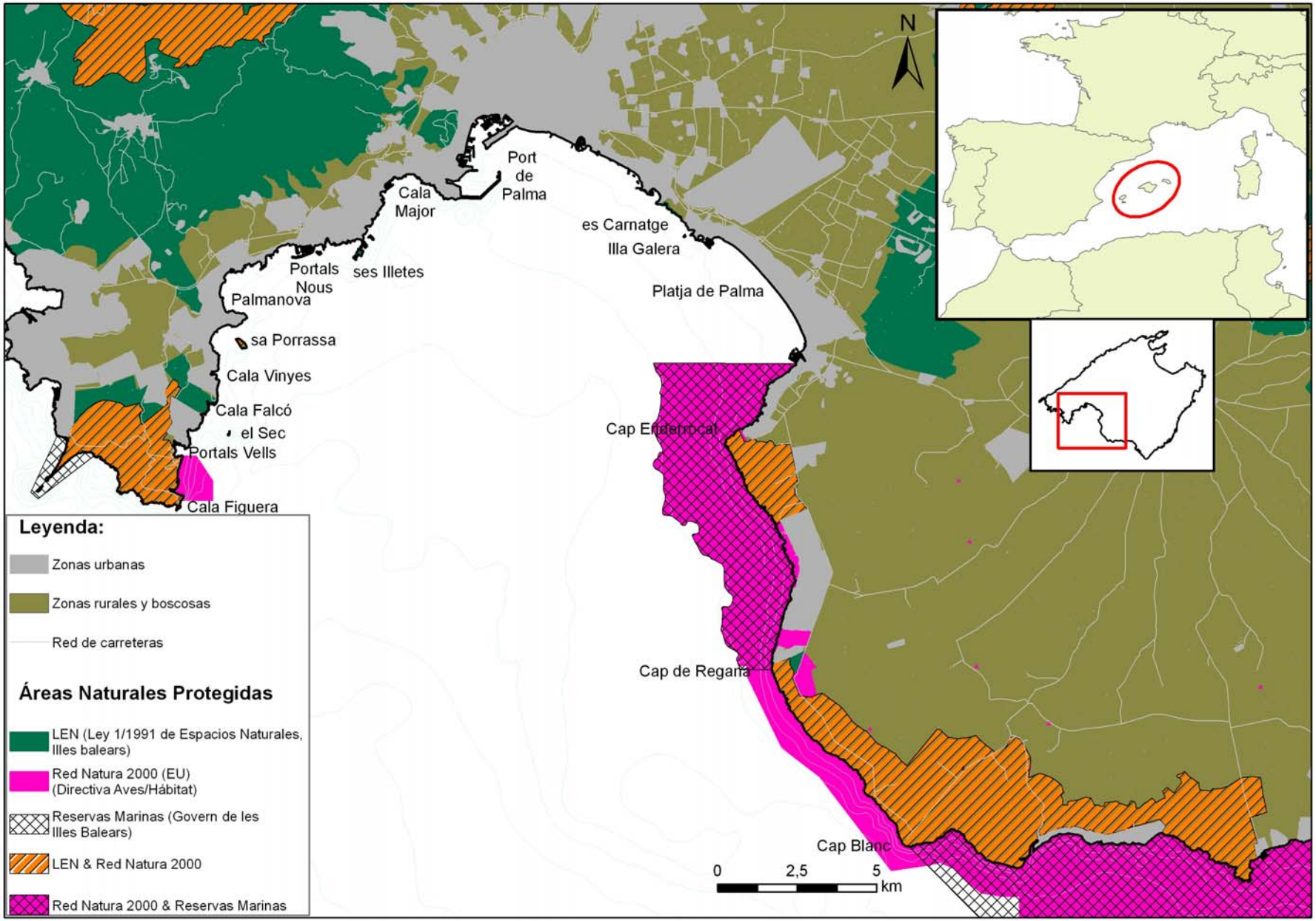
Los mapas de sensibilidad de la línea de costa están destinados a proporcionar la ayuda necesaria para facilitar la limpieza y erradicación de un posible impacto por contaminación de hidrocarburos.

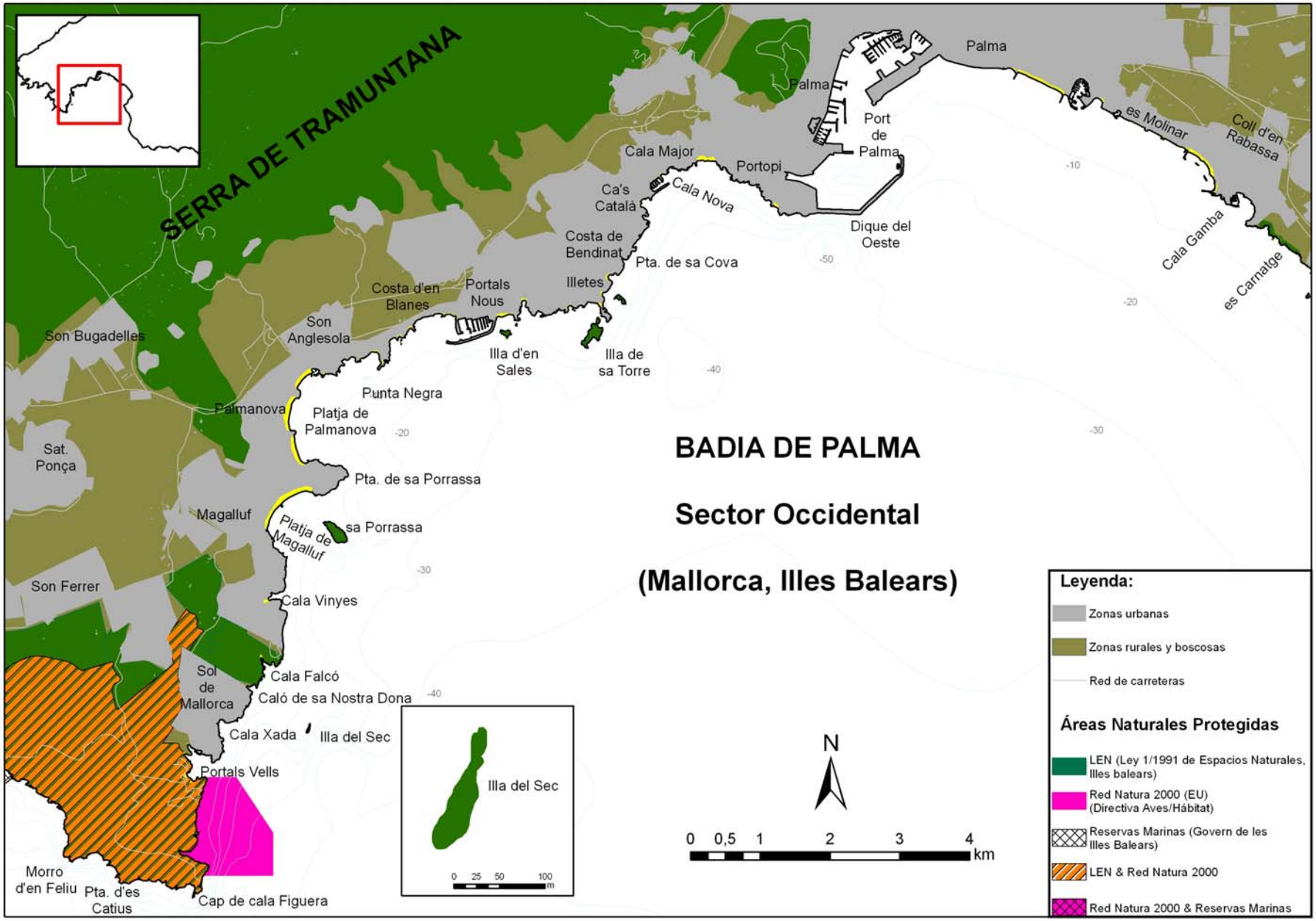
La información contenida en los mapas es:

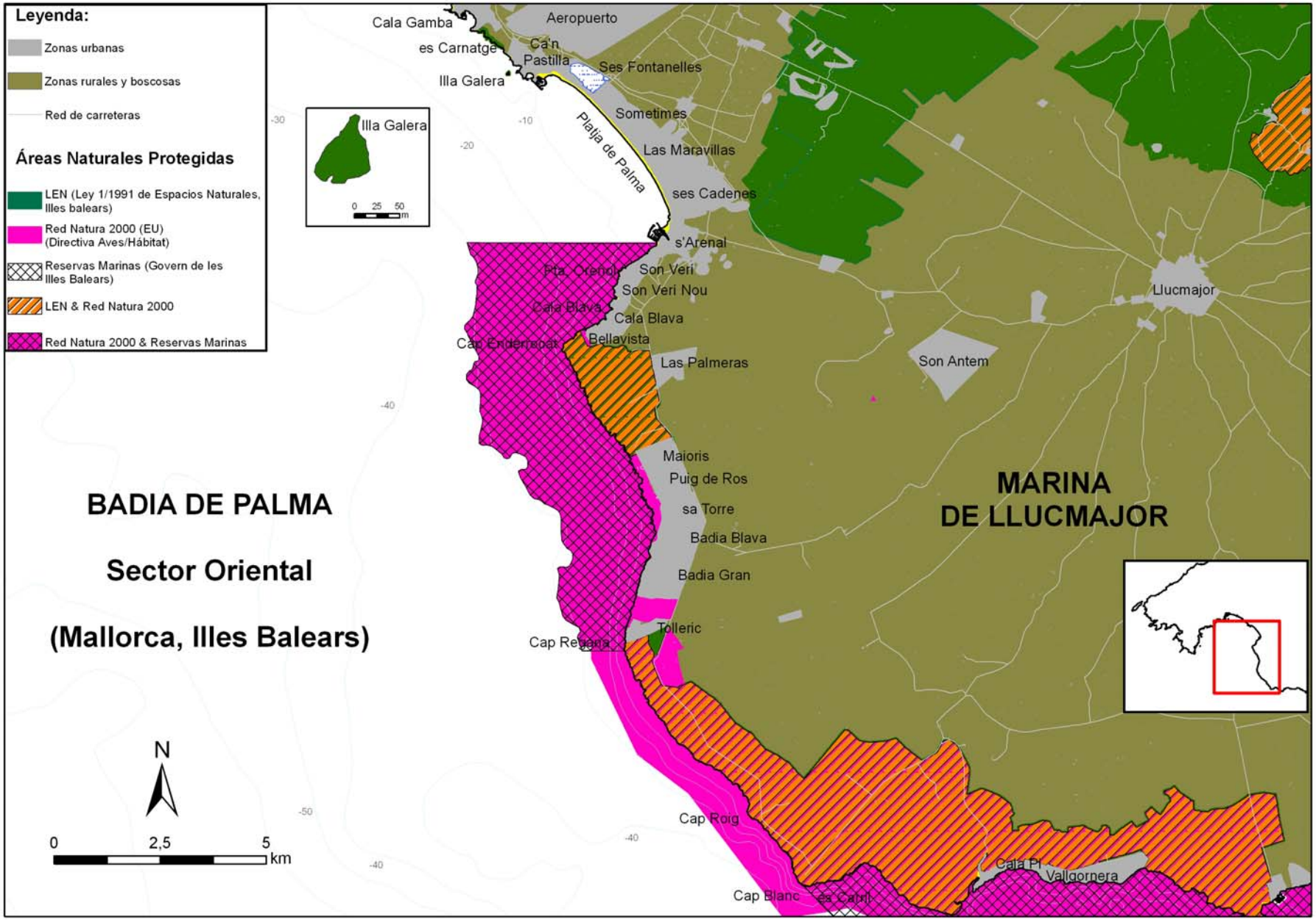
1) de tipo *geomorfológico:* coloración de la línea de costa de acuerdo con su grado de sensibilidad (en el contexto de la bahía: 1-A menor sensibilidad, 8-A máxima sensibilidad).

2) de tipo *biológico*: Distribución de las especies de flora y fauna localizadas en la costa de la Badia de Palma de acuerdo con la información del Bioatles (Conselleria de Medi Ambient. Govern de les Illes Balears). Información acerca de la presencia de zonas protegidas.
NOTA: Para distinguir con exactitud el tipo de protección medio ambiental que posee una zona de la Badia de Palma consultar las figuras de las páginas siguientes correspondiente con la Figura 3.4 del apartado de descripción de la zona de estudio.

3) de *uso humano*: distribución de las infraestructuras, equipamientos y servicios que pueden verse afectados por un vertido de hidrocarburos y que a su vez pueden ser útiles para las tareas de limpieza y contención del impacto. También se señalan zonas destinadas al ocio y el patrimonio histórico que puede dañarse por impacto directo del contaminante y/o durante las tareas de limpieza.


N
Port de Palma
Cala Major
es Carnatge
Illa Galera
Portals Nous
ses Illetes
Palmanova
Platja de Palma
sa Porrassa
Cala Vinyes
Cala Falcó
el Sec
Portals Vells
Cala Figuera
Cap Enderrocat
Cap de Regana
Cap Blanc
0
2,5
5
km
Leyenda:
Zonas urbanas
Zonas rurales y boscosas
Red de carreteras
Áreas Naturales Protegidas
LEN (Ley 1/1991 de Espacios Naturales, Illes balears)
Red Natura 2000 (EU) (Directiva Aves/Hábitat)
Reservas Marinas (Govern de les Illes Balears)
LEN & Red Natura 2000
Red Natura 2000 & Reservas Marinas


SERRA DE TRAMUNTANA
Palma
Palma
Port de Palma
es Molinar
Coll d'en Rabassa
Cala Major
Portopi
Ca's Català
Cala Nova
Dique del Oeste
Costa de Bendinat
Pta. de sa Cova
Cala Gamba
es Carnatge
Illetes
Costa d'en Blanes
Portals Nous
Son Anglesola
Son Bugadelles
Illa d'en Sales
Illa de sa Torre
Punta Negra
Platja de Palmanova
Palmanova
Sat. Ponça
Pta. de sa Porrassa
Magalluf
Platja de Magalluf
sa Porrassa
Son Ferrer
Cala Vinyes
Sol de Mallorca
Cala Falcó
Caló de sa Nostra Dona
Cala Xada
Illa del Sec
Portals Vells
Morro d'en Feliu
Pta. d'es Catius
Cap de cala Figuera
-10
-20
-30
-40
-50
BADIA DE PALMA
Sector Occidental
(Mallorca, Illes Balears)
Illa del Sec
0 25 50 100 m
N
0 0,5 1 2 3 4 km
Leyenda:
Zonas urbanas
Zonas rurales y boscosas
Red de carreteras
Áreas Naturales Protegidas
LEN (Ley 1/1991 de Espacios Naturales, Illes balears)
Red Natura 2000 (EU) (Directiva Aves/Hábitat)
Reservas Marinas (Govern de les Illes Balears)
LEN & Red Natura 2000
Red Natura 2000 & Reservas Marinas


Leyenda:
Zonas urbanas
Zonas rurales y boscosas
Red de carreteras
Áreas Naturales Protegidas
LEN (Ley 1/1991 de Espacios Naturales, Illes balears)
Red Natura 2000 (EU) (Directiva Aves/Hábitat)
Reservas Marinas (Govern de les Illes Balears)
LEN & Red Natura 2000
Red Natura 2000 & Reservas Marinas
Illa Galera
0 25 50 m
BADIA DE PALMA
Sector Oriental
(Mallorca, Illes Balears)
MARINA DE LLUCMAJOR
Cala Gamba
Aeropuerto
es Carnatge
Ca'n Pastilla
Ses Fontanelles
Illa Galera
Sometimes
Platja de Palma
Las Maravillas
ses Cadenes
s'Arenal
Pta. Xenoli
Son Veri
Son Veri Nou
Cala Blava
Cala Blava
Cap Enderrocat
Bellavista
Las Palmeras
Son Antem
Llucmajor
Maioris
Puig de Ros
sa Torre
Badia Blava
Badia Gran
Tolleric
Cap Regana
Cap Roig
Cala Pi
Vallgornera
Cap Blanc
es Carbi
N
0 2,5 5 km

CLASIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA

- 1-A: Costas rocosas altas y acantilados expuestos a zonas de elevada energía
- 1-B: Estructuras artificiales expuestas a zonas de elevada energía.
- 1-C: Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base expuestas a zonas de elevada energía.
- 2: Costas rocosas bajas expuestas.
- 3-A: Playas formadas por arenas finas y de grano medio.
- 3-B: Escarpes y costas de perfil escalonado formadas por conglomerados, arenas, limos y arcillas y por litologías calcareníticas.
- 4: Playas formadas por arenas gruesas.
- 5: Playas mixtas, formadas por arenas y gravas.
- 6-A: Playas de gravas, cantos y bloques.
- 6-B: Costas rocosas bajas expuestas, de perfil escalonado y cóncavo con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos. (Incluye rompeolas artificiales).
- 7-A: Costas rocosas de altura variable en zonas de baja energía.
- 7-B: Estructuras artificiales localizadas en zonas de baja energía.
- 7-C: Costas rocosas bajas con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos en zonas de baja energía. Incluye (rompeolas artificiales).
- 7-D: Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base localizadas en zonas de baja energía.
- 8-A: Playas formadas por fangos y arenas en zonas de baja energía.

USO HUMANO

- rampa para embarcaciones
- mecánico motor
- primeros auxílios
- práctica de windsurf - kitesurf
- práctica del surf
- punto de inmersión - interés submarino
- zona de pesca recreacional
- muelle - embarcadero
- piscifactorias - centros de cría y recuperación especies marinas
- puerto comercial
- puerto pesquero
- base naval militar
- club náutico/puerto deportivo/marina
- aeropuerto
- yacimiento arqueológico
- yacimiento arqueológico submarino
- playas
- zona de fondeo
- emisario submarino
- duchas
- pórtico elevador
- información meteorológica
- gasolinera - repostar fuel
- toma de electricidad
- varadero
- sanitarios - aseos
- servicio de grúa
- toma de agua potable

CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA

plantas

- *1: Convulvulus valentinus subsp. suffruticosus*
- *2: Helianthemum caput-felis*
- *3: Launaea cervicornis*
- *4: Limonium barceloi*
- *5: Limonium leonardi-llorensii*
- *6: Limonium ssp.*
- *7: Medicago citrina*
- *8: Pancratium maritimum*
- *9: Tymelaea velutina*
- *10: Marsilea strigosa*

aves

- *1: Falco peregrinus*
- *2: Larus audouinii*
- *3: Larus michahellis*
- *4: Pandion haliaetus*
- *5: Phalacrocorax aristotelis ssp. desmarestii*
- *6: Sylvia balearica / Sylvia undata*

reptiles y anfibios

- *1: Emys orbicularis*
- *2: Podarcis pityusensis*
- *3: Podarcis lilfordi*
- *4: Testudo hermanni*
- *5: Testudo graeca subsp. graeca*
- *6: Bufo viridis*

- 1: Protección marina (reserva marina)
- 2: Protecciones marinas (reserva & R.N. 2000)
- 1: protección terrestre (R.N. 2000 o LEN 1/1991)
- 2: protecciones terrestres (R.N. 2000 y LEN 1/1991)

Mallorca
Urbanización
Portals Vells
Cala de
Portals Vells
Punta de Xisclet
Penyalar de sa Monja
Cala d'es Bosc
BADIA
DE
PALMA
Punta d'es Cavall
Cala en Beltrán
2
1
Cala Figuera
Morro d'en Feliu
Punta de Quatre
Punta d'es Catius
es Banc de s'Oll
es Mular
Cap de Cala Figuera
-10
-20
-30
-40
-50
N
0
125
250
500
m

CLASIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA

- 1-A: Costas rocosas altas y acantilados expuestos a zonas de elevada energía
- 1-B: Estructuras artificiales expuestas a zonas de elevada energía.
- 1-C: Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base expuestas a zonas de elevada energía.
- 2: Costas rocosas bajas expuestas.
- 3-A: Playas formadas por arenas finas y de grano medio.
- 3-B: Escarpes y costas de perfil escalonado formadas por conglomerados, arenas, limos y arcillas y por litologías calcareníticas.
- 4: Playas formadas por arenas gruesas.
- 5: Playas mixtas, formadas por arenas y gravas.
- 6-A: Playas de gravas, cantos y bloques.
- 6-B: Costas rocosas bajas expuestas, de perfil escalonado y cóncavo con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos. (Incluye rompeolas artificiales).
- 7-A: Costas rocosas de altura variable en zonas de baja energía.
- 7-B: Estructuras artificiales localizadas en zonas de baja energía.
- 7-C: Costas rocosas bajas con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos en zonas de baja energía. Incluye (rompeolas artificiales).
- 7-D: Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base localizadas en zonas de baja energía.
- 8-A: Playas formadas por fangos y arenas en zonas de baja energía.

USO HUMANO

- rampa para embarcaciones
- mecánico motor
- primeros auxílios
- práctica de windsurf - kitesurf
- práctica del surf
- punto de inmersión - interés submarino
- zona de pesca recreacional
- muelle - embarcadero
- piscifactorias - centros de cría y recuperación especies marinas
- puerto comercial
- puerto pesquero
- base naval militar
- club náutico/puerto deportivo/marina
- aeropuerto
- yacimiento arqueológico
- yacimiento arqueológico submarino
- playas
- zona de fondeo
- emisario submarino
- duchas
- pórtico elevador
- información meteorológica
- gasolinera - repostar fuel
- toma de electricidad
- varadero
- sanitarios - aseos
- servicio de grúa
- toma de agua potable

CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA

plantas

- *1: Convulvulus valentinus subsp. suffruticosus*
- *2: Helianthemum caput-felis*
- *3: Launaea cervicornis*
- *4: Limonium barceloi*
- *5: Limonium leonardi-llorensii*
- *6: Limonium ssp.*
- *7: Medicago citrina*
- *8: Pancratium maritimum*
- *9: Tymelaea velutina*
- *10: Marsilea strigosa*

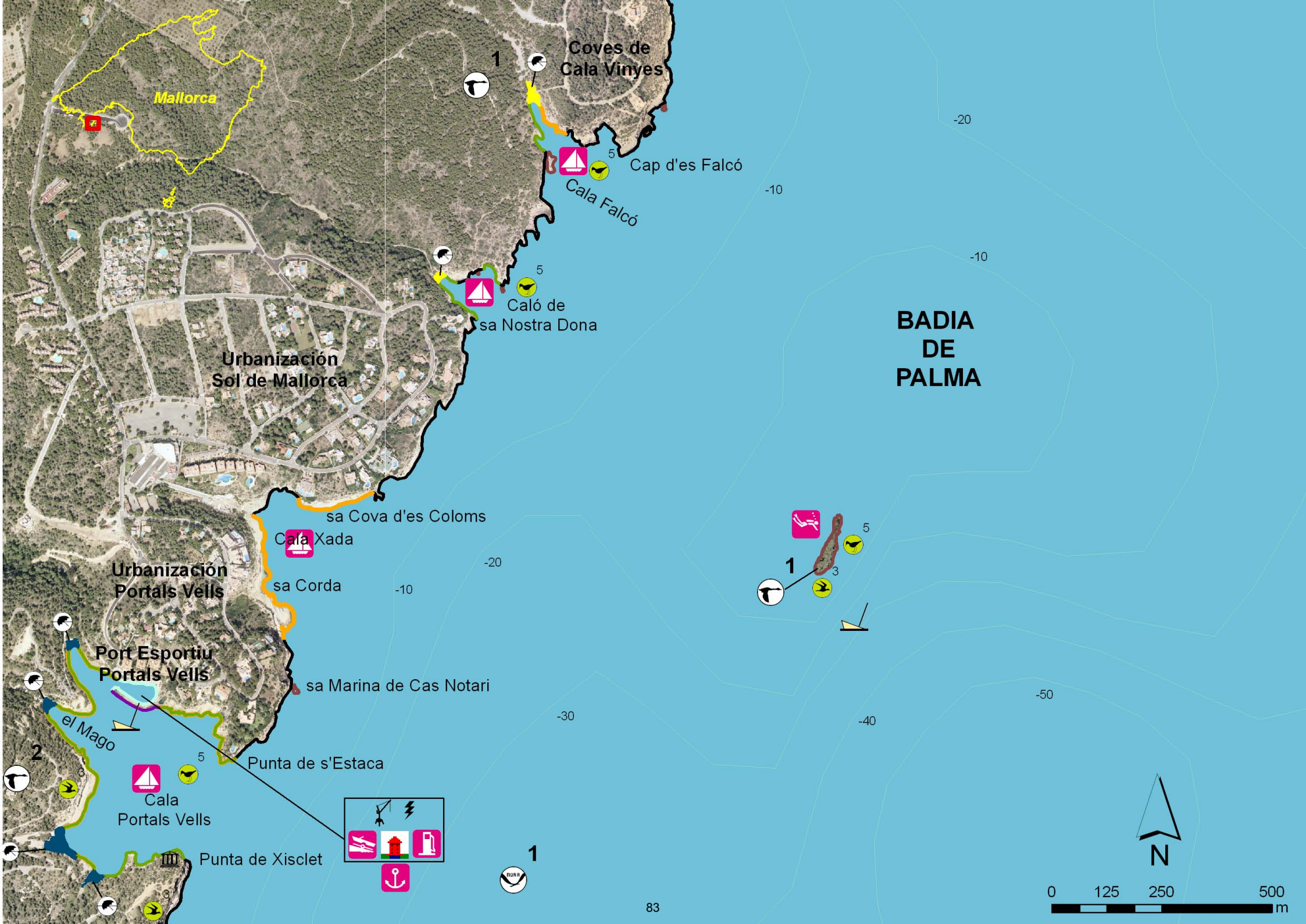
aves

- *1: Falco peregrinus*
- *2: Larus audouinii*
- *3: Larus michahellis*
- *4: Pandion haliaetus*
- *5: Phalacrocorax aristotelis ssp. desmarestii*
- *6: Sylvia balearica / Sylvia undata*

reptiles y anfibios

- *1: Emys orbicularis*
- *2: Podarcis pityusensis*
- *3: Podarcis lilfordi*
- *4: Testudo hermanni*
- *5: Testudo graeca subsp. graeca*
- *6: Bufo viridis*

- 1: Protección marina (reserva marina)
- 2: Protecciones marinas (reserva & R.N. 2000)
- 1: protección terrestre (R.N. 2000 o LEN 1/1991)
- 2: protecciones terrestres (R.N. 2000 y LEN 1/1991)


Mallorca
Coves de
Cala Vinyes
Cap d'es Falcó
Cala Falcó
Caló de
sa Nostra Dona
Urbanización
Sol de Mallorca
BADIA
DE
PALMA
sa Cova d'es Coloms
Cala Xada
sa Corda
Urbanización
Portals Vells
Port Esportiu
Portals Vells
sa Marina de Cas Notari
el Mago
Punta de s'Estaca
Cala
Portals Vells
Punta de Xisclet
-10
-20
-30
-40
-50
N
0
125
250
500
m

CLASIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA

- 1-A: Costas rocosas altas y acantilados expuestos a zonas de elevada energía
- 1-B: Estructuras artificiales expuestas a zonas de elevada energía.
- 1-C: Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base expuestas a zonas de elevada energía.
- 2: Costas rocosas bajas expuestas.
- 3-A: Playas formadas por arenas finas y de grano medio.
- 3-B: Escarpes y costas de perfil escalonado formadas por conglomerados, arenas, limos y arcillas y por litologías calcareníticas.
- 4: Playas formadas por arenas gruesas.
- 5: Playas mixtas, formadas por arenas y gravas.
- 6-A: Playas de gravas, cantos y bloques.
- 6-B: Costas rocosas bajas expuestas, de perfil escalonado y cóncavo con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos. (Incluye rompeolas artificiales).
- 7-A: Costas rocosas de altura variable en zonas de baja energía.
- 7-B: Estructuras artificiales localizadas en zonas de baja energía.
- 7-C: Costas rocosas bajas con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos en zonas de baja energía. Incluye (rompeolas artificiales).
- 7-D: Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base localizadas en zonas de baja energía.
- 8-A: Playas formadas por fangos y arenas en zonas de baja energía.

USO HUMANO

- rampa para embarcaciones
- mecánico motor
- primeros auxílios
- práctica de windsurf - kitesurf
- práctica del surf
- punto de inmersión - interés submarino
- zona de pesca recreacional
- muelle - embarcadero
- piscifactorias - centros de cría y recuperación especies marinas
- puerto comercial
- puerto pesquero
- base naval militar
- club náutico/puerto deportivo/marina
- aeropuerto
- yacimiento arqueológico
- yacimiento arqueológico submarino
- playas
- zona de fondeo
- emisario submarino
- duchas
- pórtico elevador
- información meteorológica
- gasolinera - repostar fuel
- toma de electricidad
- varadero
- sanitarios - aseos
- servicio de grúa
- toma de agua potable

CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA

plantas

- *1: Convulvulus valentinus subsp. suffruticosus*
- *2: Helianthemum caput-felis*
- *3: Launaea cervicornis*
- *4: Limonium barceloi*
- *5: Limonium leonardi-llorensii*
- *6: Limonium ssp.*
- *7: Medicago citrina*
- *8: Pancratium maritimum*
- *9: Tymelaea velutina*
- *10: Marsilea strigosa*

aves

- *1: Falco peregrinus*
- *2: Larus audouinii*
- *3: Larus michahellis*
- *4: Pandion haliaetus*
- *5: Phalacrocorax aristotelis ssp. desmarestii*
- *6: Sylvia balearica / Sylvia undata*

reptiles y anfibios

- *1: Emys orbicularis*
- *2: Podarcis pityusensis*
- *3: Podarcis lilfordi*
- *4: Testudo hermanni*
- *5: Testudo graeca subsp. graeca*
- *6: Bufo viridis*

- 1: Protección marina (reserva marina)
- 2: Protecciones marinas (reserva & R.N. 2000)
- 1: protección terrestre (R.N. 2000 o LEN 1/1991)
- 2: protecciones terrestres (R.N. 2000 y LEN 1/1991)

Mallorca
Urbanización de Magalluf
Platja de Magalluf
2
Illa de sa Porrassa
la Rodella
-20
-30
-10
Urbanización Badia de Palma
Sa Cisterna
Cala Vinyes
Urbanización de Cala Vinyes
Cala en Conill
BADIA DE PALMA
-30
ses Portadores
1
Coves de Cala Vinyes
Cap d'es Falcó
Cala Falcó
85
N
0
125
250
500
m

CLASIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA

- 1-A: Costas rocosas altas y acantilados expuestos a zonas de elevada energía
- 1-B: Estructuras artificiales expuestas a zonas de elevada energía.
- 1-C: Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base expuestas a zonas de elevada energía.
- 2: Costas rocosas bajas expuestas.
- 3-A: Playas formadas por arenas finas y de grano medio.
- 3-B: Escarpes y costas de perfil escalonado formadas por conglomerados, arenas, limos y arcillas y por litologías calcareníticas.
- 4: Playas formadas por arenas gruesas.
- 5: Playas mixtas, formadas por arenas y gravas.
- 6-A: Playas de gravas, cantos y bloques.
- 6-B: Costas rocosas bajas expuestas, de perfil escalonado y cóncavo con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos. (Incluye rompeolas artificiales).
- 7-A: Costas rocosas de altura variable en zonas de baja energía.
- 7-B: Estructuras artificiales localizadas en zonas de baja energía.
- 7-C: Costas rocosas bajas con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos en zonas de baja energía. Incluye (rompeolas artificiales).
- 7-D: Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base localizadas en zonas de baja energía.
- 8-A: Playas formadas por fangos y arenas en zonas de baja energía.

USO HUMANO

- rampa para embarcaciones
- mecánico motor
- primeros auxílios
- práctica de windsurf - kitesurf
- práctica del surf
- punto de inmersión - interés submarino
- zona de pesca recreacional
- muelle - embarcadero
- piscifactorias - centros de cría y recuperación especies marinas
- puerto comercial
- puerto pesquero
- base naval militar
- club náutico/puerto deportivo/marina
- aeropuerto
- yacimiento arqueológico
- yacimiento arqueológico submarino
- playas
- zona de fondeo
- emisario submarino
- duchas
- pórtico elevador
- información meteorológica
- gasolinera - repostar fuel
- toma de electricidad
- varadero
- sanitarios - aseos
- servicio de grúa
- toma de agua potable

CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA

plantas

- *1: Convulvulus valentinus subsp. suffruticosus*
- *2: Helianthemum caput-felis*
- *3: Launaea cervicornis*
- *4: Limonium barceloi*
- *5: Limonium leonardi-llorensii*
- *6: Limonium ssp.*
- *7: Medicago citrina*
- *8: Pancratium maritimum*
- *9: Tymelaea velutina*
- *10: Marsilea strigosa*

aves

- *1: Falco peregrinus*
- *2: Larus audouinii*
- *3: Larus michahellis*
- *4: Pandion haliaetus*
- *5: Phalacrocorax aristotelis ssp. desmarestii*
- *6: Sylvia balearica / Sylvia undata*

reptiles y anfibios

- *1: Emys orbicularis*
- *2: Podarcis pityusensis*
- *3: Podarcis lilfordi*
- *4: Testudo hermanni*
- *5: Testudo graeca subsp. graeca*
- *6: Bufo viridis*

- 1: Protección marina (reserva marina)
- 2: Protecciones marinas (reserva & R.N. 2000)
- 1: protección terrestre (R.N. 2000 o LEN 1/1991)
- 2: protecciones terrestres (R.N. 2000 y LEN 1/1991)

Mallorca
Urbanización de Palmanova
Punta de Marroig
Bol de ses Teules
Bol de ses Morrudes
Platja de na Nadala
-10
Punta Nadala
BADIA DE PALMA
-20
Platja de Son Maties
Urbanización Son Maties
sa Pedra de s'Art
Cala en Balda
Urbanización Torrenova
Punta de sa Porrassa
6
6
Racó d'es Notari Alemany
-10
-20
es Salobrar
Urbanización de Magalluf
6
1
6
Platja de Magaluf
Punta Prima
Illa de sa Porrassa
N
3
2
3
0
125
250
500
m
87

CLASIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA

- 1-A: Costas rocosas altas y acantilados expuestos a zonas de elevada energía
- 1-B: Estructuras artificiales expuestas a zonas de elevada energía.
- 1-C: Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base expuestas a zonas de elevada energía.
- 2: Costas rocosas bajas expuestas.
- 3-A: Playas formadas por arenas finas y de grano medio.
- 3-B: Escarpes y costas de perfil escalonado formadas por conglomerados, arenas, limos y arcillas y por litologías calcareníticas.
- 4: Playas formadas por arenas gruesas.
- 5: Playas mixtas, formadas por arenas y gravas.
- 6-A: Playas de gravas, cantos y bloques.
- 6-B: Costas rocosas bajas expuestas, de perfil escalonado y cóncavo con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos. (Incluye rompeolas artificiales).
- 7-A: Costas rocosas de altura variable en zonas de baja energía.
- 7-B: Estructuras artificiales localizadas en zonas de baja energía.
- 7-C: Costas rocosas bajas con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos en zonas de baja energía. Incluye (rompeolas artificiales).
- 7-D: Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base localizadas en zonas de baja energía.
- 8-A: Playas formadas por fangos y arenas en zonas de baja energía.

USO HUMANO

- rampa para embarcaciones
- mecánico motor
- primeros auxílios
- práctica de windsurf - kitesurf
- práctica del surf
- punto de inmersión - interés submarino
- zona de pesca recreacional
- muelle - embarcadero
- piscifactorias - centros de cría y recuperación especies marinas
- puerto comercial
- puerto pesquero
- base naval militar
- club náutico/puerto deportivo/marina
- aeropuerto
- yacimiento arqueológico
- yacimiento arqueológico submarino
- playas
- zona de fondeo
- emisario submarino
- duchas
- pórtico elevador
- información meteorológica
- gasolinera - repostar fuel
- toma de electricidad
- varadero
- sanitarios - aseos
- servicio de grúa
- toma de agua potable

CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA

plantas

- *1: Convulvulus valentinus subsp. suffruticosus*
- *2: Helianthemum caput-felis*
- *3: Launaea cervicornis*
- *4: Limonium barceloi*
- *5: Limonium leonardi-llorensii*
- *6: Limonium ssp.*
- *7: Medicago citrina*
- *8: Pancratium maritimum*
- *9: Tymelaea velutina*
- *10: Marsilea strigosa*

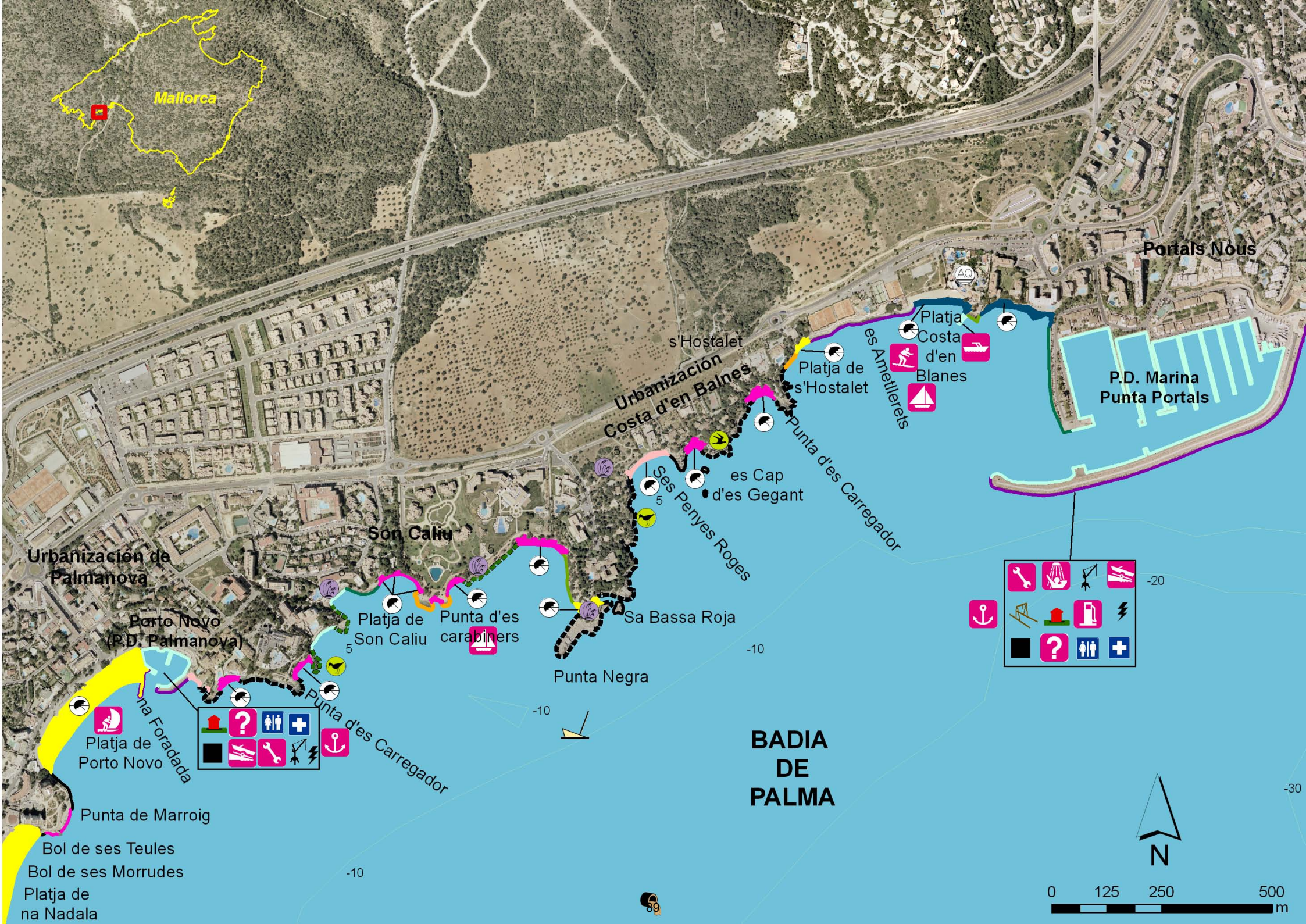
aves

- *1: Falco peregrinus*
- *2: Larus audouinii*
- *3: Larus michahellis*
- *4: Pandion haliaetus*
- *5: Phalacrocorax aristotelis ssp. desmarestii*
- *6: Sylvia balearica / Sylvia undata*

reptiles y anfibios

- *1: Emys orbicularis*
- *2: Podarcis pityusensis*
- *3: Podarcis lilfordi*
- *4: Testudo hermanni*
- *5: Testudo graeca subsp. graeca*
- *6: Bufo viridis*

- 1: Protección marina (reserva marina)
- 2: Protecciones marinas (reserva & R.N. 2000)
- 1: protección terrestre (R.N. 2000 o LEN 1/1991)
- 2: protecciones terrestres (R.N. 2000 y LEN 1/1991)


Mallorca
Portals Nous
P.D. Marina
Punta Portals
Platja
Costa
d'en
Blanes
Platja de
s'Hostalet
s'Hostalet
es Ametllerets
Urbanización
Costa d'en Balnes
Punta d'es Carregador
es Cap
d'es Gegant
Ses Penyes Roges
Son Caliu
Urbanización de
Palmanova
Porto Novo
(P.D. Palmanova)
Platja de
Son Caliu
Punta d'es
carabiners
Sa Bassa Roja
Punta Negra
Punta d'es Carregador
na Foradada
Platja de
Porto Novo
Punta de Marroig
Bol de ses Teules
Bol de ses Morrudes
Platja de
na Nadala
BADIA
DE
PALMA
-10
-20
-30
5
N
0
125
250
500
m

CLASIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA

- 1-A: Costas rocosas altas y acantilados expuestos a zonas de elevada energía
- 1-B: Estructuras artificiales expuestas a zonas de elevada energía.
- 1-C: Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base expuestas a zonas de elevada energía.
- 2: Costas rocosas bajas expuestas.
- 3-A: Playas formadas por arenas finas y de grano medio.
- 3-B: Escarpes y costas de perfil escalonado formadas por conglomerados, arenas, limos y arcillas y por litologías calcareníticas.
- 4: Playas formadas por arenas gruesas.
- 5: Playas mixtas, formadas por arenas y gravas.
- 6-A: Playas de gravas, cantos y bloques.
- 6-B: Costas rocosas bajas expuestas, de perfil escalonado y cóncavo con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos. (Incluye rompeolas artificiales).
- 7-A: Costas rocosas de altura variable en zonas de baja energía.
- 7-B: Estructuras artificiales localizadas en zonas de baja energía.
- 7-C: Costas rocosas bajas con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos en zonas de baja energía. Incluye (rompeolas artificiales).
- 7-D: Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base localizadas en zonas de baja energía.
- 8-A: Playas formadas por fangos y arenas en zonas de baja energía.

USO HUMANO

- rampa para embarcaciones
- mecánico motor
- primeros auxílios
- práctica de windsurf - kitesurf
- práctica del surf
- punto de inmersión - interés submarino
- zona de pesca recreacional
- muelle - embarcadero
- piscifactorias - centros de cría y recuperación especies marinas
- puerto comercial
- puerto pesquero
- base naval militar
- club náutico/puerto deportivo/marina
- aeropuerto
- yacimiento arqueológico
- yacimiento arqueológico submarino
- playas
- zona de fondeo
- emisario submarino
- duchas
- pórtico elevador
- información meteorológica
- gasolinera - repostar fuel
- toma de electricidad
- varadero
- sanitarios - aseos
- servicio de grúa
- toma de agua potable

CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA

plantas

- *1: Convulvulus valentinus subsp. suffruticosus*
- *2: Helianthemum caput-felis*
- *3: Launaea cervicornis*
- *4: Limonium barceloi*
- *5: Limonium leonardi-llorensii*
- *6: Limonium ssp.*
- *7: Medicago citrina*
- *8: Pancratium maritimum*
- *9: Tymelaea velutina*
- *10: Marsilea strigosa*

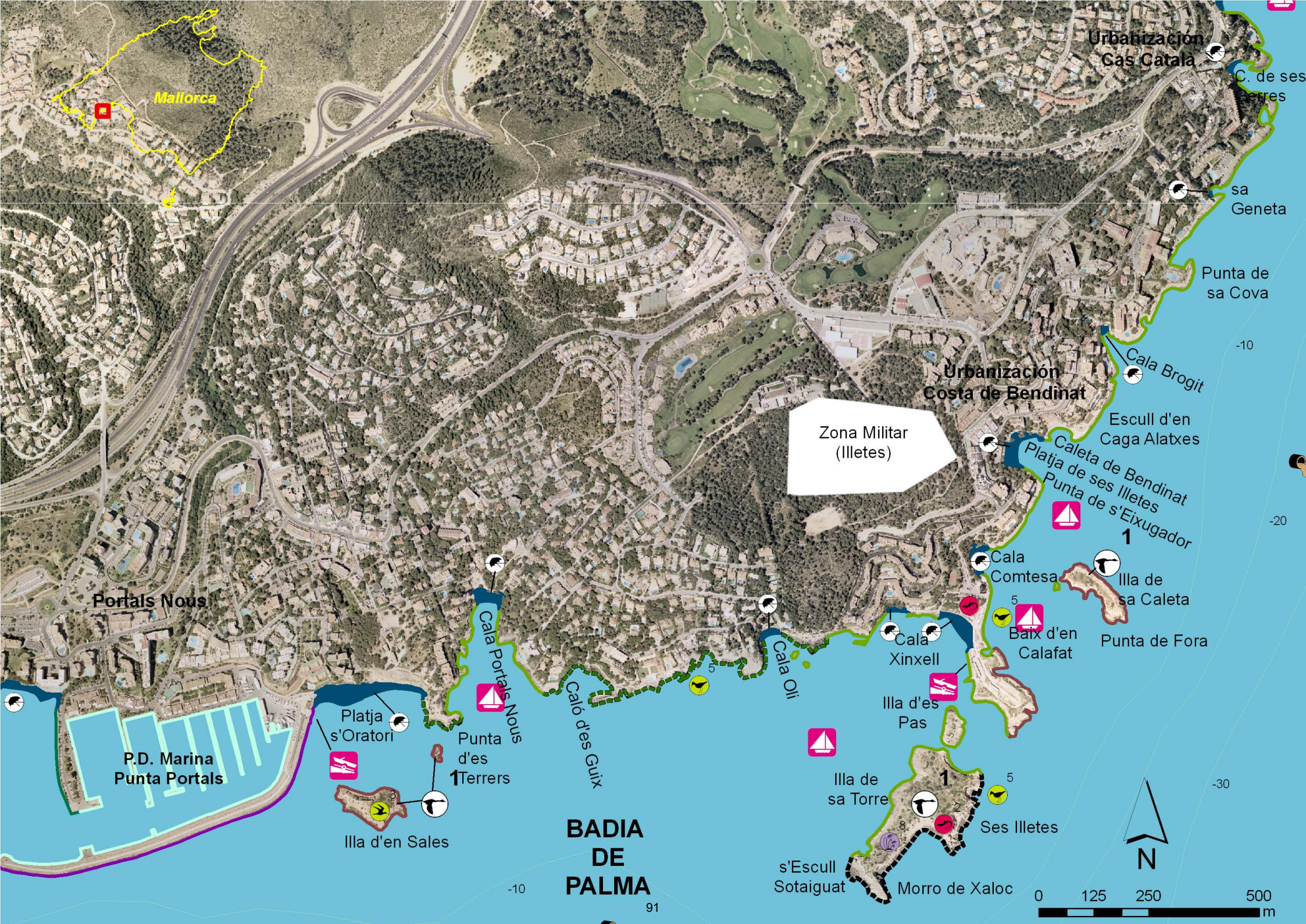
aves

- *1: Falco peregrinus*
- *2: Larus audouinii*
- *3: Larus michahellis*
- *4: Pandion haliaetus*
- *5: Phalacrocorax aristotelis ssp. desmarestii*
- *6: Sylvia balearica / Sylvia undata*

reptiles y anfibios

- *1: Emys orbicularis*
- *2: Podarcis pityusensis*
- *3: Podarcis lilfordi*
- *4: Testudo hermanni*
- *5: Testudo graeca subsp. graeca*
- *6: Bufo viridis*

- 1: Protección marina (reserva marina)
- 2: Protecciones marinas (reserva & R.N. 2000)
- 1: protección terrestre (R.N. 2000 o LEN 1/1991)
- 2: protecciones terrestres (R.N. 2000 y LEN 1/1991)


Mallorca
Urbanizacion
Cas Catala
C. de ses
Serres
sa
Geneta
Punta de
sa Cova
-10
Cala Brogit
Urbanización
Costa de Bendinat
Escull d'en
Caga Alatxes
Caleta de Bendinat
Platja de ses Illetes
Punta de s'Eixugador
1
-20
Zona Militar
(Illetes)
Cala
Comtesa
Illa de
sa Caleta
Punta de Fora
Baix d'en
Calafat
Portals Nous
Cala Portals Nous
Caló d'es Guix
Cala Oli
Cala
Xinxell
Illa d'es
Pas
Platja
s'Oratori
Punta
d'es
Terrers
P.D. Marina
Punta Portals
Illa de
sa Torre
Ses Illetes
Illa d'en Sales
BADIA
DE
PALMA
s'Escull
Sotaiguat
Morro de Xaloc
-30
-10
91
N
0
125
250
500
m

CLASIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA

- 1-A: Costas rocosas altas y acantilados expuestos a zonas de elevada energía
- 1-B: Estructuras artificiales expuestas a zonas de elevada energía.
- 1-C: Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base expuestas a zonas de elevada energía.
- 2: Costas rocosas bajas expuestas.
- 3-A: Playas formadas por arenas finas y de grano medio.
- 3-B: Escarpes y costas de perfil escalonado formadas por conglomerados, arenas, limos y arcillas y por litologías calcareníticas.
- 4: Playas formadas por arenas gruesas.
- 5: Playas mixtas, formadas por arenas y gravas.
- 6-A: Playas de gravas, cantos y bloques.
- 6-B: Costas rocosas bajas expuestas, de perfil escalonado y cóncavo con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos. (Incluye rompeolas artificiales).
- 7-A: Costas rocosas de altura variable en zonas de baja energía.
- 7-B: Estructuras artificiales localizadas en zonas de baja energía.
- 7-C: Costas rocosas bajas con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos en zonas de baja energía. Incluye (rompeolas artificiales).
- 7-D: Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base localizadas en zonas de baja energía.
- 8-A: Playas formadas por fangos y arenas en zonas de baja energía.

USO HUMANO

- rampa para embarcaciones
- mecánico motor
- primeros auxílios
- práctica de windsurf - kitesurf
- práctica del surf
- punto de inmersión - interés submarino
- zona de pesca recreacional
- muelle - embarcadero
- piscifactorias - centros de cría y recuperación especies marinas
- puerto comercial
- puerto pesquero
- base naval militar
- club náutico/puerto deportivo/marina
- aeropuerto
- yacimiento arqueológico
- yacimiento arqueológico submarino
- playas
- zona de fondeo
- emisario submarino
- duchas
- pórtico elevador
- información meteorológica
- gasolinera - repostar fuel
- toma de electricidad
- varadero
- sanitarios - aseos
- servicio de grúa
- toma de agua potable

CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA

plantas

- *1: Convulvulus valentinus subsp. suffruticosus*
- *2: Helianthemum caput-felis*
- *3: Launaea cervicornis*
- *4: Limonium barceloi*
- *5: Limonium leonardi-llorensii*
- *6: Limonium ssp.*
- *7: Medicago citrina*
- *8: Pancratium maritimum*
- *9: Tymelaea velutina*
- *10: Marsilea strigosa*

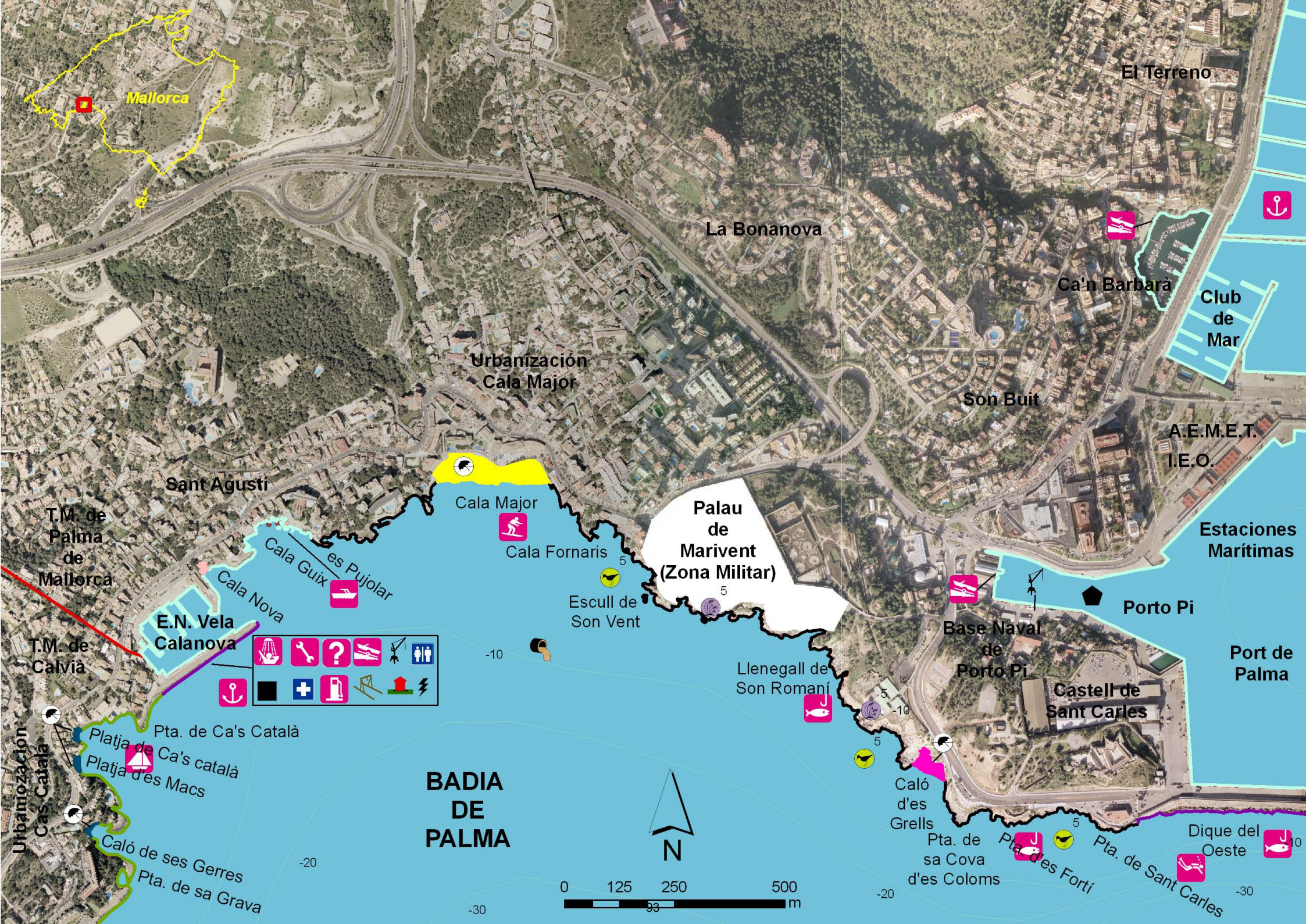
aves

- *1: Falco peregrinus*
- *2: Larus audouinii*
- *3: Larus michahellis*
- *4: Pandion haliaetus*
- *5: Phalacrocorax aristotelis ssp. desmarestii*
- *6: Sylvia balearica / Sylvia undata*

reptiles y anfibios

- *1: Emys orbicularis*
- *2: Podarcis pityusensis*
- *3: Podarcis lilfordi*
- *4: Testudo hermanni*
- *5: Testudo graeca subsp. graeca*
- *6: Bufo viridis*

- 1: Protección marina (reserva marina)
- 2: Protecciones marinas (reserva & R.N. 2000)
- 1: protección terrestre (R.N. 2000 o LEN 1/1991)
- 2: protecciones terrestres (R.N. 2000 y LEN 1/1991)


Mallorca
El Terreno
La Bonanova
Ca'n Barbará
Club de Mar
Urbanización Cala Major
Son Buit
A.E.M.E.T.
I.E.O.
Sant Agustí
Cala Major
Cala Fornaris
Palau de Marivent (Zona Militar)
Estaciones Marítimas
T.M. de Palma de Mallorca
Cala Guix
es Pujolar
Cala Nova
Escull de Son Vent
Porto Pi
E.N. Vela Calanova
Base Naval de Porto Pi
Port de Palma
T.M. de Calvià
Llenegall de Son Romaní
Castell de Sant Carles
Pta. de Ca's Català
Platja de Ca's català
Platja d'es Macs
Urbanización Cas Català
BADIA DE PALMA
Caló d'es Grells
Pta. de sa Cova d'es Coloms
Pta. d'es Fortí
Pta. de Sant Carles
Dique del Oeste
Caló de ses Gerres
Pta. de sa Grava
N
0 125 250 500 m
93

CLASIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA

- 1-A: Costas rocosas altas y acantilados expuestos a zonas de elevada energía
- 1-B: Estructuras artificiales expuestas a zonas de elevada energía.
- 1-C: Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base expuestas a zonas de elevada energía.
- 2: Costas rocosas bajas expuestas.
- 3-A: Playas formadas por arenas finas y de grano medio.
- 3-B: Escarpes y costas de perfil escalonado formadas por conglomerados, arenas, limos y arcillas y por litologías calcareníticas.
- 4: Playas formadas por arenas gruesas.
- 5: Playas mixtas, formadas por arenas y gravas.
- 6-A: Playas de gravas, cantos y bloques.
- 6-B: Costas rocosas bajas expuestas, de perfil escalonado y cóncavo con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos. (Incluye rompeolas artificiales).
- 7-A: Costas rocosas de altura variable en zonas de baja energía.
- 7-B: Estructuras artificiales localizadas en zonas de baja energía.
- 7-C: Costas rocosas bajas con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos en zonas de baja energía. Incluye (rompeolas artificiales).
- 7-D: Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base localizadas en zonas de baja energía.
- 8-A: Playas formadas por fangos y arenas en zonas de baja energía.

USO HUMANO

- rampa para embarcaciones
- mecánico motor
- primeros auxílios
- práctica de windsurf - kitesurf
- práctica del surf
- punto de inmersión - interés submarino
- zona de pesca recreacional
- muelle - embarcadero
- piscifactorias - centros de cría y recuperación especies marinas
- puerto comercial
- puerto pesquero
- base naval militar
- club náutico/puerto deportivo/marina
- aeropuerto
- yacimiento arqueológico
- yacimiento arqueológico submarino
- playas
- zona de fondeo
- emisario submarino
- duchas
- pórtico elevador
- información meteorológica
- gasolinera - repostar fuel
- toma de electricidad
- varadero
- sanitarios - aseos
- servicio de grúa
- toma de agua potable

CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA

plantas

- *1: Convulvulus valentinus subsp. suffruticosus*
- *2: Helianthemum caput-felis*
- *3: Launaea cervicornis*
- *4: Limonium barceloi*
- *5: Limonium leonardi-llorensii*
- *6: Limonium ssp.*
- *7: Medicago citrina*
- *8: Pancratium maritimum*
- *9: Tymelaea velutina*
- *10: Marsilea strigosa*

aves

- *1: Falco peregrinus*
- *2: Larus audouinii*
- *3: Larus michahellis*
- *4: Pandion haliaetus*
- *5: Phalacrocorax aristotelis ssp. desmarestii*
- *6: Sylvia balearica / Sylvia undata*

reptiles y anfibios

- *1: Emys orbicularis*
- *2: Podarcis pityusensis*
- *3: Podarcis lilfordi*
- *4: Testudo hermanni*
- *5: Testudo graeca subsp. graeca*
- *6: Bufo viridis*

- 1: Protección marina (reserva marina)
- 2: Protecciones marinas (reserva & R.N. 2000)
- 1: protección terrestre (R.N. 2000 o LEN 1/1991)
- 2: protecciones terrestres (R.N. 2000 y LEN 1/1991)

Mallorca
El Terreno
Pantalán del Mediterráneo
Marina
Port de Mallorca
Port
de
Palma
Molls Comercials
sa Pedrera
-10
Ca'n Barbarà
Nazaret
Club de Mar
Molls de Ponent
BADIA
DE
PALMA
A.E.M.E.T.
I.E.O.
Moll de Perarires
Estaciones
Marítimas
Port
de
Palma
-20
Porto Pi
Porto Pi
Castell de
Sant carles
Caló
d'es
Grells
Dique del
Oeste
95
N
0
125
250
500
m

CLASIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA

- 1-A: Costas rocosas altas y acantilados expuestos a zonas de elevada energía
- 1-B: Estructuras artificiales expuestas a zonas de elevada energía.
- 1-C: Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base expuestas a zonas de elevada energía.
- 2: Costas rocosas bajas expuestas.
- 3-A: Playas formadas por arenas finas y de grano medio.
- 3-B: Escarpes y costas de perfil escalonado formadas por conglomerados, arenas, limos y arcillas y por litologías calcareníticas.
- 4: Playas formadas por arenas gruesas.
- 5: Playas mixtas, formadas por arenas y gravas.
- 6-A: Playas de gravas, cantos y bloques.
- 6-B: Costas rocosas bajas expuestas, de perfil escalonado y cóncavo con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos. (Incluye rompeolas artificiales).
- 7-A: Costas rocosas de altura variable en zonas de baja energía.
- 7-B: Estructuras artificiales localizadas en zonas de baja energía.
- 7-C: Costas rocosas bajas con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos en zonas de baja energía. Incluye (rompeolas artificiales).
- 7-D: Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base localizadas en zonas de baja energía.
- 8-A: Playas formadas por fangos y arenas en zonas de baja energía.

USO HUMANO

- rampa para embarcaciones
- mecánico motor
- primeros auxílios
- práctica de windsurf - kitesurf
- práctica del surf
- punto de inmersión - interés submarino
- zona de pesca recreacional
- muelle - embarcadero
- piscifactorias - centros de cría y recuperación especies marinas
- puerto comercial
- puerto pesquero
- base naval militar
- club náutico/puerto deportivo/marina
- aeropuerto
- yacimiento arqueológico
- yacimiento arqueológico submarino
- playas
- zona de fondeo
- emisario submarino
- duchas
- pórtico elevador
- información meteorológica
- gasolinera - repostar fuel
- toma de electricidad
- varadero
- sanitarios - aseos
- servicio de grúa
- toma de agua potable

CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA

plantas

- *1: Convulvulus valentinus subsp. suffruticosus*
- *2: Helianthemum caput-felis*
- *3: Launaea cervicornis*
- *4: Limonium barceloi*
- *5: Limonium leonardi-llorensii*
- *6: Limonium ssp.*
- *7: Medicago citrina*
- *8: Pancratium maritimum*
- *9: Tymelaea velutina*
- *10: Marsilea strigosa*

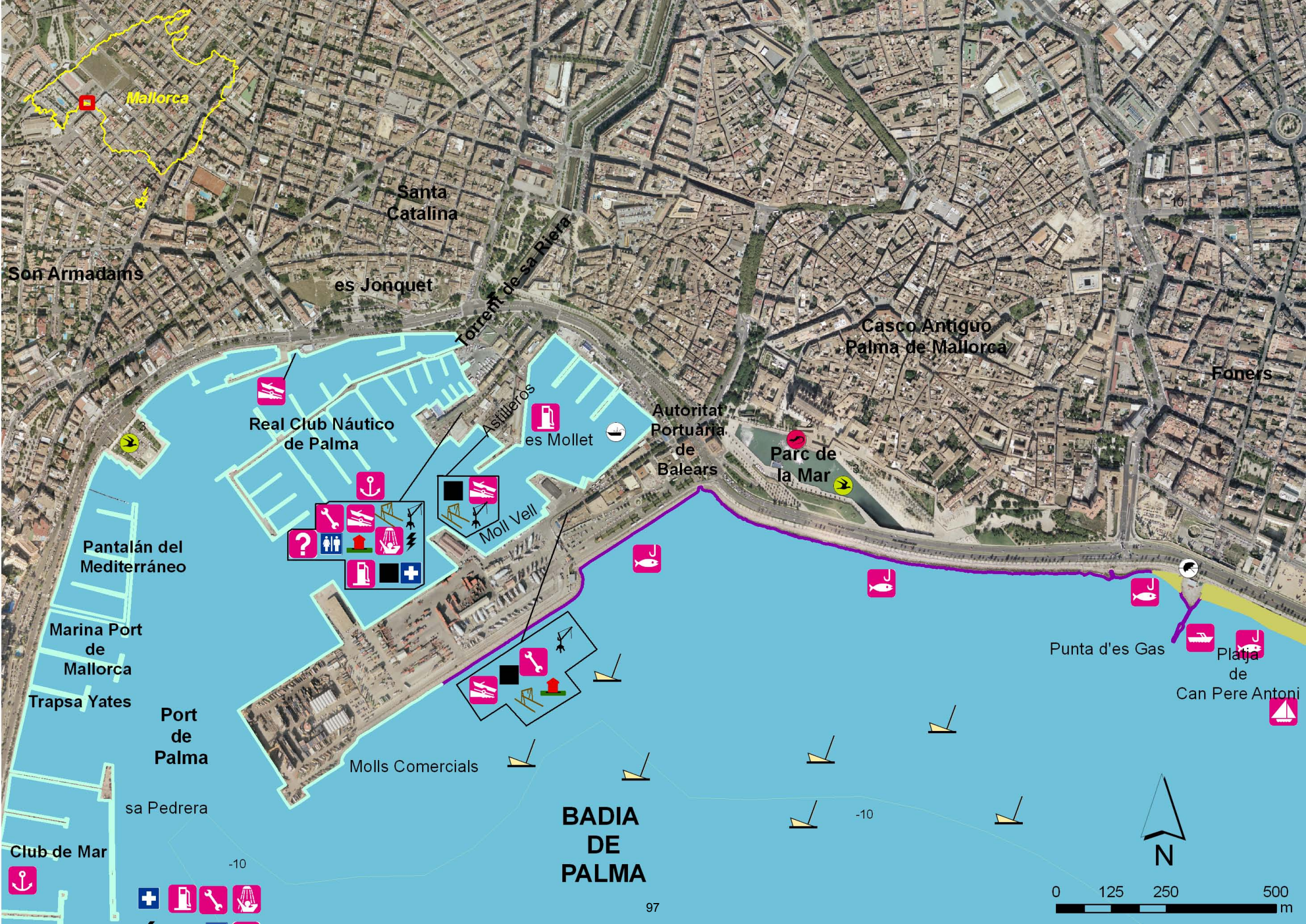
aves

- *1: Falco peregrinus*
- *2: Larus audouinii*
- *3: Larus michahellis*
- *4: Pandion haliaetus*
- *5: Phalacrocorax aristotelis ssp. desmarestii*
- *6: Sylvia balearica / Sylvia undata*

reptiles y anfibios

- *1: Emys orbicularis*
- *2: Podarcis pityusensis*
- *3: Podarcis lilfordi*
- *4: Testudo hermanni*
- *5: Testudo graeca subsp. graeca*
- *6: Bufo viridis*

- 1: Protección marina (reserva marina)
- 2: Protecciones marinas (reserva & R.N. 2000)
- 1: protección terrestre (R.N. 2000 o LEN 1/1991)
- 2: protecciones terrestres (R.N. 2000 y LEN 1/1991)


Mallorca
Santa Catalina
Son Armadams
es Jonquet
Torrent de sa Riera
Casco Antiguo Palma de Mallorca
Foners
Real Club Náutico de Palma
Astilleros
es Mollet
Autoritat Portuària de Balears
Parc de la Mar
Moll Vell
Pantalán del Mediterráneo
Marina Port de Mallorca
Trapsa Yates
Port de Palma
Molls Comercials
sa Pedrera
Club de Mar
BADIA DE PALMA
Punta d'es Gas
Platja de Can Pere Antoni
-10
-10
97
N
0
125
250
500
m

CLASIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA

- 1-A: Costas rocosas altas y acantilados expuestos a zonas de elevada energía
- 1-B: Estructuras artificiales expuestas a zonas de elevada energía.
- 1-C: Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base expuestas a zonas de elevada energía.
- 2: Costas rocosas bajas expuestas.
- 3-A: Playas formadas por arenas finas y de grano medio.
- 3-B: Escarpes y costas de perfil escalonado formadas por conglomerados, arenas, limos y arcillas y por litologías calcareníticas.
- 4: Playas formadas por arenas gruesas.
- 5: Playas mixtas, formadas por arenas y gravas.
- 6-A: Playas de gravas, cantos y bloques.
- 6-B: Costas rocosas bajas expuestas, de perfil escalonado y cóncavo con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos. (Incluye rompeolas artificiales).
- 7-A: Costas rocosas de altura variable en zonas de baja energía.
- 7-B: Estructuras artificiales localizadas en zonas de baja energía.
- 7-C: Costas rocosas bajas con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos en zonas de baja energía. Incluye (rompeolas artificiales).
- 7-D: Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base localizadas en zonas de baja energía.
- 8-A: Playas formadas por fangos y arenas en zonas de baja energía.

USO HUMANO

- rampa para embarcaciones
- mecánico motor
- primeros auxílios
- práctica de windsurf - kitesurf
- práctica del surf
- punto de inmersión - interés submarino
- zona de pesca recreacional
- muelle - embarcadero
- piscifactorias - centros de cría y recuperación especies marinas
- puerto comercial
- puerto pesquero
- base naval militar
- club náutico/puerto deportivo/marina
- aeropuerto
- yacimiento arqueológico
- yacimiento arqueológico submarino
- playas
- zona de fondeo
- emisario submarino
- duchas
- pórtico elevador
- información meteorológica
- gasolinera - repostar fuel
- toma de electricidad
- varadero
- sanitarios - aseos
- servicio de grúa
- toma de agua potable

CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA

plantas

- *1: Convulvulus valentinus subsp. suffruticosus*
- *2: Helianthemum caput-felis*
- *3: Launaea cervicornis*
- *4: Limonium barceloi*
- *5: Limonium leonardi-llorensii*
- *6: Limonium ssp.*
- *7: Medicago citrina*
- *8: Pancratium maritimum*
- *9: Tymelaea velutina*
- *10: Marsilea strigosa*

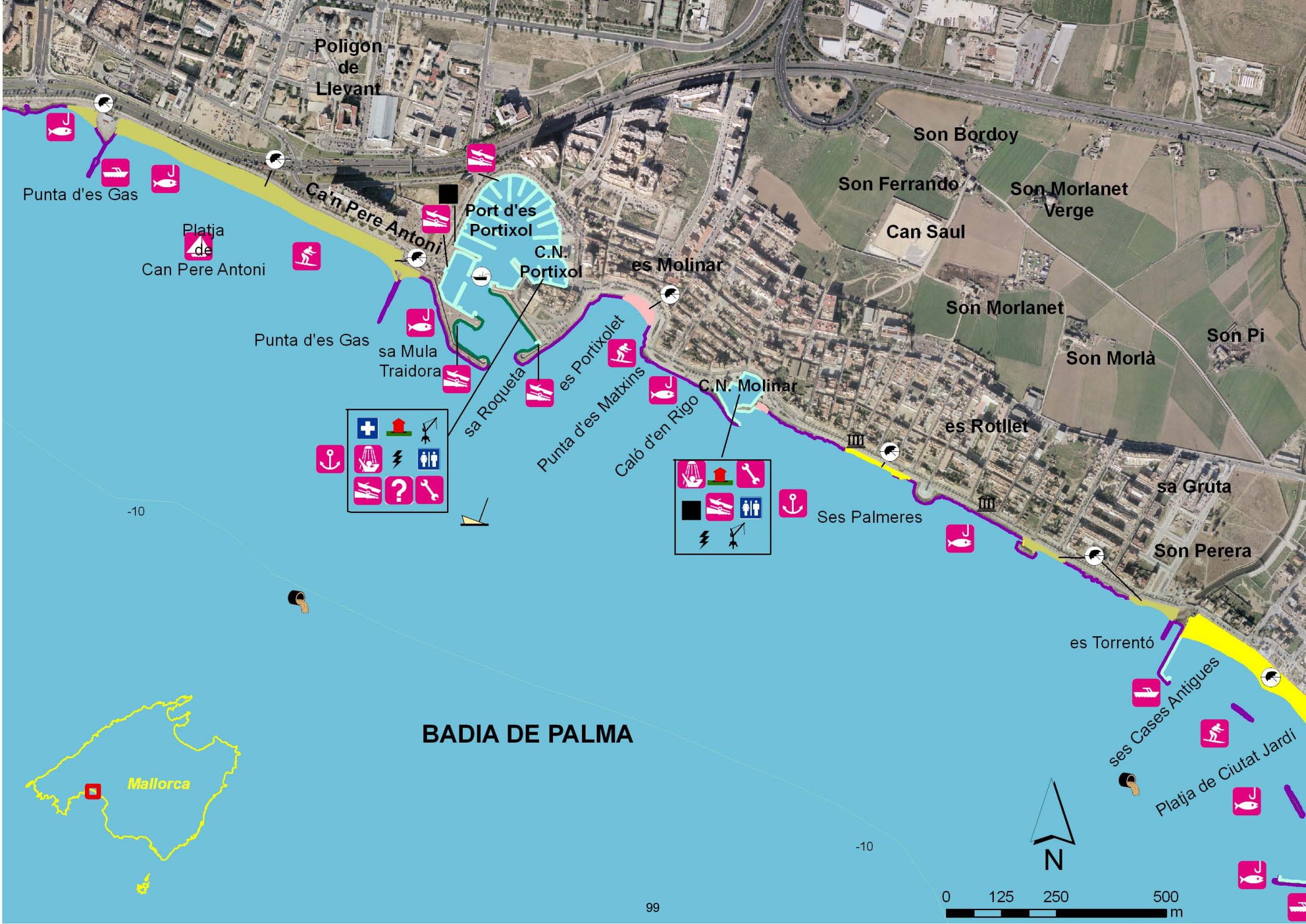
aves

- *1: Falco peregrinus*
- *2: Larus audouinii*
- *3: Larus michahellis*
- *4: Pandion haliaetus*
- *5: Phalacrocorax aristotelis ssp. desmarestii*
- *6: Sylvia balearica / Sylvia undata*

reptiles y anfibios

- *1: Emys orbicularis*
- *2: Podarcis pityusensis*
- *3: Podarcis lilfordi*
- *4: Testudo hermanni*
- *5: Testudo graeca subsp. graeca*
- *6: Bufo viridis*

- 1: Protección marina (reserva marina)
- 2: Protecciones marinas (reserva & R.N. 2000)
- 1: protección terrestre (R.N. 2000 o LEN 1/1991)
- 2: protecciones terrestres (R.N. 2000 y LEN 1/1991)


Poligon de Llevant
Son Bordoy
Son Ferrando
Son Morlanet Verge
Can Saul
Punta d'es Gas
Platja de Can Pere Antoni
Ca'n Pere Antoni
Port d'es Portixol
C.N. Portixol
es Molinar
Son Morlanet
Son Pi
Son Morlà
Punta d'es Gas
sa Mula Traidora
sa Roqueta
es Portixolet
Punta d'es Matxins
Caló d'en Rigo
C.N. Molinar
es Rotllet
sa Gruta
Ses Palmeres
Son Perera
es Torrentó
ses Cases Antigues
Platja de Ciutat Jardí
-10
-10
BADIA DE PALMA
Mallorca
N
0 125 250 500 m

CLASIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA

- 1-A: Costas rocosas altas y acantilados expuestos a zonas de elevada energía
- 1-B: Estructuras artificiales expuestas a zonas de elevada energía.
- 1-C: Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base expuestas a zonas de elevada energía.
- 2: Costas rocosas bajas expuestas.
- 3-A: Playas formadas por arenas finas y de grano medio.
- 3-B: Escarpes y costas de perfil escalonado formadas por conglomerados, arenas, limos y arcillas y por litologías calcareníticas.
- 4: Playas formadas por arenas gruesas.
- 5: Playas mixtas, formadas por arenas y gravas.
- 6-A: Playas de gravas, cantos y bloques.
- 6-B: Costas rocosas bajas expuestas, de perfil escalonado y cóncavo con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos. (Incluye rompeolas artificiales).
- 7-A: Costas rocosas de altura variable en zonas de baja energía.
- 7-B: Estructuras artificiales localizadas en zonas de baja energía.
- 7-C: Costas rocosas bajas con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos en zonas de baja energía. Incluye (rompeolas artificiales).
- 7-D: Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base localizadas en zonas de baja energía.
- 8-A: Playas formadas por fangos y arenas en zonas de baja energía.

USO HUMANO

- rampa para embarcaciones
- mecánico motor
- primeros auxílios
- práctica de windsurf - kitesurf
- práctica del surf
- punto de inmersión - interés submarino
- zona de pesca recreacional
- muelle - embarcadero
- piscifactorias - centros de cría y recuperación especies marinas
- puerto comercial
- puerto pesquero
- base naval militar
- club náutico/puerto deportivo/marina
- aeropuerto
- yacimiento arqueológico
- yacimiento arqueológico submarino
- playas
- zona de fondeo
- emisario submarino
- duchas
- pórtico elevador
- información meteorológica
- gasolinera - repostar fuel
- toma de electricidad
- varadero
- sanitarios - aseos
- servicio de grúa
- toma de agua potable

CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA

plantas

- *1: Convulvulus valentinus subsp. suffruticosus*
- *2: Helianthemum caput-felis*
- *3: Launaea cervicornis*
- *4: Limonium barceloi*
- *5: Limonium leonardi-llorensii*
- *6: Limonium ssp.*
- *7: Medicago citrina*
- *8: Pancratium maritimum*
- *9: Tymelaea velutina*
- *10: Marsilea strigosa*

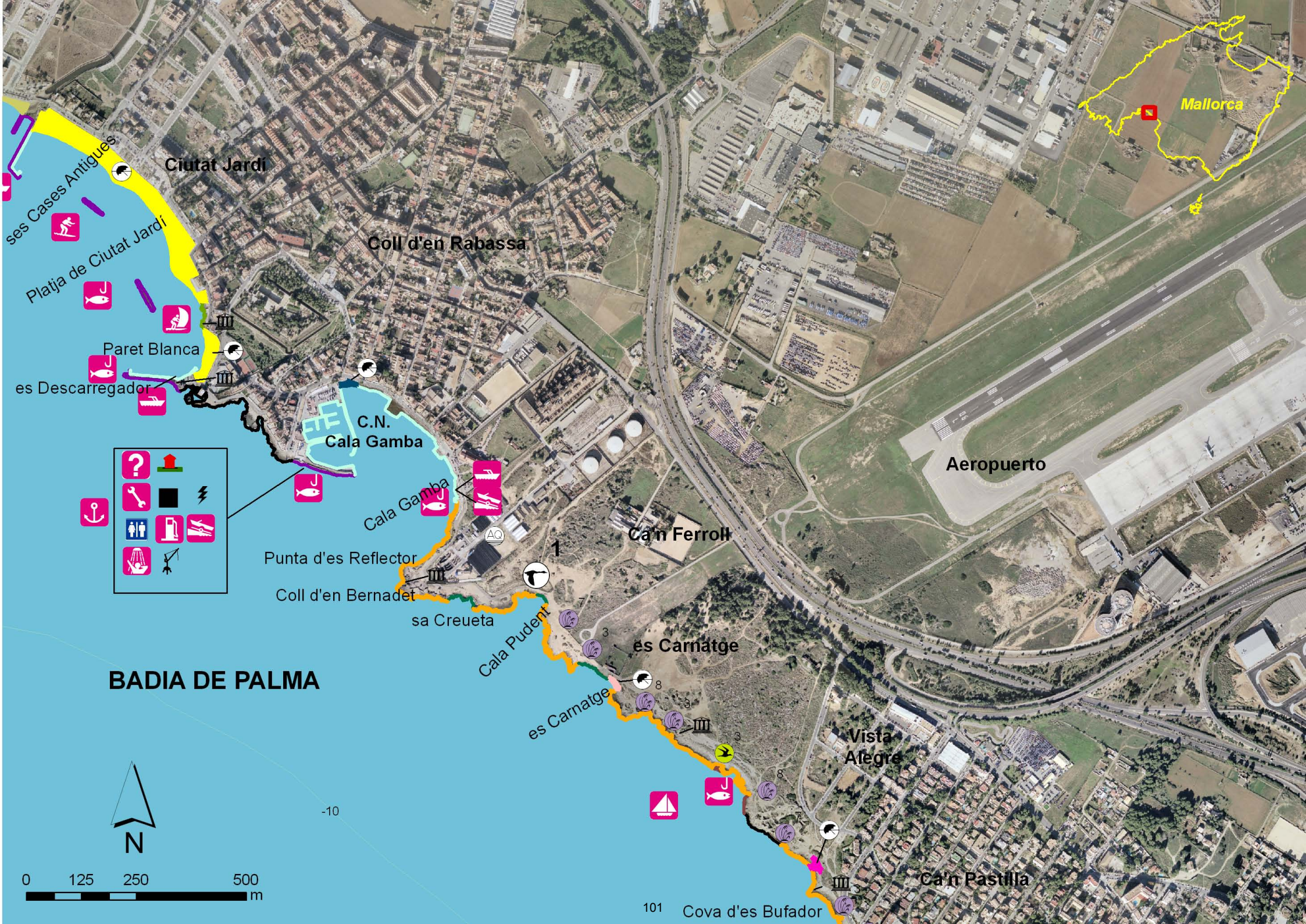
aves

- *1: Falco peregrinus*
- *2: Larus audouinii*
- *3: Larus michahellis*
- *4: Pandion haliaetus*
- *5: Phalacrocorax aristotelis ssp. desmarestii*
- *6: Sylvia balearica / Sylvia undata*

reptiles y anfibios

- *1: Emys orbicularis*
- *2: Podarcis pityusensis*
- *3: Podarcis lilfordi*
- *4: Testudo hermanni*
- *5: Testudo graeca subsp. graeca*
- *6: Bufo viridis*

- 1: Protección marina (reserva marina)
- 2: Protecciones marinas (reserva & R.N. 2000)
- 1: protección terrestre (R.N. 2000 o LEN 1/1991)
- 2: protecciones terrestres (R.N. 2000 y LEN 1/1991)


Mallorca
Ciutat Jardí
ses Cases Antigues
Platja de Ciutat Jardí
Coll d'en Rabassa
Paret Blanca
es Descarregador
C.N.
Cala Gamba
Cala Gamba
Aeropuerto
Punta d'es Reflector
Coll d'en Bernadet
sa Creueta
Cala Pudent
Ca'n Ferroll
es Carnatge
es Carnatge
BADIA DE PALMA
Vista
Alegre
Ca'n Pastilla
Cova d'es Bufador
-10
101
N
0
125
250
500
m

CLASIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA

- 1-A: Costas rocosas altas y acantilados expuestos a zonas de elevada energía
- 1-B: Estructuras artificiales expuestas a zonas de elevada energía.
- 1-C: Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base expuestas a zonas de elevada energía.
- 2: Costas rocosas bajas expuestas.
- 3-A: Playas formadas por arenas finas y de grano medio.
- 3-B: Escarpes y costas de perfil escalonado formadas por conglomerados, arenas, limos y arcillas y por litologías calcareníticas.
- 4: Playas formadas por arenas gruesas.
- 5: Playas mixtas, formadas por arenas y gravas.
- 6-A: Playas de gravas, cantos y bloques.
- 6-B: Costas rocosas bajas expuestas, de perfil escalonado y cóncavo con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos. (Incluye rompeolas artificiales).
- 7-A: Costas rocosas de altura variable en zonas de baja energía.
- 7-B: Estructuras artificiales localizadas en zonas de baja energía.
- 7-C: Costas rocosas bajas con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos en zonas de baja energía. Incluye (rompeolas artificiales).
- 7-D: Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base localizadas en zonas de baja energía.
- 8-A: Playas formadas por fangos y arenas en zonas de baja energía.

USO HUMANO

- rampa para embarcaciones
- mecánico motor
- primeros auxílios
- práctica de windsurf - kitesurf
- práctica del surf
- punto de inmersión - interés submarino
- zona de pesca recreacional
- muelle - embarcadero
- piscifactorias - centros de cría y recuperación especies marinas
- puerto comercial
- puerto pesquero
- base naval militar
- club náutico/puerto deportivo/marina
- aeropuerto
- yacimiento arqueológico
- yacimiento arqueológico submarino
- playas
- zona de fondeo
- emisario submarino
- duchas
- pórtico elevador
- información meteorológica
- gasolinera - repostar fuel
- toma de electricidad
- varadero
- sanitarios - aseos
- servicio de grúa
- toma de agua potable

CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA

plantas

- *1: Convulvulus valentinus subsp. suffruticosus*
- *2: Helianthemum caput-felis*
- *3: Launaea cervicornis*
- *4: Limonium barceloi*
- *5: Limonium leonardi-llorensii*
- *6: Limonium ssp.*
- *7: Medicago citrina*
- *8: Pancratium maritimum*
- *9: Tymelaea velutina*
- *10: Marsilea strigosa*

aves

- *1: Falco peregrinus*
- *2: Larus audouinii*
- *3: Larus michahellis*
- *4: Pandion haliaetus*
- *5: Phalacrocorax aristotelis ssp. desmarestii*
- *6: Sylvia balearica / Sylvia undata*

reptiles y anfibios

- *1: Emys orbicularis*
- *2: Podarcis pityusensis*
- *3: Podarcis lilfordi*
- *4: Testudo hermanni*
- *5: Testudo graeca subsp. graeca*
- *6: Bufo viridis*

- 1: Protección marina (reserva marina)
- 2: Protecciones marinas (reserva & R.N. 2000)
- 1: protección terrestre (R.N. 2000 o LEN 1/1991)
- 2: protecciones terrestres (R.N. 2000 y LEN 1/1991)

Cova d'es Bufador
Caló de Son Caios
Illot de sa Galera
Ca'n Pastilla
Cala Estància
Punta de Cala Estància
C.M. San Antonio de la Playa
Platja d'Or
Punta Baixa
Platja de Palma
Ses Fontanelles
Can Pastilla
Ses Fontanelles
es Puntarró
La Ribera
Son Montserrat
Urbanización Sometimes
Platja de Palma
BADIA DE PALMA
Mallorca
-10
-10
N
0
125
250
500
m

CLASIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA

- 1-A: Costas rocosas altas y acantilados expuestos a zonas de elevada energía
- 1-B: Estructuras artificiales expuestas a zonas de elevada energía.
- 1-C: Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base expuestas a zonas de elevada energía.
- 2: Costas rocosas bajas expuestas.
- 3-A: Playas formadas por arenas finas y de grano medio.
- 3-B: Escarpes y costas de perfil escalonado formadas por conglomerados, arenas, limos y arcillas y por litologías calcareníticas.
- 4: Playas formadas por arenas gruesas.
- 5: Playas mixtas, formadas por arenas y gravas.
- 6-A: Playas de gravas, cantos y bloques.
- 6-B: Costas rocosas bajas expuestas, de perfil escalonado y cóncavo con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos. (Incluye rompeolas artificiales).
- 7-A: Costas rocosas de altura variable en zonas de baja energía.
- 7-B: Estructuras artificiales localizadas en zonas de baja energía.
- 7-C: Costas rocosas bajas con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos en zonas de baja energía. Incluye (rompeolas artificiales).
- 7-D: Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base localizadas en zonas de baja energía.
- 8-A: Playas formadas por fangos y arenas en zonas de baja energía.

USO HUMANO

- rampa para embarcaciones
- mecánico motor
- primeros auxílios
- práctica de windsurf - kitesurf
- práctica del surf
- punto de inmersión - interés submarino
- zona de pesca recreacional
- muelle - embarcadero
- piscifactorias - centros de cría y recuperación especies marinas
- puerto comercial
- puerto pesquero
- base naval militar
- club náutico/puerto deportivo/marina
- aeropuerto
- yacimiento arqueológico
- yacimiento arqueológico submarino
- playas
- zona de fondeo
- emisario submarino
- duchas
- pórtico elevador
- información meteorológica
- gasolinera - repostar fuel
- toma de electricidad
- varadero
- sanitarios - aseos
- servicio de grúa
- toma de agua potable

CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA

plantas

- *1: Convulvulus valentinus subsp. suffruticosus*
- *2: Helianthemum caput-felis*
- *3: Launaea cervicornis*
- *4: Limonium barceloi*
- *5: Limonium leonardi-llorensii*
- *6: Limonium ssp.*
- *7: Medicago citrina*
- *8: Pancratium maritimum*
- *9: Tymelaea velutina*
- *10: Marsilea strigosa*

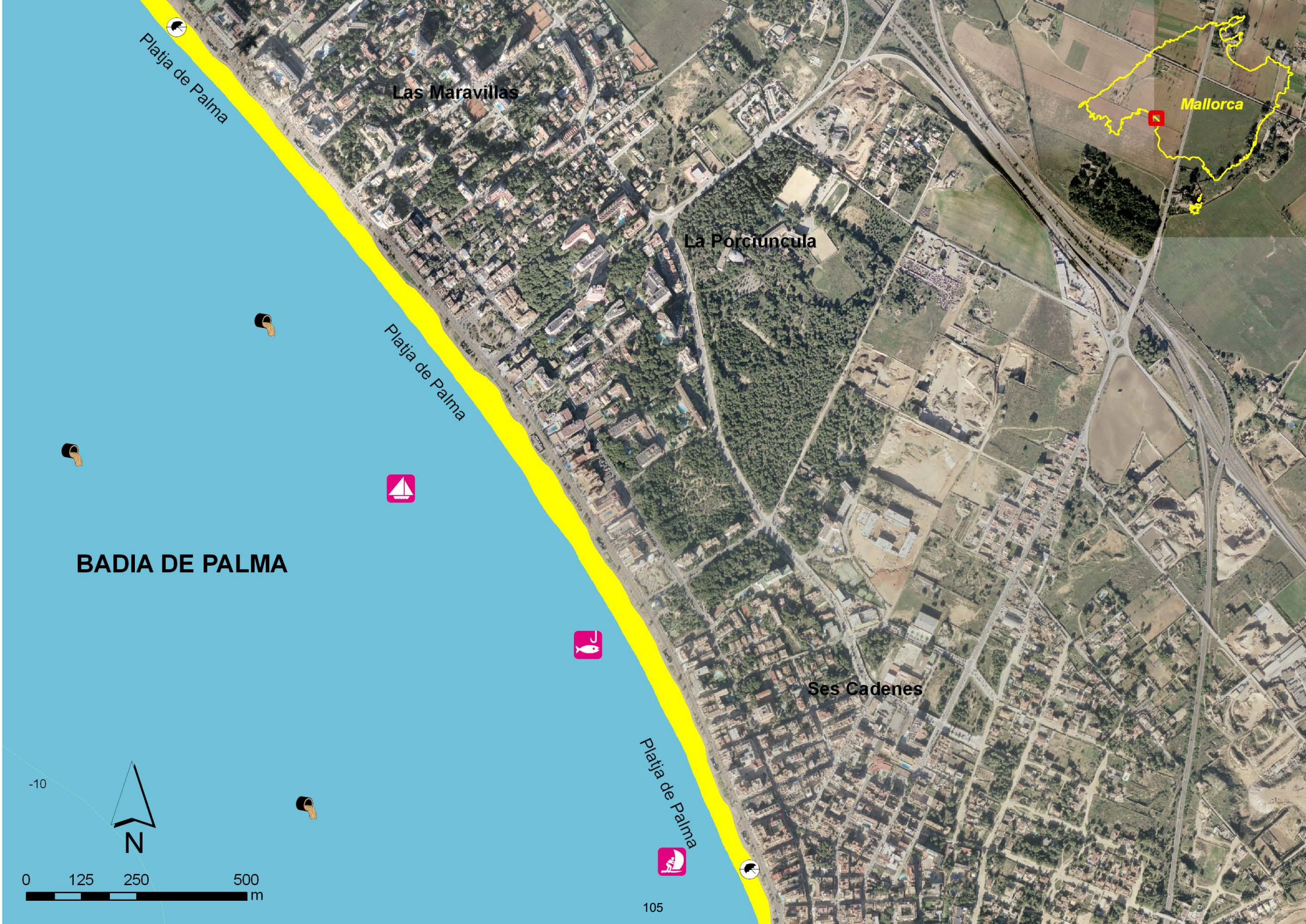
aves

- *1: Falco peregrinus*
- *2: Larus audouinii*
- *3: Larus michahellis*
- *4: Pandion haliaetus*
- *5: Phalacrocorax aristotelis ssp. desmarestii*
- *6: Sylvia balearica / Sylvia undata*

reptiles y anfibios

- *1: Emys orbicularis*
- *2: Podarcis pityusensis*
- *3: Podarcis lilfordi*
- *4: Testudo hermanni*
- *5: Testudo graeca subsp. graeca*
- *6: Bufo viridis*

- 1: Protección marina (reserva marina)
- 2: Protecciones marinas (reserva & R.N. 2000)
- 1: protección terrestre (R.N. 2000 o LEN 1/1991)
- 2: protecciones terrestres (R.N. 2000 y LEN 1/1991)


Platja de Palma
Las Maravillas
La Porciúncula
Platja de Palma
Mallorca
BADIA DE PALMA
Ses Cadenes
Platja de Palma
-10
N
0
125
250
500
m
105

CLASIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA

- 1-A: Costas rocosas altas y acantilados expuestos a zonas de elevada energía
- 1-B: Estructuras artificiales expuestas a zonas de elevada energía.
- 1-C: Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base expuestas a zonas de elevada energía.
- 2: Costas rocosas bajas expuestas.
- 3-A: Playas formadas por arenas finas y de grano medio.
- 3-B: Escarpes y costas de perfil escalonado formadas por conglomerados, arenas, limos y arcillas y por litologías calcareníticas.
- 4: Playas formadas por arenas gruesas.
- 5: Playas mixtas, formadas por arenas y gravas.
- 6-A: Playas de gravas, cantos y bloques.
- 6-B: Costas rocosas bajas expuestas, de perfil escalonado y cóncavo con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos. (Incluye rompeolas artificiales).
- 7-A: Costas rocosas de altura variable en zonas de baja energía.
- 7-B: Estructuras artificiales localizadas en zonas de baja energía.
- 7-C: Costas rocosas bajas con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos en zonas de baja energía. Incluye (rompeolas artificiales).
- 7-D: Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base localizadas en zonas de baja energía.
- 8-A: Playas formadas por fangos y arenas en zonas de baja energía.

USO HUMANO

- rampa para embarcaciones
- mecánico motor
- primeros auxílios
- práctica de windsurf - kitesurf
- práctica del surf
- punto de inmersión - interés submarino
- zona de pesca recreacional
- muelle - embarcadero
- piscifactorias - centros de cría y recuperación especies marinas
- puerto comercial
- puerto pesquero
- base naval militar
- club náutico/puerto deportivo/marina
- aeropuerto
- yacimiento arqueológico
- yacimiento arqueológico submarino
- playas
- zona de fondeo
- emisario submarino
- duchas
- pórtico elevador
- información meteorológica
- gasolinera - repostar fuel
- toma de electricidad
- varadero
- sanitarios - aseos
- servicio de grúa
- toma de agua potable

CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA

plantas

- *1: Convulvulus valentinus subsp. suffruticosus*
- *2: Helianthemum caput-felis*
- *3: Launaea cervicornis*
- *4: Limonium barceloi*
- *5: Limonium leonardi-llorensii*
- *6: Limonium ssp.*
- *7: Medicago citrina*
- *8: Pancratium maritimum*
- *9: Tymelaea velutina*
- *10: Marsilea strigosa*

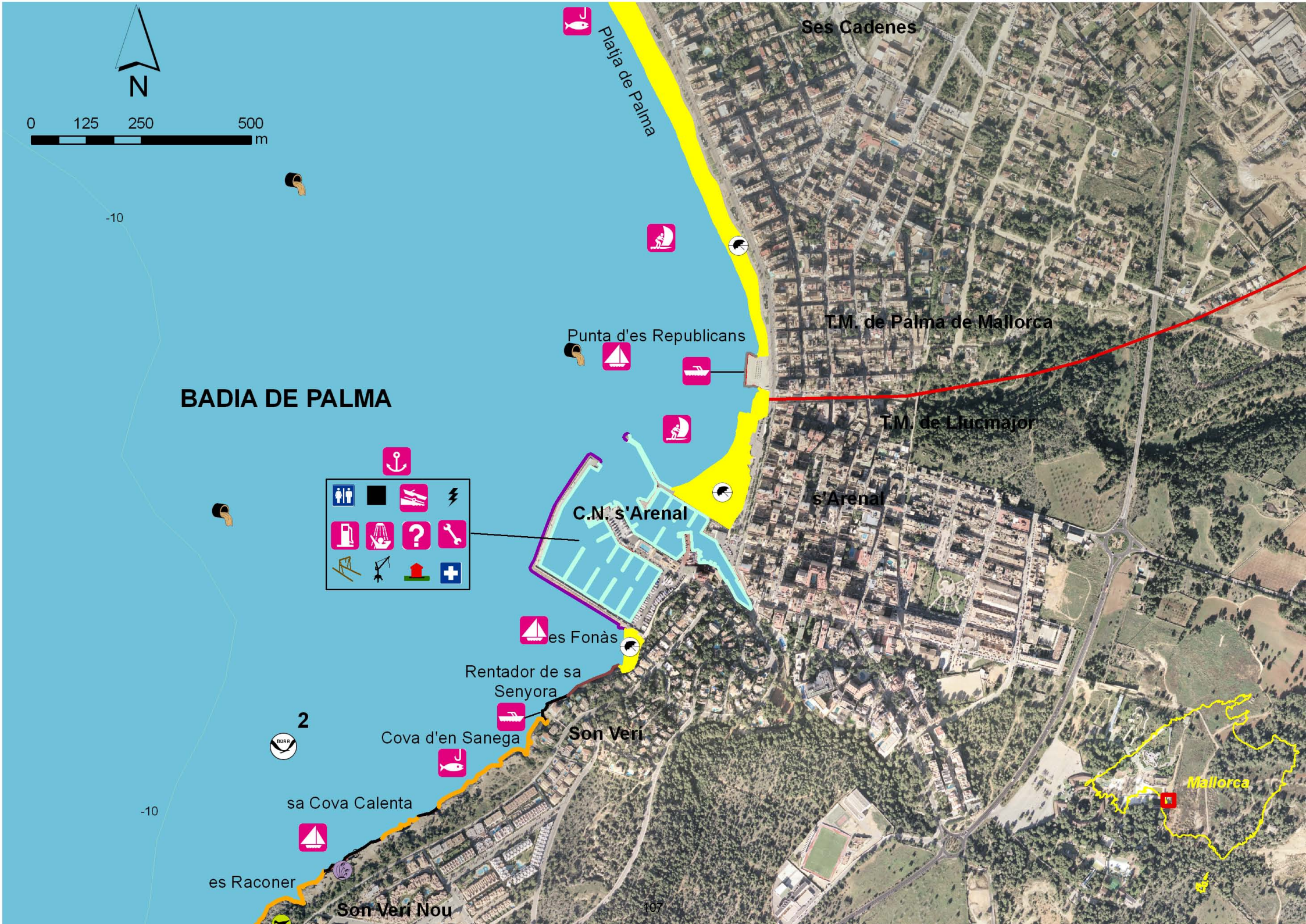
aves

- *1: Falco peregrinus*
- *2: Larus audouinii*
- *3: Larus michahellis*
- *4: Pandion haliaetus*
- *5: Phalacrocorax aristotelis ssp. desmarestii*
- *6: Sylvia balearica / Sylvia undata*

reptiles y anfibios

- *1: Emys orbicularis*
- *2: Podarcis pityusensis*
- *3: Podarcis lilfordi*
- *4: Testudo hermanni*
- *5: Testudo graeca subsp. graeca*
- *6: Bufo viridis*

- 1: Protección marina (reserva marina)
- 2: Protecciones marinas (reserva & R.N. 2000)
- 1: protección terrestre (R.N. 2000 o LEN 1/1991)
- 2: protecciones terrestres (R.N. 2000 y LEN 1/1991)


N
0
125
250
500
m
Platja de Palma
Ses Cadenes
T.M. de Palma de Mallorca
Punta d'es Republicans
BADIA DE PALMA
T.M. de Llucmajor
s'Arenal
C.N. s'Arenal
es Fonàs
Rentador de sa Senyora
Son Verí
Cova d'en Sanega
sa Cova Calenta
es Raconer
Son Verí Nou
Mallorca
-10
-10
2
107

CLASIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA

- 1-A: Costas rocosas altas y acantilados expuestos a zonas de elevada energía
- 1-B: Estructuras artificiales expuestas a zonas de elevada energía.
- 1-C: Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base expuestas a zonas de elevada energía.
- 2: Costas rocosas bajas expuestas.
- 3-A: Playas formadas por arenas finas y de grano medio.
- 3-B: Escarpes y costas de perfil escalonado formadas por conglomerados, arenas, limos y arcillas y por litologías calcareníticas.
- 4: Playas formadas por arenas gruesas.
- 5: Playas mixtas, formadas por arenas y gravas.
- 6-A: Playas de gravas, cantos y bloques.
- 6-B: Costas rocosas bajas expuestas, de perfil escalonado y cóncavo con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos. (Incluye rompeolas artificiales).
- 7-A: Costas rocosas de altura variable en zonas de baja energía.
- 7-B: Estructuras artificiales localizadas en zonas de baja energía.
- 7-C: Costas rocosas bajas con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos en zonas de baja energía. Incluye (rompeolas artificiales).
- 7-D: Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base localizadas en zonas de baja energía.
- 8-A: Playas formadas por fangos y arenas en zonas de baja energía.

USO HUMANO

- rampa para embarcaciones
- mecánico motor
- primeros auxílios
- práctica de windsurf - kitesurf
- práctica del surf
- punto de inmersión - interés submarino
- zona de pesca recreacional
- muelle - embarcadero
- piscifactorias - centros de cría y recuperación especies marinas
- puerto comercial
- puerto pesquero
- base naval militar
- club náutico/puerto deportivo/marina
- aeropuerto
- yacimiento arqueológico
- yacimiento arqueológico submarino
- playas
- zona de fondeo
- emisario submarino
- duchas
- pórtico elevador
- información meteorológica
- gasolinera - repostar fuel
- toma de electricidad
- varadero
- sanitarios - aseos
- servicio de grúa
- toma de agua potable

CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA

plantas

- *1: Convulvulus valentinus subsp. suffruticosus*
- *2: Helianthemum caput-felis*
- *3: Launaea cervicornis*
- *4: Limonium barceloi*
- *5: Limonium leonardi-llorensii*
- *6: Limonium ssp.*
- *7: Medicago citrina*
- *8: Pancratium maritimum*
- *9: Tymelaea velutina*
- *10: Marsilea strigosa*

aves

- *1: Falco peregrinus*
- *2: Larus audouinii*
- *3: Larus michahellis*
- *4: Pandion haliaetus*
- *5: Phalacrocorax aristotelis ssp. desmarestii*
- *6: Sylvia balearica / Sylvia undata*

reptiles y anfibios

- *1: Emys orbicularis*
- *2: Podarcis pityusensis*
- *3: Podarcis lilfordi*
- *4: Testudo hermanni*
- *5: Testudo graeca subsp. graeca*
- *6: Bufo viridis*

- 1: Protección marina (reserva marina)
- 2: Protecciones marinas (reserva & R.N. 2000)
- 1: protección terrestre (R.N. 2000 o LEN 1/1991)
- 2: protecciones terrestres (R.N. 2000 y LEN 1/1991)

0 125 250 500 m
BADIA DE PALMA
RESERVA MARINA DE LA BADIA DE PALMA
es Raconer
Punta de s'Orenol o Punta de s'Arenal
Mallorca
Son Verí Nou
Pesquera d'es Tinent
Cala Mosques
Urbanización Cala Blava
Caló de ses Lleonardes o de ses Donardes
Caló Groc de ses Puntes o de sa Partió
Caló d'es Xorri
Urbanización Bellavista
Cala Aró
es Caló Fort
Caló de la Reina
es Cap Alt
Cap Enderrocat (Zona Militar)
es Cap Enderrocat
Caló d'es Oficials
es Camp Alt
-10
-20
109

CLASIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA

- 1-A: Costas rocosas altas y acantilados expuestos a zonas de elevada energía
- 1-B: Estructuras artificiales expuestas a zonas de elevada energía.
- 1-C: Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base expuestas a zonas de elevada energía.
- 2: Costas rocosas bajas expuestas.
- 3-A: Playas formadas por arenas finas y de grano medio.
- 3-B: Escarpes y costas de perfil escalonado formadas por conglomerados, arenas, limos y arcillas y por litologías calcareníticas.
- 4: Playas formadas por arenas gruesas.
- 5: Playas mixtas, formadas por arenas y gravas.
- 6-A: Playas de gravas, cantos y bloques.
- 6-B: Costas rocosas bajas expuestas, de perfil escalonado y cóncavo con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos. (Incluye rompeolas artificiales).
- 7-A: Costas rocosas de altura variable en zonas de baja energía.
- 7-B: Estructuras artificiales localizadas en zonas de baja energía.
- 7-C: Costas rocosas bajas con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos en zonas de baja energía. Incluye (rompeolas artificiales).
- 7-D: Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base localizadas en zonas de baja energía.
- 8-A: Playas formadas por fangos y arenas en zonas de baja energía.

USO HUMANO

- rampa para embarcaciones
- mecánico motor
- primeros auxílios
- práctica de windsurf - kitesurf
- práctica del surf
- punto de inmersión - interés submarino
- zona de pesca recreacional
- muelle - embarcadero
- piscifactorias - centros de cría y recuperación especies marinas
- puerto comercial
- puerto pesquero
- base naval militar
- club náutico/puerto deportivo/marina
- aeropuerto
- yacimiento arqueológico
- yacimiento arqueológico submarino
- playas
- zona de fondeo
- emisario submarino
- duchas
- pórtico elevador
- información meteorológica
- gasolinera - repostar fuel
- toma de electricidad
- varadero
- sanitarios - aseos
- servicio de grúa
- toma de agua potable

CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA

plantas

- *1: Convulvulus valentinus subsp. suffruticosus*
- *2: Helianthemum caput-felis*
- *3: Launaea cervicornis*
- *4: Limonium barceloi*
- *5: Limonium leonardi-llorensii*
- *6: Limonium ssp.*
- *7: Medicago citrina*
- *8: Pancratium maritimum*
- *9: Tymelaea velutina*
- *10: Marsilea strigosa*

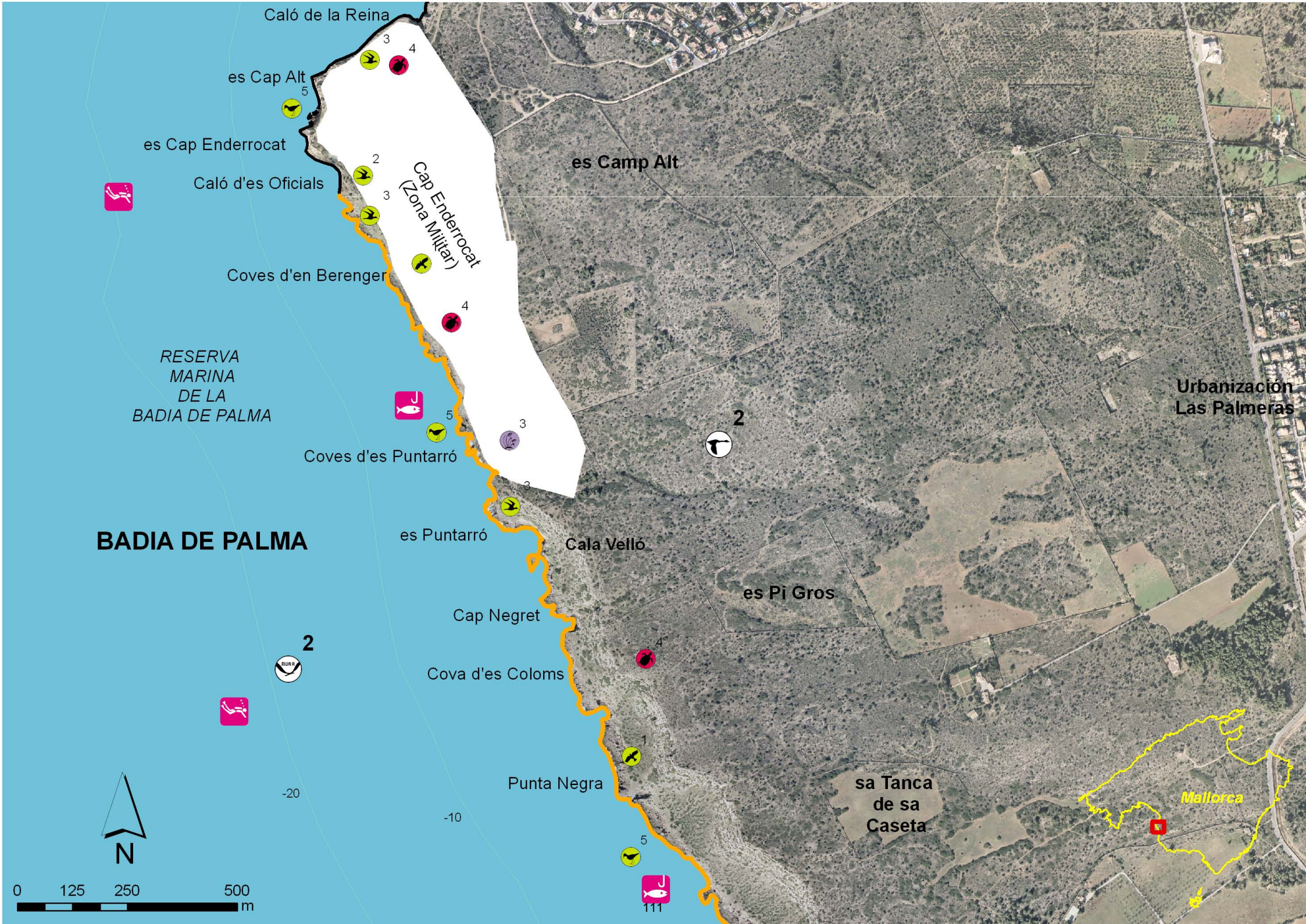
aves

- *1: Falco peregrinus*
- *2: Larus audouinii*
- *3: Larus michahellis*
- *4: Pandion haliaetus*
- *5: Phalacrocorax aristotelis ssp. desmarestii*
- *6: Sylvia balearica / Sylvia undata*

reptiles y anfibios

- *1: Emys orbicularis*
- *2: Podarcis pityusensis*
- *3: Podarcis lilfordi*
- *4: Testudo hermanni*
- *5: Testudo graeca subsp. graeca*
- *6: Bufo viridis*

- 1: Protección marina (reserva marina)
- 2: Protecciones marinas (reserva & R.N. 2000)
- 1: protección terrestre (R.N. 2000 o LEN 1/1991)
- 2: protecciones terrestres (R.N. 2000 y LEN 1/1991)


Caló de la Reina
es Cap Alt
es Cap Enderrocat
Caló d'es Oficials
Cap Enderrocat (Zona Militar)
Coves d'en Berenger
RESERVA MARINA DE LA BADIA DE PALMA
Coves d'es Puntarró
es Puntarró
BADIA DE PALMA
Cala Velló
Cap Negret
Cova d'es Coloms
Punta Negra
-20
-10
es Camp Alt
es Pi Gros
sa Tanca de sa Caseta
Urbanización Las Palmeras
Mallorca
N
0
125
250
500
m
111

CLASIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA

- 1-A: Costas rocosas altas y acantilados expuestos a zonas de elevada energía
- 1-B: Estructuras artificiales expuestas a zonas de elevada energía.
- 1-C: Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base expuestas a zonas de elevada energía.
- 2: Costas rocosas bajas expuestas.
- 3-A: Playas formadas por arenas finas y de grano medio.
- 3-B: Escarpes y costas de perfil escalonado formadas por conglomerados, arenas, limos y arcillas y por litologías calcareníticas.
- 4: Playas formadas por arenas gruesas.
- 5: Playas mixtas, formadas por arenas y gravas.
- 6-A: Playas de gravas, cantos y bloques.
- 6-B: Costas rocosas bajas expuestas, de perfil escalonado y cóncavo con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos. (Incluye rompeolas artificiales).
- 7-A: Costas rocosas de altura variable en zonas de baja energía.
- 7-B: Estructuras artificiales localizadas en zonas de baja energía.
- 7-C: Costas rocosas bajas con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos en zonas de baja energía. Incluye (rompeolas artificiales).
- 7-D: Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base localizadas en zonas de baja energía.
- 8-A: Playas formadas por fangos y arenas en zonas de baja energía.

USO HUMANO

- rampa para embarcaciones
- mecánico motor
- primeros auxílios
- práctica de windsurf - kitesurf
- práctica del surf
- punto de inmersión - interés submarino
- zona de pesca recreacional
- muelle - embarcadero
- piscifactorias - centros de cría y recuperación especies marinas
- puerto comercial
- puerto pesquero
- base naval militar
- club náutico/puerto deportivo/marina
- aeropuerto
- yacimiento arqueológico
- yacimiento arqueológico submarino
- playas
- zona de fondeo
- emisario submarino
- duchas
- pórtico elevador
- información meteorológica
- gasolinera - repostar fuel
- toma de electricidad
- varadero
- sanitarios - aseos
- servicio de grúa
- toma de agua potable

CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA

plantas

- *1: Convulvulus valentinus subsp. suffruticosus*
- *2: Helianthemum caput-felis*
- *3: Launaea cervicornis*
- *4: Limonium barceloi*
- *5: Limonium leonardi-llorensii*
- *6: Limonium ssp.*
- *7: Medicago citrina*
- *8: Pancratium maritimum*
- *9: Tymelaea velutina*
- *10: Marsilea strigosa*

aves

- *1: Falco peregrinus*
- *2: Larus audouinii*
- *3: Larus michahellis*
- *4: Pandion haliaetus*
- *5: Phalacrocorax aristotelis ssp. desmarestii*
- *6: Sylvia balearica / Sylvia undata*

reptiles y anfibios

- *1: Emys orbicularis*
- *2: Podarcis pityusensis*
- *3: Podarcis lilfordi*
- *4: Testudo hermanni*
- *5: Testudo graeca subsp. graeca*
- *6: Bufo viridis*

- 1: Protección marina (reserva marina)
- 2: Protecciones marinas (reserva & R.N. 2000)
- 1: protección terrestre (R.N. 2000 o LEN 1/1991)
- 2: protecciones terrestres (R.N. 2000 y LEN 1/1991)

Can Benfet Nou
sa Punta
de Cala vella
Cala Vella
Can Crespi
Davallador
de sa Cisterna
-10
RESERVA
MARINA
DE LA
BADIA DE PALMA
-20
BADIA DE PALMA
Urbanización Maioris
Davallador
d'es Carros
es Ribell
ses Olles
Punta de ses Olles
Cap de Paret d'es
Puig de Ros
Racó d'en Boronat
Illots d'en Climent
na Caretes
-10
Urbanización
Puig de Ros
Urbanización sa Torre
Mallorca
N
0
125
250
500
m

CLASIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA

- 1-A: Costas rocosas altas y acantilados expuestos a zonas de elevada energía
- 1-B: Estructuras artificiales expuestas a zonas de elevada energía.
- 1-C: Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base expuestas a zonas de elevada energía.
- 2: Costas rocosas bajas expuestas.
- 3-A: Playas formadas por arenas finas y de grano medio.
- 3-B: Escarpes y costas de perfil escalonado formadas por conglomerados, arenas, limos y arcillas y por litologías calcareníticas.
- 4: Playas formadas por arenas gruesas.
- 5: Playas mixtas, formadas por arenas y gravas.
- 6-A: Playas de gravas, cantos y bloques.
- 6-B: Costas rocosas bajas expuestas, de perfil escalonado y cóncavo con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos. (Incluye rompeolas artificiales).
- 7-A: Costas rocosas de altura variable en zonas de baja energía.
- 7-B: Estructuras artificiales localizadas en zonas de baja energía.
- 7-C: Costas rocosas bajas con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos en zonas de baja energía. Incluye (rompeolas artificiales).
- 7-D: Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base localizadas en zonas de baja energía.
- 8-A: Playas formadas por fangos y arenas en zonas de baja energía.

USO HUMANO

- rampa para embarcaciones
- mecánico motor
- primeros auxílios
- práctica de windsurf - kitesurf
- práctica del surf
- punto de inmersión - interés submarino
- zona de pesca recreacional
- muelle - embarcadero
- piscifactorias - centros de cría y recuperación especies marinas
- puerto comercial
- puerto pesquero
- base naval militar
- club náutico/puerto deportivo/marina
- aeropuerto
- yacimiento arqueológico
- yacimiento arqueológico submarino
- playas
- zona de fondeo
- emisario submarino
- duchas
- pórtico elevador
- información meteorológica
- gasolinera - repostar fuel
- toma de electricidad
- varadero
- sanitarios - aseos
- servicio de grúa
- toma de agua potable

CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA

plantas

- *1: Convulvulus valentinus subsp. suffruticosus*
- *2: Helianthemum caput-felis*
- *3: Launaea cervicornis*
- *4: Limonium barceloi*
- *5: Limonium leonardi-llorensii*
- *6: Limonium ssp.*
- *7: Medicago citrina*
- *8: Pancratium maritimum*
- *9: Tymelaea velutina*
- *10: Marsilea strigosa*

aves

- *1: Falco peregrinus*
- *2: Larus audouinii*
- *3: Larus michahellis*
- *4: Pandion haliaetus*
- *5: Phalacrocorax aristotelis ssp. desmarestii*
- *6: Sylvia balearica / Sylvia undata*

reptiles y anfibios

- *1: Emys orbicularis*
- *2: Podarcis pityusensis*
- *3: Podarcis lilfordi*
- *4: Testudo hermanni*
- *5: Testudo graeca subsp. graeca*
- *6: Bufo viridis*

- 1: Protección marina (reserva marina)
- 2: Protecciones marinas (reserva & R.N. 2000)
- 1: protección terrestre (R.N. 2000 o LEN 1/1991)
- 2: protecciones terrestres (R.N. 2000 y LEN 1/1991)

na Caretes
1
-10
sa Darrera Font
Cingle d'es Porcs
Pas d'es Verro
la Fossa
2
BADIA DE PALMA
Davallador de
Ca'n Climent
5
-20
3
s'Arc de Sant Martí
RESERVA
MARINA
DE LA
BADIA DE PALMA
4
es Rocal
Racó de
s'Almadrava na Cocó
Pujador d'es Frares
1
es Riu de Pedra Fort
Pedra Fort
na Baixa
N
0
125
250
m
Urbanización sa Torre
Urbanización
Badia Blava
Urbanización
Badia Gran
Mallorca

CLASIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA

- 1-A: Costas rocosas altas y acantilados expuestos a zonas de elevada energía
- 1-B: Estructuras artificiales expuestas a zonas de elevada energía.
- 1-C: Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base expuestas a zonas de elevada energía.
- 2: Costas rocosas bajas expuestas.
- 3-A: Playas formadas por arenas finas y de grano medio.
- 3-B: Escarpes y costas de perfil escalonado formadas por conglomerados, arenas, limos y arcillas y por litologías calcareníticas.
- 4: Playas formadas por arenas gruesas.
- 5: Playas mixtas, formadas por arenas y gravas.
- 6-A: Playas de gravas, cantos y bloques.
- 6-B: Costas rocosas bajas expuestas, de perfil escalonado y cóncavo con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos. (Incluye rompeolas artificiales).
- 7-A: Costas rocosas de altura variable en zonas de baja energía.
- 7-B: Estructuras artificiales localizadas en zonas de baja energía.
- 7-C: Costas rocosas bajas con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos en zonas de baja energía. Incluye (rompeolas artificiales).
- 7-D: Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base localizadas en zonas de baja energía.
- 8-A: Playas formadas por fangos y arenas en zonas de baja energía.

USO HUMANO

- rampa para embarcaciones
- mecánico motor
- primeros auxílios
- práctica de windsurf - kitesurf
- práctica del surf
- punto de inmersión - interés submarino
- zona de pesca recreacional
- muelle - embarcadero
- piscifactorias - centros de cría y recuperación especies marinas
- puerto comercial
- puerto pesquero
- base naval militar
- club náutico/puerto deportivo/marina
- aeropuerto
- yacimiento arqueológico
- yacimiento arqueológico submarino
- playas
- zona de fondeo
- emisario submarino
- duchas
- pórtico elevador
- información meteorológica
- gasolinera - repostar fuel
- toma de electricidad
- varadero
- sanitarios - aseos
- servicio de grúa
- toma de agua potable

CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA

plantas

- *1: Convulvulus valentinus subsp. suffruticosus*
- *2: Helianthemum caput-felis*
- *3: Launaea cervicornis*
- *4: Limonium barceloi*
- *5: Limonium leonardi-llorensii*
- *6: Limonium ssp.*
- *7: Medicago citrina*
- *8: Pancratium maritimum*
- *9: Tymelaea velutina*
- *10: Marsilea strigosa*

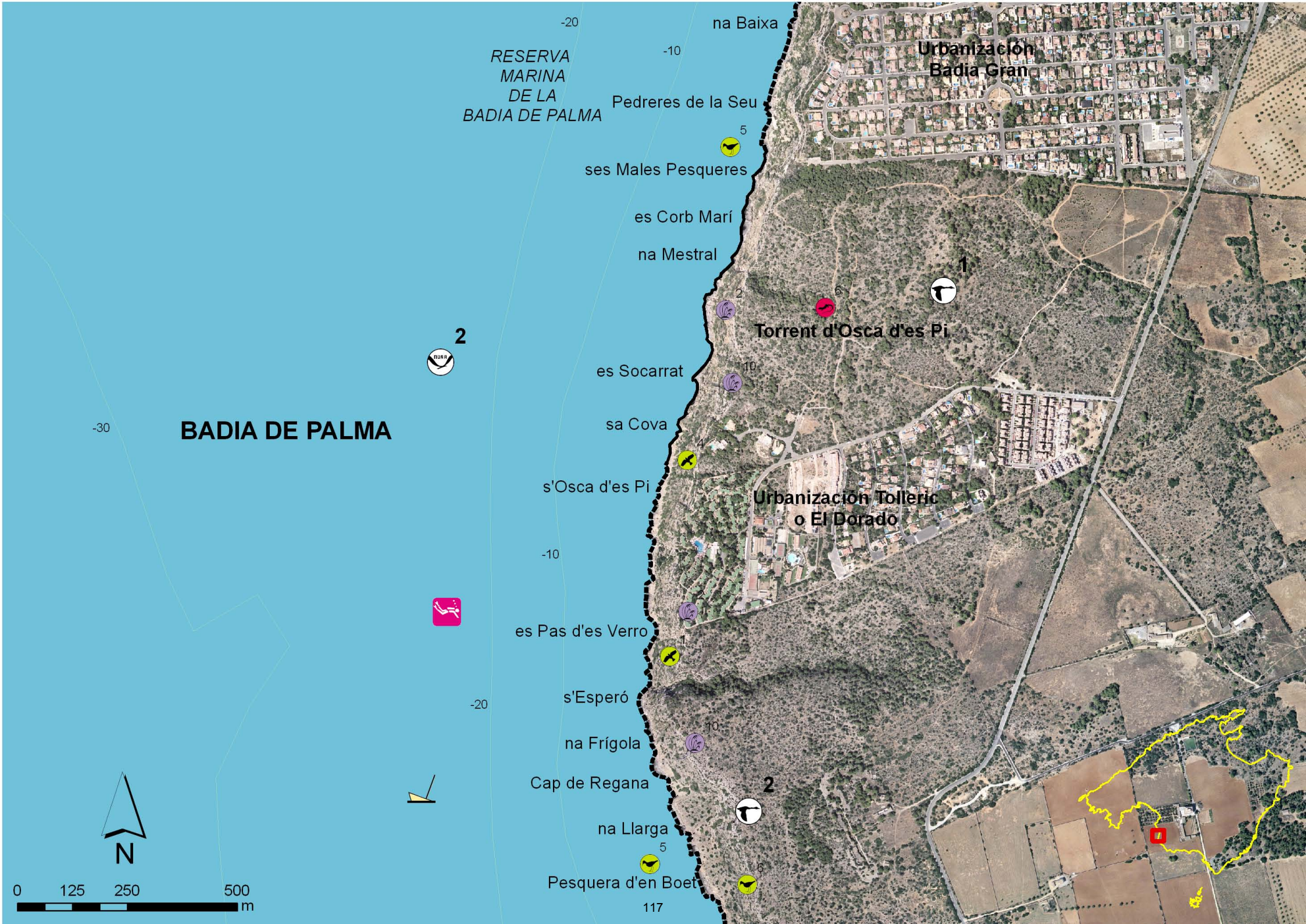
aves

- *1: Falco peregrinus*
- *2: Larus audouinii*
- *3: Larus michahellis*
- *4: Pandion haliaetus*
- *5: Phalacrocorax aristotelis ssp. desmarestii*
- *6: Sylvia balearica / Sylvia undata*

reptiles y anfibios

- *1: Emys orbicularis*
- *2: Podarcis pityusensis*
- *3: Podarcis lilfordi*
- *4: Testudo hermanni*
- *5: Testudo graeca subsp. graeca*
- *6: Bufo viridis*

- 1: Protección marina (reserva marina)
- 2: Protecciones marinas (reserva & R.N. 2000)
- 1: protección terrestre (R.N. 2000 o LEN 1/1991)
- 2: protecciones terrestres (R.N. 2000 y LEN 1/1991)


na Baixa
-20
-10
RESERVA
MARINA
DE LA
BADIA DE PALMA
Pedreres de la Seu
5
ses Males Pesqueres
es Corb Marí
na Mestral
Urbanización
Badia Gran
1
2
6
Torrent d'Osca d'es Pi
2
es Socarrat
10
-30
BADIA DE PALMA
sa Cova
4
s'Osca d'es Pi
Urbanización Tolleric
o El Dorado
-10
2
es Pas d'es Verro
1
s'Esperó
-20
10
na Frígola
Cap de Regana
2
na Llarga
5
6
Pesquera d'en Boet
117
N
0
125
250
500
m

CLASIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA

- 1-A: Costas rocosas altas y acantilados expuestos a zonas de elevada energía
- 1-B: Estructuras artificiales expuestas a zonas de elevada energía.
- 1-C: Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base expuestas a zonas de elevada energía.
- 2: Costas rocosas bajas expuestas.
- 3-A: Playas formadas por arenas finas y de grano medio.
- 3-B: Escarpes y costas de perfil escalonado formadas por conglomerados, arenas, limos y arcillas y por litologías calcareníticas.
- 4: Playas formadas por arenas gruesas.
- 5: Playas mixtas, formadas por arenas y gravas.
- 6-A: Playas de gravas, cantos y bloques.
- 6-B: Costas rocosas bajas expuestas, de perfil escalonado y cóncavo con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos. (Incluye rompeolas artificiales).
- 7-A: Costas rocosas de altura variable en zonas de baja energía.
- 7-B: Estructuras artificiales localizadas en zonas de baja energía.
- 7-C: Costas rocosas bajas con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos en zonas de baja energía. Incluye (rompeolas artificiales).
- 7-D: Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base localizadas en zonas de baja energía.
- 8-A: Playas formadas por fangos y arenas en zonas de baja energía.

USO HUMANO

- rampa para embarcaciones
- mecánico motor
- primeros auxílios
- práctica de windsurf - kitesurf
- práctica del surf
- punto de inmersión - interés submarino
- zona de pesca recreacional
- muelle - embarcadero
- piscifactorias - centros de cría y recuperación especies marinas
- puerto comercial
- puerto pesquero
- base naval militar
- club náutico/puerto deportivo/marina
- aeropuerto
- yacimiento arqueológico
- yacimiento arqueológico submarino
- playas
- zona de fondeo
- emisario submarino
- duchas
- pórtico elevador
- información meteorológica
- gasolinera - repostar fuel
- toma de electricidad
- varadero
- sanitarios - aseos
- servicio de grúa
- toma de agua potable

CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA

plantas

- *1: Convulvulus valentinus subsp. suffruticosus*
- *2: Helianthemum caput-felis*
- *3: Launaea cervicornis*
- *4: Limonium barceloi*
- *5: Limonium leonardi-llorensii*
- *6: Limonium ssp.*
- *7: Medicago citrina*
- *8: Pancratium maritimum*
- *9: Tymelaea velutina*
- *10: Marsilea strigosa*

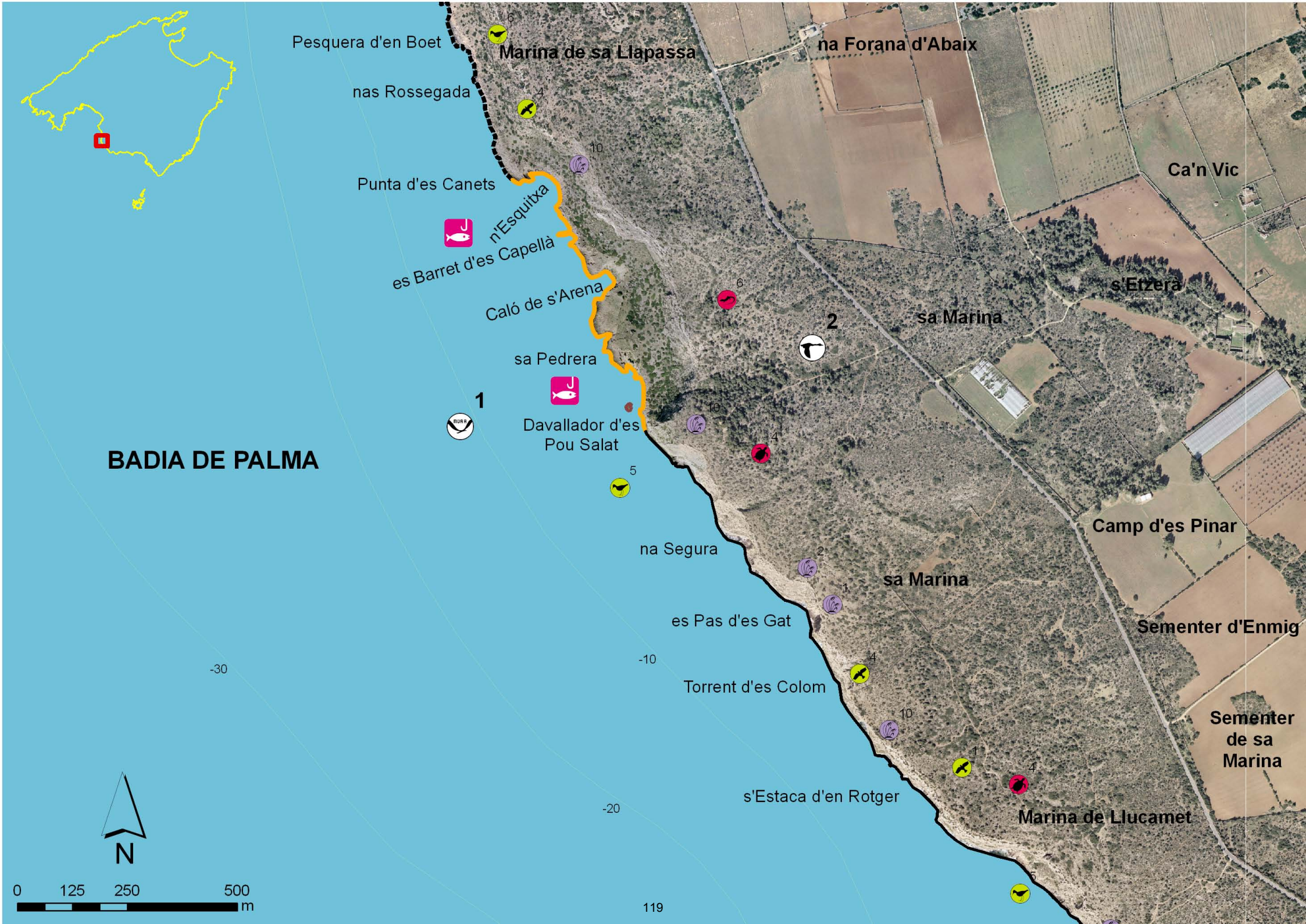
aves

- *1: Falco peregrinus*
- *2: Larus audouinii*
- *3: Larus michahellis*
- *4: Pandion haliaetus*
- *5: Phalacrocorax aristotelis ssp. desmarestii*
- *6: Sylvia balearica / Sylvia undata*

reptiles y anfibios

- *1: Emys orbicularis*
- *2: Podarcis pityusensis*
- *3: Podarcis lilfordi*
- *4: Testudo hermanni*
- *5: Testudo graeca subsp. graeca*
- *6: Bufo viridis*

- 1: Protección marina (reserva marina)
- 2: Protecciones marinas (reserva & R.N. 2000)
- 1: protección terrestre (R.N. 2000 o LEN 1/1991)
- 2: protecciones terrestres (R.N. 2000 y LEN 1/1991)


Pesquera d'en Boet
Marina de sa Llapassa
na Forana d'Abaix
nas Rossegada
Punta d'es Canets
n'Esquitxa
es Barret d'es Capellà
Caló de s'Arena
Ca'n Vic
s'Etzerà
sa Marina
2
sa Pedrera
1
Davallador d'es
Pou Salat
BADIA DE PALMA
na Segura
Camp d'es Pinar
sa Marina
es Pas d'es Gat
Sementer d'Enmig
-30
-10
Torrent d'es Colom
Sementer
de sa
Marina
s'Estaca d'en Rotger
-20
Marina de Llucamet
N
0
125
250
500
m
119

CLASIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA

- 1-A: Costas rocosas altas y acantilados expuestos a zonas de elevada energía
- 1-B: Estructuras artificiales expuestas a zonas de elevada energía.
- 1-C: Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base expuestas a zonas de elevada energía.
- 2: Costas rocosas bajas expuestas.
- 3-A: Playas formadas por arenas finas y de grano medio.
- 3-B: Escarpes y costas de perfil escalonado formadas por conglomerados, arenas, limos y arcillas y por litologías calcareníticas.
- 4: Playas formadas por arenas gruesas.
- 5: Playas mixtas, formadas por arenas y gravas.
- 6-A: Playas de gravas, cantos y bloques.
- 6-B: Costas rocosas bajas expuestas, de perfil escalonado y cóncavo con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos. (Incluye rompeolas artificiales).
- 7-A: Costas rocosas de altura variable en zonas de baja energía.
- 7-B: Estructuras artificiales localizadas en zonas de baja energía.
- 7-C: Costas rocosas bajas con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos en zonas de baja energía. Incluye (rompeolas artificiales).
- 7-D: Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base localizadas en zonas de baja energía.
- 8-A: Playas formadas por fangos y arenas en zonas de baja energía.

USO HUMANO

- rampa para embarcaciones
- mecánico motor
- primeros auxílios
- práctica de windsurf - kitesurf
- práctica del surf
- punto de inmersión - interés submarino
- zona de pesca recreacional
- muelle - embarcadero
- piscifactorias - centros de cría y recuperación especies marinas
- puerto comercial
- puerto pesquero
- base naval militar
- club náutico/puerto deportivo/marina
- aeropuerto
- yacimiento arqueológico
- yacimiento arqueológico submarino
- playas
- zona de fondeo
- emisario submarino
- duchas
- pórtico elevador
- información meteorológica
- gasolinera - repostar fuel
- toma de electricidad
- varadero
- sanitarios - aseos
- servicio de grúa
- toma de agua potable

CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA

plantas

- *1: Convulvulus valentinus subsp. suffruticosus*
- *2: Helianthemum caput-felis*
- *3: Launaea cervicornis*
- *4: Limonium barceloi*
- *5: Limonium leonardi-llorensii*
- *6: Limonium ssp.*
- *7: Medicago citrina*
- *8: Pancratium maritimum*
- *9: Tymelaea velutina*
- *10: Marsilea strigosa*

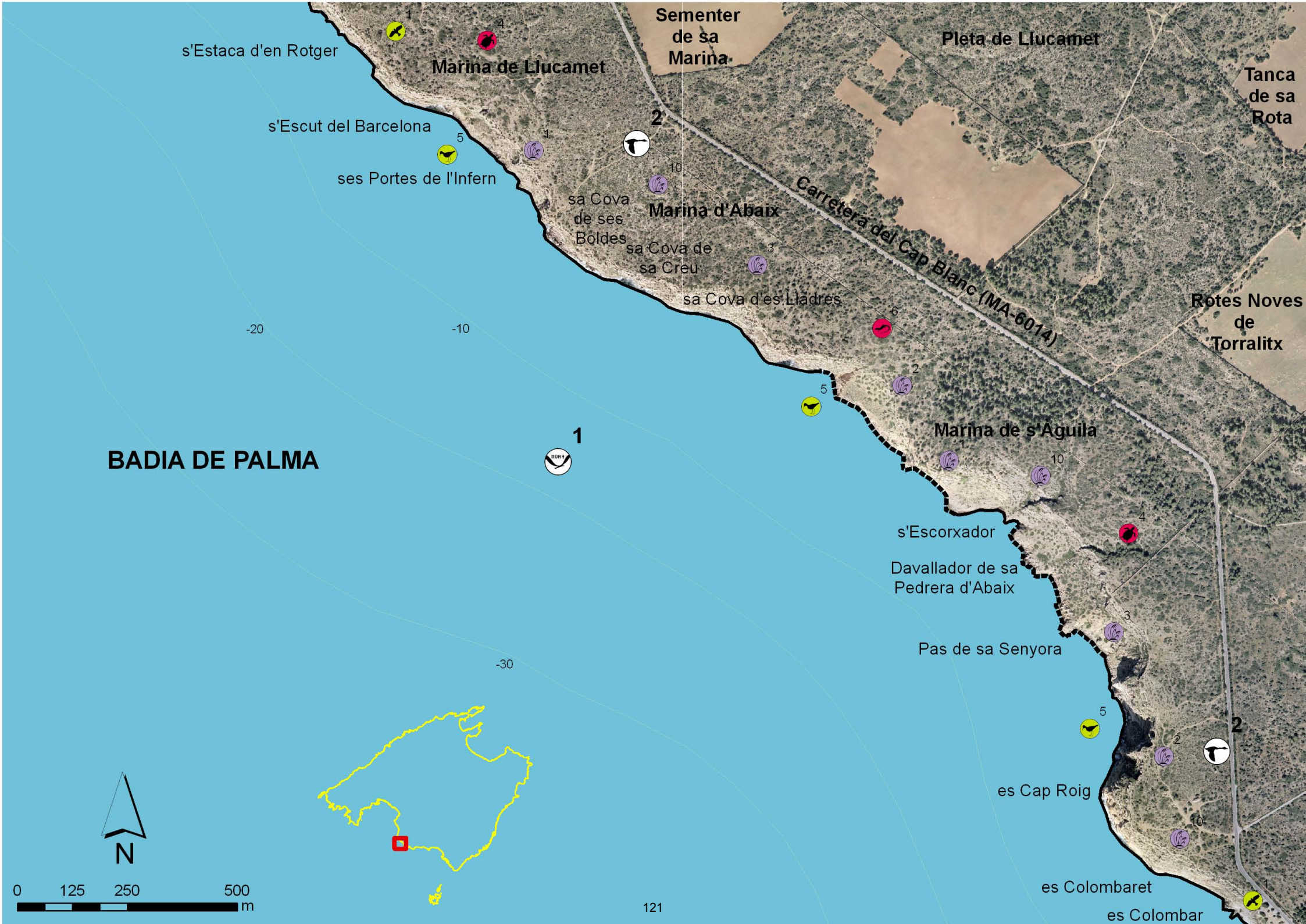
aves

- *1: Falco peregrinus*
- *2: Larus audouinii*
- *3: Larus michahellis*
- *4: Pandion haliaetus*
- *5: Phalacrocorax aristotelis ssp. desmarestii*
- *6: Sylvia balearica / Sylvia undata*

reptiles y anfibios

- *1: Emys orbicularis*
- *2: Podarcis pityusensis*
- *3: Podarcis lilfordi*
- *4: Testudo hermanni*
- *5: Testudo graeca subsp. graeca*
- *6: Bufo viridis*

- 1: Protección marina (reserva marina)
- 2: Protecciones marinas (reserva & R.N. 2000)
- 1: protección terrestre (R.N. 2000 o LEN 1/1991)
- 2: protecciones terrestres (R.N. 2000 y LEN 1/1991)


s'Estaca d'en Rotger
Marina de Llucamet
Sementer de sa Marina
Pleta de Llucamet
Tanca de sa Rota
s'Escut del Barcelona
ses Portes de l'Infern
sa Cova de ses Boldes
Marina d'Abaix
Carretera del Cap Blanc (MA-6014)
sa Cova de sa Creu
sa Cova d'es Lladres
Rotes Noves de Torralitx
BADIA DE PALMA
Marina de s'Aguila
s'Escorxador
Davallador de sa Pedrera d'Abaix
Pas de sa Senyora
es Cap Roig
es Colombaret
es Colombar
-20
-10
-30
N
0
125
250
500
m
121

CLASIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA

- 1-A: Costas rocosas altas y acantilados expuestos a zonas de elevada energía
- 1-B: Estructuras artificiales expuestas a zonas de elevada energía.
- 1-C: Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base expuestas a zonas de elevada energía.
- 2: Costas rocosas bajas expuestas.
- 3-A: Playas formadas por arenas finas y de grano medio.
- 3-B: Escarpes y costas de perfil escalonado formadas por conglomerados, arenas, limos y arcillas y por litologías calcareníticas.
- 4: Playas formadas por arenas gruesas.
- 5: Playas mixtas, formadas por arenas y gravas.
- 6-A: Playas de gravas, cantos y bloques.
- 6-B: Costas rocosas bajas expuestas, de perfil escalonado y cóncavo con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos. (Incluye rompeolas artificiales).
- 7-A: Costas rocosas de altura variable en zonas de baja energía.
- 7-B: Estructuras artificiales localizadas en zonas de baja energía.
- 7-C: Costas rocosas bajas con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos en zonas de baja energía. Incluye (rompeolas artificiales).
- 7-D: Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base localizadas en zonas de baja energía.
- 8-A: Playas formadas por fangos y arenas en zonas de baja energía.

USO HUMANO

- rampa para embarcaciones
- mecánico motor
- primeros auxílios
- práctica de windsurf - kitesurf
- práctica del surf
- punto de inmersión - interés submarino
- zona de pesca recreacional
- muelle - embarcadero
- piscifactorias - centros de cría y recuperación especies marinas
- puerto comercial
- puerto pesquero
- base naval militar
- club náutico/puerto deportivo/marina
- aeropuerto
- yacimiento arqueológico
- yacimiento arqueológico submarino
- playas
- zona de fondeo
- emisario submarino
- duchas
- pórtico elevador
- información meteorológica
- gasolinera - repostar fuel
- toma de electricidad
- varadero
- sanitarios - aseos
- servicio de grúa
- toma de agua potable

CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA

plantas

- *1: Convulvulus valentinus subsp. suffruticosus*
- *2: Helianthemum caput-felis*
- *3: Launaea cervicornis*
- *4: Limonium barceloi*
- *5: Limonium leonardi-llorensii*
- *6: Limonium ssp.*
- *7: Medicago citrina*
- *8: Pancratium maritimum*
- *9: Tymelaea velutina*
- *10: Marsilea strigosa*

aves

- *1: Falco peregrinus*
- *2: Larus audouinii*
- *3: Larus michahellis*
- *4: Pandion haliaetus*
- *5: Phalacrocorax aristotelis ssp. desmarestii*
- *6: Sylvia balearica / Sylvia undata*

reptiles y anfibios

- *1: Emys orbicularis*
- *2: Podarcis pityusensis*
- *3: Podarcis lilfordi*
- *4: Testudo hermanni*
- *5: Testudo graeca subsp. graeca*
- *6: Bufo viridis*

- 1: Protección marina (reserva marina)
- 2: Protecciones marinas (reserva & R.N. 2000)
- 1: protección terrestre (R.N. 2000 o LEN 1/1991)
- 2: protecciones terrestres (R.N. 2000 y LEN 1/1991)

es Colombar
es Colombaret
Davallador de sa Senyora
Partió de s'Àguila
sa Rota Gran
sa Raconada de Betlem
sa Marina
ses Argiles Petites
ses Camades
Camp d'es Pi
BADIA DE PALMA
sa Sivina
carretera abandonada
Camp de Mar
Morro de sa Vaca
Coll de s'Ego
Far d'es Cap Blanc
es Cap Blanc
sa Torre d'es Cap Blanc
es Bancals
ses Pedreres
Punta de Cap de Mar
Cotimpla
Cova d'es Ossos
es Carril
RESERVA MARINA DE MIGJORN
-10
-20
-30
-40
1
2
N
0
125
250
500
m

ANEXO 2:

Conexión y compatibilidad con aspectos relacionados con la caracterización espacial de la zona costera de acuerdo con una iniciativa de Gestión Integrada de Zonas Costeras y Marinas (*GIZCM*).

Anexo 2

Este trabajo presenta una gran relación con trabajos y estudios sobre Gestión Integrada de Áreas Costeras y Marinas (GIZCM) (**Anexo 2**), concretamente con la delimitación del espacio costero de acuerdo con una iniciativa GIZCM (Balaguer *et al.*, 2008). La correspondencia con la delimitación de las zonas costeras se basa en que la caracterización del litoral de acuerdo con su sensibilidad ambiental constituye una herramienta de decisión de cara a la gestión de la línea de costa durante un evento de contaminación tanto de origen marino (p.e. vertido de hidrocarburos) como de origen terrestre/continental (p.e. aguas de escorrentía superficial o subterránea que contengan elementos contaminantes).

Los métodos y criterios propuestos en el trabajo de Balaguer *et al.*, (2008) se basan en el establecimiento de Unidades Litorales (ULs). Las ULs representan los diferentes tipos de organización y/o desarrollo natural y humano de la zona costera. En la Badia de Palma se diferencias 16 ULs (de W a E son: 1) Cala Figuera, 2) Portals Vells, 3) Cala Falcó, 4) Palmanova-Magaluf, 5) Portals Nous, 6) Illetes-Sant Agustí, 7) Palma, 8) Molinar-Coll d'en Rabassa, 9) es carnatge, 10) Platja de Palma, 11) Son Verí-Cala Blava, 12) Cap Enderrocat, 13) Urbanizaciones de Llucmajor, 14) Torrent d'Osca d'es Pi, 15) Tolleric-El Dorado y 16) Cap Blanc, Figura 6.2). Cada una de las UL presenta un área funcional que representan las zonas que pueden recibir o ejercer influencia tanto sobre el medio terrestre como sobre el medio marino y viceversa.

Las áreas funcionales (determinadas por las cuencas drenaje que desembocan sobre la UL) pueden transportar sustancias contaminantes (con características parecidas a los hidrocarburos) sobre la línea de costa. La línea de costa, de acuerdo con su SA, tendrá una mayor i menor tendencia a incorporar dichas sustancias en los materiales que la conforman. Dependiendo de su textura, porosidad, altura y grado de exposición al oleaje las sustancias contaminantes tendrán mayor o menor tendencia de incorporarse a la estructura de los materiales de la línea de costa y mayor o menor tiempo de resiliencia.

El trabajo monográfico con el título Caracterización Espacial de la Badia de Palma ofrece información detallada sobre los criterios y métodos utilizados para el establecimiento de las ULs y áreas funcionales y su aplicación específica sobre la Badia de Palma. En la figura A.2.1 se puede observar la distribución de las diferentes ULs de la Badia de Palma y en la figura A.2.2 se muestran las áreas funcionales (áreas de influencia) del conjunto de Uls de la Badia de Palma. Las Figuras A2.3 y A.2.4 muestran la relación de tipos de costa, de acuerdo con su sensibilidad, para cada UL de la Badia de Palma. El conocimiento, lo más exhaustivo posible, de los diferentes tipos de costa (de acuerdo con su sensibilidad) constituye una herramienta útil para la toma de decisiones en caso de contaminación procedente de áreas terrestres, además tener un carácter proactivo.

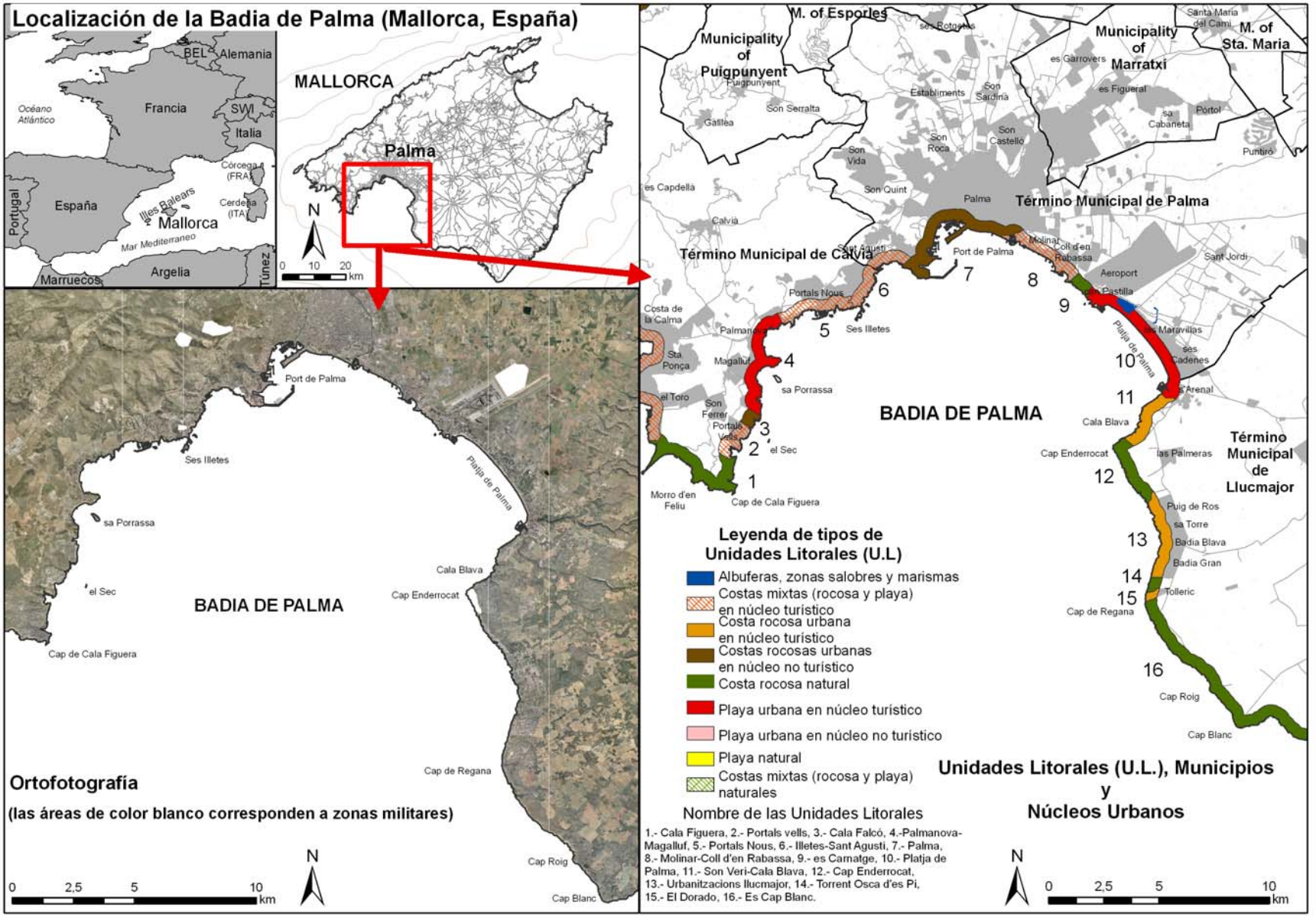


Figura A.2.1:

Distribución de las Unidades Litorales (ULs) de la Badia de Palma.

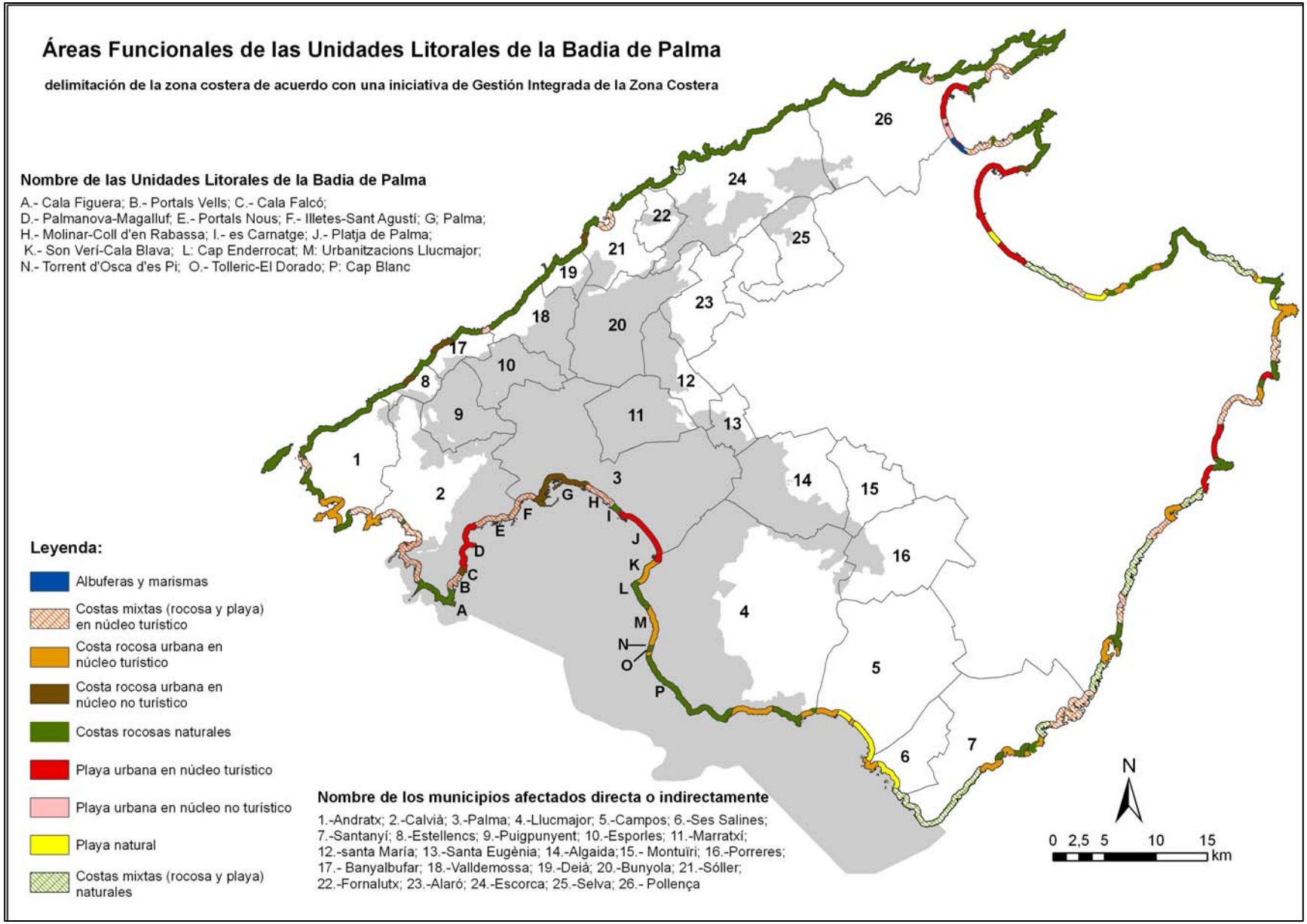


Figura A.2.2:

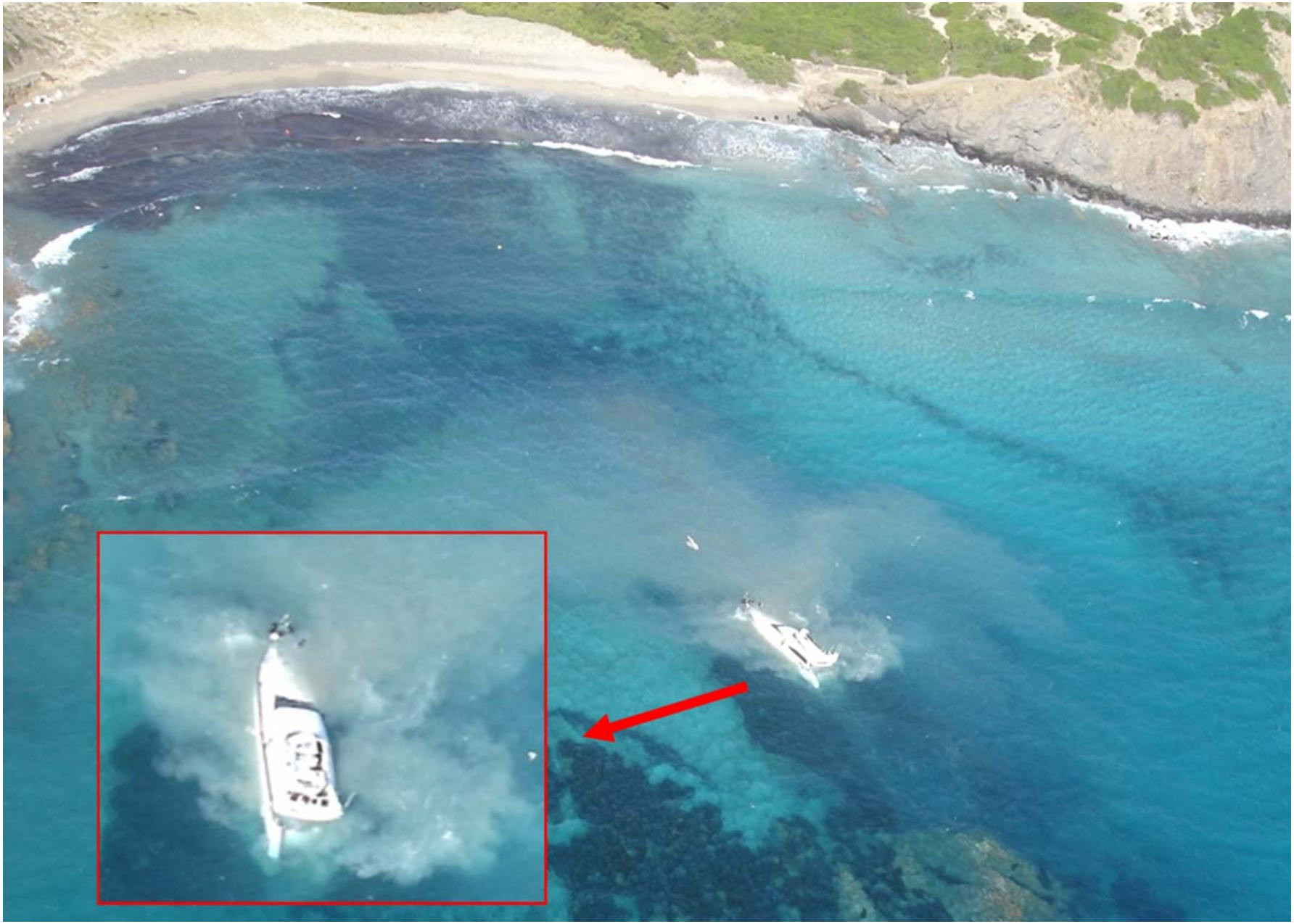
Área de Influencia de las ULs que constituyen la zona costera de la Badia de Palma. También se representan los límites de los municipios que poseen áreas de influencia de alguna de las 16 ULs de la bahía.

Tipo de costa	Descripción	Cala Figuera	Portals Vells	Cala Falcó	Plamanova - Magalluf	Portals Nous	Illetes - Sant Agustí	Palma Ciutat	Molinar-Coll d'en Rabassa
1-A	Costas rocosas altas y acantilados expuestos a zonas de elevada energía	2.433	1.152	1.236	2.345	247	1.207	2.205	719
1-B	Estructuras artificiales expuestas a zonas de elevada energía.				626				
1-C	Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base expuestas a zonas de elevada energía.				320	1.169	703		
2	Costas rocosas bajas expuestas.	35	370	212	518	679	950		
3-A	Playas formadas por arenas finas y de grano medio.	40	24	45	2.297	49	277		853
3-B	Escarpes y costas de perfil escalonado formadas por conglomerados, arenas, limos y arcillas y por litologías calcareníticas.		591	108	979	174			438
4	Playas formadas por arenas gruesas.				69			774	240
5	Playas mixtas, formadas por arenas y gravas.				250	113	20		114
6-A	Playas de gravas, cantos y bloques.				201	365		85	
6-B	Costas rocosas bajas expuestas, de perfil escalonado y cóncavo con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos. (Incluye rompeolas artifícales).		120		391	1.183	274	4.041	2.753
7-A	Costas rocosas de altura variable en zonas de baja energía.	561	1.251	253		770	4.194	56	91
7-B	Estructuras artificiales localizadas en zonas de baja energía.		241		1.137	4.094	1.965	25.800	5.515
7-C	Costas rocosas bajas con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos en zonas de baja energía. Incluye (rompeolas artificiales).				87	265			516
7-D	Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base localizadas en zonas de baja energía.				196	1.394	74		
8-A	Playas formadas por fangos y arenas en zonas de baja energía.		135			758	522		42
Longitud de costa (m)		3.069	3.884	1.854	9.417	11.258	10.186	32.960	11.281

Figura A.2.3:

Clasificación de la línea de costa de acuerdo con su sensibilidad ambiental de las mitad occidental de la Badia de Palma (desde UL de Cap de Cala Figuera hasta UL de Molinar - Coll d'en Rabassa).

Tipo de costa	Descripción	es Carnatge	Platja de Palma	Son Verí - Cala Blava	Cap Enderrocat	Urbanitzacions de Llucmajor	Torrent Osca d'es Pi	El Dorado	es Cap Blanc
1-A	Costas rocosas altas y acantilados expuestos a zonas de elevada energía	118		1.021	1.026	295	797		5.163
1-B	Estructuras artificiales expuestas a zonas de elevada energía.		135	150					
1-C	Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base expuestas a zonas de elevada energía.				58	1.675	20	461	2.422
2	Costas rocosas bajas expuestas.	92	864	760					44
3-A	Playas formadas por arenas finas y de grano medio.		5.295	80	30				
3-B	Escarpes y costas de perfil escalonado formadas por conglomerados, arenas, limos y arcillas y por litologías calcareníticas.	1.546	433	1.830	4.215	3.062			1.031
4	Playas formadas por arenas gruesas.								
5	Playas mixtas, formadas por arenas y gravas.	35	90						
6-A	Playas de gravas, cantos y bloques.	16							
6-B	Costas rocosas bajas expuestas, de perfil escalonado y cóncavo con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos. (Incluye rompeolas artifícales).		1.446						
7-A	Costas rocosas de altura variable en zonas de baja energía.								
7-B	Estructuras artificiales localizadas en zonas de baja energía.		5.850						
7-C	Costas rocosas bajas con presencia de bloques y/o playas de arenas y cantos en zonas de baja energía. Incluye (rompeolas artificiales).	196							
7-D	Costas rocosas altas con depósitos de derrubios y acumulación de bloques en la base localizadas en zonas de baja energía.								
8-A	Playas formadas por fangos y arenas en zonas de baja energía.								
Longitud de costa (m)		2.003	14.112	3.841	5.329	5.132	818	461	8.661

Figura A.2.4:

Clasificación de la línea de costa de acuerdo con su sensibilidad ambiental de las mitad oriental de la Badia de Palma (desde Ul de es Carnatge hasta UL de es Cap Blanc).