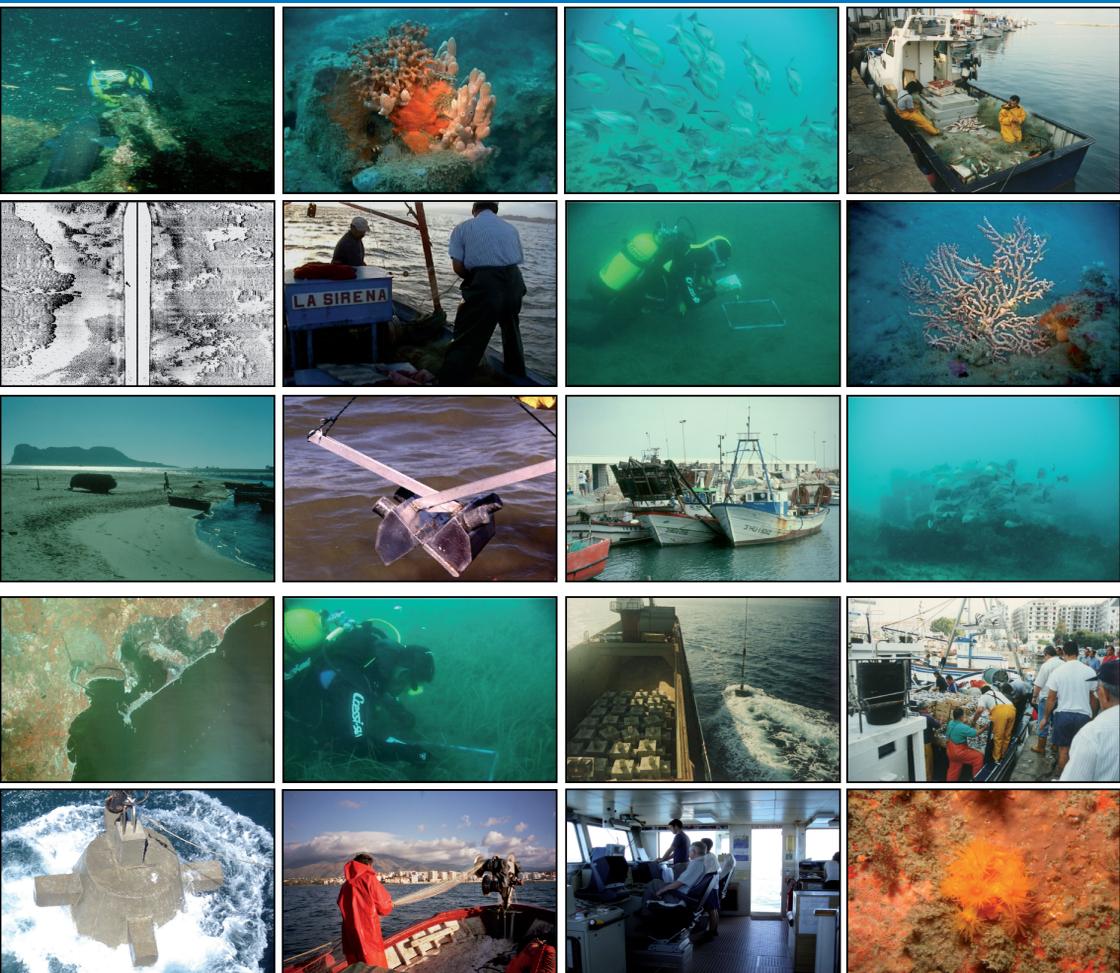


Los arrecifes artificiales en Andalucía



JUNTA DE ANDALUCÍA

Consejería de Agricultura y Pesca

LOS ARRECIFES ARTIFICIALES EN ANDALUCÍA

José Luis Daza Cordero

Rosario Vela Quiroga

Juan José García Rodríguez

Título: Los Arrecifes artificiales en Andalucía.

© Edita: Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca.

Publica: Dirección General de Planificación y Análisis de Mercados.
Servicio de Publicaciones y Divulgación.

Coordinación: Ildelfonso Márquez Pascual, Servicio de Ordenación de Recursos
Pesqueros y Acuícolas.

© Autores: José Luis Daza Cordero.

Rosario Vela Quiroga.

Juan José García Rodríguez.

Fotografías: José Luis Daza Cordero.

Fondo documental Empresa Pública Desarrollo Agrario y Pesquero, S.A.

Cartografía: Rafael Gálvez César.

ISBN: 978-84-8474-251-7

Depósito Legal: SE-5527-2008

Diseño, maquetación e impresión: Ideas, Exclusivas y Publicidad S.L.

PRESENTACIÓN

Las medidas de protección de los recursos pesqueros de los caladeros andaluces, así como las medidas de recuperación, que favorecen su regeneración y desarrollo, constituyen una herramienta decisiva para el ejercicio de una actividad pesquera sostenible.

Para alcanzar estos objetivos generales de protección y regeneración se necesita la colaboración de todos los sectores y administraciones relacionadas con la pesca; una actividad de gran importancia en Andalucía, tanto en el aspecto económico como social.

La instalación de arrecifes artificiales es promovida por las distintas Administraciones Públicas en sus tres niveles, nacional, autonómico y local, con el indispensable apoyo del sector pesquero andaluz. Asimismo, distintas Consejerías trabajan, en este sentido, para lograr una protección general del hábitat costero dando un enfoque ecosistémico a los proyectos de arrecifes artificiales.

La Consejería de Agricultura y Pesca, consciente de la importancia de adoptar medidas de protección, inició hace 20 años un ambicioso programa de acondicionamiento de la franja costera andaluza mediante la instalación de arrecifes artificiales en aguas interiores, con el objetivo de evitar las actividades ilegales y fomentar la concentración de los recursos pesqueros en nuestras costas.

El éxito de esta programación viene avalado por el incremento patente de determinadas especies de interés pesquero en zonas que se encontraban en un precario estado, debido principalmente a la sobreexplotación que estaban sufriendo. No obstante, este éxito no se hubiera conseguido sin la integración de estas actuaciones dentro de una política pesquera global, que mediante la declaración de una Reserva de Pesca en la desembocadura del Río Guadalquivir, la gestión de los caladeros mediante planes de pesca para las distintas modalidades pesqueras, así como una vigilancia cada vez más exhaustiva y dotada, puede propiciar un desarrollo del sector pesquero hacia una pesca rentable y sostenible.

Esta publicación recoge la trayectoria y el esfuerzo realizado durante estos años por mejorar la estrategia en la instalación de arrecifes artificiales en Andalucía, esperando que sirva de guía y punto de referencia para proyectos futuros en los cuales se aglutinen los esfuerzos de todos los actores implicados.

Martín Soler Márquez
CONSEJERO DE AGRICULTURA Y PESCA

PREFACIO

Esta publicación aborda por primera vez los aspectos fundamentales que convierten a los arrecifes artificiales en una herramienta de vital importancia para la protección y regeneración de los recursos pesqueros del litoral andaluz.

El libro, que se organiza en siete capítulos, comienza argumentando el beneficio que generan los arrecifes artificiales tanto para la actividad extractiva, como para el medio marino; haciendo especial referencia a su evolución histórica desde finales de los 80 hasta la actualidad.

En el primer apartado se repasa brevemente la normativa de aplicación, así como las condiciones que establece la legislación vigente respecto a la financiación, construcción e instalación de arrecifes.

El capítulo “Panorama Andaluz” muestra una visión general de las características propias del medio litoral andaluz, tanto en su vertiente física, como en su aspecto socioeconómico que, en última instancia, determinan la forma en que se realizará la gestión del litoral con arrecifes artificiales.

Las distintas fases o etapas que transcurren desde la elaboración de un proyecto de instalación hasta su ejecución final, y su posterior seguimiento científico, se recogen en “Acondicionamiento de la franja costera mediante la instalación de arrecifes artificiales”.

El quinto capítulo se dedica a describir exhaustivamente las características de los módulos instalados en nuestras costas; mientras que en el siguiente, se hace una revisión pormenorizada de cada uno de los arrecifes que jalonan nuestro litoral.

Para finalizar, se hace una breve mención a las actuaciones que esta Consejería tiene previsto acometer en un futuro, así como al desarrollo de otras aplicaciones vinculadas a los arrecifes artificiales.

Elvira Álvarez Yáñez
DIRECTORA GENERAL DE PESCA Y ACUICULTURA

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	9
Antecedentes	9
Fundamento ecológico	9
Evolución histórica	12
MARCO NORMATIVO	17
PANORAMA ANDALUZ	19
El medio físico	19
El sector pesquero	21
La flota pesquera	22
ACONDICIONAMIENTO DE LA FRANJA COSTERA MEDIANTE LA INSTALACIÓN DE ARRECIFES ARTIFICIALES	31
Preselección de las zonas	31
Estudio previo	32
Proyecto técnico	34
Concesión y autorización	35
Construcción e instalación	38
Seguimiento científico	43
Metodología y medios técnicos	46
TIPOLOGÍA, DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN DE LOS MÓDULOS ARRECIFALES	65
Tipología	65
Diseño	68
Distribución	77
ARRECIFES ARTIFICIALES INSTALADOS EN ANDALUCÍA	81
Arrecifes artificiales instalados por la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía en el litoral andaluz	81
Arrecife artificial de Conil de la Frontera (Cádiz)	83

Arrecife artificial de El Rompido (Huelva)	90
Arrecife artificial de la Desembocadura del Guadalquivir (Huelva)	93
Arrecife artificial de Isla Cristina (Huelva)	99
Arrecife artificial de Punta Calaburras-Desembocadura del río Guadalhorce (Málaga)	101
Arrecife artificial de Punta Sabinar-Punta Torrejón (Almería)	107
Arrecife artificial de Barbate (Cádiz)	109
Arrecife artificial de Torre Perdigal-Rambla de la Amoladera (Almería)	116
Arrecife artificial de Marbella-Cabo Pino (Málaga)	121
Arrecife artificial de Río Lagos-Punta de Torrox (Málaga)	125
Arrecife artificial de Puerto deportivo El Candado-Torre de Benagalbón (Málaga)	130
Arrecife artificial de Punta Baños-Marbella (Málaga)	134
Arrecife artificial de Punta Melonar-Torre Melisena (Granada)	137
Arrecife artificial de Punta Chullera-Torre Albelerín (Málaga)	143
Arrecife artificial de Punta Huarca-Rambla de Bolaños (Almería)	147
Arrecife artificial de Punta de Torrox-Torre de Maro (Málaga)	149
Arrecife artificial de Matalascañas (Huelva)	150
Arrecife artificial de La Línea (Cádiz)	151
Arrecife artificial de Maro-Cerro Gordo (Málaga-Granada)	152
Arrecife artificial de Algarrobo (Málaga)	156
Arrecife artificial de Calahonda (Granada)	157
Arrecife artificial de Adra (Almería)	158
Otros arrecifes artificiales instalados en la costa andaluza Arrecife artificial de Salobreña (Granada)	160

CONSIDERACIONES FINALES Y PERSPECTIVAS DE FUTURO167

Estructuras artificiales fondeadas	167
Tecnología	169
Evolución biológica y pesquera	170
Acciones complementarias y perspectivas de futuro	171

BIBLIOGRAFÍA175

ANEXOS189

INTRODUCCIÓN

Aunque pueden ser definidos de muchas formas, en general, se considera que los arrecifes artificiales son zonas marinas acondicionadas por el hombre, en cuyos fondos se instala un conjunto de elementos de diferentes formas y disposición. La creación de un arrecife artificial puede perseguir varias finalidades. En el caso de la pesca, los arrecifes artificiales se instalan con el objeto de proteger, regenerar y desarrollar los recursos pesqueros.

ANTECEDENTES

Desde antiguo es conocida la abundancia de pesca en las cercanías de rocas y barcos hundidos. Este fenómeno, popularmente conocido como “rincones de pesca” y, denominado científicamente “tigmotaxia”, puede definirse de una forma muy general, como la tendencia de los peces a acercarse a los objetos sumergidos en busca de alimento y refugio, lo que representa un efecto comparable al de un oasis, que atrae a su alrededor a la mayoría de las formas de vida cercanas.

El conocimiento de este singular fenómeno ha servido al hombre para favorecer el aumento de la presencia de peces en determinadas zonas y, por lo tanto, mejorar las pesquerías locales, mediante el diseño, construcción e instalación de diversas estructuras en los fondos marinos.

FUNDAMENTO ECOLÓGICO

La alta productividad de los fondos duros, unido a que representan un obstáculo para determinadas formas de pesca no permitidas en zonas específicamente establecidas, es la base sobre la que se fundamenta la filosofía de instalación de arrecifes artificiales. Desde el punto de vista de la productividad, la diversidad y abundancia de organismos vivos son notablemente superiores en fondos constituidos por sustratos duros. Este hecho favorece que las poblaciones que constituyen el recurso pesquero local puedan ser



Buzo realizando una inspección submarina en un fondo de sustrato blando.

explotadas racionalmente con mayores garantías de éxito, sin alterar la estabilidad del sistema. Tales sustratos, rodeados de importantes extensiones de fondos llanos constituidos por sustrato blando, retienen en su seno buena parte de las poblaciones existentes. Los residentes circunscritos a estas zonas permanecen en ella debido a dos estímulos fundamentales: el alimento y el refugio que encuentran en su interior.

Los fondos marinos infralitorales de sustrato blando soportan normalmente cadenas alimentarias cortas y cadenas naturales poco maduras, lo que se traduce, generalmente, en una reducida diversidad faunística, si bien, en algunos casos, la población marisqueira puede estar bien representada en estos lugares.

La acción de los arrastreros en estas zonas, en las que no encuentran obstáculos que impidan este tipo de pesca, incide directamente en las comunidades biológicas de los fondos degradando el ambiente que, ya de por sí, se caracteriza por su poca capacidad de regeneración.

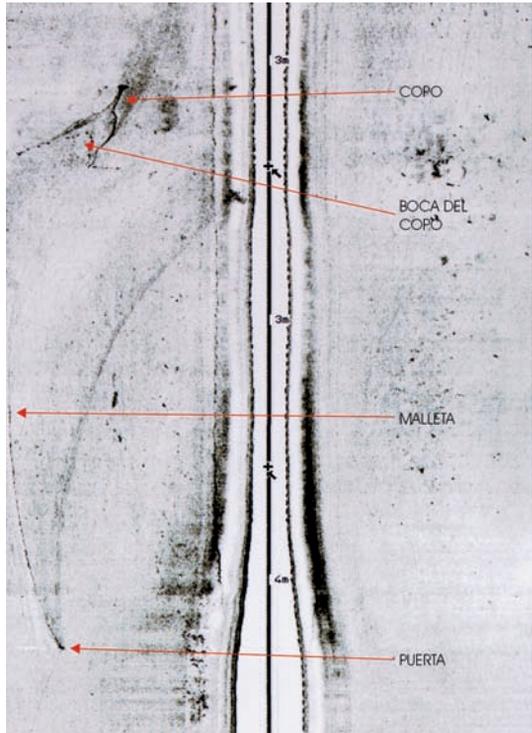


Imagen de SBL en la que se aprecia la acción de un arrastrero sobre el fondo marino.

El fondeo de módulos arrecifales supone la inclusión de barreras físicas que impiden, o al menos dificultan, las labores de pesca de arrastre ya que constituyen un serio riesgo de enganche para estos artes de pesca, lo que, en sí mismo resulta un elemento persuasivo que limita y frena la acción arrastrera en la zona. Además, tales sustratos, rodeados de importantes extensiones de fondos llanos constituidos por sustrato blando, actúan reteniendo en el seno del arrecife conformado buena parte de las poblaciones existentes.

La presencia de estructuras sólidas en este tipo de lugares permite la maduración del ecosistema con un progresivo enriquecimiento cualitativo y cuantitativo de la vegetación y fauna determinado por el incremento de la productividad primaria, el aumento de la biomasa, el alargamiento de la cadena trófica y el crecimiento general de la producción del sistema.



Banco de peces en fondos de sustrato duro, donde encuentran protección, alimento y una buena zona de reproducción.

La base de la cadena trófica está constituida por las algas bentónicas. En este sentido, la introducción de un sustrato sólido aumenta las posibilidades de desenvolvemento de estos productores al ofrecerles un medio adecuado para su fijación, aumentando a su vez, considerablemente, la biomasa de los consumidores, debido a la explotación que hacen de un ecosistema más evolucionado que aquel en el que es necesario una exagerada disputa por el escaso recurso.

Los organismos detritívoros transfieren la energía desde distintos niveles tróficos a través de los microorganismos, alargando y aumentando la complejidad de la cadena trófica. Los peces, próximos a la cumbre de la pirámide energética, son buenos indicadores del aumento de la complejidad del ecosistema tras la implantación de arrecifes artificiales, y son excelentes elementos de valoración de la productividad del ecosistema.

Desde el punto de vista de la teoría ecológica, los modelos cercanos a la fase “clímax”, propia de sistemas maduros, facilitan la regeneración y disposición de un mayor volumen de energía libre, lo que favorece unas condiciones idóneas para el aprovechamiento del sistema. La explotación del recurso pesquero centrado en especies de interés comercial requiere un ecosistema maduro. La instalación de arrecifes artificiales contribuye a alcanzar estas condiciones ambientales.

Por lo tanto, se puede resumir el principio ecológico de la siguiente forma: Una estructura sumergida interactúa con el medio acuático creando zonas de fijación

y abrigo. Los organismos sésiles que circulan con la corriente en sus fases larvianas planctónicas encuentran una superficie para fijarse y desarrollarse. El arrecife es colonizado en primer lugar por algas e invertebrados sésiles que se fijan en sus estructuras, posteriormente se incorporarán otros elementos faunísticos vágiles como crustáceos y peces de roca. Estos y otros organismos realizarán allí sus puestas y los grandes peces encontrarán en la zona un lugar donde, protegerse, alimentarse y reproducirse. Así, el arrecife puede crear sobre una zona casi desierta un sistema con toda su cadena alimenticia. El arrecife funciona pues, como una “trampa de energía” y los nutrientes que, de otra forma serían arrastrados hasta los sedimentos de fondos oceánicos e inmovilizados, quizás durante miles de años, son reciclados e incorporados a la cadena trófica.

Las civilizaciones asentadas en zonas costeras han utilizado, en mayor o menor grado, objetos sumergidos como forma de atracción de pesca. Tal práctica, ejecutada con asiduidad y transmitida de generación en generación, propiciaba la formación de sustratos duros, ricos en cavidades donde antes sólo había un fondo llano. El empleo de un conjunto de materiales, tan simples como heterogéneos, permitió, en algunos casos, mantener el esfuerzo pesquero de forma sostenible.

El concepto de arrecife artificial, tal y como se concibe hoy día, no es por tanto nuevo, miles de años más tarde, con más conocimientos y mejor tecnología, continuamos imitando a nuestros antepasados.

EVOLUCIÓN HISTÓRICA

Experiencia mundial

Una de las primeras experiencias documentadas de creación de arrecifes artificiales en el siglo XX data de 1935 y se sitúa en las costas estadounidenses de New Jersey, donde fueron sumergidos varios barcos junto con materiales de desecho, con la finalidad de regenerar la población piscícola de la zona. A partir de entonces, muchos han sido los intentos de creación de hábitats artificiales con la finalidad de servir de atractores de peces pero, no es hasta 1959 cuando realmente se inicia la carrera por el desarrollo tecnológico de los arrecifes artificiales. Durante este año se fondearon en las costas de California varias toneladas de coches viejos y autobuses que, tras los estudios posteriores, demostraron contribuir eficazmente al aumento de la riqueza piscícola de la zona.

Este éxito inicial atrajo los medios económicos necesarios para ensayar distintos materiales (fibrocemento, neumáticos, bloques de piedra, etc.) y emplazamientos. Comenzaron a generalizarse desde ese momento en el mundo todo tipo de experiencias al respecto, iniciándose diversas líneas investigación en las que destacan Estados Unidos y Japón sobre el resto de los países. En este sentido,

puede afirmarse que cada país desarrolla líneas de investigación propias, con planteamientos y objetivos diferentes.

Cabe destacar que en Estados Unidos, las investigaciones y actuaciones referentes a arrecifes artificiales han estado principalmente dirigidas al desarrollo turístico y deportivo. Para ello, los materiales fondeados procedían generalmente de desecho (coches, barcos, aviones, plataformas, etc.). En general, los proyectos han sido financiados mayoritariamente por la iniciativa privada, que también ha patrocinado la investigación.

Por otra parte, Japón, que comienza su experiencia en instalación de arrecifes artificiales casi al mismo tiempo que Estados Unidos, apuesta por objetivos bien distintos. En este caso, los arrecifes artificiales han estado destinados casi exclusivamente a favorecer la pesca comercial y los proyectos se han encuadrado en programas estatales que los impulsan mediante fuertes ayudas económicas, que posibilitan la instalación y la permanente investigación a través del seguimiento de los arrecifes. Aunque al principio se utilizaron también elementos de desecho de diversa procedencia, esto se ha ido abandonando en favor del diseño de estructuras arrecifales entre las que existen diferentes tipos según la finalidad de cada arrecife artificial, llegando a crear estructuras específicas para diferentes especies objetivo, suplementado con la repoblación de estadios juveniles de estas especies. Es en este país donde la tecnología e investigación sobre arrecifes artificiales están más avanzadas.

Actualmente, existen empresas de ámbito mundial que trabajan en el diseño y construcción de diferentes módulos arrecifales para su comercialización.

Experiencia europea

El concepto europeo de arrecife artificial se centra básicamente en la protección y la potenciación de los recursos pesqueros. En muchos países ribereños, la instalación de arrecifes artificiales surge, en gran medida, de la necesidad de proteger zonas litorales frente a actividades pesqueras ilegales, principalmente el arrastre en zonas no permitidas, dado que se trata de una modalidad no selectiva que puede influir negativamente en la explotación sostenible del recurso pesquero.

Quizás, los dos países europeos que antes se interesaron por la instalación de arrecifes artificiales en sus costas fueron Italia y Francia. Desde 1950, muchas iniciativas individuales empezaron a desarrollarse en Italia, aunque estas carecían de un verdadero apoyo científico. A partir de los años 70, algunos de los proyectos promovidos fueron apoyados científicamente y encaminados a establecer estrategias de manejo y gestión de las zonas litorales. Estas iniciativas fueron definitivamente impulsadas desde los años 80 hasta nuestros días. En Francia se

crearon grupos de trabajo para desarrollar investigaciones referentes a arrecifes artificiales, la mayoría enfocadas a la protección del medio marino y al intento de reconstrucción de la productividad de éste.

Actualmente, países como Portugal y España, entre otros, desarrollan, con el apoyo de la Unión Europea, actuaciones de acondicionamiento de la franja costera mediante la instalación de arrecifes artificiales para la protección y regeneración de los recursos pesqueros litorales.

Experiencia española

En España los arrecifes artificiales surgen como estructuras destinadas a proteger y potenciar zonas de interés ecológico y pesquero, estructuras que presentan posibilidades de explotación pesquera que podrían ayudar a recuperar la capacidad de producción de nuestros propios caladeros.

La experiencia de creación de arrecifes artificiales en España se remonta al año 1979 con el denominado “Proyecto Escórpora”, desarrollado en Cataluña. Este pionero proyecto, de carácter experimental, utilizó materiales de desecho y algunos prefabricados. Posteriormente se realizaron otras experiencias en el País Vasco, las Islas Canarias y Galicia.

Además del fondeo de estructuras para la protección y regeneración del recurso pesquero litoral, otro aspecto interesante es la instalación de arrecifes artificiales para la protección de zonas de interés medioambiental, tales como praderas de *Posidonia oceanica* y, en general, de fanerógamas marinas. Desde este punto de vista, es de destacar el caso de la isla de Tabarca en Alicante, donde se instaló un arrecife artificial para proteger el entorno submarino de la isla que, posteriormente fue declarado espacio protegido. Existen además, numerosas zonas repartidas por el litoral español donde ya se han instalado estructuras artificiales para la protección de estas praderas marinas y la regeneración del ecosistema asociado a ellas.

La Unión Europea ha adoptado, desde 1986, Reglamentos que potencian el desarrollo de programas de regeneración pesquera mediante la instalación de arrecifes artificiales, con la finalidad de proteger las zonas costeras mediante la instalación de estructuras artificiales construidas a tal efecto y que faciliten la repoblación pesquera, permitiendo después de un periodo de tiempo, la explotación sostenible de los recursos de dichas zonas.

En aplicación de estas medidas y aprovechando el apoyo de la Unión Europea, en 1986 se instalaron los primeros arrecifes artificiales en las costas españolas, cuyos titulares eran las Administraciones Públicas: Administración del Estado, Comunidades Autónomas y Ayuntamientos, con el objetivo principal de aumentar la producción pesquera de su plataforma continental y ayudar a recuperar la

capacidad de producción de los caladeros, así como de proteger y potenciar zonas de interés ecológico y pesquero, y servir de repoblación a las áreas circundantes.

La escasez de recursos y el consiguiente agotamiento de los caladeros, producido por un continuado y excesivo esfuerzo pesquero, inducen a gran parte de la flota pesquera de nuestro litoral a efectuar pescas sobre fondos no permitidos.

La Administración, sensible al efecto devastador de este tipo de actuaciones, ha optado por la instalación de barreras físicas, constituidas por módulos de protección antiarrastré, que impiden el acceso de los artes de arrastre a los caladeros vedados. Estas barreras se complementan con el fondeo de estructuras diseñadas para favorecer la atracción y concentración de los organismos vivos. Estos elementos facilitan el establecimiento de comunidades biológicas y, por consiguiente, favorecen el incremento de la diversidad biológica de la zona, contribuyen a la estabilidad del ecosistema y propician el aumento necesario de la productividad para permitir la explotación sostenible del recurso pesquero.

La Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía, a través de su Dirección General de Pesca y Acuicultura, inició en el año 1989 un programa de acondicionamiento de la franja costera en el que, mediante la instalación de arrecifes artificiales, se han ido protegiendo las zonas sometidas a una sobreexplotación de los recursos pesqueros, derivada en gran medida del uso de artes de arrastre en zonas prohibidas por la normativa aplicable. De esta forma, se potencia el sector pesquero artesanal, más selectivo, permitiendo la regeneración de los recursos pesqueros y su explotación racional.

MARCO NORMATIVO

El objetivo principal de la política pesquera común, consiste en garantizar una explotación de los recursos acuáticos vivos que facilite unas condiciones económicas, medioambientales y sociales sostenibles, tal y como se recoge en el Reglamento (CEE) nº 2371/2002 del Consejo, de 20 de diciembre de 2002, sobre la conservación y la explotación sostenible de los recursos pesqueros en virtud de la política pesquera, que constituye el nuevo marco aplicable a la política común de estructuras pesqueras.

Por ello, es necesario una protección de los recursos que proporcione esta sostenibilidad, siendo una de las medidas adoptadas el acondicionamiento de la franja costera mediante arrecifes artificiales, que a la postre protegerá las zonas de desove y cría de nuestras costas.

Estas medidas de protección de los recursos han sido financiadas desde sus comienzos por la Unión Europea y actualmente se regula mediante el Reglamento (CE) nº 1198/2006, de 27 de julio de 2006, relativo al Fondo Europeo de la Pesca (FEP), por el cual se definen las modalidades y condiciones de las intervenciones con finalidad estructural en el sector de la pesca para el periodo 2007-2013.

Este reglamento recoge la instalación de arrecifes artificiales como una medida dirigida a la protección y al desarrollo de la flora y la fauna acuática en su eje prioritario nº 3 (medidas de interés público). Además, en el eje prioritario nº 1 relativo a las medidas de adaptación de la flota pesquera comunitaria, se contempla la posibilidad de destinar los barcos a desguazar como arrecifes artificiales mediante su hundimiento, siempre y cuando estos proyectos vayan precedidos de su correspondiente evaluación de impacto ambiental y la extracción de todos los fluidos y materiales potencialmente contaminantes.

De acuerdo con el artículo 45 del Real Decreto 798/1995, de 19 de mayo, por el que se definen los criterios y condiciones de las intervenciones con finalidad estructural en el sector de la pesca, la acuicultura y de la comercialización, la transformación y la promoción de sus productos (BOE nº 154, de 29 de junio), se requiere la preceptiva concesión de ocupación del dominio público marítimo-terrestre a otorgar por la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar de la Secretaría General del Mar del Ministerio de Medio Ambiente, y Medios Rural y Marino, conforme establece el artículo 64 de la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas (BOE nº 181, de 29 de julio) y 129.1 del Reglamento General para desarrollo y ejecución de la citada Ley, aprobado por Real Decreto 1471/1989, de 1 de diciembre (BOE nº 297, de 12 de diciembre).

El Real Decreto 798/1995, de 19 de mayo, fue derogado por Real Decreto 3448/2000, de 22 de diciembre, a excepción de su capítulo V de Acondicionamiento de zonas marinas litorales, y parte del Capítulo I sobre

Ordenación de la Flota Pesquera. En dicho capítulo V se desarrolla la tramitación necesaria para la instalación de este tipo de estructuras así como las condiciones de instalación y sus distintas modalidades. Concretamente, en su artículo 42 se recogen las condiciones particulares del hundimiento de barcos de madera como arrecife artificial.

Actualmente se prohíbe el hundimiento de buques pesqueros de casco de madera como arrecifes artificiales en el mar Mediterráneo y en las zonas situadas en aguas exteriores. Esta decisión está fundamentada en el artículo 4º del Protocolo del Convenio de Barcelona para la prevención y eliminación de la contaminación del mar Mediterráneo causada por el vertido de buques y aeronaves (1976), que establece dicha prohibición desde 31 de diciembre del año 2000. No obstante, podrían realizarse hundimientos de buques para formar arrecifes artificiales siempre que no se contravengan los objetivos del Convenio y así lo decida el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.

A nivel nacional se recoge la instalación de estas estructuras en la Ley 3/2001, de 26 de marzo, de Pesca Marítima del Estado, como una medida de protección y regeneración de los recursos pesqueros en su capítulo III. En dicho Capítulo en la sección 1ª relativa a las zonas de protección pesquera, el artículo 15 describe las zonas de acondicionamiento marino. En ellas, la instalación de estas estructuras se somete al cumplimiento de la normativa del dominio público marítimo-terrestre y en su declaración debe regularse o prohibirse la pesca.

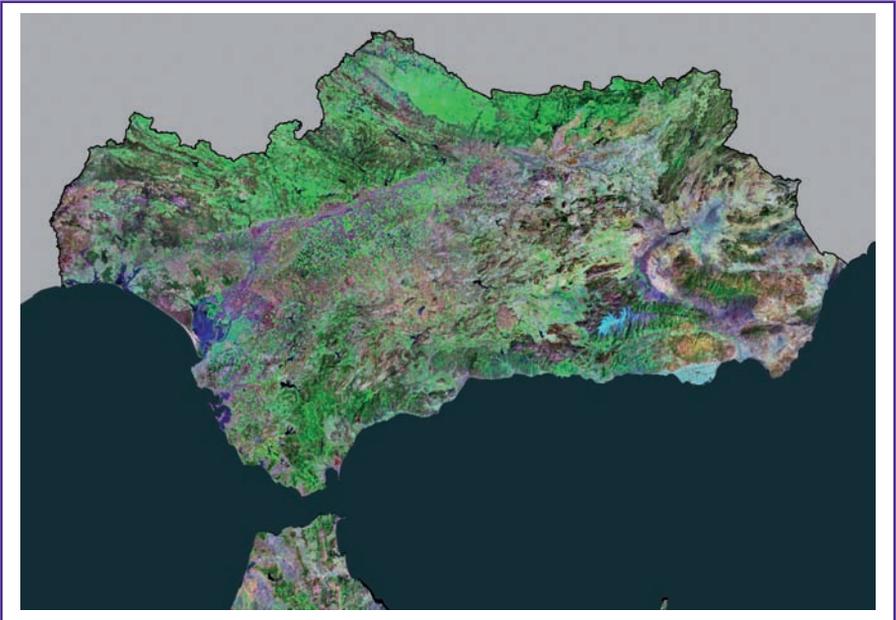
Asimismo, en el Título Preliminar de esta Ley 3/2001 de Pesca Marítima del Estado, se recoge la siguiente definición: "Arrecife artificial es el conjunto de elementos o módulos, constituido por diversos materiales inertes, o bien, los cascos de buques de madera específicamente adaptados para este fin que se distribuyen sobre una superficie delimitada del lecho marino".

En el ámbito de la Comunidad Autónoma Andaluza, la Ley 1/2002, de 4 de abril, de Ordenación, Fomento y Control de la Pesca Marítima, el Marisqueo y la Acuicultura Marina de la Comunidad Autónoma de Andalucía, considera la instalación de arrecifes artificiales como una medida de conservación, protección y recuperación de los recursos pesqueros, e indica que, con este propósito, la Consejería de Agricultura y Pesca efectuará la instalación de arrecifes artificiales en las aguas interiores.

PANORAMA ANDALUZ

EL MEDIO FÍSICO

El litoral andaluz se extiende a lo largo de más de 800 kilómetros de costa en la que coinciden un mar y un océano. Sus límites se encuentran en la desembocadura del río Guadiana, en la zona occidental, y en la cala Cerrada, lindando con Murcia, en la zona oriental. La riqueza de las costas andaluzas nace de su propia tipología.



La costa andaluza exhibe una gran variedad de enclaves geográficos diferentes.

La actividad pesquera se encuentra íntimamente ligada al medio en el que ésta se desarrolla. La diversidad y densidad de los recursos explotados es una función directa del espacio ecológico en el que las diferentes especies habitan y, además, la propia actividad extractiva se encuentra, en ocasiones, muy condicionada por factores climáticos y orográficos. De hecho, la mayor parte de los recursos pesqueros explotados comercialmente tienen su hábitat sobre la plataforma continental, por lo que la extensión de la misma constituye un condicionante básico para el desarrollo de las actividades pesqueras.

Desde un punto de vista físico, pueden distinguirse en el litoral andaluz dos áreas claramente diferenciadas fundamentalmente por lo que respecta a la extensión de

la plataforma continental y al tipo de fondos que suelen presentar: Área suratlántica y área surmediterránea.

En el área suratlántica, la plataforma continental se extiende hasta fondos de 120 m. La isobata de los 100 m se localiza a más de 20 millas náuticas de la línea de costa. Es, por tanto, la más extensa de la costa española. Los fondos, especialmente los más occidentales, son arenosos o fangosos, con la excepción de algunos afloramientos de rocas. Pero a medida que se avanza hacia el Estrecho, especialmente a partir de la Bahía de Cádiz, la plataforma continental va perdiendo extensión y los fondos arenosos van siendo sustituidos por afloramientos rocosos de mayor densidad y envergadura.

Una vez rebasado el cabo Trafalgar, la extensión de la plataforma continental se reduce drásticamente, con amplitudes medias de entre 2 y 11 Km a lo largo de todo el litoral mediterráneo, con fuertes pendientes de más de 130 m. Los fondos suelen ser rocosos, de origen volcánico por la acción de la línea de fallas que alcanzan su mayor dimensión a la altura del mar de Alborán. De esta forma, frente a una idoneidad absoluta de las aguas del Golfo de Cádiz para el ejercicio de la pesca de arrastre de fondo, en las aguas mediterráneas ésta modalidad extractiva se ve limitada a pocas playas, o bien, como ocurre en Almería, a operar en el borde del talud continental.

Pero si la orografía de los fondos favorecen o limitan enormemente el ejercicio de la pesca de arrastre, la propia localización de Andalucía, en la ruta de paso obligada de multitud de especies pelágicas migratorias (entre el Océano Atlántico y el Mediterráneo), favorece en todo el litoral el ejercicio de la pesca de cerco e incluso de la captura de túnidos mediante artes fijas (almadrabas).

La climatología, que apenas influye en el desarrollo de las especies demersales, sí es en cambio fundamental para entender las tremendas fluctuaciones observadas en las capturas de peces pelágicos como la sardina, el boquerón o la caballa, que entre la primavera y el verano acuden a la costa para desovar. Unas condiciones térmicas favorables para el desarrollo del fitoplancton en el momento en el que las larvas comienzan a desarrollarse pueden favorecer un gran crecimiento de los stocks explotables en los años siguientes, y viceversa.

Los afloramientos rocosos constituyen buenos caladeros para especies muy preciadas tales como el pargo, la urta o el besugo que, dada la configuración de los fondos, deben ser capturadas mediante palangres o cordeles por la flota artesanal y semi-industrial.

Por su parte, en las aguas más cercanas a la costa se desarrollan pesquerías basadas en la captura de especies que tienen su hábitat en estos fondos, tanto moluscos bivalvos (chirla, coquina, corruco, etc.), como peces (lubina, baila, herreras, acedías, lenguados, etc.), moluscos cefalópodos (pulpo, choco, etc.) y algunos crustáceos, que son explotados mediante el empleo de diferentes artes por las embarcaciones de menor dimensión que integran la flota artesanal.

En definitiva, el medio determina no sólo el hábitat de especies concretas, sino también la idoneidad de la utilización de diferentes artes e instrumentos de pesca así como el grado de accesibilidad de los recursos por el hombre.

EL SECTOR PESQUERO

La pesca constituye una de las bases fundamentales de la economía del litoral andaluz. La idoneidad de la costa andaluza para la realización de actividades pesqueras, su localización, la abundancia de espacios adecuados para la instalación de explotaciones, su orografía y una climatología favorable, constituyen factores fundamentales para entender la importancia que la pesca ha mantenido desde, al menos, los siglos inmediatamente anteriores a la dominación romana.

La pesca de altura conoce una etapa de esplendor durante los siglos XV y XVI, siglos en los que es frecuente la constitución de compañías mercantiles en Huelva, Cádiz y otros puertos del litoral que arman buques para las “pesquerías de Guinea”. Junto a la pesca de altura, se mantiene una importante actividad pesquera en el litoral, basada tanto en la pesca de palangres y cordeles como en artes playeros (jábegas) y almadrabas, siendo los atunes, la merluza y la sardina las especies sobre las que se sustentó la actividad pesquera hasta la introducción de las primeras artes de arrastre (bous) por pescadores levantinos a finales del siglo XVIII, cuya reducida selectividad y elevada capacidad extractiva tuvo como resultado un periodo de conflictos con los pescadores artesanales agrupados en los gremios de mar que veían como sus capturas perdían valor y se reducía su participación en el mercado.

Aunque las críticas a las primitivas artes de arrastre se centraron en su efecto sobre el equilibrio ecológico, lo cierto es que estos efectos no debieron ser graves hasta la introducción de las primeras embarcaciones a motor a finales del siglo XIX. De hecho, es durante la última década del mismo cuando algunos empresarios gaditanos y onubenses adquieren “trawlers” ingleses para dedicarlos a la pesca de arrastre de fondo en las aguas del Golfo de Cádiz. En poco más de veinte años, la flota de arrastre a motor con base en los puertos andaluces adquiere una dimensión extraordinaria.

Paralelamente al desarrollo de la pesca de arrastre se produce la expansión de la pesca de cerco. Desde mediados del siglo XVIII se había producido en las playas atlánticas una verdadera revolución en la explotación de la sardina mediante jábegas, sedales y boliches. Se crea una creciente industria salazonera que a finales del XIX se transforma en el potente sector conservero de la costa occidental de Huelva y, en menor medida, de Cádiz, cuya materia prima comienza a ser capturada mediante un arte importado de Norteamérica, el cerco de jareta, que en Huelva recibió el nombre de Tarrafa y alcanzó una gran relevancia.

El avance tecnológico aplicado a la flota pesquera constituye un hito fundamental para entender el desarrollo que alcanza el sector.

La cercanía del caladero marroquí constituyó una atracción irresistible para las embarcaciones en vista de que los caladeros propios comenzaban a mostrar síntomas de agotamiento, de forma que entre 1940 a 1960 tiene lugar un crecimiento de la flota de arrastre que fue más rápido en la costa mediterránea que en la atlántica.

El comienzo de las limitaciones para faenar en las aguas de soberanía portuguesa y marroquí, así como la descolonización del Sahara Occidental, significaron el comienzo del declive de la actividad pesquera de altura.

El proceso de mejora tecnológica de la flota, unido al crecimiento sostenido de la demanda de productos pesqueros y a la reducción de la oferta debida a la merma experimentada por las flotas de altura y gran altura, explican que la presión sobre los recursos pesqueros de las aguas andaluzas se haya hecho insostenible. La mayor parte de los caladeros se encuentran sobrexplotados, e incluso algunos recursos concretos pueden estar siendo llevados a su extinción.

LA FLOTA PESQUERA

La flota pesquera andaluza utiliza medios muy diversos para la extracción de los recursos pesqueros objeto de explotación. Desde los modernos buques factoría dedicados a la captura de túnidos, hasta las pequeñas embarcaciones que usan técnicas que apenas han variado en los últimos siglos, se extiende todo un abanico de “artes” y equipamientos cuya descripción exhaustiva quedaría fuera del objetivo de esta publicación. No obstante, y a los efectos de facilitar una visión general del sector pesquero andaluz, en cuanto a pesca fresca se refiere, puede resultar suficiente con clasificar las modalidades utilizadas en las categorías que, por su importancia cuantitativa, económica o por razones de carácter legal, se encuentran recogidas en las estadísticas oficiales disponibles.

En cuanto a la evolución de la flota pesquera andaluza, los datos disponibles indican una considerable y progresiva disminución, tanto en el número de barcos, como en el total de toneladas de registro bruto, en los últimos siete años.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Nº DE BARCOS	2.518	2.436	2.313	2.209	2.120	2.103	2.039	1.982	1.869
TRB	58.539	55.201	54.347	50.123	46.530	44.269	42.305	39.250	38.462,16

Evolución de la flota pesquera andaluza 2000-2008. Fuente: “Censo de Flota Pesquera Operativa”.

La producción pesquera andaluza supuso en el año 2005 unas capturas de 82.809 toneladas y unos ingresos de 257,2 millones de euros, de las que casi el 85% corresponde a pesca fresca desembarcada en las lonjas andaluzas y el resto se corresponden con pesca congelada, almadraba y productos procedentes de las instalaciones de acuicultura.

En este epígrafe haremos referencia a la flota dedicada a la pesca fresca, ya que ésta es la que tiene una mayor representatividad en nuestra Comunidad.

Las lonjas más destacadas, tanto en términos de tonelaje como en valor comercial, son las de Cádiz e Isla Cristina, debido principalmente a las capturas de merluza negra desembarcada en la primera, y a las capturas de la flota de arrastre de la segunda.

Los grupos de especies en los que se distribuye la pesca fresca son peces, moluscos y crustáceos, de los cuales el primero representa casi el 80% de las capturas de nuestra flota. Las especies más representativas de este grupo son boquerón (*Engraulis encrasicolus*), sardina (*Sardina pilchardus*) y merluza negra (*Merluccius senegalensis*). Las especies más representativas en el grupo de moluscos son la chirla (*Chamelea gallina*), pulpo (*Octopus vulgaris*) y choco (*Sepia officinalis*), y en el grupo de los crustáceos la gamba roja o alistado (*Aristeus antennatus*), gamba blanca (*Parapennaeus longirostris*) y cigala (*Nephrops norvegicus*).

Flota de Arrastre de Fondo

El arte de “arrastre de fondo” representa actualmente la modalidad pesquera que factura más en el litoral andaluz.

La flota de arrastre andaluza se localiza fundamentalmente en los puertos de Isla Cristina, Cádiz, Sanlúcar de Barrameda, Almería y el Puerto de Santa María debido a que la morfología aplanada de la costa suratlántica y al sustrato blando que lo forma, favorecen la práctica de esta modalidad, siendo la lonja de Isla Cristina la más importante de todas en volumen de descargas.

Existen tres grandes bloques dentro de la flota de arrastre andaluza, diferenciados por su especialización en determinadas especies pesqueras, que son las siguientes:

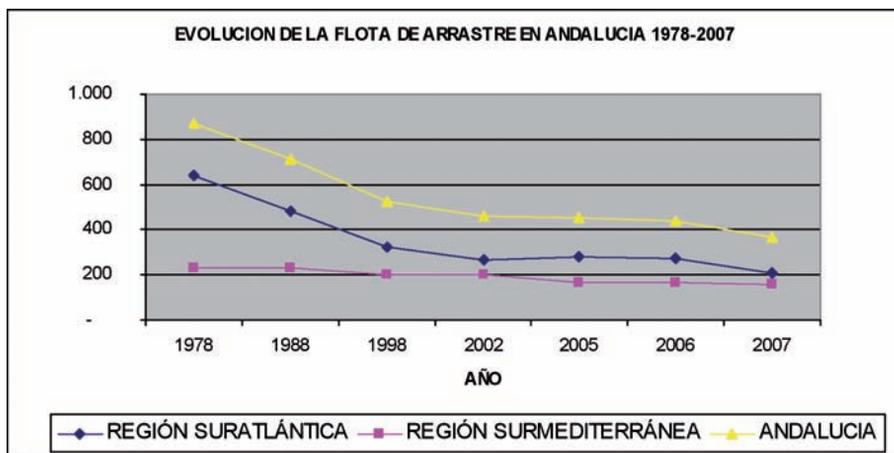
La flota arrastrera especializada en la captura de merluza negra, que faena en aguas de Mauritania y que desembarca su producción en la lonja de Cádiz. Las descargas de la flota arrastrera junto con las descargas del resto de modalidades, confieren a esta lonja el liderazgo productivo en el ámbito autonómico.

La flota que desembarca en la Lonja de Isla Cristina, que captura especies de crustáceos, moluscos y algunos peces demersales como bacaladilla o merluza.

La flota de Almería está muy especializada en la captura de crustáceos, principalmente gamba roja (*Aristeus antennatus*), gamba blanca (*Parapennaeus longirostris*) y cigala (*Nephrops norvegicus*).

Provincias/Regiones	1978		1988		1998		2002		2005		2006		2007	
	Nº	TRB												
Huelva	277	23.045	280	17.984	199	9.171	164	7.268	193	11.699	186	10.986	129	5.072
Cádiz	360	41.308	202	16.621	122	7.148	99	4.599	91	5.265	86	1.978	79	1.983
Total Suratlántica	637	64.353	482	34.605	321	16.319	263	11.867	284	16.964	272	12.964	208	7.055
Málaga	83	5.151	75	3.430	64	2.357	71	2.399	67	1.916	66	1.889	59	1.658
Granada	34	1.521	34	1.750	29	1.354	31	1.446	30	1.383	30	1.383	27	1.266
Almería	116	5.703	119	6.325	109	5.386	96	4.865	72	3.419	69	3.383	71	3.469
Total Surmediterránea	233	12.375	228	11.505	202	9.097	198	8.710	169	6.718	165	6.655	157	6.393
Total Andalucía	870	76.728	710	46.110	523	25.416	461	20.577	453	23.682	437	19.619	365	13.448

Distribución provincial y evolución de la flota de arrastre de baja y altura (fresco). Fuente: SGPM, "Anuario de Pesca Marítima", 1978, "Censo de Flota Pesquera Operativa (2007), ISM.



Evolución de la flota de arrastre en Andalucía 1978-2007. Fuente: SGPM, "Anuario de Pesca Marítima", 1978, "Censo de Flota Pesquera Operativa (2007), ISM.

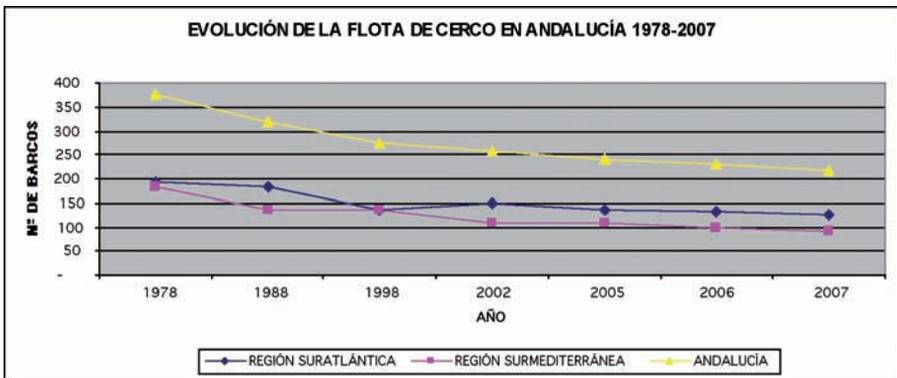
Flota de Cerco

La flota de cerco se encuentra distribuida en las 25 lonjas andaluzas pero destacan por su importancia las lonjas de Cádiz, Punta Umbría, Almería, El Puerto de Santa María y Caleta, siendo la de Cádiz la más relevante.

De igual forma que para el arrastre, solo nos referiremos a la flota de cerco al fresco y no a la congeladora.

Provincias/Regiones	1978		1988		1998		2002		2005		2006		2007	
	Nº	TRB	Nº	TRB	Nº	TRB	Nº	TRB	Nº	TRB	Nº	TRB	Nº	TRB
Huelva	46	2.360	44	757	47	782	47	938	49	815	49	821	48	813
Cádiz	146	6.346	139	6.098	90	2.787	102	2.971	85	6.446	84	6.398	78	1.959
Total Suratlántica	192	8.706	183	6.855	137	3.569	149	3.909	134	7.261	133	7.219	126	2.772
Málaga	98	918	58	728	56	742	51	706	52	2.605	49	2.586	45	794
Granada	20	262	12	213	11	199	7	112	6	96	5	90	4	97
Almería	65	1.539	65	1.656	69	1.791	52	1.327	50	1.281	45	1.106	42	1.044
Total Surmediterránea	183	2.719	135	2.597	136	2.732	110	2.145	108	3.982	99	3.782	91	1.935
Total Andalucía	375	11.425	318	9.452	273	6.301	259	6.054	242	11.243	232	11.001	217	4.707

Distribución provincial y evolución de la flota de cerco de bajura y altura (fresco). Fuente: SGPM, "Anuario de Pesca Marítima", 1978, "Censo de Flota Pesquera Operativa (2007), ISM.



Evolución de la flota de cerco en Andalucía 1978-2006. Fuente: SGPM, "Anuario de Pesca Marítima", 1978, "Censo de Flota Pesquera Operativa (2007), ISM.

En las aguas mediterráneas, la flota cerquera, además de boquerón (*Engraulis encrasicolus*), suele capturar caballa (*Scomber scombrus*) y melva (*Auxis rochei*), cuyo destino suele ser la transformación en la industria conservera muy concentrada en las provincias de Huelva y Cádiz. Además, la flota de Almería suele operar estacionalmente en el Golfo de León dedicada a la captura de boquerón, con un número limitado de buques admitidos de forma simultánea en el caladero.

En términos de tonelaje capturado, la flota de cerco es la de mayor importancia en la producción andaluza, aunque tiene una rentabilidad moderada dado que las capturas se encuentran sujetas a enormes fluctuaciones a causa de la elevada dependencia de la dinámica de estos recursos de las condiciones ambientales y climáticas, por lo que suelen producirse la alternancia de períodos de cierto auge, con crisis manifiestas, agudizadas por la baja cotización de las especies capturadas, a excepción del boquerón.

Flota de Palangre de Superficie

La actividad extractiva desarrollada por la flota de palangre de superficie andaluza se encuentra principalmente en los puertos de Ayamonte, El Puerto de Santa María, Algeciras, Roquetas de Mar y Motril, siendo el primero el más destacado. Las especies principales que se capturan son tintorera (*Prionace glauca*), pez espada (*Xiphias gladius*), atún (*Thunnus thynnus*) y marrajo (*Isurus oxirinchus*). Por otra parte existe una destacada flota de esta modalidad en Carboneras que faena habitualmente en el caladero mediterráneo aunque suele desembarcar sus capturas en puertos como Calpe, Vinaroz, Altea o Portocolom en Mallorca.

Provincias	2002		2005		2006		2007	
	Nº	TRB	Nº	TRB	Nº	TRB	Nº	TRB
Almería	53	1.818	47	1.724	49	1.816	47	1.757
Granada	5	93	5	98	5	98	4	87
Cádiz	22	956	15	1.511	16	1.550	16	1.777
Huelva	3	157	2	137	2	137	2	137
Total	83	3.024	69	3.470	72	3.601	69	3.758

Evolución de la flota de palangre en Andalucía 2000-2007. Fuente: Censo de Flota Pesquera Operativa (2007), ISM.

Flota artesanal o de artes menores

Este epígrafe integra una gran variedad de artes de pesca que se extienden desde el alcatruz, para la captura de pulpo, nasas para grandes crustáceos, artes de enmalle (trasmallos y volantas), sardinales, pequeños boliches, líneas de mano y trampas de diferentes formas. Se trata, por consiguiente, de una categoría que incluye a toda la flota artesanal polivalente que opera en el litoral de Andalucía. Es la categoría más numerosa y su ámbito de actuación se limita a las aguas interiores.

Podemos clasificar las artes utilizadas por esta flota en tres grandes grupos:

- 1) Aparejos de anzuelos (líneas, poteras, palillos, curricán y palangrillos).
- 2) Artes de enmalle (simples, trasmallos y mixtas).
- 3) Trampas (nasas y alcatruces).

La inmensa mayoría de las embarcaciones palangreras de Andalucía están dedicadas al palangre de fondo, tanto en las aguas españolas del Estrecho de Gibraltar como en las marroquíes, operando con base en Tarifa, Algeciras y Conil. La principal especie objetivo es el voraz o besugo de la pinta (*Pagellus bogaraveo*), cuya elevada cotización permite que la flota se mantenga, a pesar de su

bajo nivel de actividad a causa de las dificultades inherentes a la climatología de la zona en cuestión.

Otro aspecto que pone de manifiesto la importancia de este recurso para la flota del Estrecho es la aprobación de un Plan de conservación específico para el voraz que, con el objetivo de preservar el caladero, establece las condiciones para el ejercicio de la actividad en el ámbito del Estrecho de Gibraltar.

Otras especies objetivo de esta pesquería son el pargo o bocinegro (*Pagrus pagrus*), Hurta (*Pagrus auriga*), corvina (*Argyrosomus regius*) o borriquete (*Plectorrinchus mediterraneus*).

La legislación vigente permite a estas embarcaciones la alternancia de artes menores según las necesidades del pescador y la disponibilidad del recurso. Por otro lado, los datos del censo de flota pesquera operativa sólo hacen referencia al número de embarcaciones de artes menores, sin hacer distinción entre la modalidad que utilizan. Por este motivo, hay que tomar los datos proporcionados por el censo con una cierta cautela ya que, por ejemplo, según este censo, el número de embarcaciones de palangre de fondo de la provincia de Cádiz son 22, como aparece en el cuadro siguiente, mientras que sólo en Tarifa hay 65 embarcaciones de artes menores que se dedican, principalmente, a la pesca del voraz (*Pagellus bogaraveo*) con palangre de fondo.

Provincias	2002		2005		2006		2007	
	Nº	TRB	Nº	TRB	Nº	TRB	Nº	TRB
Almería	9	70	9	143	7	60	8	89
Granada	1	2	2	19	1	2	1	2
Málaga	4	35	5	41	3	30	0	0
Cádiz	22	220	22	507	20	612	17	381
Total	36	327	38	710	31	704	26	472

Flota de palangre de fondo 2002-2007. Fuentes: SGPM, "Censo de Flota Pesquera Operativa" (2007), ISM.

Un arte muy extendido en todo el litoral andaluz, pero cuyo ejercicio suele alternarse estacionalmente con otras artes de pesca, son las redes de enmalle (volantas) y trasmallos. Las especies objetivo son muy variadas y dependen de cada zona concreta. En la costa del Golfo de Cádiz se persigue básicamente al langostino (*Penaeus kerathurus*) y peces planos (acedia (*Dicologlossa cuneata*), lengua-do (*Solea sp.*), etc.); mientras que en el Mediterráneo, es más frecuente la captura de peces del orden de los perciformes.

Existen otros utensilios con gran importancia local en determinadas zonas del litoral; por ejemplo el "alcatruz" para la captura de pulpo (*Octopus vulgaris*) en la

costa occidental de Huelva, donde destaca la lonja de Isla Cristina, la cual superó la cantidad de 1.000 toneladas de esta especie en el año 2005.

La flota artesanal requiere una alta inversión en mano de obra, no obstante, alcanza una alta rentabilidad, hasta el punto que los rendimientos obtenidos suelen ser iguales e incluso superiores a los de otras actividades económicas. Esto explica su estabilidad y continuidad frente a la situación de otras flotas pesqueras andaluzas.

Provincias	2002		2005		2006		2007	
	Nº	TRB	Nº	TRB	Nº	TRB	Nº	TRB
Almería	147	474	148	504	147	506	145	520
Granada	19	45	19	43	18	36	18	44
Málaga	343	735	253	693	330	672	313	659
Cádiz	565	2.357	563	2.409	544	2.364	514	2.172
Huelva	221	1.437	230	1.542	225	1.563	270	1.659
TOTAL	1.295	5.047	1.213	5.191	1.264	5.141	1.260	5.054

Flota de artes menores 2002-2007. Fuentes: SGPM, "Censo de Flota Pesquera Operativa" (2007), ISM.

Flota marisquera

La actividad marisquera desde embarcación para la extracción de bivalvos se realiza mediante rastro remolcado y draga hidráulica. Las embarcaciones dedicadas a esta modalidad aparecen registradas en el Censo de Flota Pesquera Operativa como artes menores aunque como esta actividad es competencia exclusiva de la comunidad autónoma se inscriben en un censo específico para estas modalidades, y por ello, hacemos un tratamiento independiente de este tipo de flota.

Hay que destacar que este censo es distinto para el caladero del Golfo de Cádiz y para el Mediterráneo, pues también en este caso la fisonomía de la costa y las especies objetivo determinan la modalidad más representativa en cada caladero.

En el Golfo de Cádiz es donde se encuentra la totalidad de la flota de draga hidráulica y la gran mayoría de los rastros remolcados dedicados en exclusiva a la captura de la chirla (*Chamelea gallina*). Esta flota comercializa las capturas a través de las lonjas de Isla Cristina, Punta Umbría y Bonanza, pues son estos los puntos de descarga autorizados por las autoridades para su control reglamentario y sanitario.

En el Mediterráneo se da la particularidad de que la escasa disponibilidad de recurso marisquero obliga a las embarcaciones de rastro a la alternancia de esta actividad con otras modalidades de artes menores. No obstante, se puede diferenciar una flota que se dedica principalmente a la captura de corruco (*Acanthocardia tuberculatum*) y concha fina (*Callista chione*), que descarga en la Lonja de La Atunara, de la flota de rastro de la provincia de Málaga que alterna ésta con otras modalidades de artes menores como las nasas para pulpo o el trasmallo.

	2008		
	RASTRO	RASTRO CON EXCLUSIVIDAD CHIRLA	DRAGA HIDRAULICA
MEDITERRANEO	285	0	0
GOLFO DE CADIZ	13	21	94
TOTAL	298	21	94

Distribución de la flota marisquera andaluza en 2008. Dirección General de Pesca y Acuicultura. Censo marisquero.

Puertos pesqueros

En la costa andaluza existen 25 puertos pesqueros en los que está permitida la descarga y comercialización de las capturas realizadas, localizados en todas las provincias litorales. Además, en la provincia de Huelva existen otros puertos en los que se autoriza la descarga de productos frescos de la pesca (Orden de 3 de junio de 1998). Desde ellos, la mercancía descargada debe ser enviada a alguno de los puertos antes mencionados para poder llevar a cabo su control sanitario y su primera venta. Los puertos autorizados son: El Terrón (Lepe), Punta del Moral (Ayamonte) y El Rompido (Cartaya).



- | | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|--------------------|
| 1 AYAMONTE | 11 BARBATE | 21 ADRA |
| 2 ISLA CRISTINA | 12 TARIFA | 22 ROQUETAS DE MAR |
| 3 PUNTA UMBRÍA | 13 ALGECIRAS | 23 ALMERÍA |
| 4 HUELVA | 14 LA ATUNARA (La Línea) | 24 CARBONERAS |
| 5 BÓNZANZA (Sanlúcar de B.) | 15 ESTEPONA | 25 GARRUCHA |
| 6 CHIPIONA | 16 MARBELLA | |
| 7 ROTA | 17 FUENGIROLA | |
| 8 PTO. STA. MARIA | 18 MÁLAGA | |
| 9 CÁDIZ | 19 CALETA DE VÉLEZ (Vélez-Málaga) | |
| 10 CONIL | 20 MOTRIL | |

ACONDICIONAMIENTO DE LA FRANJA COSTERA MEDIANTE LA INSTALACIÓN DE ARRECIFES ARTIFICIALES

El acondicionamiento de la franja costera andaluza mediante la instalación de arrecifes artificiales está basado en la necesidad de protección de ciertas zonas, con la finalidad de evitar que se desarrollen determinadas prácticas de pesca que son ilegales, y de contribuir a la regeneración de los recursos pesqueros locales para que la actividad pesquera se desarrolle de forma sostenible.

Cada nuevo proyecto de instalación de un arrecife artificial lleva consigo, de manera específica, la realización de un programa de actuación basado en el desarrollo de los siguientes trabajos:

1. Preselección de las zonas.
2. Estudio previo.
3. Proyecto técnico.
4. Concesión y autorización del dominio público.
5. Construcción e instalación.
6. Seguimiento científico.

PRESELECCIÓN DE LAS ZONAS

Se trata de establecer áreas de interés en las que la instalación de un arrecife artificial contribuya a normalizar la actividad extractiva pesquera, dentro del marco de la normativa legal. Generalmente, estas zonas son aquellas en las que se constata que de forma asidua se llevan a cabo prácticas de pesca ilegales, que inciden negativamente en el conjunto del sector pesquero local.

En cumplimiento del Reglamento (CE) nº 3699/1993 del Consejo, de 21 de diciembre de 1993, por el que se definen los criterios y condiciones de las intervenciones con finalidad estructural en el sector de la pesca, la acuicultura y la transformación y la comercialización de sus productos, (DO nº L 346/1, de 31 de diciembre), el Estado español presentó ante la Comisión un Plan Sectorial de Pesca para el periodo 1994-99 y la correspondiente solicitud de ayuda financiera. Dicho plan fue elaborado por la Administración Pesquera Estatal en colaboración con las Administraciones Pesqueras de las comunidades autónomas con litoral.

En el ámbito de la intervención nº 4 de Zonas Marinas Costeras del citado Plan Sectorial se recogían, entre otras acciones, las previstas en materia de arrecifes artificiales. De esta forma, en el litoral andaluz y en base a los informes emitidos por las diferentes Delegaciones Provinciales de la Consejería de Agricultura y

Pesca, se preseleccionaron una serie de zonas para la instalación de arrecifes artificiales. Teniendo en cuenta, por un lado, que la principal problemática a este respecto era la pesca ilegal de arrastre y que los arrecifes de protección habían demostrado su eficacia, y por otro, que las iniciativas de arrecifes de producción no habían aportado muchos resultados en aquellas fechas, tan solo se preseleccionaron zonas para la instalación de arrecifes artificiales de protección. Actualmente, en cada arrecife artificial se incluyen algunos núcleos productivos para favorecer el desarrollo de las comunidades piscícolas.

ESTUDIO PREVIO

Ante la posibilidad de creación de un nuevo arrecife artificial se hace preceptiva la realización de un estudio previo que proporcione una visión real de la situación de la zona preseleccionada para la instalación del mismo.

El objetivo fundamental de este estudio es determinar el valor y la idoneidad de la zona propuesta mediante la caracterización de los parámetros que permitan establecer la viabilidad de la instalación del polígono arrecifal destinado a la protección y regeneración de los recursos pesqueros. Además, se determinan las características propias del arrecife artificial proyectado, que serán tenidas en cuenta en la redacción del correspondiente proyecto técnico.

En este estudio, de marcado carácter multidisciplinar, se realizan diferentes trabajos orientados a la consecución de los siguientes objetivos parciales:

1. Determinación de las características físicas de la zona.
2. Realización de una cartografía de las comunidades biológicas del área de estudio.
3. Descripción y caracterización del estado de la pesca y del sector pesquero de la zona.

La caracterización física comprende el estudio batimétrico y de las unidades texturales, así como la localización de áreas de asentamiento de comunidades vegetales detectables con la metodología empleada. Para ello, se utiliza un sónar de barrido lateral que, además, proporciona información sobre la existencia de marcas de arrastre en el fondo marino, localización de cables y emisarios submarinos, así como de la existencia de cualquier otro elemento sumergido en el área prospectada.

El estudio físico se completa con la caracterización granulométrica de la zona. La toma de muestras, realizada desde la embarcación, se lleva a cabo mediante la utilización de una draga Van Veen de dimensiones conocidas. Las muestras son posteriormente analizadas en el laboratorio.

Estas muestras sirven también para la caracterización biológica de las comunidades que constituyen la fauna intersticial asociada a cada unidad textural, mediante la identificación de la meiofauna y el análisis del contenido en materia orgánica.

Para completar el estudio biológico, se realiza una caracterización de las comunidades mediante la exploración submarina directa, basada en el buceo con escafandra autónoma. Estas prospecciones se realizan en determinados puntos concretos, establecidos en función de los resultados anteriormente obtenidos.

Los muestreos se centran, no solo en los organismos bentónicos sésiles, sino también en los vágiles de carácter bentónico y nectónico. Durante esta exploración visual también se toman imágenes y fotografías para su posterior análisis. En este sentido, resulta muy interesante el estudio de la cobertura mediante análisis de imágenes de las áreas de sustrato duro existentes.



Diversos aspectos desarrollados durante el estudio previo.

La descripción y caracterización del estado de la pesca y del sector pesquero de la zona se lleva a cabo mediante la realización de los siguientes trabajos:

- Determinación y estudio de las principales modalidades pesqueras de la zona.
- Recopilación de los censos de embarcaciones que faenan en la zona de estudio y de los datos de ventas en lonja.
- Encuestas al sector pesquero para evaluar la evolución de la pesca, los artes y las especies objetivo durante los últimos años, así como de los principales caladeros utilizados por la flota de la zona de estudio, y la opinión personal y colectiva de los pescadores sobre la instalación de un arrecife artificial en el área de pesca considerada.
- Pescas experimentales con distintos tipos de arte de pesca artesanales que se utilizan en la zona de estudio.

Además, en el estudio también se determina la viabilidad legal del proyecto, que supone la ocupación de un espacio marítimo-terrestre, y su compatibilidad con otros usos existentes o futuros de la zona, mediante la consulta a los diferentes organismos y administraciones autonómicas y estatales competentes.

PROYECTO TÉCNICO

El proyecto técnico es un documento en el que se plasman todos los aspectos concernientes a la ejecución del proyecto de instalación del arrecife artificial, desde la construcción de los módulos arrecifales, hasta su fondeo.

Su contenido, que debe ajustarse a lo establecido en el estudio previo precedente, aborda la elección y descripción de los tipos de módulos, el número total que constituirán el arrecife artificial, el proceso constructivo de los mismos, la distribución en el polígono arrecifal, el transporte, la estiba, el fondeo, el plazo de ejecución del proyecto y el presupuesto de realización del mismo.

Para ello son necesarios estudios de dimensionado de armaduras y sujeción, de estabilidad frente al arrastre y de estabilidad frente al oleaje en función de la dinámica litoral, como se indica más adelante.

El proyecto técnico, redactado por un técnico competente, debe estar visado por el correspondiente Colegio Profesional y supervisado por la Oficina de Supervisión de Proyectos de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía, antes de iniciar los trámites pertinentes que permitan la ejecución de la obra.

El documento consta de diversos apartados en los que se desarrollan todos los aspectos necesarios para su viabilidad. A continuación, se describen brevemente cada uno de ellos:

Memoria

En este apartado se establece el objeto del proyecto, la elección del tipo de módulo y su descripción, la definición del área de concesión que se solicita, la descripción general de las obras, del proceso constructivo, del plazo de ejecución y se indica el presupuesto resumido. También se hace mención expresa a la normativa legal vigente y su cumplimiento en lo concerniente a todos los aspectos que se desarrollan.

Anejos

Diferentes documentos constituyen este apartado. Incluye un resumen con los aspectos más relevantes del estudio previo llevado a cabo, una descripción de la embarcación de arrastre tipo que faena en la zona, en función de lo cual se determinan las características de los módulos, su estabilidad frente al arrastre y los correspondientes cálculos estructurales para establecer el dimensionado de armaduras y sujeción. Además, se describe la dinámica litoral de la zona, elemento a tener en cuenta para garantizar la estabilidad de los módulos frente al oleaje. Finalmente, se aporta la justificación de precios, el correspondiente estudio de seguridad y salud y el plan de obra.

Pliego de condiciones técnicas

Se aborda la descripción completa de las obras a realizar y se detallan las condiciones generales que han de satisfacer cada uno de los elementos y materiales empleados, así como la mano de obra. También se establecen parámetros tales como la medición y el abono de la misma.

Presupuesto

La redacción de este apartado incluye el desarrollo exhaustivo de los cuadros de precios de cada elemento de la obra, en función del cual se detallan las mediciones y presupuestos del proyecto y un resumen final del presupuesto, donde se indica el coste total de la ejecución de todos los trabajos que constituyen el proyecto.

Planos

Se aportan planos de detalle de, al menos, la localización precisa de la zona de concesión, la distribución de los módulos dentro del área propuesta, los detalles técnicos de cada estructura a construir y el plan de estiba diseñado para optimizar las operaciones de transporte y fondeo del total de piezas que constituirán el arrecife artificial proyectado.

CONCESIÓN Y AUTORIZACIÓN

De acuerdo con el artículo 45 del Real Decreto 798/1995, de 19 de mayo, por el que se definen los criterios y condiciones de las intervenciones con finalidad estructural en el sector de la pesca, la acuicultura y de la comercialización, la transformación y la promoción de sus productos (BOE nº 154, de 29 de junio), se requiere la preceptiva concesión de ocupación del dominio público marítimo-terrestre a otorgar por la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, conforme establece el artículo 64 de la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas (BOE nº 181, de 29 de julio) y 129.1 del Reglamento General para desarrollo y ejecución de la citada Ley, aprobado por Real Decreto 1471/1989, de 1 de diciembre (BOE nº 297, de 12 de diciembre).

Procedimiento general para la tramitación de la concesión en aguas exteriores

La tramitación de la concesión se realiza de conformidad con el artículo 146.3 del Reglamento General para el desarrollo y la ejecución de la Ley de Costas ante-

riormente citado. De acuerdo con el citado artículo, la solicitud de la concesión deberá dirigirse al Servicio Periférico de Costas del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, que es el organismo competente, junto con tres ejemplares del estudio previo o proyecto con el resguardo acreditativo de la fianza provisional, del cual están exentos las administraciones públicas como peticionarios.

El Servicio Periférico de Costas examinará el proyecto para comprobar si se ajusta a la Ley de Costas (art. 146.4) y continuará solicitando informe a los siguientes organismos:

- Ayuntamiento en cuyo término se pretenda desarrollar el objeto de la concesión.
- Comunidad Autónoma (si coincide con el peticionario no es necesario).
- Dirección General de la Marina Mercante del Ministerio de Fomento, por si la obra pudiera entrañar riesgo para la seguridad marítima.
- Ministerio de Defensa, a efectos de seguridad o defensa nacional.
- Otros organismos cuyo informe se estime conveniente; por ejemplo la Consejería de Medio Ambiente cuando el arrecife se localice en una franja marina que forme parte de un espacio natural protegido.

Simultáneamente a la información oficial descrita, se practicará la información pública durante el plazo de veinte días. Dicha información consistirá en la publicación de los correspondientes anuncios en el Boletín Oficial de la Provincia y en un Diario de difusión de la misma.

Practicada la fase de información oficial y pública, el Servicio Periférico de Costas elevará el expediente a la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar del Ministerio de Medio Ambiente, y Medios Rural y Marino, con su informe y propuesta.

En caso de no existir inconveniente para otorgar la concesión, se comunicará al peticionario las condiciones en que podría otorgarse la misma, dándole un plazo de diez días para que las acepte. En caso de ser aceptadas en el plazo establecido, la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar del Ministerio de Medio Ambiente, y Medios Rural y Marino otorgará la concesión. La resolución de otorgamiento de la concesión pone fin a la vía administrativa.

El plazo máximo para resolver un expediente de concesión es de ocho meses, tal y como se establece en el Anexo II del Real Decreto 1771/1994, de 5 de agosto, de adaptación a la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común, de determinados procedimientos administrativos en materia de aguas, costas y medio ambiente (BOE nº 198, de 19 de agosto), que modifica el Reglamento General para el desarrollo y ejecución de la Ley de Costas. Transcurridos los ocho meses sin que haya recaído resolución expresa podrá entenderse desestimada la correspondiente solicitud.

Procedimiento general para la tramitación de la concesión en aguas interiores

En este caso, la competencia para autorizar la instalación de arrecifes artificiales es de la autoridad competente en materia de pesca de la Comunidad Autónoma. Este procedimiento se desarrolla según el artículo 150 del Reglamento General para desarrollo y ejecución de la ley de Costas.

Una vez efectuada la información pública y oficial, el órgano competente remitirá la solicitud de concesión de ocupación de dominio público marítimo terrestre al Servicio Periférico de Costas para que emita el informe preceptivo, para el cual tendrá un plazo de dos meses contados a partir del momento en que disponga de toda la información necesaria para ello.

El informe, considerado como una propuesta de concesión, incluirá su pronunciamiento sobre la viabilidad de la ocupación, así como las condiciones en que ésta, en su caso, se otorgaría, en lo que se refiere al ámbito de sus competencias.

Cuando el promotor del proyecto sea una empresa privada o cualquier otro ente distinto a una administración pública, y acepte las condiciones de la propuesta de concesión, el órgano competente de la Comunidad Autónoma trasladará esta confirmación al Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, a los efectos de que éste otorgue, en su caso, la oportuna concesión de ocupación del dominio público marítimo terrestre.

Una vez otorgada, el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar) devolverá el expediente, junto con el título de concesión, al órgano remitente, para que otorgue la concesión o autorización de su competencia, de cuya Resolución dará traslado a aquel.

Respecto a la titularidad de las concesiones hay que indicar que el artículo 12 de la Ley 4/1986, de 5 de mayo, del Patrimonio de la Comunidad Autónoma de Andalucía (BOJA nº 40, de 9 de mayo), establece que la Consejería de Economía y Hacienda, por medio de la Dirección General de Patrimonio, es la competente para el ejercicio de las facultades que, como titular de bienes y derechos patrimoniales, corresponde a la Comunidad Autónoma de Andalucía, debiendo la misma proceder a la aceptación de las condiciones por las que podría otorgarse la concesión y la posterior adscripción de los derechos y obligaciones derivados del citado bien a la Consejería de Agricultura y Pesca. La citada aceptación la realiza el mencionado Centro Directivo a la vista del correspondiente informe favorable de la Dirección General de Pesca y Acuicultura.

Entre las condiciones y prescripciones que puede establecer la concesión cabe destacar las siguientes:

- La exención por parte del concesionario de constituir fianza definitiva (también la provisional, como se expuso anteriormente) y de abonar el importe correspondiente al canon de ocupación.

- La duración de la concesión, cuyo límite es de treinta años, transcurridos los cuales se podrá volver a solicitar.
- La posibilidad de que la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar pueda ordenar la retirada de los elementos fondeados a costa del concesionario.
- La obligación de comunicar a la Dirección General de la Marina Mercante de las fechas de inicio y terminación de las obras, a efectos de incluir la correspondiente información en las Cartas Náuticas y Avisos a los Navegantes.
- La irresponsabilidad del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino ante los daños que puedan causarse sobre el ecosistema generado por los arrecifes como consecuencia de la realización de sondeos o extracción de arenas en las zonas próximas a los mismos.

Además de estas condiciones y prescripciones, la concesión contempla otras tantas, relativas al plazo para el inicio, finalización y reconocimiento de las obras, replanteo, uso y explotación, etc.

Una vez obtenida la concesión hay que autorizar la instalación del arrecife artificial; dicha autorización en aguas interiores corresponde a la Dirección General de Pesca y Acuicultura según el artículo 49.1 del Real Decreto 798/1995, de 19 de mayo, ya mencionado, y el Decreto 204/2004, de 11 de mayo, por el que se establece la estructura orgánica de la Consejería de Agricultura y Pesca (BOJA N° 94, de 14 de mayo de 2004).

La autorización de instalación de un arrecife artificial, que no implicará derecho preferente de explotación de la zona ocupada por parte del titular de la misma, deberá recoger, con carácter de condiciones los siguientes apartados:

- El área de instalación del arrecife, con delimitación exacta de sus coordenadas sobre carta náutica, así como la zona circundante que posea las características de área de influencia.
- Las prohibiciones y limitaciones en el ejercicio de la pesca, así como en su caso, las condiciones especiales para dicho ejercicio.
- Los tipos a que pertenezcan los diferentes elementos constitutivos del arrecife, con delimitación del área de ocupación de cada uno.
- Las condiciones y prescripciones que, por parte del titular de la misma, deban cumplirse en el proceso de instalación y mantenimiento del arrecife.

CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN

Son numerosos los factores a considerar en la construcción e instalación del arrecife artificial proyectado. En general, los pasos a seguir en esta fase son los siguientes:

- Elección de la zona de construcción.
- Preparación de la explanada y adecuación de la zona de obra.
- Fabricación de los encofrados.
- Construcción de los módulos.
- Apilamiento en obra si la disponibilidad de espacio lo requiere.
- Transporte de módulos y acopio a pie de muelle.
- Estiba en el buque de fondeo.
- Instalación de módulos en el mar.
- Comprobación de la instalación realizada.



Construcción de módulos de protección troncocónicos en una zona habilitada en el puerto de Huelva.

En la elección de la zona de construcción entran en juego muchos factores, entre los que destacan: que tenga una superficie suficientemente grande como para que se pueda ejecutar la construcción de todos los módulos, que esté lo más próxima posible al lugar donde serán embarcadas las estructuras construidas y que esté bien comunicada con ella para que el transporte hasta la zona de estiba ofrezca los mínimos problemas.

La explanada que constituirá la zona de obras debe ser previamente preparada para que se adecue a las características propias de la obra que se va a llevar a cabo, proporcionando todos los elementos necesarios para la correcta ejecución de la misma: Construcción o adecuación de viales de acceso, delimitación de la

zona mediante la instalación de vallas, determinación de las zonas de acopio de materiales, construcción y apilamiento de estructuras, instalación de los servicios necesarios, etc.



Transporte y estiba con camión y grúa.



Transporte con pala excavadora hasta el costado del barco.

Una vez efectuado este acondicionamiento, se comienza por la fabricación de los encofrados que permitirán la construcción de los módulos para que, posteriormente se empiecen a construir las estructuras que constituirán el arrecife artificial. Cada una de estas estructuras va dotada de una placa de cerámica numerada que la identifica.

Al ser de hormigón armado, los módulos construidos necesitan un tiempo de curado durante el cual el proceso constructivo de los restantes sigue adelante, de forma que la obra no se para hasta que todos los módulos hayan sido construidos. Esto puede ocasionar que la zona de obras se quede pequeña para seguir trabajando, lo que se solventa apilando las estructuras que ya estén construidas y curadas en una zona determinada, habilitándose así un mayor espacio para la fabricación de nuevos módulos. Durante la construcción se debe cumplir, en todos los aspectos, la normativa



Barco estibado preparado para zarpar.

legal vigente. Para ello se nombran a los correspondientes responsables, encargados de vigilar y controlar su cumplimiento en todo momento.

Llegado el momento del fondeo, los módulos construidos deben ser transportados hasta la embarcación que procederá a fondearlos. Para ello se utilizan camiones. Dentro de la versatilidad de camiones existentes, los de tipo góndola (remolque abierto) suelen ser los más efectivos para ello, y por lo tanto, los más utilizados. Tanto la carga como la descarga de las estructuras se lleva a cabo mediante el empleo de grúas. Dependiendo de las características de los módulos y del camión disponible, podrá ser transportado un mayor o menor número de unidades cada vez. En todo el proceso de transporte se debe observar el total cumplimiento de las normas de tráfico.

Una vez trasladados los módulos hasta el costado del buque, comienza el proceso de estiba en el que se sigue un plan preestablecido y aprobado por los correspondientes responsables, para apilar las estructuras de forma piramidal en la bodega del barco. El número de estructuras estibadas depende de las características de éstas, de las del propio barco y de la correcta elaboración y puesta en práctica del plan de estiba.

Las características del buque empleado son de excepcional interés para la ejecución del fondeo, hasta tal punto, que pueden llegar a interferir de forma negativa en todo el proceso de instalación del arrecife. La elección de la embarcación de fondeo se debe realizar en función de las características del arrecife a instalar (tipo de módulo, distribución de los mismos en la zona, cercanía de ésta al puerto, etc). La experiencia acumulada en los años de instalación de arrecifes artificiales en Andalucía, indica que, para las características generales de los arrecifes que se instalan en nuestras costas, resultan adecuadas embarcaciones cuya capacidad de carga permita la estiba de un gran número de módulos y cuya maniobrabilidad, estabilidad y navegación garantice el correcto fondeo de las estructuras.

Para asegurar una perfecta instalación, se utiliza un programa de gestión de fondeo gracias al cual en una pantalla de ordenador se visualizan cada uno de los puntos donde tiene que ser fondeado cada módulo al mismo tiempo que la trayectoria del barco. Además, se establece una zona de confianza, de modo que cuando éste se sitúa en el punto determinado o dentro de esta zona, salta una alarma que indica al operador que puede fondear la estructura arrecifal, para lo cual se utiliza un gancho de disparo que se acciona a distancia tirando de un cabo desde la cubierta de la embarcación. En ese momento el programa almacena la posición exacta de fondeo, la distancia entre el punto teórico y el real, así como la fecha, hora, número de módulo y cualquier otro dato que se considere de interés. El posicionamiento se basa en la utilización de GPS diferencial y antena giroscópica para minimizar cualquier posible error.



Técnicos y oficiales en el puente del barco dirigiendo las operaciones de instalación.

El fondeo se realiza a la menor velocidad de navegación posible con objeto de conseguir que los módulos no solo queden instalados en la posición correcta, sino también que en su caída no experimenten un giro y puedan quedar volcados en el fondo.

Terminado el fondeo, se realiza una comprobación final para confirmar la correcta instalación del arrecife artificial. Para ello se emplea un sónar de barrido lateral que unido a la utilización de GPS diferencial proporciona un registro georeferenciado de cada elemento fondeado en el área arrecifal, con lo que queda comprobada definitivamente la posición exacta de cada módulo, la adecuación al proyecto original y, por tanto, el éxito de la instalación.

Una vez finalizado todo el proceso descrito, se comunica a las autoridades competentes las coordenadas del polígono donde se ha instalado el arrecife artificial para que tengan constancia de la ejecución del proyecto y realicen su inclusión en las cartas náuticas.

SEGUIMIENTO CIENTÍFICO

El proyecto de creación de un arrecife artificial no termina con el hundimiento de las estructuras que lo constituyen. En realidad, éste es tan sólo el comienzo de una tarea permanente, que tiene como finalidad lograr el aprovechamiento adecuado de los arrecifes artificiales instalados mediante la implementación de un Plan de Seguimiento.

En general, aborda todos los aspectos que incidan directa o indirectamente en el análisis de la evolución del arrecife artificial y del cumplimiento de los objetivos para los que éste fue creado.

Si bien, desde la instalación de los primeros arrecifes artificiales en la costa andaluza se realizan los correspondientes seguimientos, fueron varios los condicionantes que dificultaban que, en los comienzos, éstos se llevaran a cabo de forma que permitieran determinar, con elevado nivel de significación, la evolución del arrecife en función del análisis de los datos disponibles y resultados obtenidos.

En algunos casos, la escasa dotación presupuestaria para la realización de los trabajos determinaba la calidad del seguimiento, en otros, las limitaciones técnicas como el sistema de posicionamiento, que no permitía localizar con exactitud el emplazamiento de los módulos fondeados, dificultaban enormemente los trabajos.

La progresiva concienciación de la importancia del seguimiento científico de los arrecifes artificiales instalados, unido al incremento en las asignaciones presupuestarias para tal fin y a los adelantos técnicos disponibles, han contribuido a que, en la actualidad, se lleve a cabo de manera más completa y eficiente, integrando diversos aspectos que hacen del seguimiento de los arrecifes artificiales un trabajo multi e interdisciplinar, de marcado carácter científico-técnico, en el que se analizan numerosos factores.

La evolución de la tecnología aplicable al estudio del medio marino supone un avance en la realización de estos trabajos. La aplicación de nuevas técnicas de posicionamiento mediante la utilización de GPS diferencial (que proporciona la posibilidad de determinar las coordenadas de localización de los módulos fondeados con una alta precisión –normalmente con un error menor de 1 m), la utilización del sónar de barrido lateral (que permite obtener una imagen del fondo marino y de la localización y disposición de los módulos) y la posibilidad de representar los resultados obtenidos en planos y cartas georeferenciadas, son entre otros, elementos de los que no se disponía hace unos años, por lo que los seguimientos realizados entonces no alcanzaban el nivel que tienen los llevados a cabo actualmente.

Por tanto, desde la puesta en marcha del plan de acondicionamiento de la franja costera andaluza en 1989, los seguimientos de los arrecifes artificiales instala-

dos han evolucionado en un orden creciente de complejidad, incorporando nuevos apartados y mejores resultados técnicos, que han ido conformando poco a poco el contenido y la estructura general de los trabajos que se desarrollan actualmente y que abarcan un amplio abanico de acciones que incluyen la mayoría de los ámbitos posibles de estudio, dotando de gran fiabilidad a los resultados obtenidos.

Inicialmente, los estudios se limitaban a observaciones puntuales en determinados módulos sin continuidad en el tiempo, actualmente consisten en la ejecución de un programa plurianual en el que se desarrollan diversas actuaciones integrales, cuyo análisis posibilita la obtención de resultados de gran fiabilidad, que permiten determinar no solo en qué medida un arrecife está cumpliendo con los objetivos para los que se construyó y fondeó, sino también elaborar donde y cuando convenga, propuestas de mejora.

Con todo ello, los actuales estudios de seguimiento científico ponen de manifiesto la efectividad y el grado de integración de los arrecifes artificiales instalados en el medio marino, la posibilidad de mejorar su funcionamiento y su validez como herramienta para la gestión de los recursos pesqueros litorales.

La normativa vigente establece que cada proyecto debe incluir el seguimiento científico durante, al menos, cinco años, que comprende en particular la evaluación y el control de la evolución del propio proyecto y de los recursos acuáticos de las aguas de que se trate. Cabe destacar que la normativa no recoge la continuidad del seguimiento transcurridos los cinco años desde la fecha de instalación, quedando por tanto a criterio del titular del arrecife artificial y de la propia Administración la determinación del tipo de seguimiento y la periodicidad del mismo a partir del quinto año.

En el ámbito de la evaluación y la gestión de los recursos pesqueros, los nuevos modelos propuestos por el Consejo Internacional para la Exploración del Mar (C.I.E.M.), y otros Organismos, se apoyan en tres vértices principales: Biológico, Económico y Social. En este contexto, la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía desarrolla un programa de seguimiento de los arrecifes artificiales instalados en el litoral andaluz que aborda el estudio, desde diversas perspectivas, con la finalidad de abarcar todos los elementos susceptibles de proporcionar información sobre la evolución del arrecife instalado desde el punto de vista de la gestión de los recursos pesqueros. Para ello, los trabajos se agrupan en tres epígrafes:

1. Evaluación física del estado del arrecife y de su eficacia.

Se centra en la localización de los módulos fondeados, y la evaluación del efecto físico y la eficacia disuasoria de los mismos. Los estudios engloban los siguientes aspectos:

- Localización de los módulos instalados.
- Comprobación de la efectividad antiarrastre.
- Evaluación de su repercusión sobre la pesca artesanal.
- Comparación de las posiciones de los módulos con las establecidas en estudios anteriores y determinación de los cambios de posición acaecidos.
- Detección y caracterización de las huellas de arrastre existentes.
- Caracterización bionómica mediante interpretación de la información obtenida por sónar de barrido lateral, apoyada por la toma de imágenes submarinas mediante el empleo de cámara de vídeo.

2. Caracterización biológica del hábitat creado por el arrecife.

Se realizan campañas de prospección submarina mediante el empleo de escafandra autónoma con el objetivo de: Caracterizar biológicamente el arrecife artificial y las zonas cercanas de influencia, conocer la diversidad específica mediante el estudio de las especies de interés comercial y la estructura de las poblaciones relacionadas con el arrecife, analizar los impactos favorables del arrecife en el contexto ecológico-pesquero y determinar la evolución de la eficacia de cada sistema arrecifal como biotopo y la tendencia futura orientada hacia la mejora de la producción pesquera. En cada campaña se estudian los siguientes apartados:

- Estado físico de los módulos arrecifales: Estabilidad, resistencia, estado de conservación, posible hundimiento, depósito de sedimentos, etc.
- Estado biológico de los módulos arrecifales: Colonización e impacto sobre el entorno.
- Estudio sedimentológico del sustrato de la zona arrecifal y área de influencia.
- Estudio de la fauna íctica asociada mediante recuentos estandarizados en el área arrecifal y de influencia.
- Caracterización bionómica de las comunidades sésiles asentadas sobre las estructuras instaladas.

3. Influencia del arrecife sobre las pesquerías locales.

Los objetivos fundamentales que se engloban en este epígrafe se centran en el análisis de los impactos favorables del arrecife en el contexto pesquero, desde el punto de vista de su repercusión en la evolución del sector extractivo y de las capturas, y en el pronóstico de la tendencia en cuanto a la incidencia de la instalación del arrecife artificial en la pesquería de la zona.

El estudio de la influencia del arrecife artificial sobre las pesquerías locales se aborda mediante la realización de diferentes trabajos entre los que cabe destacar: la realización de pescas experimentales, consulta de series históricas de datos de lonja y encuestas y entrevistas dirigidas al colectivo local. En general, se consideran los siguientes apartados:

- Determinación del rendimiento pesquero, tanto desde el punto de vista de las capturas, como del rendimiento económico obtenido.
- Determinación del esfuerzo pesquero de la zona.
- Determinación de las especies capturadas y evolución en cuanto a número total de ejemplares y tallas.
- Caracterización de la flota pesquera local.
- Caracterización de los puertos pesqueros cercanos a la zona de instalación del arrecife artificial y de la infraestructura disponible.
- Opinión del sector pesquero local en cuanto a la evolución de las pesquerías y los efectos del arrecife artificial instalado.

METODOLOGÍA Y MEDIOS TÉCNICOS

A continuación, se describe la metodología, medios y tecnología empleados en la realización de los trabajos referidos anteriormente, que comprenden todo el proceso de acondicionamiento de la franja costera. Los englobamos en los siguientes apartados:

1. CARACTERIZACIÓN FÍSICA
2. CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA
3. CARACTERIZACIÓN PESQUERA
4. INSTALACIÓN DEL ARRECIFE

1. CARACTERIZACIÓN FÍSICA

Para abordar los estudios correspondientes a este apartado, se realiza una campaña de prospección con sónar de barrido lateral (SBL) del área de concesión del arrecife artificial, con objeto de obtener la información necesaria sobre la zona de instalación, poner de manifiesto las características particulares que presenta y determinar su idoneidad, en el caso de los estudios previos a la instalación del arrecife artificial, así como la distribución de los módulos que lo compondrán. Esta metodología, que también se emplea en el seguimiento del arrecife una vez instalado, permite además, comprobar si el arrecife mantiene su estructura original y, determinar su efectividad, especialmente desde el punto de vista disuasorio frente a la pesca de arrastre, además de la posición exacta de cada módulo instalado.

Esta prospección permite la realización de una cartografía completa georeferenciada en la que se representan las posiciones de todos los módulos arrecifales detectados y las correspondientes a la última campaña efectuada para compararlas, la caracterización biónómica, las huellas de arrastre, emisarios submarinos, cables y otros objetos sumergidos, etc. y la información batimétrica mediante la representación de las correspondientes isóbatas.

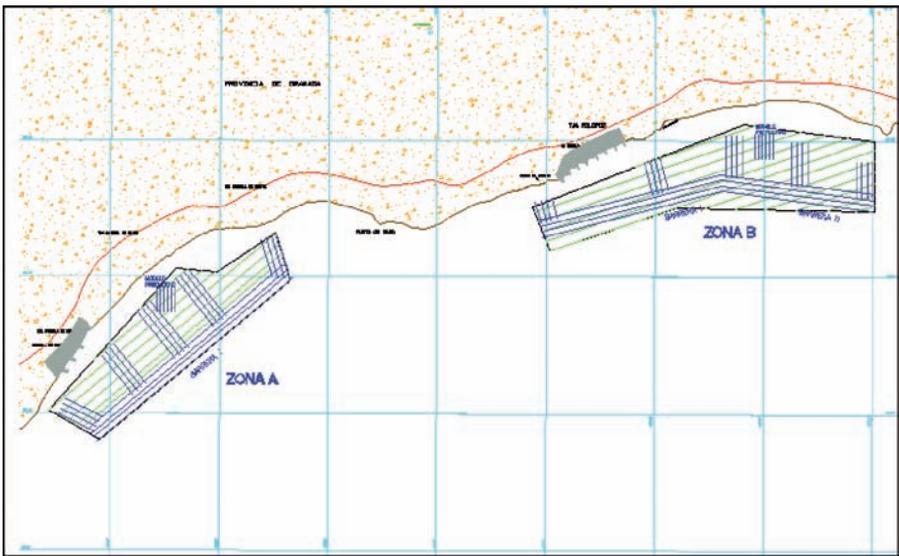
Para la realización de la batimetría se utiliza una sonda de precisión y salida NMEA que permite la grabación de las coordenadas x, y, z con una frecuencia de adquisición de datos cada segundo y su grabación en ficheros para su procesado.

Los trabajos se completan con la comprobación de las unidades bionómicas mediante observación directa con cámara de vídeo submarina remolcada desde la embarcación.

Por lo tanto, los resultados se apoyan en la información obtenida mediante el empleo de sónar de barrido lateral, GPS diferencial, ecosonda de precisión y cámara de vídeo remolcada.

Método de trabajo

En el caso de los estudios previos a la instalación, sobre la zona de estudio se establecen líneas paralelas a la costa y entre sí (es importante que a lo largo de una misma línea no haya mucha diferencia de profundidad). La distancia entre líneas es tal que se produce un solapamiento entre líneas adyacentes. Para esta cobertura se utiliza el rango 75, es decir, cada línea cubre 75 m por cada banda a partir de la línea de la trayectoria de la embarcación. Para tener un solapamiento suficiente que evite dejar áreas sin cubrir, se separan las líneas 140 m, de modo que se solapan los 10 m extremos de dos líneas adyacentes, lo que proporciona información sobre toda la superficie estudiada.



Ejemplo de proyecto de líneas: En verde, líneas planeadas para toda el área de concesión. En azul de líneas planeadas para las barreras

En el seguimiento del arrecife instalado se repite la operación descrita. En este caso se detectan además los módulos fondeados. Posteriormente, se representan en la carta las ubicaciones de los módulos localizados y se definen de nuevo las líneas que cubran la zona ocupada por módulos. Esta segunda cobertura se hace a la máxima definición, a 50 m por banda y las líneas se separan 90 m (solapamiento de 10 m) y a doble pasada en

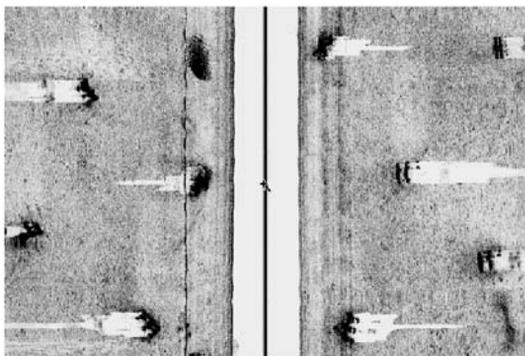


Imagen de SBL de un grupo de módulos de producción.

sentido inverso. Tras esta triple cobertura de las zonas ocupadas por los módulos (barreras) a dos rangos diferentes, se comparan las posiciones obtenidas por ambos medios y se depuran los duplicados. Aunque muy completa, esta metodología no está exenta de errores, dado que este proceso, necesario para la correcta interpretación de los datos, puede suponer la depuración de dos módulos efectivamente presentes que, por su proximidad, han sido considerados una duplicación del mismo, sin embargo, permite afinar en la obtención de las coordenadas de cada módulo instalado.

Para la detección de huellas y marcas en el fondo provocadas por posibles lances de arrastre en la zona, se definen recorridos en su interior y en las inmediaciones del polígono arrecifal, que se hacen a poca velocidad para asegurar que el transductor vaya muy cerca del fondo, de modo que se ponga de manifiesto los pequeños relieves que forman las marcas de arrastre.

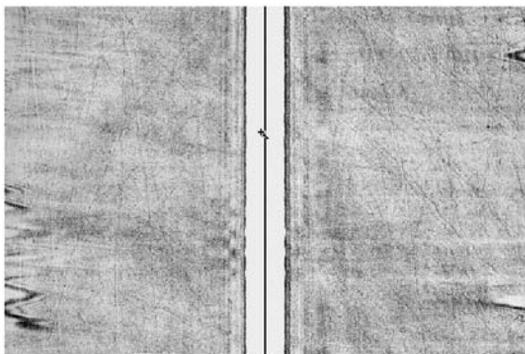


Imagen de SBL en la que se aprecian diversas marcas de arrastre sobre el fondo.

Para la elaboración de la carta bionómica se toma nota durante el sondeo con SBL de las zonas de discontinuidad en el espectro del registro y se dibujan someramente in situ los límites entre comunidades. Se establece en el protocolo de campaña y en el plan de calidad la necesidad de comprobar estas áreas de interés mediante inspecciones de vídeo remolcado, para determinar las comunidades existentes y verificar las distintas unidades bionómicas cartografiadas mediante el SBL.

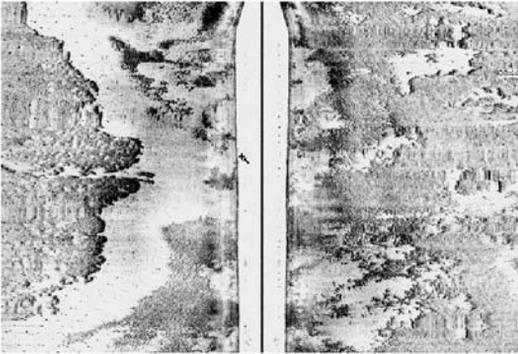


Imagen de SBL en la que se aprecia la existencia de una pradera de fanerógamas.

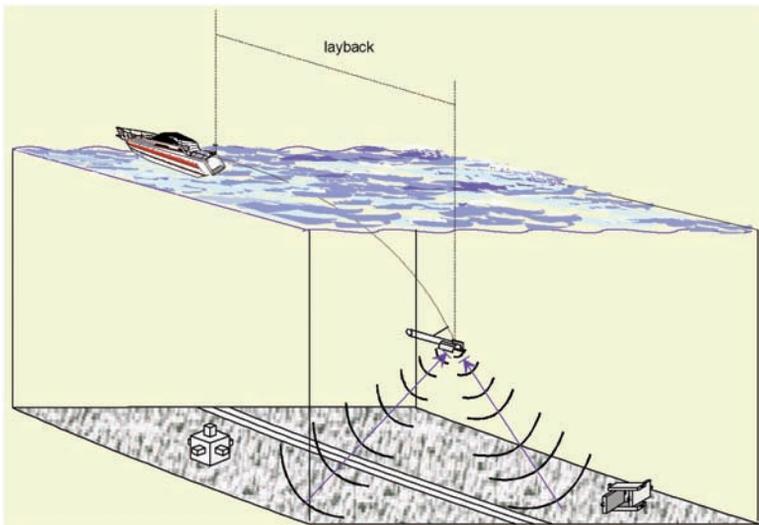
Una vez acabado el trabajo con el SBL se realizan los transectos destinados a la elaboración de la batimetría. Para ello, se puede aprovechar parte de la información ya obtenida, como pueden ser los transectos de SBL de cobertura de las barreras a rango 50 que sean perpendiculares a la costa, cubran toda el área de concesión y hayan sido realizados a una velocidad adecuada. Posteriormente, se realizan dos líneas

más amplias y un recorrido perimetral exterior para cerrar el área. Finalmente, se realizan las correcciones mareales pertinentes. Los veriles de la batimetría se obtienen mediante un programa informático de extrapolación.

Equipamientos utilizados

· *Sónar de barrido lateral (SBL) o side scan sonar (SSS)*

El equipo utilizado consta de una unidad remolcada y un equipo de superficie instalado a bordo de la embarcación. El equipo remolcado consiste en un transductor o pez emisor y receptor, dotado de un cable de fibra óptica que lo conecta con los equipos de superficie, sin conductores eléctricos, resistente y flexible.



Esquema del funcionamiento del sónar de barrido lateral.

El transductor emite haces de frente plano y alta frecuencia que son reflejados por el sustrato y recibidos de nuevo por él. La señal es enviada por éste a la CPU del SBL donde se generan los registros gracias a un software de interpretación. De este modo se visualizan los registros de sónar de manera continua y en tiempo real permitiendo replantear los recorridos in situ.

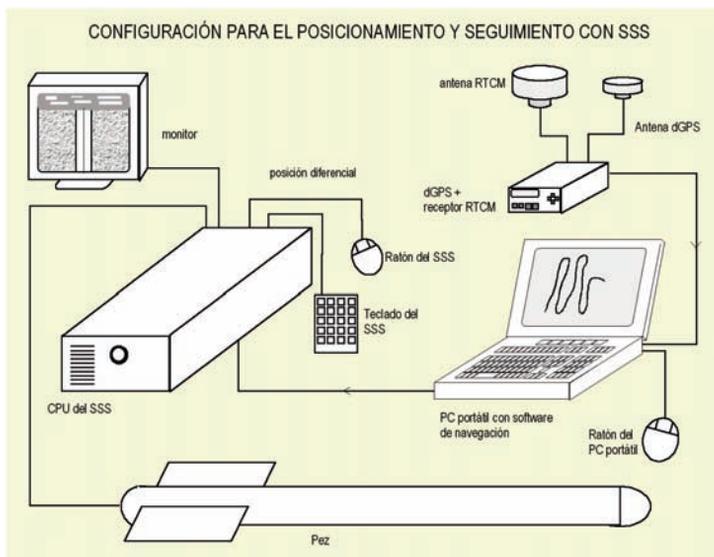
Dicho software corrige automáticamente la distancia horizontal entre la antena del dGPS y el transductor (layback) que es calculada a partir de modelos empíricos.

Las áreas barridas pueden seleccionarse entre 50, 75, 100 y 150 m por banda (el doble de estas distancias es la amplitud del área barrida por transecto) en función del detalle deseado para cada trabajo.

Para identificar cada objeto sumergido, éste debe recibir al menos tres pulsos, lo que impone limitaciones en la velocidad de prospección en función del objeto del trabajo, normalmente la prospección se realiza a una velocidad de 2 a 5 nudos, según el estado de la mar.

· Posicionamiento diferencial

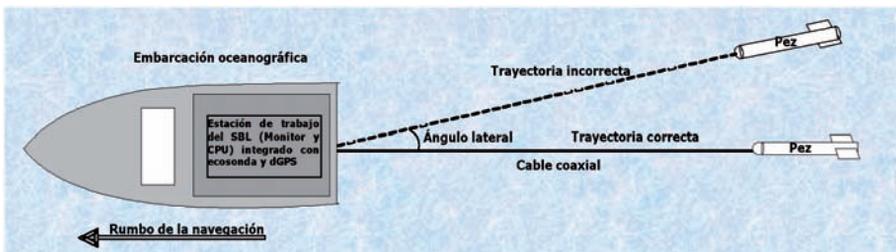
Para la determinación de posiciones se utiliza un sistema de posicionamiento global diferencial (dGPS) del sistema Omnistar que emite, tras la corrección diferencial RTCM de la señal GPS, una serie de frases NMEA configurables en función de los equipos a los que va conectado.



Esquema de la configuración del sónar de barrido lateral.

La señal del dGPS es recibida por el ordenador portátil que se encuentra equipado con el programa de navegación, el cual realiza automáticamente las transformaciones deseadas tanto de sistemas de coordenadas como de datum.

El error del sistema de posicionamiento es de 1 m o menos, aunque en los sondeos con SBL hay otros factores que pueden ampliar el error en circunstancias concretas. Los factores principales que amplían estos errores se deben al hecho de que el transductor (pez) del SBL se encuentra a una distancia variable de las antenas del dGPS, lo que implica una cierta incertidumbre en la posición exacta del pez con respecto a las antenas receptoras, en especial si hay corrientes de costado que alejan el pez de la línea de crujía de la embarcación o debido a pequeñas variaciones en el rumbo.



Esquema del error cometido por un desplazamiento lateral del pez.

· Programa de navegación

Se emplea un programa de navegación comercial de grandes prestaciones para las campañas hidrográficas. Sus principales cualidades para este trabajo son:

1. Posibilidad de establecer las medidas de la embarcación, lo que permite que automáticamente corrija distancias desde los puntos de adquisición de datos hasta los puntos de recepción de las señales dGPS (en especial, al transductor de la sonda batimétrica, al pez, a la cámara de vídeo, etc).
2. Posibilidad de incorporar a la pantalla de trabajo una carta dxh de la costa y la posición teórica de los polígonos y barreras, lo que permite el diseño de la estrategia de prospección de modo gráfico.
3. Posibilidad de generar líneas paralelas a una introducida manualmente por coordenadas, a partir de la cual se dibujan líneas de guiado a una distancia que se puede establecer in situ a partir de los factores que pueden afectar a la navegación idealmente recta.
4. Capacidad de guiado de un modo muy visible, ya que el programa tiene un visor que indica la distancia instantánea a la línea trazada y el ángulo necesario para su corrección, de modo que se puede definir una distancia máxima a la línea proyectada, a partir de la cual, el transecto se considera nulo, lo que actúa como control de la calidad de los registros, ya que previene la existencia de zonas sin barrer y evita la existencia de grandes curvas que aumentan el error en el posicionamiento de objetos.

· Vídeo remolcado sumergible

Es un equipo de vídeo formado por una cámara sumergible, un cable y una unidad de superficie. A bordo se conecta una unidad de televisión y vídeo, lo que permite la visualización y grabación de imágenes a tiempo real. De este modo, es posible obtener imágenes posicionadas del fondo mediante el dGPS.



Esquema de la configuración del sónar de barrido lateral.

Esta técnica es usada para la verificación de las distintas unidades bionómicas cartografiadas mediante el SBL.

El software adecuado permite posteriormente capturar las imágenes más representativas e imprimirlas en papel fotográfico, indicando en los planos su procedencia.

2. CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA

Aunque estos trabajos se basan fundamentalmente en la prospección submarina, que permite evaluar de forma directa cada zona inspeccionada, una parte importante se sustenta en el análisis posterior de la información obtenida en los buceos. En este sentido adquiere notable relevancia el estudio de la cobertura biológica sésil de las estructuras fondeadas, o de las zonas constituidas por sustrato duro cercanas, mediante el empleo de técnicas de análisis de imagen.

Prospección submarina

Consiste en la realización de campañas de buceo en las que se realizan inmersiones en los puntos de mayor interés, determinados tras analizar los resultados del estudio de sónar de barrido lateral, lo que proporciona la posibilidad de completar el estudio mediante la obtención de información obtenida in situ. Para determinar la posición exacta de cada punto de buceo se utiliza un equipo de posicionamiento dGPS.

Durante el seguimiento científico se establecen campañas en las que se procura inspeccionar los mismos puntos año tras año. En este caso, el objetivo principal de los muestreos es determinar y conocer la estructuración espacial y la evolución de los organismos instalados en las nuevas superficies y en el entorno, ya sean sésiles o vágiles, y determinar el estado físico de las estructuras fondeadas. En estos trabajos se diferencian fundamentalmente dos zonas:

1. Zona modular: Ocupada por una estructura arrecifal o conjunto de módulos contiguos.
2. Zona intermodular: Área comprendida entre zonas modulares.

Se diseñan estadios tipo para cada zona de trabajo, con la finalidad de aprovechar el tiempo limitado de inmersión, determinado por la profundidad de trabajo.

ARRECIFE DE:		POS.:			
TIPO MÓDULO:		Nº MÓD.:		CONTAJE PECES	
BUZO:		VISIBILIDAD:			
% COBERTURA: Total y por grupos					
ESPECIES COMERCIALES ASOCIADAS AL MÓDULO Y SU ZONACIÓN:					
					
GRADO DE ENTERRAMIENTO:		TIPO SEDIMENTO:			
¿HAY SEDIMENTO ENCIMA DEL MÓDULO?		¿HAY PRADERA CERCA DEL MÓDULO?			
OBSERVACIONES:					

Estadillo para la prospección submarina en la zona modular.

ARRECIFE DE:		POS.:			
PRADERA DE:		VISIBILIDAD (metros):		CONTAJE PECES	
% COBERTURA:		BUZO:			
DENSIDAD	1ª réplica	2ª réplica	3ª réplica	4ª réplica	5ª réplica
Nº haces (40x40)					
nº de hojas / haz					
F: falciforme					
E: erecta					
C: comida					
N: normal					
Macrofauna asociada					
TIPO DE SEDIMENTO:					
DIRECCIÓN Y SENTIDO DE LOS RIPPLES:					
OBSERVACIONES:					

Estadillo para la prospección submarina en la zona intermodular.

1. Zona modular

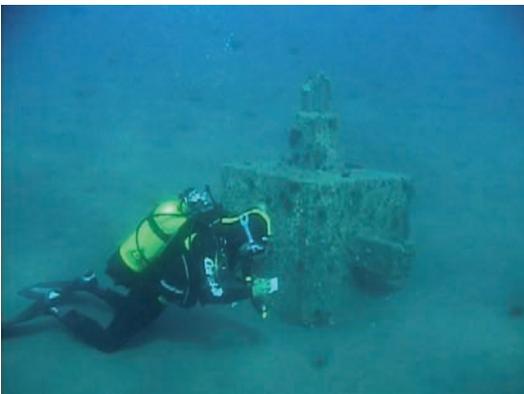
El esquema de trabajo en cada inmersión es el siguiente: una vez localizado el módulo a prospectar con el dGPS y la ecosonda, se baliza el punto de muestreo. Las inmersiones se inician por el mismo cabo de la baliza para garantizar la correcta posición de la zona inspeccionada.

El primer objetivo tras el avistamiento del módulo es realizar un conteo de las especies ícticas que son grandes nadadoras y que una vez en el fondo resultan difíciles de ver al asustarse fácilmente. A continuación, se realiza una estimación de la cobertura bentónica del módulo por grupos y de la zonación de los mismos. Mientras tanto, se da tiempo a que los peces íntimamente asociados al módulo y más territorialistas, se acostumbren a la presencia de los submarinistas para realizar un segundo conteo íctico de las especies asociadas al módulo, a la vez que se determina su ubicación dentro de la estructura arrecifal o núcleo modular. Todo ello se anota en las tablillas de inmersión, antes mencionadas.

Para finalizar la prospección de la zona modular, se registran otros datos como: nº de módulo, tipo, grado de enterramiento, tipo de sedimento, existencia de sedimento encima del módulo y localización, presencia de praderas de



Buzo iniciando la inmersión.



Prospección submarina mediante escafandra autónoma.



Estima de la cobertura vegetal

fanerógamas alrededor del mismo, así como cualquier otra observación adicional que el muestreador considere oportuna.

2. Zona intermodular

En este apartado hay que diferenciar dos zonas tipo que se muestrean de forma diferente: Zona intermodular con cobertura vegetal, donde existe alguna pradera de fanerógama y Zona intermodular sedimentaria, donde el sustrato bentónico está representado por arena o arena y algún núcleo rocoso pequeño.

En la zona intermodular con cobertura vegetal se realiza un muestreo específico para caracterizar la pradera y evaluar su estado y evolución a lo largo del seguimiento. Para ello se realizan réplicas significativas distribuidas al azar con una calicata de dimensiones conocidas. Se estudian los siguientes parámetros:

- Número de haces.
- Grado de enterramiento de la lúnula.
- Longitud de la hoja.
- Hoja (falciforme o erecta).
- Grado de herbivorismo.
- Número de hojas por haz.
- Macrofauna asociada.
- % de cobertura general de la pradera.

Dependiendo del tiempo de inmersión y una vez finalizada la tarea anteriormente descrita, se realizan series de censos visuales estandarizados, en posiciones fijas de la pradera de fanerógama, con el objeto de evaluar la fauna íctica íntimamente relacionada con ella.

El tiempo de cada inmersión se determina fundamentalmente en función de las profundidades de trabajo. Para controlar este parámetro y aumentar el tiempo de permanencia en el fondo sin que la operación resulte peligrosa para los submarinistas, se utilizan ordenadores de inmersión.

En la zona intermodular sedimentaria (zona con ausencia de sustrato vegetal), se realizan series de tres transectos de 50 metros de longitud cada uno con el objeto de caracterizar la población íctica mediante censos visuales estandarizados.

La evaluación de las poblaciones de peces se puede realizar de dos formas diferentes: utilizando métodos destructivos (mediante el empleo de artes de pesca), o no destructivos mediante censos visuales o mediante vídeo. Los métodos de pesca para evaluar las poblaciones de peces, han sido utilizados durante muchos años. Estos datos son muy apropiados para completar los obtenidos en las campañas de buceo. Evidentemente, la captura que se puede realizar con un arte de pesca solo evalúa una pequeña parte de la población que nunca más se podrá capturar. No obstante, hay que pensar que los arrecifes artificiales han sido fon-

deados con la finalidad de proteger y regenerar los recursos pesqueros, por lo que resulta conveniente utilizar los dos métodos para realizar una buena evaluación de las poblaciones ictiológicas, tanto desde el punto de vista pesquero como ecológico.

Análisis de imagen

Para la caracterización de comunidades biológicas mediante esta técnica, se obtienen imágenes del fondo tomadas con una cámara digital submarina, buceando en cada uno de los puntos de muestreo considerados.



Calicata utilizada para el estudio donde se observa un predominio de colonias de poríferos.

En cada módulo se realizan en primer lugar filmaciones de los fondos y comunidades algales y animales asociadas a él. Esto permite la realización de un análisis cualitativo y descriptivo de las poblaciones y del hábitat.

Posteriormente, se toman imágenes fotográficas para poder tener una aproximación cuantitativa de los organismos presentes. Antes de la toma de cada imagen, se deposita en el sustrato una calicata de superficie conocida, lo que permite posteriormente tener referencia exacta de la superficie fotografiada. Se toman suficientes imágenes distribuidas en diferentes enclaves para garantizar la representatividad de las muestras. Se selecciona un número de imágenes

nes suficiente para determinar la cobertura en al menos 1 m² del total de la superficie estudiada.

El trabajo de laboratorio consiste en dos aspectos fundamentales. Por una parte, en el estudio y análisis de las filmaciones en vídeo tratando de realizar una descripción cualitativa de los fondos y de las poblaciones asociadas a los módulos en cada una de las zonas de muestreo. Para ello, se visionan las grabaciones tomándose nota de todos los aspectos posibles relacionados con los sustratos. La identificación de los organismos se realiza hasta la categoría taxonómica más concreta, según las posibilidades que ofrezcan las imágenes. En este sentido, es necesario mencionar que para la identificación de muchas especies resulta fundamental capturar los ejemplares para realizar estudios anatómicos que permitan su determinación. Debido a esto, en la mayoría de los casos, simplemente con las imágenes resulta imposible la identificación específica, más aún, si se tiene en cuenta que las condiciones de iluminación o visibilidad del medio marino no siempre permiten una visualización clara de los organismos presentes. No obstante, sí permite una aproximación taxonómica suficiente.

Por otra parte, las imágenes fotográficas son analizadas empleando métodos de análisis de imagen mediante el uso del software adecuado. Para cada una de las imágenes se realiza la descripción del fondo y la determinación de todos los organismos presentes, siguiendo la misma metodología que en el apartado anterior. Posteriormente, se realiza un análisis cuantitativo de cobertura de todos los taxones presentes. Al conocer la superficie real del área fotografiada mediante el uso de las calicatas de dimensiones conocidas, es posible determinar mediante el software indicado, la superficie ocupada por cada organismo, así como el porcentaje de ocupación. Esto permite extrapolar los resultados posteriormente a cualquier superficie deseada, en función de la homogeneidad de la zona.

Por tanto, se consigue realizar una descripción cualitativa de la zona y la comunidad a ella asociada a partir de los datos de las filmaciones y una descripción cuantitativa de la comunidad a partir de las imágenes tomadas usando las calicatas.

3. CARACTERIZACIÓN PESQUERA

Los trabajos correspondientes a la caracterización pesquera de la zona quedan fundamentalmente encuadrados en tres aspectos: Realización de pescas experimentales, encuestas dirigidas al sector pesquero local y análisis estadístico de la evolución del censo de la flota pesquera, descargas y comercialización de las capturas a través de las lonjas de los puertos cercanos al arrecife.

Pescas experimentales

Como apoyo a los censos visuales y con el objetivo de evaluar el impacto que genera el arrecife artificial sobre las pesquerías locales, se realizan diversas cam-

pañías de pesca, utilizando para ello las embarcaciones artesanales que faenan en la zona.

Las pescas se llevan a cabo dentro del arrecife artificial, y en la zona exterior de influencia del mismo. En cada campaña, los muestreos se adaptan a los artes, el método de pesca y los horarios empleados por los pescadores de la zona.



Maniobra de pesca experimental.

La posición de calado del arte se registra mediante un GPS portátil, excepto cuando la propia embarcación pesquera dispone de sistema de posicionamiento propio. En cada uno de los muestreos se anota:

- Características de la embarcación contratada.
- Tipo de arte utilizado y longitud del mismo.
- Posición y profundidad de calado.
- Horario de calado y levado del arte.
- Condiciones ambientales.
- Captura realizada: especies, talla y peso de cada uno de los ejemplares.
- Valor comercial de la captura.



Desembarque de pesca en puerto de un barco de la modalidad de cerco.

El análisis de los datos se fundamenta en el estudio comparativo de diversos parámetros, que permiten establecer la evolución temporal de los resultados obtenidos en cada campaña realizada. Estos parámetros son: Captura por unidad de esfuerzo (número de individuos capturados por cada pieza de red utilizada y tiempo de pesca), número total de capturas, riqueza específica media y valor comercial (Ingresos obtenidos por campaña).

Encuestas

De forma paralela a las pescas experimentales se realizan encuestas al sector pesquero local para evaluar su opinión sobre diversos aspectos relacionados con la evolución de la pesquería local y el arrecife artificial instalado.

ENCUESTA SECTOR PESQUERO

1. Arrecife artificial:
2. Fecha:
3. Nombre puerto base, patrón y embarcación:
4. Modalidad de pesca:
5. ¿Dónde pesca con más frecuencia?
6. ¿Cuánto pesca en cada jornada (media en euros y/o kilos)?
7. Evolución de las capturas en los últimos años: 1/0/-1
8. Problemática con otros sectores pesqueros S/N
9. ¿Faenan en la zona de los arrecifes? S/N
10. ¿Han notado la presencia de los arrecifes? S/N
11. ¿Están de acuerdo con su ubicación y funcionamiento? S/N
12. ¿Les han pedido opinión anteriormente? S/N
13. ¿Pescan las mismas especies de siempre? S/N

Encuesta realizada al sector pesquero.

Las encuestas se distribuyen entre un número significativo de cada modalidad pesquera existente, distinguiendo fundamentalmente entre modalidad de arrastre, de cerco y artesanal.

El análisis de los datos obtenidos implica la asignación de valores numéricos a las respuestas, de forma que se puedan agrupar en el menor número de campos posibles la diversidad de las opiniones obtenidas. Para ello, a las preguntas referentes al conocimiento y opinión sobre el arrecife artificial se considera SI a la opinión favorable y NO a las desfavorables. A las que incluyen una valoración se les ha asignado 1, 0 y -1 para determinar incremento, estabilidad y disminución respectivamente, en el caso de la evolución de las capturas. Finalmente, bien, nor-

mal y mal se ha asignado para definir las condiciones de las infraestructuras portuarias.

El interés creciente por crear un clima de sensibilización en el sector pesquero, dirigido a fomentar su participación positiva en el acondicionamiento del litoral andaluz mediante la instalación de arrecifes artificiales, ha cristalizado, entre otras acciones, en el desarrollo de un nuevo modelo de encuesta, de mayor consistencia estadística, que permite valorar, desde la perspectiva de mayor número de ámbitos, la opinión de los pescadores, intentando optimizar el aprovechamiento de sus conocimientos, de forma que revierta en su propio beneficio.

EMBARCACIÓN	PUERTO BASE	Nº ENCUESTA ___/___		
MODALIDAD	PUESTO QUE OCUPA			
MUNICIPIO	FECHA			
ARRECIFE				

BLOQUE A

1a. ¿Que edad tiene usted?

2a. ¿Es usted propietario de alguna embarcación?

3a. ¿Cuanto tiempo lleva dedicado a la profesión?

4a. ¿En qué época del año faena?

5a. ¿Que tipo/s de arte/s utiliza a lo largo del año?

6a. ¿Que especie/s captura con mayor frecuencia?

7a. ¿Cuántos días faena a la semana?

8a. ¿Cuántos tripulantes faenan en la embarcación?

9a. ¿TRB de la embarcación?

10a. ¿Cuántos años tiene la embarcación?

BLOQUE B

1b. ¿Podría decir si existen Arrecifes Artificiales en la zona donde pesca?

SI	NO	NO SABE	NO CONTESTA
----	----	---------	-------------

2b. ¿Conoce la zona donde se encuentran los arrecifes?

SI	NO
----	----

3b. ¿Sabe quién gestiona el Arrecife Artificial de la zona?

JUNTA ANDALUCÍA	MINISTERIO	COFRADIA PESCA	OTRO ¿Cuál?	NO SABE
-----------------	------------	----------------	-------------	---------

4b. ¿Sabe si se realiza algún tipo de actuación tras el fondo del arrecife?

SEGUIMIENTO	REPOBLACION	OTRAS	NADA	NO SABE
-------------	-------------	-------	------	---------

5b. ¿Conoce el tipo de Arrecife que se ha instalado?

PROTECCIÓN	PRODUCCIÓN	MIXTO	NO SABE
------------	------------	-------	---------

BLOQUE C

1c. ¿Está usted a favor o en contra de la instalación de Arrecifes Artificiales?

MUY A FAVOR	A FAVOR	INDIFERENTE	EN CONTRA	MUY EN CONTRA
-------------	---------	-------------	-----------	---------------

2c. ¿Por qué está usted a favor o en contra del Arrecife Artificial?

3c. ¿Cree usted que los arrecifes son ventajosos o perjudiciales para la pesca?

VENTAJOSO	PERJUDICIAL	NO SABE
-----------	-------------	---------

4c. ¿Cuáles son los motivos por los que usted cree que es ventajoso o perjudicial?

5c. ¿Se encuentra satisfecho con la instalación del Arrecife Artificial en la zona?

SATISFECHO	INDIFERENTE	INSATISFECHO	NO SABE
------------	-------------	--------------	---------

6c. ¿Podría exponer los motivos por los que se encuentra satisfecho o insatisfecho?

7c. ¿Ha influido la instalación del Arrecife en las relaciones entre su modalidad pesquera y otras modalidades?

MEJOR	PEOR	NADA	NO SABE
-------	------	------	---------

8c. ¿Podría explicar los motivos por los que ha influido las relaciones?

9c. ¿Sabe si se ha consultado al sector pesquero local para la instalación del arrecife?

SI	NO	NO SABE
----	----	---------

10c. Si se produjera el caso. ¿Estaría de acuerdo con la instalación de más Arrecifes?

MUY DE ACUERDO	DE ACUERDO	INDIFERENTE	DESACUERDO	MUY EN DESACUERDO
----------------	------------	-------------	------------	-------------------

11c. ¿Podría explicar brevemente los motivos de su opinión?

BLOQUE D

1d. ¿Ha tenido que cambiar su zona de pesca debido al Arrecife?

SI	NO	INDIFERENTE
----	----	-------------

2d. ¿Ha influido el arrecife en las capturas de alguna/s especie/s concreta/s?

POSITIVAMENTE	NEGATIVAMENTE	NO INFLUYE	NO SABE
---------------	---------------	------------	---------

3d. ¿Qué especies se han visto afectadas tanto positiva como negativamente?

OBSERVACIONES

Nuevo modelo de encuesta.

En consecuencia, se ha elaborado una encuesta, cuyas preguntas se engloban en cuatro grupos, según los siguientes objetivos específicos:

- Conocer el perfil social y laboral del pescador.
- Saber si conocen aspectos tales como: Localización del arrecife, gestión, función, actuaciones realizadas en él, etc.
- Sondar la opinión del sector pesquero sobre los arrecifes artificiales en general y, en particular, referida a los cercanos a su zona de pesca.
- Determinar la valoración del sector acerca de la influencia del arrecife sobre los recursos marinos de la zona.

Análisis estadístico de flota y capturas

El análisis estadístico de los datos de flota pesquera y las capturas referentes a los puertos cercanos a los arrecifes instalados permite hacer una aproximación a la evolución de estos parámetros en relación con cada arrecife artificial. En función de la disponibilidad de los datos, se tiene en cuenta la serie temporal de registros del periodo comprendido desde antes de la instalación hasta la actualidad.

El tratamiento estadístico permite determinar la evolución del número de barcos por modalidad pesquera, eslora, arqueo y potencia, así como de las capturas (en cantidad y en valor económico) desembarcadas y comercializadas a través de la lonja de cada puerto.



Pescadores de las modalidades de artes menores arribando a puerto.

Cabe mencionar que los datos deben ser considerados con cautela, teniendo en cuenta que no todas las capturas se comercializan a través de las lonjas y, por tanto, las estadísticas oficiales reflejan solo una aproximación a la evolución real de las capturas de la flota que pesca en la zona de influencia del arrecife.

4. INSTALACIÓN DEL ARRECIFE

Método de trabajo

Una vez se encuentra el barco atracado en el muelle, se procede al traslado de los módulos desde la zona de construcción hasta el cantil, disponiéndolos al costado del barco, dentro del radio de acción de sus grúas. El transporte se lleva a cabo de la forma más operativa posible, bien mediante el empleo de una máquina retroexcavadora (si la zona de construcción es contigua a la de atraque), o bien empleando camiones (si la zona de construcción se encuentra más alejada), para ello han mostrado mayor efectividad los camiones con remolque de tipo góndola.

Una vez colocadas las piezas en el cantil, las grúas del barco proceden al enganche de las mismas, emplazándolas a bordo siguiendo para ello un plan de estiba predeterminado, que normalmente contempla tres niveles de apilamiento: dos niveles en la bodega y uno en la cubierta.

En el barco se instala una Estación Remota Embarcada (ERE) que permite conocer la posición exacta de la embarcación en tiempo real, al mismo tiempo que permite reconstruir toda la trayectoria del barco durante un periodo de tiempo determinado. Toda esta información generada es recibida, analizada y almacenada en el Centro de Control de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía.

Para calcular la posición exacta de fondeo de cada módulo se utiliza un paquete informático de software específico para la instalación de arrecifes artificiales. El programa, denominado ARRECIFE, ha sido diseñado siguiendo las especificaciones definidas por la Empresa Pública Desarrollo Agrario y Pesquero. La aplicación debe conectarse a un receptor GPS y a una giroscópica o aguja magnética. Además, para establecer la posición exacta de fondeo, se introduce en el programa una distancia de corrección que corresponde a la separación longitudinal y normal en metros que existe entre la posición del módulo en el momento de soltarlo y la antena GPS. Para afinar al máximo la posición de fondeo se utiliza un sistema de posicionamiento diferencial por satélite (DGPS), que toma como referencia puntos geodésicos conocidos situados en tierra.

Antes de zarpar, se introducen en el programa ARRECIFE las coordenadas que definen la posición teórica de cada módulo y de las barreras que formarán. Se establece un radio de tolerancia que determina la zona dentro de la cual se considera bueno el fondeo de cada estructura. Con el programa en marcha, en la

pantalla del ordenador aparece la figura del barco en su posición real. Cuando el buque se encuentra dentro del círculo de tolerancia, cuyo centro es la posición teórica de fondeo, se activa una alarma luminosa y sonora que indica que el módulo puede ser soltado.

El fondeo se realiza utilizando un gancho de disparo, con el que se extrae el módulo de la bodega y se coloca en la misma superficie del agua. El barco navega continuamente, a poca velocidad (entre 2 y 5 nudos), de forma que las estructuras se fondean en movimiento. Una vez en el punto, se activa el mecanismo del gancho que libera al módulo y éste queda fondeado. En este momento, la posición exacta queda almacenada, junto con otros datos como: la posición teórica, número de bloque, distancia en metros entre la posición teórica y la real, localización del módulo en la barrera y la fecha. La posición real es también anotada por dos técnicos a bordo, de forma que ésta queda registrada por triplicado, en previsión de cualquier problema que pudiera surgir.

Una vez terminado el fondeo, se realiza una comprobación de la instalación, empleando para ello la metodología y medios técnicos de sónar de barrido lateral y posicionamiento GPS, explicados anteriormente. Este último paso resulta fundamental para certificar la adecuación de los trabajos realizados al proyecto y, por lo tanto, el éxito de la instalación.

El proceso de datos, mediante el empleo de un sistema de información geográfica (Arc GIS 8.2 de ESRI), permite elaborar la cartografía georeferenciada que representa la posición definitiva de cada módulo y define las características del arrecife artificial instalado.

La ejecución del trabajo, desde el principio hasta el final, se refleja en la Memoria de la Instalación.

Equipamientos utilizados

Como se ha mencionado, además de equipamiento de sónar de barrido lateral y de posicionamiento DGPS (ya descritos anteriormente), se utiliza un programa diseñado específicamente para el fondeo de arrecifes artificiales denominado "ARRECIFE", que describimos a continuación.

La aplicación se ejecuta en un ordenador PC compatible, con microprocesador 386 o superior, con coprocesador matemático y mínimo de 4 Mb de RAM. El programa está preparado para conectarse a un receptor GPS y a una giroscópica o aguja magnética.

El programa puede trabajar utilizando tanto la proyección Mercator, como UTM, y con cualquier elipsoide. Así mismo, la posición calculada puede desplazarse a cualquier posición del barco (como por ejemplo, el extremo de la pluma de la grúa utilizada), introduciendo la separación en metros entre el punto cuya posición se

quiere calcular y la antena del receptor GPS, según el eje longitudinal del barco y la normal a ella. El programa, con estas distancias y el rumbo del barco, calcula la posición deseada mediante una descomposición vectorial.

Previamente al inicio de los trabajos de fondeo, una aplicación de este programa permite introducir de una manera muy fácil la posición de cada uno de los módulos que forman las distintas barreras.

Para ayudar al barco a ocupar la posición de fondeo, su posición con respecto a la del arrecife a fondear, se descompone la distancia transversal a la línea de la barrera y longitudinal al punto de fondeo. Estas distancias se representan, tanto numérica, como gráficamente, utilizando una barras auto escalables. Además de aparecer de forma numérica, tanto el rumbo sobre el fondo, como el rumbo introducido por la giroscópica o aguja magnética, de forma gráfica se representa el ángulo que forma la proa del buque con la dirección de la línea arrecifal.

Al programa se le introduce el radio de tolerancia en metros que se desee. Cuando el barco se encuentre dentro del círculo, cuyo centro es la posición teórica de fondeo y cuyo radio es del de tolerancia mencionado, una zona de la pantalla, normalmente en rojo, se pone en verde y se activa una alarma sónica en el PC, que indica que se debe fondear el módulo. Justo al hacerlo, aparece una pantalla superpuesta sobre la pantalla de navegación en la que se visualizan todos los datos de interés del fondeo y permite introducir cualquier identificación propia del bloque. Todos estos datos se almacenan en un archivo previamente seleccionado, y una opción de este programa permite realizar un listado por impresora de ellos.

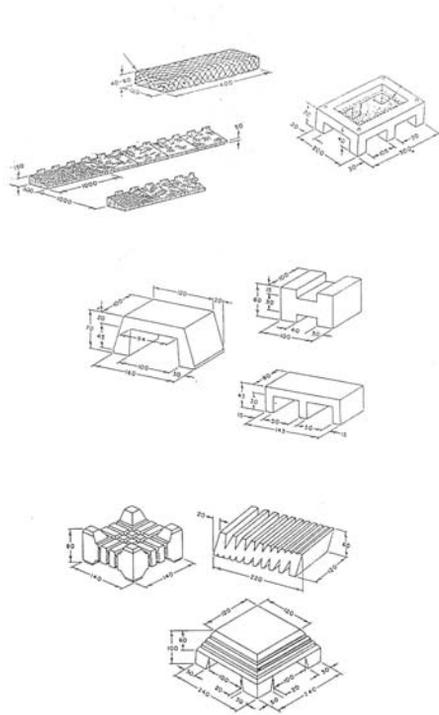
Este tipo de programa permite hacer un zoom y un scroll de la pantalla para seleccionar la escala y posición relativa del barco más adecuada.

TIPOLOGÍA, DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN DE LOS MÓDULOS ARRECIFALES

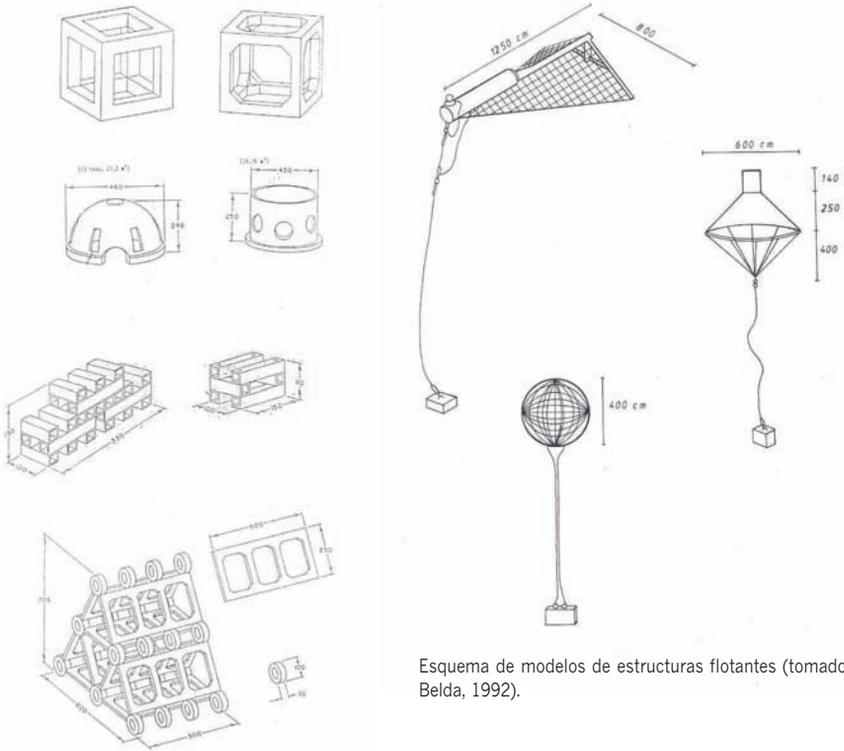
Un módulo arrecifal es una estructura diseñada y construida para ser depositada en el fondo del mar que por su peso, forma, tamaño y lugar de instalación, puede hacer las veces de arrecife natural, ya sea dificultando o impidiendo determinadas formas de pesca, o bien favoreciendo la atracción y concentración de organismos vivos y contribuyendo, por tanto, a la regeneración de los recursos pesqueros y a la restauración y mantenimiento de las condiciones ambientales del ecosistema.

TIPOLOGÍA

Algunos autores indican que los tipos de estructuras que se utilizan como arrecifes artificiales se pueden agrupar en “estructuras sustrato”, “estructuras cámara” y “estructuras antiarrastré” (Belda, 1992). Atendiendo a las características generales de los módulos y la función que desempeñan, podemos decir que, aunque abierto a una gran variabilidad de modelos, formas y diseños, existen básicamente tres tipos de módulos arrecifales que son utilizados actualmente en nuestras costas: Módulos de protección o disuasorios, que se corresponden con las “estructuras antiarrastré”, módulos de atracción-concentración (también llamados de producción) que englobarían a las “estructuras cámara” y a las “estructuras sustrato” y módulos mixtos que son una mezcla de módulo de protección y módulo de atracción-concentración.



Esquema de modelos de estructuras sustrato (tomado de Belda, 1992)



Esquema de modelos de estructuras flotantes (tomado de Belda, 1992).

Esquema de modelos de estructuras cámara (tomado de Belda, 1992).

Las estructuras sustrato proporcionan grandes superficies para la fijación de algas en aguas poco profundas donde la intensidad de luz favorece y maximiza el crecimiento vegetal. Estas estructuras, con algunas modificaciones introducidas en su diseño, pueden ser utilizadas por otros organismos marinos como son: langostas, erizos de mar y algunos peces. Estas características pueden ser incorporadas en el diseño de módulos de protección, de atracción-concentración y mixtos.

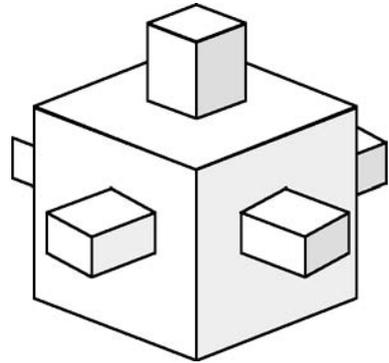
Las estructuras cámara proporcionan un aumento de superficie de fijación de organismos, al mismo tiempo que incorporan al medio planos verticales, espacios cerrados o semicerrados y zonas de paso de diferentes tamaños, que aumentan la diversidad espacial del sustrato. Se utilizan en aguas más profundas que las anteriores para atraer peces de diferentes especies y favorecer el asentamiento de organismos bentónicos sésiles que colonicen las estructuras fondeadas. Existe una gran variabilidad de diseños entre los que destacan las formas cúbicas, cilíndricas, semiesféricas y paralelepípedas de variadas dimensiones.

Las estructuras antiarrastre tienen como principal función impedir la pesca de arrastre, para lo cual están provistos de numerosos salientes donde puedan quedar enganchadas las redes. Coinciden, por tanto, con los módulos de protección, de los que hablaremos más adelante.

Además de las estructuras antes mencionadas, existen otras, denominadas “estructuras flotantes” construidas con materiales ligeros que se mantienen entre dos aguas y pueden estar ancladas al fondo o sujetas a la parte superior de los módulos fondeados. Estas estructuras, aunque pueden ser bastante efectivas para la atracción de algunos peces pelágicos, no suelen ser utilizadas en nuestras costas.

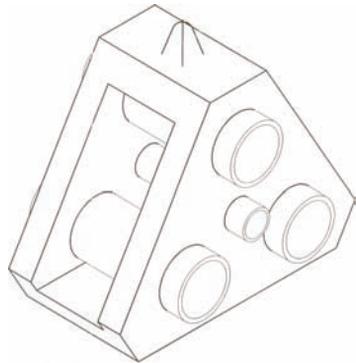
Siguiendo la clasificación propuesta y en función de las estructuras utilizadas en nuestras costas, podemos considerar básicamente tres tipos de módulos arrecifales:

- Módulos de protección: Su función principal es impedir la pesca de arrastre en zonas protegidas. Un módulo de protección consiste, fundamentalmente, en una estructura de hormigón en masa atravesada por varios perfiles (de acero o también de hormigón), que actúan como elementos de enganche de las redes de los barcos que faenen en la zona. Tienen, por tanto, carácter disuasorio frente al tipo de pesca que se desea evitar.



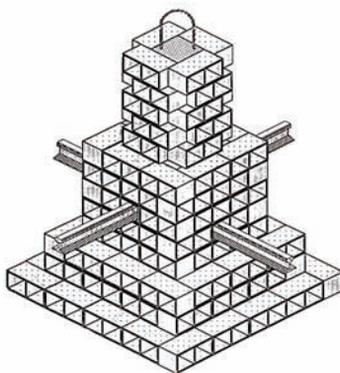
Módulo de protección de tipo cúbico.

- Módulos de atracción-concentración: Algunos autores denominan a este tipo de estructuras “módulos de producción”. Este término es menos correcto que el de atracción-concentración, ya que la verdadera función de los módulos es ofrecer un aumento considerable de superficie para la fijación de organismos sésiles y una gran cantidad de oquedades que, a su vez, sirvan de cobijo y lugar de puesta y alimentación a numerosas especies de interés pesquero. La producción en sí se debe al ecosistema creado en el arrecife artificial y no a los propios módulos fondeados.



Módulo de atracción-concentración de tipo piramidal.

- Módulos mixtos: Se trata de módulos con características comunes a los anteriormente mencionados. Son módulos intermedios en los que a unas estructuras similares a las utilizadas para la atracción-concentración se le añaden varios perfiles que lo atraviesan, dotándolos de capacidad de enganche de los artes de pesca de los barcos que faneen en la zona donde han sido fondeados y, por lo tanto, de poder disuasorio. Desarrollan, por tanto, una doble misión.



Módulo mixto de tipo piramidal.

Existen numerosos modelos de todos los tipos mencionados que cumplen en mayor o menor grado con su función. La eficacia de los módulos fondeados debe establecerse mediante los estudios correspondientes al seguimiento científico del arrecife artificial instalado, que debe tener una duración suficiente (actualmente un mínimo de cinco años desde la instalación).

La experiencia en las costas andaluzas demuestra que, si bien, los módulos mixtos pueden cumplir una doble misión (protección y atracción-concentración), pudiendo suponer un ahorro en los costes de un arrecife artificial, precisamente por esta intrínseca función protectora, son susceptibles de que las redes queden enganchadas en ellos, hecho que puede constituir una trampa mortal para los organismos que alberga, haciéndolos potencialmente peligrosos, sobre todo para las comunidades piscícolas a las que atraen. Por lo tanto, en la actualidad, se descarta la utilización de módulos mixtos en nuestras costas, a favor de la instalación de arrecifes artificiales constituidos por módulos de protección y de atracción-concentración.

DISEÑO

El diseño de los módulos arrecifales debe hacerse de forma que las estructuras a fondear sean efectivas y cumplan el objetivo para el que se construyen e instalan. En general, son varios los aspectos a tener en cuenta a la hora de diseñar un módulo arrecifal, de entre los que cabe destacar los siguientes:

- Eficiencia en la consecución de los objetivos propuestos (evitar el arrastre, favorecer la concentración de organismos, formar un conjunto estable, etc.).
- Facilidad de construcción, transporte e instalación.

- No entorpecer la navegación ni causar perjuicios, tanto en la dinámica litoral como en la estabilidad de las playas cercanas.
- No necesitar mantenimiento una vez instalados.
- Ser resistentes a la corrosión y presentar bajo riesgo de polución de las aguas.
- No presentar peligro para las actividades subacuáticas, tanto durante su instalación, como durante el seguimiento.

Muchos de estos aspectos se basan en el desarrollo de cálculos estructurales en los que intervienen diversos parámetros, determinados en estudios previos a la realización del correspondiente proyecto técnico, como pueden ser la caracterización del sector pesquero local y el conocimiento de las características físicas e hidrológicas de la zona.

Cálculo de la estabilidad y permanencia de los elementos modulares frente al tiro de las embarcaciones

En especial, los arrecifes artificiales disuasorios deben tener peso suficiente para no ser arrastrados por las embarcaciones que puedan engancharse en ellos. Resulta fundamental analizar con detenimiento la estabilidad y permanencia de los elementos modulares frente al tiro de las embarcaciones. Para ello, se deben tener en cuenta dos parámetros básicos:

Fuerza de tiro de las embarcaciones que faenan en la zona (F).
Resistencia al tiro de las estructuras sumergidas (R).

Parámetros de la fuerza de tiro de las embarcaciones

Según lo descrito en la publicación “Artes y aparejos, tecnología pesquera” del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, la potencia de un barco dado para el arrastre (Pd) se determina mediante la ecuación que relaciona su potencia nominal (Pn), el coeficiente de utilidad o rendimiento del motor (Cu), su coeficiente de propulsión (Cp) y un coeficiente teórico tabulado del estado de la mar (Cm). Así:

$$Pd = Pn \times Cu \times Cp \times Cm$$

La potencia nominal suele considerarse sobre un barco tipo o barco medio, susceptible de faenar en las aguas donde se instalarán las estructuras, con características que se extraen del censo de flota arrastrera existente en el momento de efectuar los cálculos.

Parámetros de resistencia al tiro de las estructuras sumergidas

La fuerza de rozamiento total se obtiene a partir de la suma de todas las fuerzas de rozamiento producidas, tanto por la totalidad del aparejo (red, cables y puertas), como por la estructura y el fondo. Sin embargo, el rozamiento ejercido por el aparejo completo disminuye al producirse el enganche con la estructura, ya que se produce un brusco descenso de la velocidad (un tirón). En ese momento desciende la velocidad del arte y, por lo tanto, su fuerza de rozamiento. Por ello, se debe tener en cuenta ese factor y efectuar una reducción proporcional (C) en este parámetro sobre parte de los factores. Así, la resistencia total se puede expresar mediante la siguiente ecuación:

$$R = (R_r + R_c + R_p) \times F + R_a$$

Donde:

R = Fuerza de rozamiento total.

R_r = Fuerza de rozamiento debida al arrastre de la red.

R_c = Fuerza de rozamiento de los cables.

R_p = Fuerza de rozamiento de las puertas.

R_a = Fuerza de rozamiento debida al arrastre de la estructura (arrecife).

F = Coeficiente de disminución debido al enganche.

Según la publicación antes mencionada, los anteriores parámetros toman los siguientes valores teóricos medios:

$$R_r = 191 \times d/l \times V^2 \times S \times \text{sen } a$$

$$R_p = 0,25 \times R_r$$

$$R_c = K \times w \times D \times L \times V^2$$

Donde:

d = Diámetro medio de los hilos de la red.

l = Lado medio de las mallas.

V = Velocidad media de arrastre.

S = Superficie media total de los paños.

a = Ángulo de ataque en el paño.

K = Coeficiente de arrastre.

w = Densidad del agua marina.

D = Diámetro de los cables.

L = Longitud del cable largado.

Sustituyendo los anteriores valores en las correspondientes ecuaciones se obtiene el valor de los parámetros R_r, R_p y R_c.

La fuerza de rozamiento del arrecife con el fondo viene dada por la siguiente expresión, que relaciona su peso sumergido y su coeficiente de rozamiento:

$$R_a = f \times N$$

Donde:

f = Coeficiente de rozamiento.

N = Peso del módulo sumergido.

Así se obtiene el valor de R_a , único parámetro que quedaba por conocer para calcular la fuerza de rozamiento total R.

Como condición básica, la potencia necesaria para que se pueda realizar el arrastre del módulo fondeado debe cumplir la siguiente relación:

$$P_d > R \times V/75$$

Siendo:

R = Fuerza de rozamiento total

V = Velocidad de arrastre

Una vez obtenidas las fuerzas resultantes, se puede comprobar si se cumple la condición de arrastre y, por lo tanto, si el módulo diseñado tiene suficiente peso para evitar ser arrastrado por una embarcación de arrastre que quede enganchada en él.

Si se efectúa el cálculo inverso se puede obtener una aproximación a la potencia nominal teórica límite que sería soportada por la estructura:

$$P_d = P_n \times C_u \times C_p \times C_m = R \times V/75$$

Donde se puede despejar P_n y hallar así su valor:

$$P_n = (R \times V/75) / (C_u \times C_p \times C_m)$$

Cálculo de la estabilidad y permanencia de los elementos modulares frente al oleaje

La estabilidad de los módulos frente al oleaje provocado por los temporales que tienen lugar en la zona de instalación es un elemento muy importante que hay que tener en cuenta para determinar la validez del diseño modular proyectado.

El cálculo se realiza teniendo en cuenta las cualidades de las estructuras, considerando las características más desfavorables en cuanto a estabilidad, para asegurar la misma en todos los demás casos planteables dentro del proyecto de instalación.

Para ello se tienen en cuenta las siguientes condiciones:

Profundidad mínima de instalación (d)
Altura de la ola de cálculo (H)

Con la altura de ola determinada y consultando el correspondiente cuadro en la publicación “Características de las olas en mar libre”, del libro “Olas marítimas” de R. Iribarren, se obtiene el periodo correspondiente (T).

Antes de abordar los cálculos para el estudio de la estabilidad del elemento, se debe considerar la profundidad relativa en la que nos encontramos, que viene definida por una relación entre la profundidad de instalación de las estructuras (d) y la longitud de onda de la ola (LA).

Si el elemento se encuentra en lo que se cataloga como aguas profundas no hay que realizar ningún cálculo, pues la velocidad horizontal del agua (u) es prácticamente nula. La condición de estabilidad del elemento para este caso viene dada por la ecuación:

$$d/gT^2 > 0,08$$

donde g = Fuerza de la gravedad

La condición de mayor inestabilidad se produce en aguas poco profundas, donde la relación es:

$$d/gT^2 < 0,0025$$

donde la velocidad horizontal (u) es constante en toda la profundidad.

Las variables que sirven para identificar las características de las olas monocromáticas (no rompientes), son la altura de la ola (H), la profundidad del agua (d) y, o bien el periodo (T) o la longitud de onda en aguas profundas (Lo).

Con estos valores, para la condición de mayor inestabilidad en aguas poco profundas, tenemos que:

$$d/gT^2 = 0,0091$$

$$0,08 > d/gT^2 > 0,0025$$

Dada la profundidad mínima a la que se instala un arrecife artificial, entrando en el ábaco “Campo de validez de las diversas teorías de ondas”, de la publicación “Planificación y explotación de puertos, ingeniería oceanográfica y de costas”, publicado por el M.O.P.U., determinamos que nos encontramos en la Zona de Transición, donde se puede aplicar la ecuación:

$$L = gT^2/2 \pi \times \operatorname{tgh} (2\pi d/L)$$

Donde:

L = Longitud de onda en la zona de transición (m).

T = Periodo (s).

Con estos valores y por simulación mediante ordenador, utilizando un algoritmo recurrente, se obtiene el valor de L.

Una vez determinadas las características del oleaje, se procede a calcular la estabilidad del arrecife.

Para ello, se recurre a la siguiente ecuación, obtenida del libro “La Houle”, de Djounkovski y Bojitch:

$$G (f \cos a - \operatorname{sen} a) = S w \pi h^2 / L e^{-2\pi z/L}$$

Donde:

G = Peso del arrecife artificial por unidad de superficie.

f = Coeficiente de rozamiento entre el arrecife y el fondo.

a = Inclinación del lugar de instalación.

S = Coeficiente de seguridad.

w = Peso específico del agua marina (1035kg/m³).

h = Semialtura de la ola de cálculo.

L = Semilongitud de onda de la ola de cálculo.

z = Profundidad.

Primero se calcula el peso por unidad de superficie (G), y posteriormente, despejando en la ecuación anterior, y sustituyendo valores, obtenemos el coeficiente de seguridad S, que nos permite conocer la estabilidad de los módulos a la profundidad más desfavorable de instalación (menor profundidad).

Material empleado

En el diseño de los módulos y los materiales utilizados para construirlos, se pueden apreciar tendencias claramente diferentes. Como ya se ha comentado, mientras que en Estados Unidos se emplean fundamentalmente materiales de desecho, en Japón se usan preferentemente estructuras especialmente diseñadas y

fabricadas, sobre todo a base de hormigón armado y, en algunos casos, de fibra de vidrio. La poca estabilidad y durabilidad de los materiales de desecho, y la posible contaminación que puedan provocar en el medio son factores de peso a la hora de considerar que sea más económico y eficaz la utilización de materiales duraderos en un arrecife artificial.

En función de experiencias y recomendaciones anteriores, de entre los muchos materiales que pueden emplearse en la construcción de módulos arrecifales, en nuestras costas, se utiliza actualmente el hormigón armado marino-resistente como material básico de construcción de los módulos, dada su probada efectividad, tanto para la construcción como para el transporte, instalación y permanencia en el fondo. Además, la porosidad y rugosidad del material hace que sea muy adecuado para la fijación sobre él de organismos sésiles.

Consideraciones particulares en el diseño de módulos

Teniendo en cuenta las consideraciones mencionadas podemos describir algunas de las características básicas aplicables a los dos tipos de módulos fundamentalmente empleados en nuestras costas:

Módulos de protección antiarrastrastre

Dada la función de disuasión e impedimento de la pesca de arrastre que tiene este tipo de módulos, se recomienda que sean estructuras macizas de hormigón, con prolongaciones salientes, donde puedan quedar enganchados los artes de pesca de arrastre que faenen en la zona.

Estas estructuras deberán tener suficiente peso unitario como para no ser arrastradas por las embarcaciones si se produce el enganche, para lo que se aplica un cálculo de la estabilidad y permanencia de los elementos modulares frente al tiro de arrastre anteriormente descrito. En general, en función de la experiencia acumulada en el litoral andaluz, se consideran válidos módulos con peso seco en torno a 6 toneladas.

El diseño de las estructuras debe contemplar también que éstas han de ser transportadas hasta la embarcación de fondeo y estibadas en ella, por ello, se debe procurar que la forma modular facilite ambas cosas, posibilitando la mayor efectividad en cuanto al número de módulos transportados y estibados. Se desechan formas demasiado irregulares que supongan la existencia de numerosos huecos y grandes espacios vacíos entre ellas, con lo que el aprovechamiento del espacio útil de carga, tanto del remolque del camión donde son transportadas, como de la bodega del barco donde se estiban, sea el máximo posible. Lo ideal, es conseguir que el número de módulos transportados y estibados esté solo determinado por la capacidad de carga del camión y del barco y no por limitaciones en el espacio que ocupan los módulos y las zonas vacías no utilizables que, debido al diseño de las estructuras, puedan existir entre ellos.



Módulos de protección de tipo troncocónico estibados en la cubierta del barco.

Debe tenerse en cuenta en el diseño, la posibilidad de que se puedan producir efectos no deseados de enterramiento, aterramiento o desplazamiento de los mismos por efecto de la pendiente del fondo. Además, es conveniente asegurar que las prolongaciones sean siempre efectivas, independientemente de la forma en la que caiga el módulo.

Las características físicas de la zona de fondeo son esenciales en el diseño modular. Elementos tales como el tipo de fondo y la hidrología que caracterizan el área de instalación determinan la forma de las estructuras. Así, en zonas donde el sustrato está principalmente constituido por limos y arcillas, y se caracteriza, por lo tanto, por ser más fangoso y más blando que uno en el que la fracción de arena predomina, se emplearán estructuras en las que la superficie de su base sea máxima (sin perjuicio de la funcionalidad de la totalidad del módulo), que garanticen la minimización del efecto de hundimiento al que éste estará sometido. En aquellas zonas en las que la hidrología propicie la existencia de un gran aporte de sedimento circulante, se aplicarán diseños estructurales cuya forma favorezca la deriva de estas corrientes y, por lo tanto, minimice la acumulación de sedimento en las caras del módulo para evitar el posible efecto de aterramiento que pueda sufrir éste. Áreas en las que la pendiente sea muy acusada necesitarán diseños modulares que eviten que éstos puedan rodar y desplazarse hasta cotas batimétricas distintas a las que fueron fondeados.

Otro elemento fundamental en la validez del diseño modular es la estabilidad frente al oleaje, para lo que se aplica el cálculo de la estabilidad y permanencia de los elementos modulares frente al oleaje anteriormente descrito. Referido al diseño estructural, los parámetros elementales que se manejan en el cálculo son las dimensiones proyectadas, fundamentalmente la altura del módulo, en relación con la distancia existente entre la parte superior de éste y la superficie del mar.

Todas estas características y consideraciones deben ser tomadas en cuenta y tratadas de forma conjunta hasta determinar qué forma es la más acertada para los módulos que constituirán cada arrecife. Unido a ello, la distribución del conjunto de los módulos es otro factor fundamental en la efectividad del arrecife artificial instalado.

Módulos de atracción-concentración

La introducción de estos nuevos elementos en el medio marino supone un incremento de volumen en el hábitat. Este hecho propicia un mayor desarrollo de la productividad del ecosistema debido al aumento de la diversidad específica y de la biomasa existente, constituida por muchas especies de interés comercial, que encontrarán refugio y facilidad para alimentarse y reproducirse en las estructuras fondeadas.

El diseño de estos módulos debe estar orientado a conseguir un aumento de superficie para proporcionar suficientes enclaves biológicos que favorezcan el asentamiento de organismos y comunidades con afinidades distintas en cuanto a fijación.

Se debe buscar, por tanto, que el sistema arrecifal, concebido como el conjunto de módulos dispuestos según un criterio determinado, resulte no sólo un lugar de atracción de peces, pues únicamente contribuiría a la concentración de la pesca con el consiguiente perjuicio que esto podría suponer, sino que proporcione las condiciones adecuadas para aumentar la producción del sistema, y contribuir a la maduración y estabilidad de las comunidades asentadas, con lo que se contribuirá a potenciar, de forma real, el recurso pesquero de la zona, de forma que sea posible una explotación racional y sostenible.

Aunque muchas experiencias realizadas fundamentalmente en otros países como Japón apuntan a la búsqueda de diseños modulares orientados a determinadas especies (denominadas especies objetivo), lo que conlleva un enorme esfuerzo económico para abarcar un gran número de especies de interés comercial, en nuestras costas se ha optado por módulos cuyos diseños no están concebidos para una única especie piscícola determinada como objetivo. Se busca, por tanto, la polivalencia en cuanto a la atracción, concentración y aumento de producción del conjunto de especies de interés, ya que, en nuestro litoral, puede suponer una mayor rentabilidad global de la inversión efectuada.

Elementos como la altura, el perfil (o relieve del arrecife), el número y tamaño de los huecos, la existencia de diversidad de formas y paredes verticales y horizontales, y la relación entre la superficie generada y el volumen modular deben ser tenidos en cuenta.

El diseño debe procurar un aumento significativo de la superficie de fijación para organismos sésiles, lo que favorecerá a su vez, la existencia de numerosos lugares de puesta. Por tanto, se debe proporcionar una relación superficie/volumen positiva y elevada. La existencia de gran cantidad de oquedades proporcionará protección a las especies residentes y podrá favorecer el reclutamiento. Sin embargo, es preferible que el diseño vaya más allá de la búsqueda de simples “estructuras esqueleto” que, si bien atraen a los peces concentrándolos, no favorecen el asentamiento de éstos y, por tanto, pueden no contribuir eficazmente al aumento estable de la producción del sistema.

El diseño de los módulos debe favorecer también la atracción de especies de inferior orden en la cadena trófica, que sirvan de alimento a las especies residentes de mayor rango, de interés comercial.

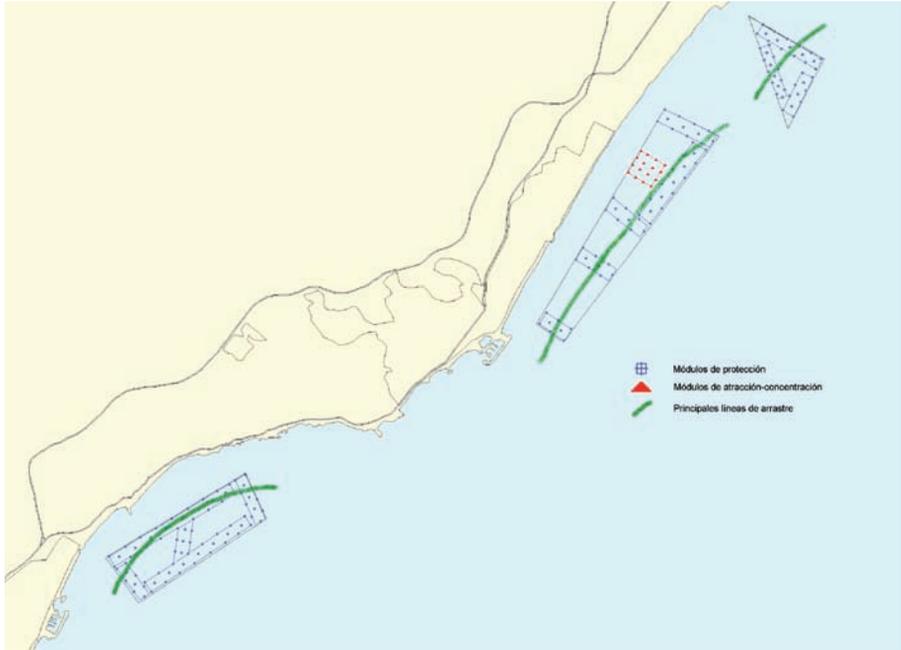
Otro elemento a tener en cuenta es la capacidad de creación de nuevos flujos de corriente de agua que permitan el enriquecimiento biológico mediante pequeñas derivas de las corrientes existentes. Este hecho influye positivamente atrayendo un gran número de especies planctónicas, al menos en alguna fase de su ciclo vital. Sin embargo, hay que tener en cuenta que los módulos no deben suponer un verdadero obstáculo frente a la hidrología de la zona, previniendo así, posibles fenómenos no deseados, que conllevarían una pérdida de efectividad, e incluso cierto perjuicio en las características propias del litoral.

Para el diseño de este tipo de módulos son igualmente válidas las consideraciones correspondientes a las características físicas del fondo, la estabilidad frente al arrastre y al oleaje, y la distribución de las estructuras, descritas para los módulos de protección.

DISTRIBUCIÓN

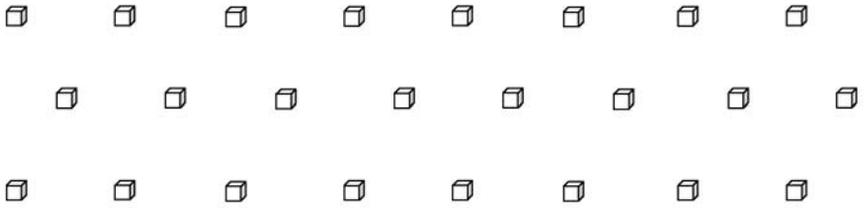
Teniendo en cuenta las consideraciones realizadas y los objetivos planteados, en nuestras costas es habitual, como ya se ha comentado, proponer la realización de arrecifes artificiales que contemplen el fondeo de dos tipos de estructuras: una de protección, disuasoria frente al arrastre ilegal y otra cuya principal misión sea la de favorecer la atracción y concentración de organismos, contribuyendo al aumento de producción del ecosistema y al asentamiento de comunidades estables de especies marinas.

En lo que respecta a la distribución de los módulos arrecifales, la zona de protección deberá estar formada por barreras de arrecifes que corten las principales líneas de arrastre detectadas, de forma que se impida, o al menos se entorpezca en el mayor grado posible, esta modalidad de pesca en la zona. La distancia entre las barreras debe determinarse de forma que dificulte y no haga rentable los lances de arrastre.



Ejemplo de distribución de barreras en un arrecife artificial.

Cabe mencionar que un patrón de distribución de los módulos comúnmente aceptado es la formación de barreras constituidas por módulos de protección distribuidos en tres líneas paralelas al tresbolillo, con una separación entre módulos suficiente para hacer efectivo el corte de las líneas de arrastre. En este sentido, la potencia media de las embarcaciones, la longitud media de los artes de arrastre y sus características constituyen factores que determinan la capacidad de maniobra de los barcos, elemento de imprescindible conocimiento para establecer la distancia entre módulos. Esta distancia debe ser calculada de forma que con el menor número de estructuras quede protegida eficazmente la mayor superficie posible frente a la acción de los arrastreros, con lo que se logra minimizar costes de construcción e instalación, garantizando la efectividad del arrecife instalado.



Esquema de la distribución al tresbolillo de los módulos de protección que forman una barrera.

En general, todos los factores que influyen en la determinación del tipo de módulo a utilizar y en la distribución de los mismos se analizan en los estudios previos.

ARRECIFES ARTIFICIALES INSTALADOS EN ANDALUCÍA

ARRECIFES ARTIFICIALES INSTALADOS POR LA CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y PESCA DE LA JUNTA DE ANDALUCÍA EN EL LITORAL ANDALUZ

La Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía, dentro de las actuaciones dirigidas a la protección, regeneración y desarrollo de los recursos pesqueros en las zonas litorales, inició en 1989 un programa de acondicionamiento de la franja costera mediante la instalación de arrecifes artificiales, destinados fundamentalmente a la protección de las áreas sometidas a una sobreexplotación de los recursos mediante prácticas de pesca no permitidas y/o áreas de elevado interés biológico-pesquero.

El principal objetivo de este tipo de arrecifes es disuasorio, ya que evita que se desarrollen actividades pesqueras como el arrastre en fondos no autorizados, preservando así el valor ecológico de los mismos y potenciando las fases de alevinaje de muchas especies de interés pesquero. Todo ello redundará en un incremento de los recursos pesqueros litorales, en beneficio de una explotación sostenible de los caladeros.

En el periodo 1989-2007, la Consejería de Agricultura y Pesca ha instalado 19 arrecifes artificiales en la costa andaluza, de los cuales se han reforzado 3 para garantizar su efectividad. El conjunto global de esta línea de actuación incluye la instalación de tres nuevos arrecifes, lo que supone un total de cerca de 11.500 módulos fondeados, que protegen un área de unos 500 km², una inversión de casi 12.000.000 de euros y un conjunto de 22 arrecifes artificiales instalados.

DENOMINACIÓN ARRECIFE	TIPO ARRECIFE	SUPERFICIE PROTEGIDA (m ²)	NÚMERO DE MÓDULOS	TIPO DE MÓDULO	PESO (Tm)	AÑO DE INSTALACIÓN	INVERSIÓN (€)
Conil I	Protección	3,05	55	Prismático	3,94	1989	56.495,14
Conil II (Área Conil II)	Producción		30	Rectangular	7	1991	96.844,53
Refuerzo Conil (Área Conil I)	Mixto		50 109	Productivo P1 7, Disuasorio D2	10,95	2002	253.058,00
El Rompido I	Protección	4	137	Cilíndrico	2,4	1990	118.098,88
El Rompido II	Mixto	17,2	400 100	Cilíndrico 3, Mixto-Cúbico	2,4	1994	187.516,98
Desembocadura del Guadalquivir (Fase I)	Protección	4	125	Cilíndrico	2,4	1990	118.098,88
Desembocadura del Guadalquivir (Fase II)	Protección	23	314	Cilíndrico	2,4	1991	176.709,92
Desembocadura del Guadalquivir (Fase III)	Mixto	29,44	210 190 100 4	Cilíndrico 2,4 Truncocónico 3, Mixto-Cúbico Alveolar 1	2,4 5,94	1992	286.065,32
Refuerzo Desembocadura del Guadalquivir (Áreas I, II y III)	Protección		477	Disuasorio D1	7,2	2002	579.681,00
Isla Cristina	Protección	15	350	Prismático	3,94	1991	201.861,94
Punta Calaburras- Desembocadura del río Guadalhorce	Mixto	16,62	190 210 100 4	Cilíndrico Truncocónico 3, Mixto-Cúbico 5,94 Alveolar 1	2,4 2,45	1992	286.065,32
Refuerzo Punta Calaburras- Desembocadura del río Guadalhorce	Protección		299	Disuasorio D1	7,2	2002	367.459,00
Punta Sabinar-Punta Torrejón	Mixto	15,75	400 100 4	Truncocónico 3, Mixto-Cúbico 5,94 Alveolar 1	2,45	1992	286.065,32
Barbate	Producción	0,12	312	Cinco tipos		1995	186.313,18
Torre Perdiga-Rambla Amoladera	Protección	14,1	327	Cúbico	5,42	1998	269.697,87
Marbella-Cabo Pino	Protección	9,43	133	Cúbico	5,42	1998	222.686,32
Río Lagos-Punta Torrox	Protección	3,47	115	Cúbico	5,42	1998	
P.D. El Candado-Torre Benagalbón	Protección	20	333	Cúbico	5,42	1998	274.646,45
Punta de Baños-Marbella	Protección	14,82	169	Cúbico	5,42	1998	139.385,16
Pta. Melonar-Torre de Melisena	Mixto	7,32	254 262 50	Disuasorio D1 7, Disuasorio D2 1, Productivo P3	7,2	2003	721.840,36
Pta. Chullera-Torre de Albelerín	Mixto	29,95	510 301 25	Disuasorio D1 7, Disuasorio D2 1, Productivo P3	7,2	2003	1.314.753,16
Pta. Huarca-Rambla de Bolaños	Mixto	7,63	203 25	Disuasorio D2 1, Productivo P3	7,3	2006	284.087,92
Pta de Torrox- Torre de Maro	Mixto	9,61	206 25	Disuasorio D1 1, Productivo P3	7,2	2006	272.157,80
Matalascañas	Mixto	156,98	2841 75	Disuasorio D2 1, Productivo P3	7,3	2006	3.193.740,40
La Línea	Mixto	8,2	63 25	Disuasorio D1 1, Productivo P3	7,2	2006	135.337,83
Maro-Cerro Gordo	Mixto	3,55	223 31 41 2	Antiarrastre AA 5,50d/Prot T 3,50d/Prot U 2, Protección C3	5,42	2006	366.860,84
Algarrobo (*)	Mixto	7,17	134 75	Disuasorio D1 1, Productivo P3	7,2	2008 (*)	304.346,10
Calahonda (*)	Mixto	1,85	75 75	Disuasorio D1 1, Productivo P3	7,2	2008 (*)	228.380,65
Adra (*)	Mixto	37,99	479 100	Disuasorio D1 1, Productivo P4	7,2	200 (*)8	704.742,14
TOTAL		460,25	11.447				11.632.996,41

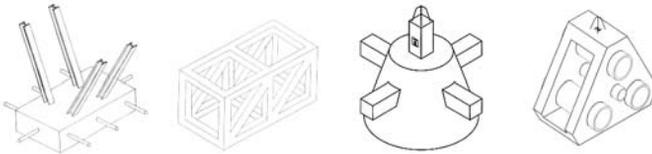
Características de los arrecifes artificiales instalados y reforzados por la Consejería de Agricultura y Pesca en el litoral andaluz. (*) Arrecifes cuya instalación está prevista para 2008.

La instalación de arrecifes artificiales en la costa andaluza ha supuesto una gran inversión económica que incluye tanto la construcción e instalación, como los estudios previos, proyectos técnicos y seguimientos científicos efectuados. Estas acciones cuentan con el apoyo financiero de la Unión Europea a través de diferentes programas:

- Programa de Orientación Plurianual - FEOGA (1989-1993)
- Instrumento Financiero de Orientación de la Pesca – IFOP (1994-1999)
- Instrumento Financiero de Orientación de la Pesca – IFOP (2000-2006)
- Fondo Europeo de Pesca FEP (2007-2013)

A continuación se describen las características de los arrecifes artificiales instalados, así como los resultados obtenidos en sus respectivos seguimientos. Las coordenadas y un plano de detalle de cada arrecife se ofrecen en el Anexo.

Arrecife artificial de Conil de la Frontera (Cádiz)



Se trata del primer arrecife artificial instalado por la Consejería de Agricultura y Pesca en el litoral andaluz. Se encuentra ubicado entre la playa de El Palmar y Conil de la Frontera, a unas 5 millas mar adentro, en aguas exteriores.

En una primera fase (Conil I), y con el objeto de evitar las prácticas ilegales que desarrollaban algunos barcos de arrastre, se instalaron módulos de protección de un diseño bastante elemental. Dos años más tarde, en una segunda fase (Conil II), se completó el arrecife con la instalación de módulos de producción, también con una estructura simple.

Tras la instalación de estas dos fases, aún quedó un amplio espacio sin ocupar dentro del área de concesión, y además, la valoración de los efectos del arrecife sobre los recursos pesqueros de la zona era muy positiva, por lo que se proyectó el refuerzo del arrecife que se realizó en el año 2002.

En esta ocasión se instalaron conjuntamente módulos de protección y producción, en una proporción de 2:1. En este refuerzo se emplearon módulos de nuevo diseño, de más peso y con unas estructuras más sofisticadas y eficientes.

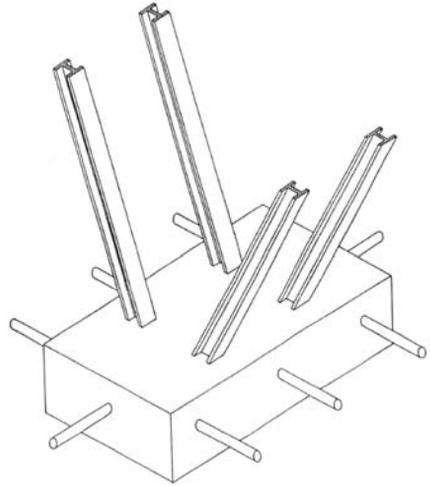
Al tratarse de uno de los arrecifes más antiguos de Andalucía, el arrecife de Conil ha sido objeto de un amplio seguimiento, que ha proporcionado una gran cantidad de información sobre sus efectos. No obstante, los primeros seguimientos

se realizaron con unas técnicas poco desarrolladas, por lo que los resultados no fueron demasiado significativos; sin embargo, la evolución de la tecnología ha permitido depurar la metodología y obtener una información de gran utilidad.

Tanto desde el punto de vista de la protección, como de la producción, el arrecife artificial de Conil arroja unos resultados muy satisfactorios que, además, se han visto reforzados por el efecto sinérgico que se produce con otros arrecifes artificiales colindantes, instalados por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

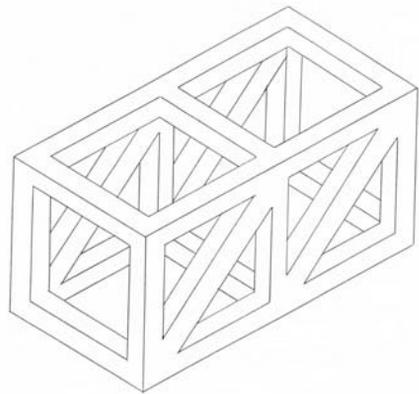
Características

La instalación de la primera fase (Conil I) se realizó en septiembre de 1989 y consistió en el fondeo de 55 módulos arrecifales de protección de tipo prismático, de 3,94 Tm de peso seco, dentro del área de 3,05 Km² de superficie protegida.



Esquema de módulo arrecifal de tipo prismático fondeado en Conil I.

La segunda fase (Conil II), se llevó a cabo en diciembre de 1991. En ella se fondearon 30 estructuras de producción de tipo rectangular, de 7 Tm de peso seco cada una, constituidas por vigas de hormigón armado de sección cuadrada de 0,25 m de lado y 2 m de longitud que conforma una estructura de base rectangular de 4 x 2 m y 2 m de altura. Entre las caras cuadradas, de 2 m de lado, se dispone una viga de hormigón orientada en diagonal. Los módulos arrecifales se fondearon en una zona incluida en el área de protección definida en la fase Conil I.



Esquema de módulo arrecifal de tipo rectangular fondeado en Conil II.

Tras la instalación del arrecife, los primeros estudios efectuados determinaron la tendencia hacia un aumento del nivel de madurez del ecosistema y su diversidad. Asimismo, se localizaron la práctica totalidad de los módulos instalados. No se detectaron evidencias de actividad pes-



Localización del arrecife artificial de Conil de la Frontera (Cádiz).

quera en la zona, ni artes enganchados, ni marcas de arrastre, aunque estas últimas podían haber desaparecido debido al alto hidrodinamismo de la zona. Tampoco se apreciaron indicios de que se hubieran producido movimientos de módulos.

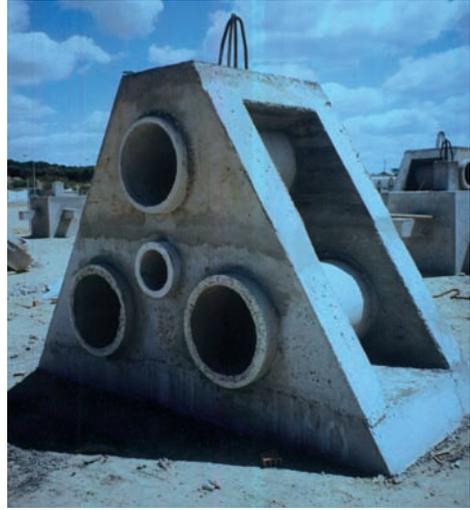
Sin embargo, el pequeño porcentaje de ocupación abarcado por los módulos instalados sobre el total de la zona autorizada para el fondeo recomendaban el refuerzo del arrecife. En este caso, la actuación se centró en el fondeo de dos tipos de estructuras: una de protección y otra de producción para favorecer el asentamiento de comunidades estables de interés.

En julio de 2002 se instalaron 109 módulos de protección D2. Estos se distribuyeron en barreras para proteger las zonas de instalación de los de producción, los cuales se fondearon formando dos áreas de 200 x 200 m con una separación de 200 m.

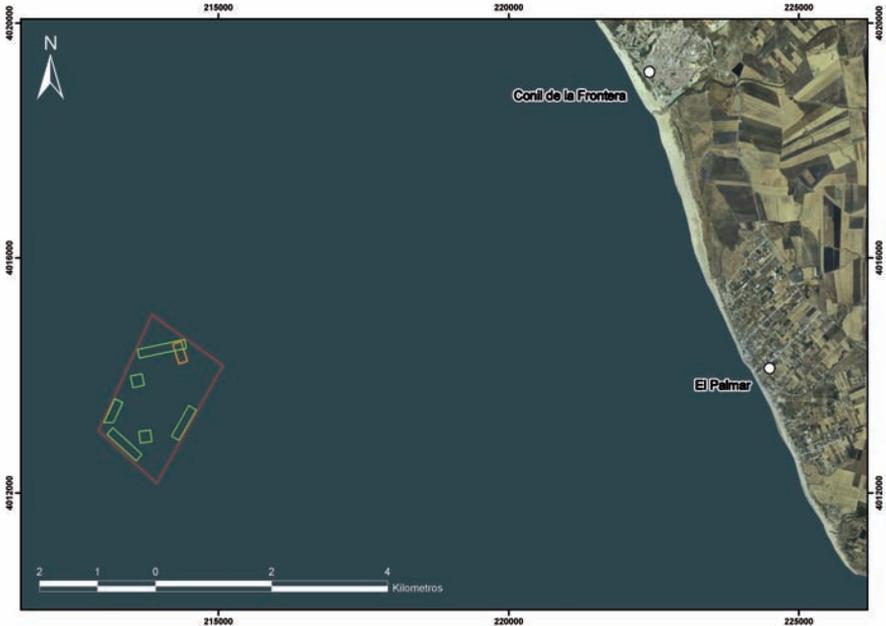


Módulo de protección troncocónico denominado en la tipología como Disuasorio D2.

ración entre módulos de 50 m y en un número de 25 estructuras por cada área. Los módulos de protección de tipo D2, tienen forma troncocónica, de 2 m de diámetro inferior y 1,12 m de diámetro superior, con una altura de 1,35 m van dotados de 5 brazos que sobresalen de la estructura, cuyas dimensiones son 0,65 x 0,3 x 0,3 m. El peso seco del módulo es de 7,3 Tm. Los módulos de producción de tipo P1, tienen forma de prisma horizontal. Su proyección en planta ocupa 1,5 x 3,15 m, su altura es de 2,51 m y van dotados de 4 tubos pasantes, 3 de 0,6 m y 1 de 0.3 m de diámetro. Su peso seco total aproximado es de 10,95 Tm.



Módulo de producción piramidal denominado en la tipología como Productivo P1.



Localización (en verde) de las barreras instaladas en el refuerzo del arrecife artificial de Conil de la Frontera. En amarillo, las barreras ya existentes.

Resultados obtenidos en el seguimiento

Como se ha mencionado anteriormente, en los estudios efectuados se observó una tendencia ascendente en la madurez del ecosistema asociado a la zona arrecifal. No se detectaron evidencias de actividad pesquera y se localizaron la práctica totalidad de los módulos.

Una segunda etapa de seguimiento, que abarca estudios más completos que los realizados hasta entonces, se inició en el año 2004, tras un año y medio del refuerzo efectuado. El estudio pone de manifiesto que las estructuras de hormigón armado marino presentan un estado de conservación muy bueno. No se han observado acumulaciones de sedimento importantes en la base, ya que la zona en la que se encuentra el arrecife está sometida a corrientes importantes. La intensidad de las corrientes, principalmente de marea, y el tipo de sustrato de grano grueso es determinante para que el enterramiento de los módulos sea mínimo.

No se detecta actividad arrastrera en la zona, por tratarse de un área con sustrato mixto, arena y rocas. Tan sólo se han observado restos de sedales y trasmallos.



Pared de un módulo arrecifal colonizada por diversos organismos bentónicos, entre los que destaca la especie *Astroides calycularis*, que se hace muy visible gracias a su típico color naranja.

Influenciado por los fondos rocosos cercanos, la colonización bentónica ha sido muy rápida en los módulos. Las estructuras están totalmente colonizadas, excepto en los tubos que las atraviesan, en los que ésta es menor.

La diversidad observada, bastante alta, corresponde a una comunidad tipo de la zona infralitoral Suratlántica. Los fila representados son Poríferos (Esponjas), Cnidarios (Hidrozoos y Antozoos), Hemicordados (Ascidias), Artrópodos (Crustáceos), Briozoos, Moluscos, Equinodermos y Anélidos (Poliquetos).



El nudibranquio *Hypselodoris* sp. es muy común dentro de la fauna invertebrada de la zona.

Cuatro años después del refuerzo, parece que la comunidad empieza a tener una diversidad y riqueza específica madura. La distribución porcentual de los grupos taxonómicos comienza a tener una repartición más equitativa. Sin embargo, todavía existen grupos que no tienen una presencia elevada, cómo los Cnidarios (Gorgonias) que son característicos de ecosistemas maduros típicos de fondos rocosos infralitorales del Atlántico Sur. La complejidad de las comunidades aumenta desde los módulos de protección pasando por los de producción en zonas con sustratos blando (cascajo y arena), y es máxima en los de producción, que están junto o sobre zonas con rocas, donde la diversidad es mayor.



Aspecto de un módulo de producción donde se observan peces de diferentes especies como mojarra, borriquete y doncella, así como una llamativa colonia de esponjas.

De la misma forma que ha evolucionado la fauna invertebrada, la vertebrada, representada

principalmente por especies ícticas, también ha experimentado un periodo de sucesión. De esta manera, las comunidades nectobentónicas han experimentado una tendencia hacia el aumento de la diversidad específica, si bien, se ha observado cierta disminución del número de especies en el último estudio, que puede interpretarse como un signo de evolución hacia una comunidad nectobentónica madura.

La presencia de bancos de alevines en los módulos fondeados y sus inmediaciones indica que las estructuras sirven de refugio y alimento y, por lo tanto, favorecen el reclutamiento de diversas especies, entre las que se encuentran algunas de alto valor comercial, actuando en muchos casos como verdaderas zonas de cría y engorde.

En el apartado pesquero, se observan oscilaciones estacionales, tanto en la biomasa total, como en el número de especies capturadas. Los ingresos obtenidos están relacionados de forma directamente proporcional a las capturas, lo que indica que la mayoría de las especies pescadas tienen valor comercial. Se podría considerar que existe una estacionalidad en las capturas, ya que parece ser que las capturas en primavera y otoño son mayores que en verano.



Pareja de serranos *Serranus hepatus* al abrigo de una de las estructuras fondeadas.

En número de individuos y en capturas por unidad de esfuerzo, los datos del interior del arrecife son superiores al exterior. Sin embargo, en lo que respecta a especies, capturas en kilogramos e ingresos, las diferencias no son tan claras. El hecho de que exista mayor número de individuos en el interior del arrecife, hace predecir que la productividad en este área es mayor que fuera de él. Se ha constatado, por tanto, la función productiva de las estructuras instaladas, además, la protección que ofrece el arrecife instalado sobre los recursos pesqueros

influye en la expansión de éstos alrededor del área de protección. Se puede considerar que el arrecife ha contribuido a mantener los recursos pesqueros de la flota de Conil a un nivel superior a la que se encontraba antes de la instalación del arrecife.



Vista aérea del puerto de Conil. Fuente: EPPA.

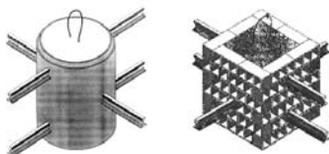
La diversidad específica de poblaciones de peces observada, indica que el modelo arrecifal es funcional para la atracción de diversas especies residentes, muchas de ellas de valor comercial y no aplicable por tanto solamente a una determinada especie objetivo. Es factible establecer un programa de repoblación del arrecife con especies comerciales propias de la zona. En este sentido, cabe mencionar que en 2005 se llevó a cabo una experiencia piloto de repoblación en la zona arrecifal con urta (*Pagrus auriga*), procedente del CIFPA El Toruño.

Otra actuación viable para potenciar la función productiva del arrecife es la realización de otro refuerzo mediante la instalación de nuevos módulos de producción.

La flota pesquera que faena en la zona, principalmente con base en el puerto de Conil, está compuesta por embarcaciones de pesca artesanal. La variación total de embarcaciones de la flota pesquera del Puerto de Conil ha sido significativa en estos últimos años, constatándose una disminución de siete embarcaciones. Este hecho parece no tener una clara relación con el arrecife artificial, dadas las características de éste y de la zona en la que se encuentra instalado.

Si bien, el sector pesquero se encuentra dividido en sus opiniones respecto al arrecife artificial, el planteamiento de futuras actuaciones de refuerzo y mejora del arrecife contaría con el respaldo del sector.

Arrecife artificial de El Rompido (Huelva)



Con la intención de proteger la zona de cría y engorde de El Rompido, se planificó la instalación de un arrecife artificial de protección en la desembocadura del río Piedras. En esta zona, entre Punta Umbría y El Rompido, se localizan un gran número de alevines de especies de interés pesquero, concen-

dose la mayoría de los ejemplares a poca profundidad; por este motivo, se proyectó fondear el arrecife entre 7,7 y 11 m.

Al igual que el arrecife de Conil se instaló en dos fases: la primera en el año 1990 en aguas interiores y la segunda, en aguas exteriores, en el año 1994.

En la primera fase (El Rompido I) se utilizaron módulos de protección de estructura sencilla, como en el arrecife de Conil; sin embargo, en el proceso de construcción se introdujeron algunas mejoras técnicas que permitieron simplificar, de forma notable, dicho proceso.

En la segunda fase (El Rompido II) se instalaron módulos de protección y módulos mixtos, en una proporción de 4:1. Esta es la primera ocasión en la que se emplearon elementos ambivalentes (módulos de tipo mixto) en los arrecifes andaluces.

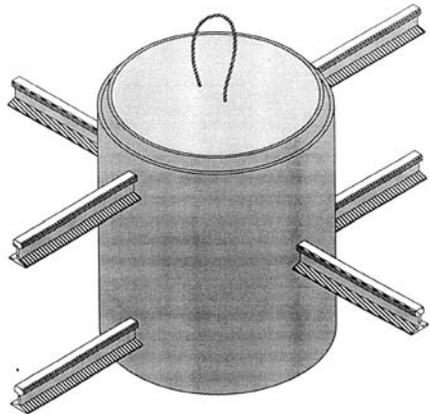
Un aspecto a resaltar es la utilización del arrecife artificial de El Rompido para el desarrollo de algunas experiencias de repoblación de especies autóctonas. Concretamente, se han llevado a cabo repoblaciones con peces planos como lenguados (*Solea senegalensis*), acedías (*Dicologlossa cuneata*) y parrachos (*Scophthalmus rhombus*), dentro del área de concesión correspondiente a la fase I. El seguimiento de estas actuaciones de repoblación no ha aportado datos suficientes para valorar la efectividad de este tipo de experiencias

Características

La instalación de la primera fase (El Rompido I), se realizó en julio de 1990 y consistió en el fondeo de 137 módulos arrecifales de protección, de tipo cilíndrico, dentro de un área de 4 Km².

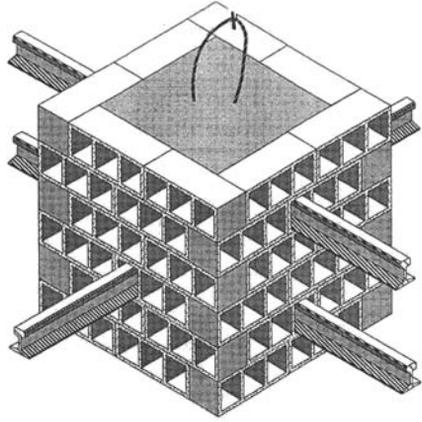
Se fondearon estructuras cilíndricas de hormigón en masa atravesadas por tres perfiles de acero formando aspas, con un peso seco unitario de 2,4 Tm.

En febrero y marzo de 1994 se llevó a cabo la instalación de la segunda fase, denominada El Rompido II. Se fondearon 500 módulos arrecifales de los que 400 fueron módulos de protección de tipo cilíndrico y 100 mixtos de tipo



Módulo arrecifal de protección de tipo cilíndrico fondeado en El Rompido I.

cúbico. Las características de los módulos de protección eran similares a las de los fondeados en El Rompido I, mientras que los módulos mixtos, de 3,1 Tm de peso seco cada uno, estaban constituidos por bloques prefabricados del tipo bovedilla que se disponían conformando la estructura del módulo y posteriormente eran armados con acero y hormigón. Estos módulos estaban atravesados por perfiles de acero formando brazos laterales que les conferían la capacidad de enganche de redes. La superficie protegida es de 17,20 Km².



Módulo arrecifal mixto de tipo cúbico fondeado en El Rompido I.



015. Localización del arrecife artificial de El Rompido (Huelva).

Resultados obtenidos en el seguimiento

El seguimiento se inició en 1995, un año después de la instalación de la segunda fase del arrecife. Los módulos, en general, no se encontraban aterrados y el escaso nivel de deterioro observado en ellos podría provenir, fundamentalmente, de las operaciones de fondeo.

El sector pesquero local denunciaba que la pesca en la zona de protección era una constante diaria. Pese a ello, se apreciaban signos claros de recuperación del recurso pesquero. Destacaban los moluscos bivalvos sobre el resto de los grupos invertebrados bentónicos, en especial algunos de interés comercial. También se observó una mayor diversidad y un incremento del número de juveniles y reclutas.

La práctica totalidad del sector pesquero consideraba que la instalación del arrecife artificial había provocado mejoras en la zona, hecho que se materializaba en el aumento del número y tamaño de las especies capturadas, por lo que demandaban la instalación de nuevos arrecifes.

Arrecife artificial de la desembocadura del Guadalquivir (Huelva)



El arrecife está situado frente a la costa del Parque Natural de Doñana, entre Sanlúcar de Barrameda (Cádiz) y Matalascañas (Huelva).

Al igual que en el caso del arrecife de El Rompido, la desembocadura del Guadalquivir se seleccionó por ser una zona de cría y engorde de las principales especies pesqueras de interés comercial del Golfo de Cádiz. Precisamente, en el año 2004, la Consejería de Agricultura y Pesca declaró la desembocadura del río Guadalquivir Reserva de Pesca; la primera declarada en la Comunidad Autónoma de Andalucía.

El arrecife se instaló en tres fases, desarrolladas en el periodo comprendido entre 1990 y 1992, al final de las cuales se había instalado un total de 943 estructuras de diferentes tipos. En el seguimiento realizado con posterioridad, si bien se comprobó un incremento de las tallas de algunas especies comerciales y la recuperación de otras anteriormente esquilmas, se observaron fenómenos de desplazamiento y enterramiento de los módulos, debidos al engancho de numerosas redes de arrastre y a la hidrología de la zona, respectivamente. Estos hechos, unidos a la propia demanda del sector pesquero local, pusieron de manifiesto la

necesidad de llevar a cabo un proyecto de mantenimiento, conservación y refuerzo del arrecife artificial. Este proyecto, materializado en el año 2002, consistió en la instalación de módulos antiarrastre de mayor peso y diferente diseño, cuya distribución complementó a las barreras ya existentes, confiriendo al arrecife artificial mayor poder disuasorio y capacidad de protección.

Características

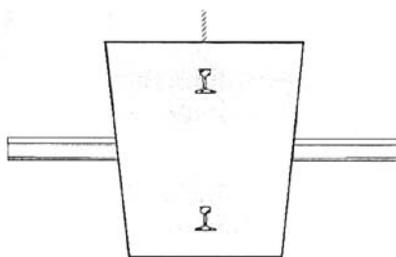
La primera fase, denominada Sanlúcar I, se realizó en julio de 1990 y consistió en el fondeo de 125 módulos arrecifales de protección de tipo cilíndrico, dentro del área, de 4 Km².

Al igual que en el arrecife artificial de El Rompido, se fondearon estructuras cilíndricas de hormigón en masa atravesadas por tres perfiles de acero formando aspas, con un peso seco unitario de 2,4 Tm

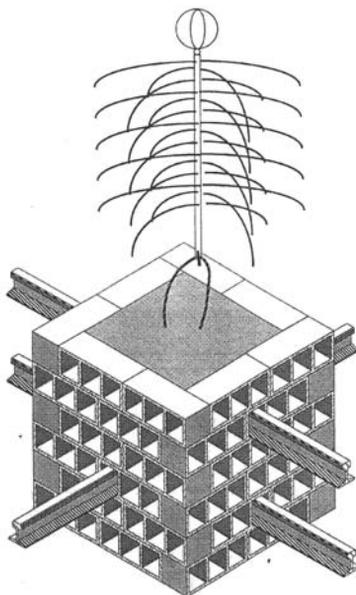
En la segunda fase, denominada Sanlúcar II, ejecutada en diciembre de 1991, se fondearon 314 módulos de protección de iguales características que los de la fase anterior, ocupando una superficie total de 23 Km².

Posteriormente, en diciembre de 1992, se fondearon los módulos correspondientes a la tercera fase, denominada Sanlúcar III, en la que los módulos instalados fueron de varios tipos: de protección (400 unidades), mixtos de tipo cúbico (100 unidades) y de producción, de tipo alveolar A1 (4 unidades), que sumaron un total de 504 módulos. Estos módulos protegen una superficie total de 29,44 Km².

Los módulos de protección fondeados fueron de dos tipos: cilíndricos de iguales características que los de las fases anteriores (210 unidades) y de tipo troncocónicos también atravesados por tres perfiles metálicos de peso



Esquema de módulo arrecifal de protección de tipo troncocónico fondeado en Sanlúcar III.

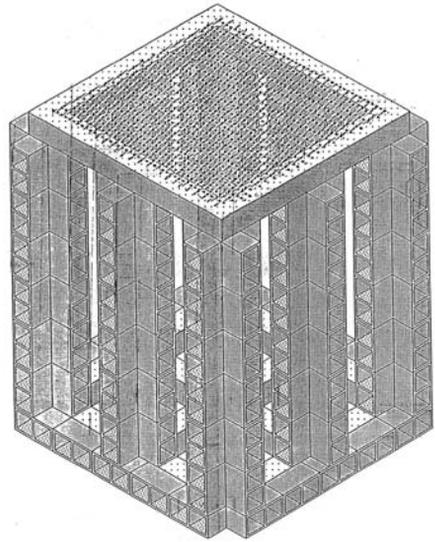


017. Esquema de módulo arrecifal mixto de tipo cúbico con FAD's fondeado en Sanlúcar III.

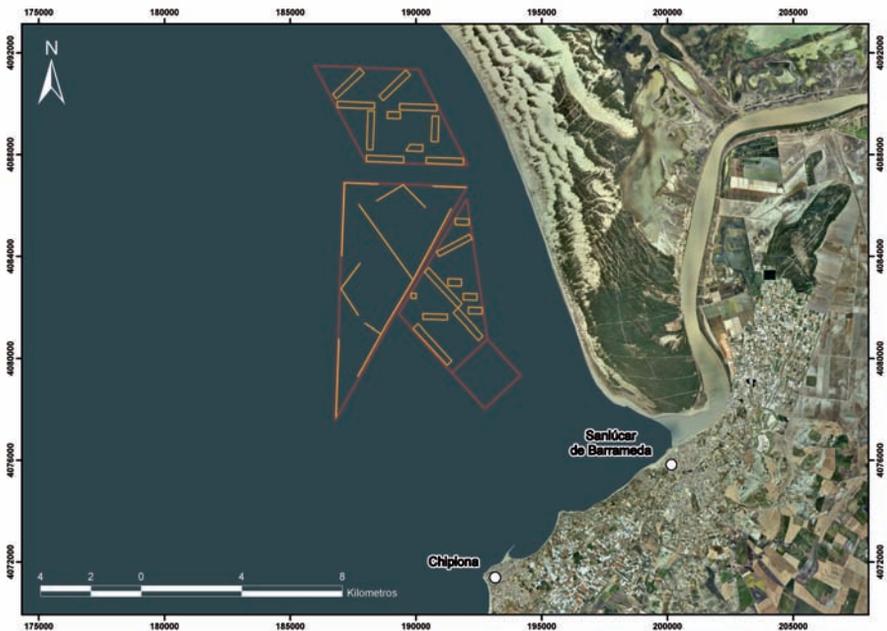
seco aproximado de 2,45 Tm cada uno (190 unidades).

Los módulos mixtos de tipo cúbico portaban, en un 35% de ellos (35 unidades), estructuras artificiales a modo de algas llamadas FAD's (Fish Attracting Devices) que se dispusieron en la parte superior de los módulos. Con ayuda de una pequeña boya, en el otro extremo del FAD, se conseguía que éstos elementos quedasen perpendicular al módulo y al fondo.

Los módulos de producción de tipo alveolar A1 son estructuras aproximadamente cúbicas construidas con hormigón y elementos prefabricados, con dimensiones 2,6 x 2,6 m de base y 2 m de altura y su peso seco de 5,94 Tm cada una.



Esquema del módulo arrecifal de producción del tipo alveolar A1



Localización del arrecife artificial de la desembocadura del Guadalquivir (Huelva).

Los estudios efectuados determinaron notables diferencias respecto a la distribución original de los módulos instalados. Entre ellas, cabe destacar que solo se localizaron el 60% de los módulos, hecho que pudo deberse a diversas razones, entre ellas, la hidrología, junto con las características sedimentológicas de la zona, que pudieron motivar el enterramiento de los módulos.

La detección de módulos que habían sido movidos de su posición original creando pasillos y, en algunos casos, hasta desplazarlos fuera del polígono arrecifal, junto con las numerosas marcas de arrastre recientes detectadas en el fondo, evidenciaron dos cosas: Por un

lado, que los módulos tenían un peso insuficiente para la potencia de arrastre de los barcos de la zona, y por otro, que el arrecife no sólo no estaba cumpliendo de manera eficiente con los objetivos para los que fue instalado, sino que, además, el efecto de concentración de fauna propio del arrecife artificial, unido a la ineficacia del arrecife y a las numerosas marcas de arrastre detectadas, podrían estar propiciando fenómenos no deseados que estuvieran potenciando la sobreexplotación del recurso pesquero local.

Estos hechos, unidos a la demanda que el sector pesquero local y a las características de la zona, pusieron de manifiesto la necesidad de llevar a cabo un proyecto de mantenimiento, conservación y refuerzo del arrecife artificial.

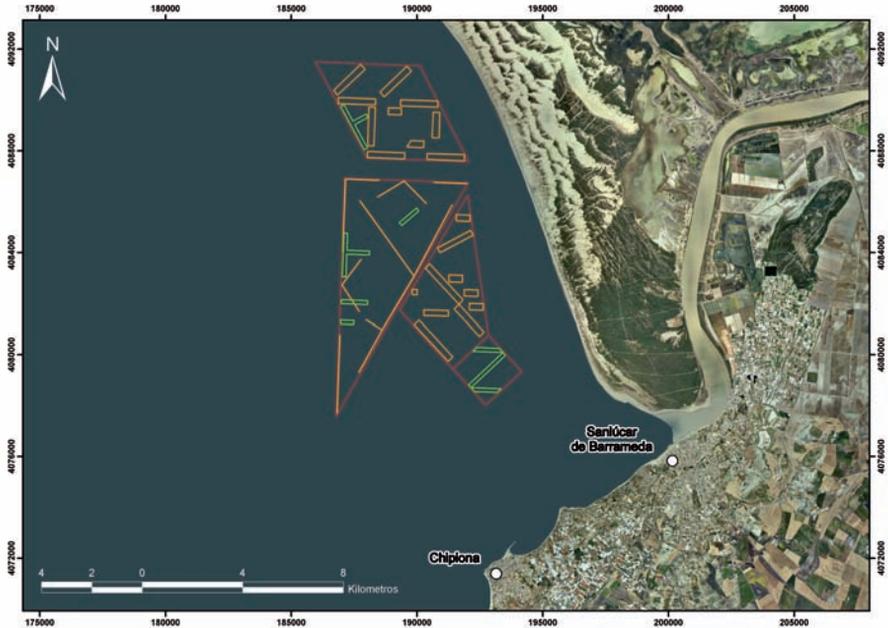
La actuación se centró fundamentalmente en el refuerzo del arrecife (junio de 2002), mediante la instalación de módulos antiarrastre de tipo D1, de mayor peso que los ya instalados, distribuidos en barreras que complementaron a las ya existentes, de forma que cortaran las principales líneas de arrastre detectadas, impidiendo la actuación de los arrastreros en el área arrecifal.

Los módulos del tipo D1 son estructuras de hormigón de forma cúbica, de dimensiones 1,4 x 1,4 x 1,35 m, dotados de 5 brazos satélites de 0,65 x 0,3 x 0,3 m y 7,2 Tm de peso seco aproximado. Estos módulos, distribuidos al tresbolillo, forman barreras disuasorias que contribuyen a garantizar la eficacia del conjunto del arrecife artificial.

Se instalaron 477 módulos distribuidos en 6 nuevas barreras agrupadas en cuatro áreas, todas dentro de la zona de concesión del arrecife artificial.



Módulo de protección cúbico, denominado en la tipología como Disuasorio D1.



Localización (en verde) de las barreras instaladas en el refuerzo del arrecife artificial Desembocadura del Guadalquivir (Huelva). En amarillo, las barreras ya existentes.

Resultados obtenidos en el seguimiento

Tras la instalación de arrecifes artificiales en la zona de cría y engorde de la desembocadura del río Guadalquivir, la frecuente aparición de especies bentónicas de interés comercial, principalmente de crustáceos y moluscos bivalvos, induce a pensar que el recurso pesquero local, comenzaba a regenerarse. El aumento de la representación de grupos animales a lo largo del estudio puso de manifiesto que la zona estaba sometida a menor estrés, factor decisivo en la regeneración del recurso.

El aumento de la riqueza piscícola advertida por el sector pesquero artesanal desde la instalación del sistema arrecifal en la zona y la recuperación de especies de interés comercial, que habían sido prácticamente esquilmas, unido al aumento de las tallas de algunas especies comerciales, produjeron que el mencionado sector ofreciera una visión muy positiva sobre la instalación de arrecifes artificiales en la zona.

El seguimiento de este arrecife artificial fue retomado en 2004, un año después de haberse efectuado un refuerzo del mismo mediante la instalación de nuevos módulos. Desde entonces, se ha apreciado un aumento en la flota pesquera del puerto de Sanlúcar, mientras que en el puerto de Chipiona no se ha apreciado

variación significativa, por lo que se puede considerar que, de existir influencia del arrecife sobre las flotas pesqueras consideradas, ésta ha sido diferente en un puerto y otro, dadas las diferencias existentes entre ambas.

En general, el volumen de capturas desembarcadas en la zona se ha mantenido estable, con ciertas oscilaciones, a lo largo de los años. Según la serie de datos estudiada, la captura por unidad de esfuerzo es menor que la apreciada antes de la instalación de los nuevos módulos. Parece existir un periodo de adaptación de la flota y las capturas al área arrecifal, cuya tendencia señala la recuperación del caladero.

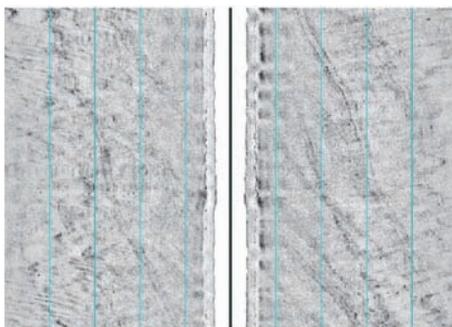
En cuanto a las pescas experimentales, se ha podido constatar que el rendimiento del arte, medido como CPUE (Ind/pieza calada), disminuye, tanto en el interior como en el exterior del área arrecifal. Este rendimiento es muy similar dentro y fuera del arrecife, aunque los valores de captura obtenidos son mayores en las pescas realizadas en el exterior que en el interior del área de concesión del arrecife, lo que indica que el arrecife artificial puede estar exportando biomasa, observada en kilogramos de capturas, individuos y por tanto, ingresos, hacia la zona exterior al área de concesión. La acción protectora que realiza el arrecife instalado sobre los recursos pesqueros influye en la expansión de éstos alrededor del área de protección.



Vista aérea del puerto de Chipiona. Fuente EPPA.



Vista aérea del puerto de Sanlúcar de Barrameda. Fuente EPPA.



Marcas detectadas mediante sónar de barrido lateral en el lecho marino de la zona arrecifal.

Las observaciones y capturas de especies piscícolas de interés comercial abren nuevas posibilidades para este arrecife, ya que se considera viable un proyecto de repoblación de la zona con especies procedentes de piscifactorías industria-

les, además de su refuerzo y complemento con la instalación de nuevas estructuras.

Se han detectado marcas recientes en el fondo de diferentes tipos: rastrillo, richio y arrastre. También se ha observado la existencia de pasillos (zonas libres de obstáculos por las que se arrastra con asiduidad), fundamentalmente localizadas en el área del arrecife originario (fases instaladas con anterioridad al refuerzo). Sin embargo, no hay evidencias significativas de movimiento de los módulos instalados en el refuerzo, lo que indica que las estructuras funcionan adecuadamente y apoya la idea, ya mencionada, de la viabilidad de nuevos proyectos de refuerzo centrados en las zonas más castigadas.

La mayoría de los pescadores encuestados opina que las capturas han disminuido con el tiempo. Todos conocen el arrecife artificial y defienden la idea de que, sin embargo, han aumentado las especies de roca en la zona. Consideran que el arrecife garantiza el futuro del caladero y, por lo tanto, en general, apoyarían la idea de nuevas actuaciones similares en esta zona litoral.

Arrecife artificial de Isla Cristina (Huelva)



Instalado frente a la desembocadura del Río Carreras, este arrecife artificial, localizado en aguas exteriores, se fondeó con el objetivo principal de proteger las redes y alcatruces artesanales de la actividad de los arrastreros en fondos prohibidos.

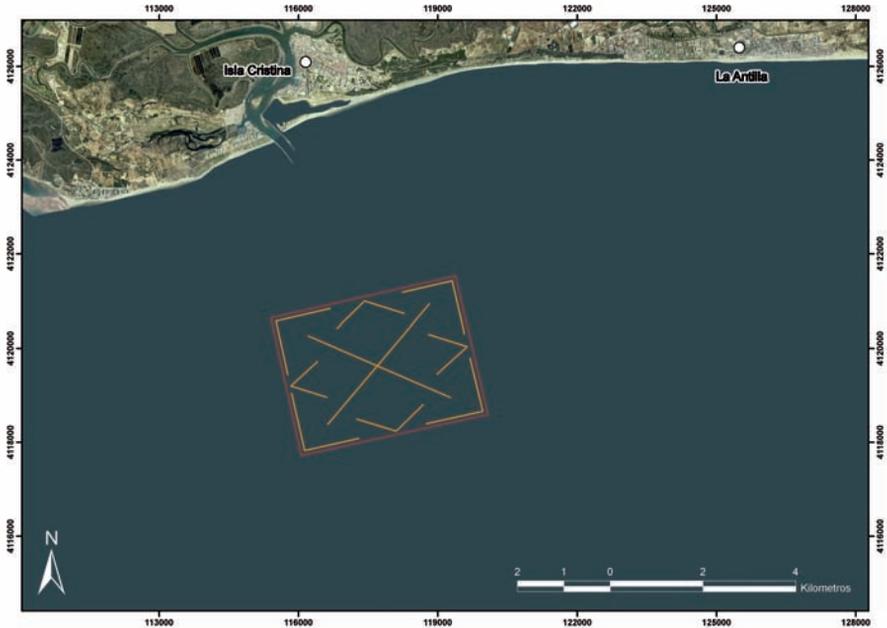
Únicamente se utilizaron módulos de protección, similares a los utilizados en la primera fase del arrecife de Conil. Es interesante resaltar que se realizó una distribución novedosa de los módulos. En esta ocasión, las barreras se dispusieron en forma de estrella, encerrada dentro de un polígono rectangular, procurando obtener la máxima efectividad antiarrastre. Tras la instalación se han detectado una gran cantidad de artes enganchados en los módulos.

Características

En diciembre de 1991 se ejecutó la instalación del arrecife artificial en la que se fondearon 350 módulos de protección de tipo prismático, similares a los instalados en Conil I, descritos anteriormente, que protegen un área total de 15 Km².

Resultados obtenidos en el seguimiento

Se han localizado más del 90% de los módulos fondeados, que en general se distribuyen siguiendo los parámetros determinados en la instalación, por lo que no se aprecian evidencias claras de movimiento de módulos por arrastre.

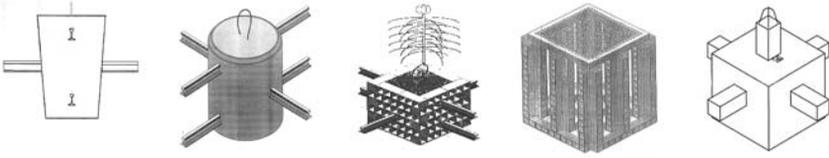


Localización del arrecife artificial de Isla Cristina (Huelva).

Se ha constatado el éxito del arrecife como elemento concentrador (y posiblemente generador) de biomasa, ya que existe una intensa actividad pesquera en las zonas aledañas y en el interior del arrecife, donde se han detectado numerosos artes de pesca enganchados. Este hecho demuestra la efectividad antiarrastre de las estructuras fondeadas que, con el tiempo, han conseguido disuadir a los arrastreros, desplazando este tipo de pesca al exterior de la zona protegida. La densidad de marcas de arrastre detectadas en la periferia del arrecife atestigua que es una fuente importante de riqueza pesquera.

El conjunto del sector pesquero local se muestra muy satisfecho con el arrecife artificial instalado. El sector artesanal señala la zona como uno de sus principales caladeros, rentable a pesar de los numerosos enganches de artes que se producen.

Arrecife artificial de Punta Calaburras-Desembocadura del río Guadalhorce (Málaga)



Ubicado frente a la localidad de Torremolinos en Málaga, este arrecife es uno de los primeros que se instalaron en el caladero del Mediterráneo.

Tras el estudio de las pesquerías que se desarrollaban en el entorno y la valoración de la situación de las capturas y desembarcos de las especies pesqueras de mayor interés comercial, se consideró necesario instalar unas estructuras que garantizaran el desarrollo de una actividad artesanal sostenible y económicamente rentable para la flota pesquera local.

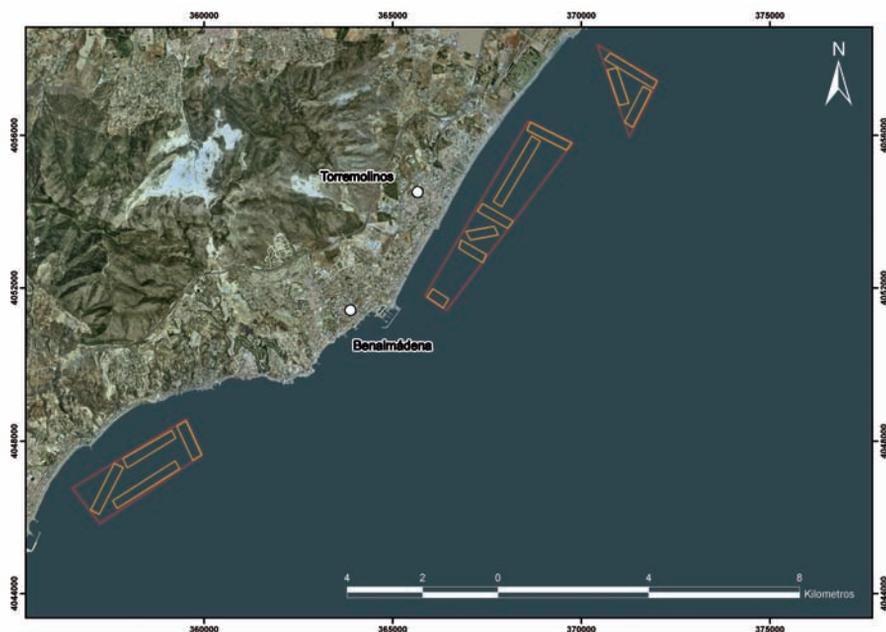
La experiencia acumulada desde finales de los noventa sirvió para abordar el diseño y planificación de este arrecife artificial; de hecho, se utilizó una estrategia similar a la empleada en la fase III del arrecife artificial de la desembocadura del Guadalquivir (Sanlúcar III); se instalaron módulos de protección y mixtos en una proporción 4:1, así como algunas unidades de tipo alveolar.

En los primeros seguimientos realizados se comprobó la existencia de numerosos módulos que habían sido desplazados de su ubicación original por la acción de los arrastreros, los cuales, habían creado algunos “pasillos” dentro de las barreras, permitiendo a los barcos faenar abiertamente dentro del arrecife. Por este motivo, en el año 2002 se realizó un refuerzo con módulos antiarrastre de mayor peso y diferente diseño. Tras esta actuación, se comprobó que el arrecife estaba contribuyendo a la reparación de especies comerciales que, hasta el momento, estaban siendo esquiladas.

Características

La instalación de este arrecife se llevó a cabo en el mes de diciembre de 1992. Se fondearon 504 módulos arrecifales de varios tipos: de protección (400 unidades), mixtos de tipo cúbico (100 unidades) y de producción (4 unidades de tipo alveolar A1), de iguales características a los instalados en Sanlúcar III. Los módulos de protección fueron también de dos tipos distintos: troncocónicos (210) y cilíndricos (190). El arrecife ocupa una superficie de 16,62 Km².

Impedimentos debidos a incompatibilidad de uso por la existencia de zonas de extracción de áridos (ubicadas dentro de la zona en la que se proyectó la instalación del arrecife artificial), hicieron que solo se pudieran fondear módulos en tres de las cuatro zonas propuestas.

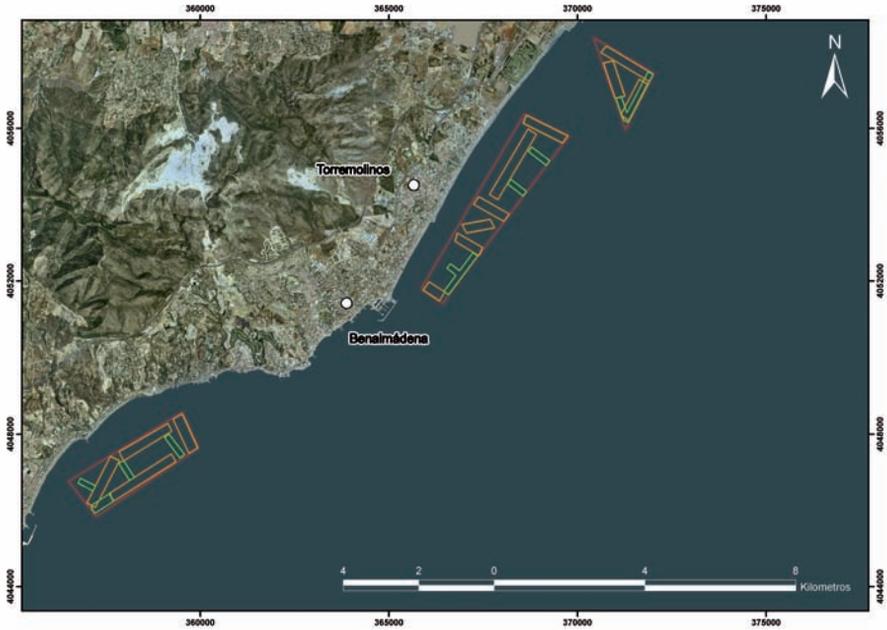


Localización del arrecife artificial de Punta Calaburras-Desembocadura del río Guadalhorce (Málaga).

Si bien, los resultados obtenidos en los seguimientos realizados indicaban la regeneración progresiva de la zona, la incesante acción de los arrastreros han provocado un sensible deterioro en la regeneración del recurso pesquero local.

Los estudios efectuados determinaron la existencia de diferencias respecto a la distribución original de los módulos instalados, principalmente detectadas en dos de los polígonos instalados dentro del área de concesión. En conjunto, se localizaron aproximadamente un 65% de los módulos instalados. Las características del sedimento, en gran medida fangoso, apuntaban la posibilidad de que algunos módulos se hubieran hundido, pero la existencia de numerosas marcas de arrastre sobre el fondo, junto con la existencia de zonas en las que los módulos habían sido movidos creando pasillos para los barcos de arrastre, evidenciaron el peso insuficiente de los módulos y la pérdida de eficacia del arrecife artificial. Todo ello reveló la necesidad de llevar a cabo un proyecto de mantenimiento, conservación y refuerzo del arrecife artificial.

La actuación, llevada a cabo en julio de 2002, se centró en la instalación de módulos antiarrastre disuasorios del tipo D1, de iguales características que los empleados en el refuerzo del arrecife artificial de Desembocadura del Guadalquivir, anteriormente descrito, distribuidos de forma que se cortaron las principales líneas de arrastre detectadas. Se instalaron 299 estructuras arrecifales distribuidas en 8 nuevas barreras agrupadas en tres áreas, todas dentro de la zona de concesión del arrecife artificial.



Localización (en verde) de las barreras instaladas en el refuerzo del arrecife artificial. En amarillo, las barreras ya existentes.

Resultados obtenidos en el seguimiento

Además de lo anteriormente comentado, los estudios realizados en este arrecife tras su instalación, pusieron de manifiesto que la protección que supuso la instalación de los módulos arrecifales antiarrastre en la zona de la desembocadura del río Guadalhorce, contribuyó a la reaparición de especies comerciales que estaban siendo esquilmas.

Posteriormente, tras el refuerzo llevado a cabo, comenzó un segundo periodo de estudio centrado en el seguimiento del arrecife artificial en el que se ha determinado que los materiales de los módulos fondeados no han sufrido alteraciones significativas. Se ha observado un grado de enterramiento en los bloques que ha alcanzado, en algunos casos el 50 % de su altura; este fenómeno se produce como consecuencia de la composición fangosa del sustrato de algunas zonas.

La existencia de módulos tumbados y restos de artes de pesca artesanales, evidencia que existe actividad pesquera profesional dentro del área arrecifal. Sin embargo, el arrecife realiza su función protectora ante actividades pesqueras prohibidas en la zona, como la arrastrera.



Colonización de la superficie de un módulo por diferentes especies sésiles.

Se ha constatado que la colonización de la superficie modular por organismos bentónicos se ha realizado de forma muy rápida con una sucesión ecológica patente. La mayoría de la superficie de las estructuras se encuentra tapizada por organismos sésiles de diverso porte y envergadura.

Tras cuatro años desde la instalación del arrecife, el ecosistema ha variado notablemente. En el seguimiento realizado en 2006, la equitatividad de los organismos observados en los módulos es mayor, aumentando así su índice de diversidad. Grupos con estrategia alimenticia suspensívora se encuentran bien representados en áreas donde existe gran concentración de materia orgánica en suspensión. Por ello, especies comerciales como la *Anemonia sulcata*, proliferan de forma rápida.

Aunque se haya observado un cambio en la estructura de la comunidad de los arrecifes, ésta no ha llegado a su estadio final. La dinámica de estos estadios de sucesión ecológica se debe principalmente a la entrada de depredadores al ecosistema como pulpos (*Octopus vulgaris*) o estrellas de mar (*Marthasterias glacialis*), que se alimentan de organismos pioneros, como los Mejillones (*Mytilus sp.*) o Balanos (*Balanus sp.*), dejando espacio para la entrada al ecosistema de nuevos grupos y/o especies.



Anemonia sulcata, especie de interés comercial, ocupa importantes extensiones en el arrecife.

Los datos analizados de los puertos de Fuengirola y Málaga revelan, en ambos casos, que la variación total de embarcaciones de la flota pesquera ha sido significativa. Las capturas han tenido ciertas oscilaciones a lo largo de los años, se observa un leve incremento desde 2004 en Málaga. La disminución en el volumen de captura provoca una disminución en el nivel de ingresos. Desde un punto de vista económico las especies que tienen mayor importancia se corresponden con las especies más capturadas. De las especies seleccionadas, Pulpo (*Octopus vulgaris*) y Salmonete (*Mullus spp*), son las especies más destacadas en las capturas.

En cuanto a la zona arrecifal y su área de influencia cercana, se puede considerar que, en general, el arrecife está cumpliendo su función de protección de los recursos pesqueros, ayudando así a que estos puedan proliferar.

Los datos obtenidos en las encuestas realizadas al sector pesquero local reflejan un alto grado de subjetividad en las respuestas. En general, opinan que las capturas han disminuido en los últimos años, además, indican que no suelen pescar en la zona arrecifal. Debido a las diferentes repercusiones de los arrecifes sobre cada modalidad pesquera, la valoración sobre el funcionamiento de los módulos se encuentra muy repartida entre los que consideran que son beneficiosos y los que afirman que son perjudiciales.



Estrella de mar (*Marthasterias glacialis*) alimentándose en un módulo arrecifal.



Algunas especies como el calamar (*Loligo vulgaris*) aprovechan la protección que les proporcionan las estructuras fondeadas para depositar sus puestas.

Los resultados obtenidos en las campañas de pescas efectuadas indican que dentro de la zona arrecifal los valores son superiores que fuera de ésta. En general, en el interior se captura más biomasa. Este mayor rendimiento puede interpretarse como un signo de buen funcionamiento del arrecife instalado.

Se ha constatado que los módulos atraen y sirven de refugio a diferentes poblaciones ícticas, lo que favorece el reclutamiento, jugando el papel de zona de cría y engorde en un área de pobres características biológicas, que además, ha sido muy castigada por la indiscriminada acción de los arrastreros. Se abre, por tanto, la posibilidad de considerar viable un proyecto de repoblación de la zona con especies de interés pesquero y de refuerzo del arrecife con módulos disuasorios y productivos.

Si bien, el sector pesquero se encuentra dividido en sus opiniones respecto al arrecife artificial, el planteamiento de futuras actuaciones de refuerzo y mejora del arrecife podría contar con el respaldo de una parte importante del sector, que además, manifiesta su intención y disponibilidad a participar en los proyectos.



Vista aérea del puerto de Fuengirola. Fuente EPPA.



Pescadores artesanales de la zona.



Brótola de roca (*Phycis phycis*) junto a un módulo.

Arrecife artificial de Punta Sabinar-Punta Torrejón (Almería)



Se encuentra localizado en la franja costera situada entre las poblaciones de Almería y El Ejido. Al igual que los otros dos arrecifes instalados en el año 1992 (Desembocadura del río

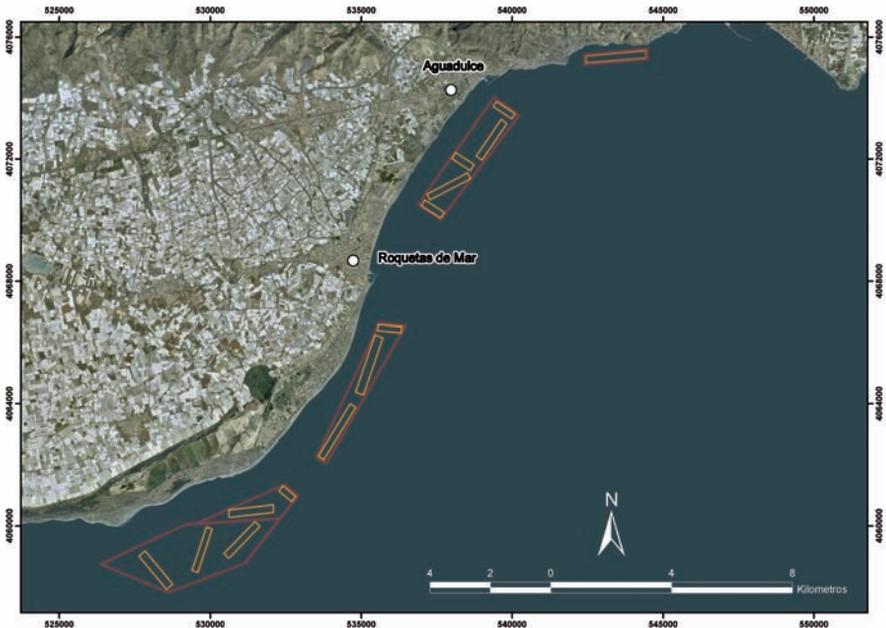
Guadalquivir en su fase III y Punta Calaburras - Desembocadura del Río Guadalhorce), este arrecife, también conocido como de “Roquetas de Mar”, presenta módulos de protección y mixtos en un porcentaje de 4:1, así como algunos módulos de producción de tipo alveolar. Se instaló con la finalidad de regenerar los caladeros sobreexplotados que son de interés comercial para el sector pesquero artesanal, uno de los más representativos del puerto pesquero de Roquetas.

Los módulos fondeados se distribuyeron en cinco áreas distintas, de las cuales dos están en aguas exteriores, cerca de Punta Sabinar, y las otras tres en aguas interiores, dentro de la Bahía de Almería.

El seguimiento de este arrecife ha evidenciado una gran eficacia de los módulos frente a las actividades ilegales de los arrastreros.

Características

Se fondearon 504 módulos arrecifales de tres tipos: de protección de tipo troncocónico (400 unidades), mixtos de tipo cúbico (100 unidades) y de producción, de tipo alveolar A1 (4 unidades), de iguales características a los instalados en Sanlúcar III y Torremolinos. El arrecife protege una superficie total de 15,75 Km².



Localización del arrecife artificial de Punta Sabinar-Punta Torrejón (Almería).

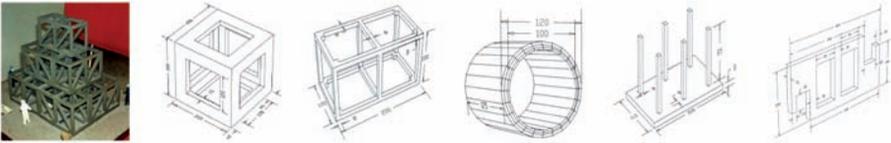
Resultados obtenidos en el seguimiento

Se constató el papel disuasorio del arrecife artificial instalado al descubrirse numerosas redes enganchadas en los módulos. El buen estado de las estructuras arrecifales inspeccionadas, los bajos niveles de aterramiento y la observación de sólo algunos desperfectos en ellos, garantizan su función durante mucho tiempo.

Se han localizado más del 90% de las estructuras fondeadas en la misma posición en la que fueron instaladas, lo que demuestra la buena funcionalidad del diseño. La función disuasoria es patente, ya que la totalidad de las marcas de arrastre detectadas se encuentran fuera de la zona protegida y se distribuyen, paralelas a costa, muy cercanas al límite más profundo del área arrecifal, lo que indica que la zona es muy rica desde el punto de vista de la explotación pesquera.

La posición del sector pesquero respecto al arrecife instalado, fue positiva, mostrando en general, buena disposición a la instalación de nuevos módulos, si bien, se constató cierto grado de desinformación al respecto.

Arrecife artificial de Barbate (Cádiz)



La construcción de este arrecife artificial representó para nuestra Comunidad un punto de inflexión en la planificación del acondicionamiento de la franja costera andaluza. Por primera vez, se concibió un arrecife con el 100% de sus módulos de producción.

La instalación se realizó en el año 1995 frente al acantilado del pinar de Barbate, entre el cabo Trafalgar y el puerto de Barbate, ocupando una superficie total de 0,12 Km².

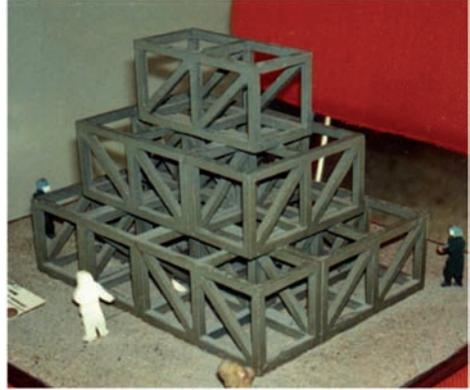
Se diseñaron hasta 5 tipos de módulos distintos, que combinados formaron estructuras complejas y novedosas; algunas con forma de pirámides y otras, en forma de corrales. La ubicación cerca de un arrecife natural hizo que estas estructuras se colonizaran rápidamente llegando a las máximas concentraciones de biomasa encontradas hasta la fecha, y las máximas cotas de diversidad.

Durante las campañas de seguimiento las observaciones de ictiofauna han sido muy exitosas, al igual que las capturas obtenidas en las pescas experimentales, siendo las especies más destacadas la urta (*Pagrus auriga*), el borriquete (*Plectorinichus mediterraneus*) y el salmonete de roca (*Mullus surmuletus*), entre otros.

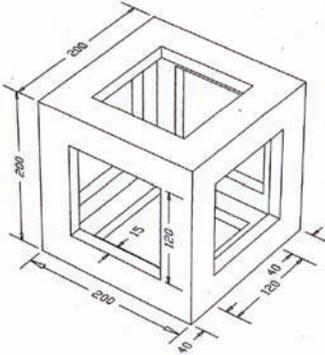
Características

El arrecife, de 312 módulos, consta de cinco tipos de estructuras que se definen a continuación:

Módulo tipo A: Consiste en un cubo hueco de 200 cm de lado siendo las aristas de hormigón armado con un peso aparente (en el agua) próximo a 2.700 Kg. Se dispusieron 118 de ellos a modo de elementos antiarrastre y 20 formando cuatro pirámides de cinco bloques, según proyecto original.

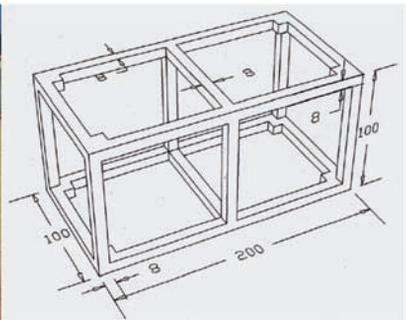


Maqueta de una de las pirámides de módulos tipo A



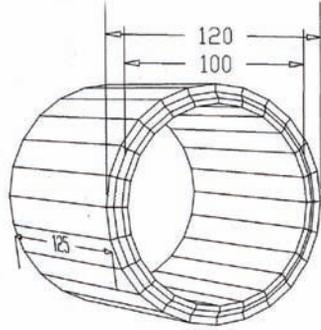
Aspecto y dimensiones del módulo tipo A (cotas en cm).

Módulos tipo B: Elemento de forma similar al anterior pero de dimensiones 200x100x100 cm cuyo peso aparente (en el agua) es de 180 Kg. Se fondearon 27 unidades, dispuestas en el interior de 6 corrales.



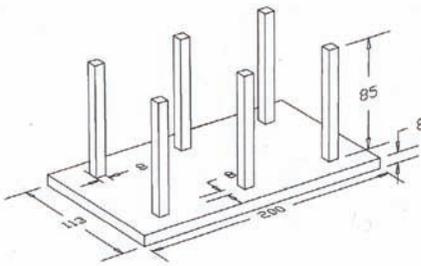
Aspecto y dimensiones del módulo tipo B (cotas en cm).

Módulos tipo C: Consiste en un cilindro hueco de hormigón con un diámetro de 120 cm y una longitud de 125 cm. Los extremos del cilindro presentan un perfil machihembrado pudiendo unirse varias piezas. Su peso aparente (en el agua) es de 562 Kg. Se instalaron 52 unidades repartidas en el interior de 6 corrales.



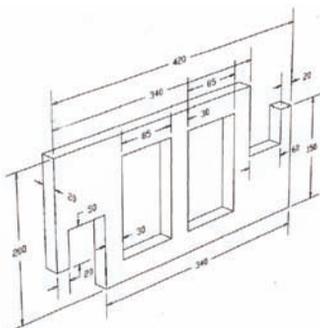
Aspecto y dimensiones del módulo tipo C (cotas en m).

Módulos tipo D: Consisten en una pieza plana de hormigón armado de dimensiones 200x113x8 cm de la que sobresalen perpendicularmente por una de sus caras 6 prismas de 85x8x8 cm y cuyo peso aparente (en el agua) total es de 320 Kg. Se dispusieron 40 unidades repartidas en el interior de 6 corrales.



Aspecto y dimensiones del módulo tipo D (cotas en m).

Módulos tipo E: Están constituidos por piezas planas de hormigón de forma casi rectangular y dimensiones 420x200x20 cm, en la que dos esquinas presentan un orificio dentado que permite la inserción de varias piezas entre sí. Su peso aparente (en el agua) es de 1386 Kg y se utilizaron 55 unidades dispuestas formando las paredes laterales de 6 corrales.



Aspecto y dimensiones de los elementos del módulo tipo E (cotas en cm).

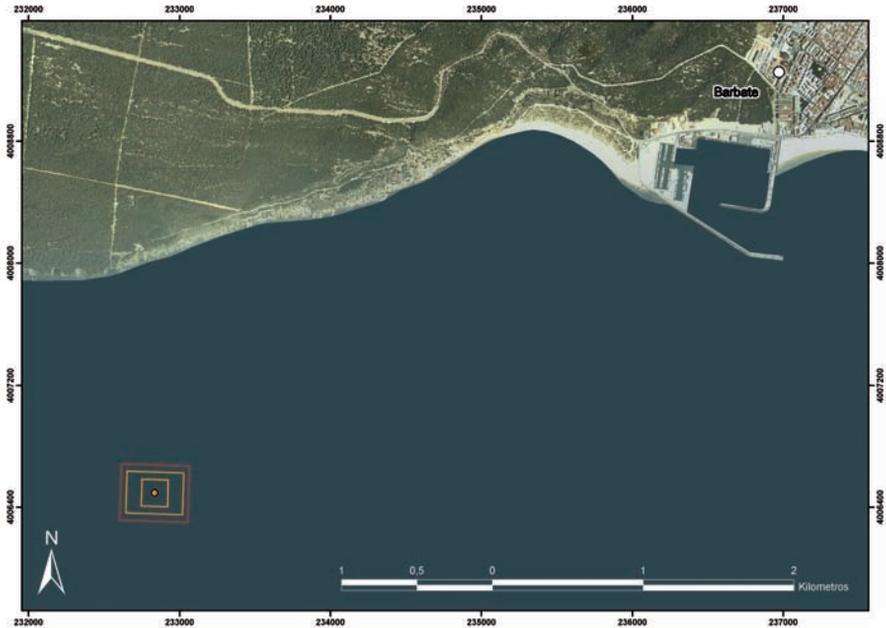
Todos estos módulos se disponen espacialmente formando una zona central dedicada a la atracción/concentración de especies piscícolas, ya que en ella se acumulan las estructuras de mayor tamaño (corrales y pirámides), y otra zona perimetral con una función antiarrastre formada por un gran número de módulos, fundamentalmente cúbicos.



Forma en que se ensamblan los módulos tipo E para formar corrales.

La complejidad en la ejecución de la instalación de este arrecife, que precisó la intervención de buzos para ensamblar las estructuras dentro del agua, y su elevado coste, supuso la existencia de notables diferencias entre la instalación y el proyecto original. Durante la instalación se optó por repartir estratégicamente

muchas de estas estructuras por el fondo, en vez de formar pirámides. Muchos elementos de los anteriormente descritos quedaron dispersos en el fondo marino, las formaciones piramidales no superaron los dos niveles de altura y algunas de las caras de los corrales formados se tumbaron al no estar correctamente ensambladas.



Localización del arrecife artificial de Barbate (Cádiz).

Resultados obtenidos en el seguimiento

Tras un periodo de cinco años de estudio que ha abarcado desde 1999 hasta 2003, los resultados obtenidos en el seguimiento de este arrecife artificial se indican a continuación.

La estructura del arrecife artificial en conjunto, en cuanto a la distribución y número de módulos, no difiere de la instalada. Los componentes modulares presentan en general un buen estado de conservación. No se han observado síntomas de degradación en los materiales. Las alteraciones detectadas obedecen más a un defecto de fondeo que al efecto del paso del tiempo y las características físicas de la zona.

No se han observado acumulaciones de sedimento importantes en la base de las paredes de las estructuras fondeadas, aunque la composición arrecifal puede favorecer este fenómeno. Tampoco se han detectado marcas de arrastre que

sugieran la necesidad de refuerzo del arrecife. Sin embargo, resulta una zona idónea para fondear estructuras de tipo atracción-concentración (módulos de producción), que complementen a las ya instaladas y contribuyan a la regeneración del recurso pesquero local. No se han constatado efectos del arrecife artificial sobre las características físicas de la zona.

La comunidad bentónica sésil existente en la zona en general, es similar a la instalada en los módulos, pero circunscrita a las piedras fijas. Lo mismo ocurre con las especies bentónicas móviles que se desplazan por el fondo, están circunscritas fundamentalmente a las áreas localizadas en el interior de los corrales.

La alta diversidad existente en la zona se asemeja a la de una comunidad tipo de precoralígeno. Los grupos animales principalmente representados son Hidrozoos, Antozoos, Moluscos, Equinodermos, Equiuroideos, Ascidias, Briozoos, Crustáceos, Platelminetos, Poríferos y Poliquetos. En general, los filos con mayor diversidad y más abundancia son Briozoos, Cnidarios y Poríferos. Sin embargo, la cobertura estimada mediante la aplicación de métodos de análisis de imagen puede considerarse moderada, con valores que oscilan entre el 30% y el 50%.

Las algas están representadas en sus tres grupos, siendo el más numeroso el de las Feofíceas, seguido por las Rodofíceas y las Clorofíceas, respectivamente.

La comunidad piscícola observada es abundante, fundamentalmente en los corrales y mucho menor en las estructuras piramidales y cúbicas. Especies como Mojarra (*Diplodus vulgaris*), Sargo (*Diplodus sargo*), Sargo picudo (*Diplodus cervinus*), Oblada (*Oblada melanura*), Pargo (*Sparus pagrus*), Salpa (*Sarpa salpa*), Cabrilla (*Serranus cabrilla*), Blenio (*Parablennius rouxi*), Borriquete (*Plectorhinchus mediterraneus*), Doncella (*Coris julis*), Salmonete de roca (*Mullus surmulletus*) y Bodión (*Symphodus cinereus*), son las que predominan según las observaciones efectuadas.



Organismos bentónicos en el arrecife.



Peces en el arrecife, entre los que cabe destacar un gran número de borriquetes (*Plectorhinchus mediterraneus*).

A medida que aumenta la complejidad de las estructuras se incrementa la abundancia y principalmente la diversidad de la comunidad íctica. El avanzado estado de desarrollo de las comunidades bentónicas establecidas viene marcado por una estructuración y estabilidad muy determinada. Se observaron formas erectas y masivas en las zonas interiores de las estructuras, coincidiendo con zonas esciáfilas y protegidas de la hidrológica marina. Así, en las zonas más expuestas, disminuye el tamaño de los individuos y aparecen formas más achaparradas. El arrecife resulta muy versátil para el asentamiento de gran cantidad de especies de diferentes requerimientos ecológicos, lo que favorece su función productiva.



Pesqueros artesanales en el puerto de Barbate.

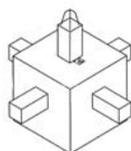
Se ha apreciado que las estructuras fondeadas muestran un alto grado de integración en el entorno. Debido a la complejidad y versatilidad de las estructuras que forman los corrales y a la riqueza intrínseca de la zona, estas composiciones muestran una alta efectividad como elemento concentrador de poblaciones piscícolas, que en muchos casos tienen un elevado valor comercial. Por tanto, los resultados obtenidos indican que el modelo arrecifal es funcional para la atracción de diversas especies residentes, no para una única especie objetivo.

Se ha constatado cierta variación en la composición de la flota pesquera, principalmente en el puerto de Barbate, aunque no parece deberse a la presencia del arrecife artificial, sino más bien, a los ajustes de flota derivados de la política pesquera.

Desde el fondeo de los módulos, las capturas de especies de interés comercial en la zona se han mantenido (e incluso aumentado en algunos casos), aunque se observaron oscilaciones acusadas en diferentes años y para distintas especies. En general, la evolución de las pesquerías de la zona indica un efecto positivo del arrecife artificial en la regeneración del recurso pesquero local y el mantenimiento de una actividad extractiva sostenible.

El sector pesquero local considera en su mayoría, que la instalación del arrecife artificial ha tenido repercusiones positivas en la regeneración de las poblaciones piscícolas de la zona. Indican que, si bien, ellos no realizan actividad extractiva dentro de la zona protegida, sí se ha constatado el aumento de las capturas en área cercanas al arrecife. Además, sugieren la conveniencia de instalar nuevos arrecifes en zonas cercanas al ya fondeado, que potencien, junto con el existente, la regeneración del recurso pesquero local, así como la puesta en marcha de programas de repoblación del arrecife con especies comerciales propias de la zona.

Arrecife artificial de Torre Perdigal-Rambla de la Amoladera (Almería)



En el año 1998, se instalaron 5 arrecifes artificiales en las costas de nuestra Comunidad Autónoma, y todos ellos se fundearon en la zona del levante andaluz.

El arrecife de Torre Perdigal – Rambla de la Amoladera se ubica en la Bahía de Almería, frente a la playa de Retamar, y se asienta sobre una zona de praderas de *Posidonia oceanica* y *Cymodocea nodosa* muy castigada por la actividad de los arrastreros; por este motivo, sólo se instalaron módulos de protección de tipo cúbico. Hay que destacar, que en esta ocasión se aumentó el peso seco unitario de cada módulo a 5,42 Tm, para evitar la posibilidad de ser arrastrados por embarcaciones con motores potentes.

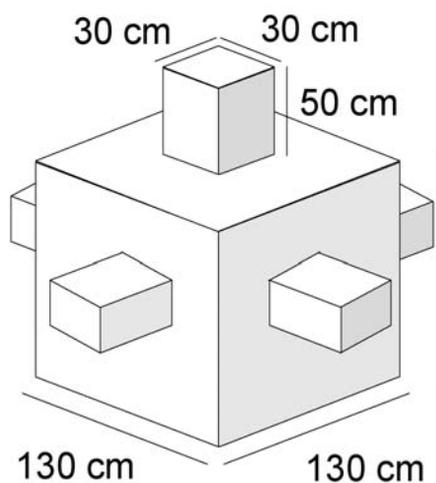
La efectividad de este arrecife viene avalada por el mantenimiento de la flota pesquera artesanal de las localidades cercanas, así como por la recuperación de algunas poblaciones piscícolas de interés pesquero como, por ejemplo, la del salmote de roca (*Mullus surmuletus*) o el besugo (*Pagellus acarne*).

Además, se ha observado una recuperación de las praderas de fanerógamas marinas existentes en el entorno, lo que ha contribuido al desarrollo de este hábitat y de las poblaciones de pelágicos que crecen en el medio.

Características

La zona de concesión es de 14,10 Km². El arrecife, de 327 módulos de protección de tipo cúbico, tiene como principal finalidad servir como elemento disuasorio de la actividad de arrastre.

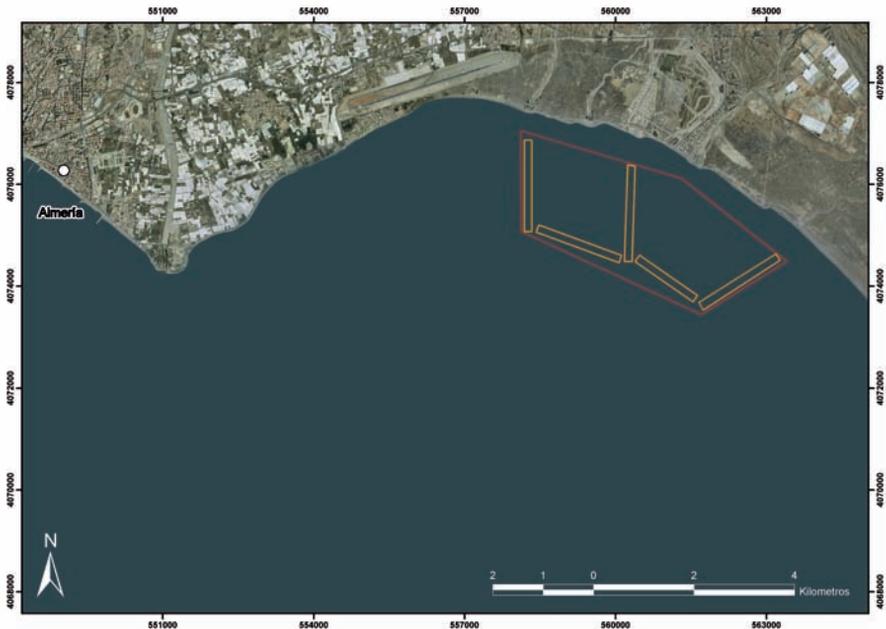
Los módulos tienen forma cúbica y están contruidos con hormigón armado marino. En el centro de cada cara del cubo, excepto en la cara inferior, existe un saliente de sección cuadrada, también de hormigón, perpendicular a la cara. El peso seco unitario es de aproximadamente 5,42 Tm



Módulo cúbico de protección.

y su función es la de servir como elemento disuasorio de la actividad de arrastre ilegal en la zona.

Este arrecife está formado por dos barreras paralelas a la línea de costa y otras tres aproximadamente perpendiculares a la misma, protegiendo la franja que va desde los 10 a los 40 m de profundidad, lo que supone una extensión aproximada de unos 5000 x 2000 m. Las barreras están constituidas por módulos arrecifales fondeados al tresbolillo.



Localización del arrecife artificial de Torre Perdigal-Rambla de la Amoladera (Almería).

Resultados obtenidos en el seguimiento

Tras 5 años de estudio (1999-2003), los resultados obtenidos en el seguimiento se indican a continuación.

El número de módulos localizados y la posición de éstos no presentan variaciones significativas desde su instalación, hecho que sugiere que, en general, son efectivos, ofrecen suficiente resistencia al arrastre y buen comportamiento frente a las condiciones físicas de la zona. Los módulos no presentan alteraciones estructurales significativas con el paso del tiempo. El estado de conservación de las estructuras es bastante bueno, no se han detectado grietas ni otros deterioros o anomalías en los materiales. Además, en su mayoría se encuentran bien apoyados sobre el fondo en posición vertical.

El sedimento observado bajo los módulos inspeccionados y a su alrededor es de arena fina, lo que contribuye a que el enterramiento prácticamente sea nulo. Solo en algunos módulos el hundimiento es significativo (de entre un 30% y un 50% de su altura aproximadamente) y llega hasta los brazos. Este enterramiento se debe a las corrientes lindantes al módulo, que inducen a que se produzca este fenómeno y al horadado del fondo sobre el que se asienta cada estructura. A profundidades de menos de 15 metros dichas corrientes suelen ser más fuertes, así como la acción del oleaje, por lo que los ciclos de enterrado y desenterrado son más rápidos.

No se han constatado variaciones en la batimetría de la zona ni alteraciones en las características del sedimento, lo que indica que este modelo de arrecife artificial no interfiere en las condiciones físicas ni dinámicas de la costa.



Módulo semienterrado en la bahía de Almería rodeado por una pradera de fanerógamas marinas en regeneración.



Mojarras (*Diplodus vulgaris*) comiendo en un módulo.

El arrecife es efectivo frente a la pesca de arrastre, ya que se ha detectado progresivamente un menor número de marcas de arrastre en la zona y, además, algunas redes enganchadas en los módulos. Esta efectividad se debe, en gran medida, a la distribución de las estructuras formando barreras que cortan las principales líneas de arrastre. El efecto disuasorio y la distribución de este arrecife permite el desarrollo de las praderas de fanerógamas marinas existentes y contribuye al desarrollo de este hábitat y de las poblaciones pelágicas que crecen en él y sus alrededores. Se trata, por tanto, de una fórmula válida que merece la pena estudiar como elemento contributivo a la regeneración de zonas ambientalmente degradadas.

El arrecife artificial estudiado presenta un alto grado de desarrollo en cuanto a sus comunidades se refiere, lo que contribuye a la recuperación de la explotación pesquera artesanal. La diversidad específica de las comunidades de peces, constatada mediante las observaciones realizadas en inmersión, es alta. Las especies con mayor representación son Babosa (*Parablennius rouxi*), Castañuela (*Chromis chromis*), Doncella (*Coris julis*), Raspallones (*Diplodus anularis*), Mojarra (*Diplodus vulgaris*), Besugo (*Pagellus acarne*), Salmonete (*Mullus surmuletus*), Serrano (*Serranus cabrilla*), Morena (*Muraena helenae*) y Escórpora (*Scorpaena porcus*).

La frecuente presencia de bancos de alevines en los módulos fondeados y sus inmediaciones indica que las estructuras sirven de refugio y alimento de diversas especies, entre las que se encuentran algunas de alto valor comercial, actuando en muchos casos como verdaderas zonas de cría y engorde.

La alta diversidad específica de poblaciones de peces observada, indica que el modelo arrecifal es funcional para la atracción de diversas especies residentes, muchas de ellas de valor comercial y no aplicable por tanto a una determinada especie objetivo.

La diversidad específica de los organismos sésiles es también alta y ha ido cambiando de estructura a lo largo de estos años pasando por una primera etapa de colonización de especies r-estrategas (Ej. *Balanus* sp.) a unas etapas de distintos grados de madurez con especies k-estrategas donde las relaciones de competencia determinan la estructura de las comunidades, así como los parámetros físicos de la situación del módulo.

Aunque en general los módulos presentan una cobertura de organismos en valores que oscilan entre el 20% y el 50 % de su superficie, en muchos casos se pueden observar niveles de cobertura del 100%. Los grupos bentónicos representados por orden de importancia son Hidrozoos, Poríferos, Antozoos, Ascidas, Equinodermos, Moluscos, Poliquetos, Crustáceos, Briozoos y Plelmintos. Los organismos sésiles adheridos a las estructuras están constituidos, principalmente, por especies de porte cespitoso o recubrientes.

Los sustratos sobre los que se asientan las estructuras determinan junto con los parámetros físicos del medio, el tipo de formas que toman los distintos organismos y su posición en las distintas caras de los módulos. Así las formas erectas ocupan zonas laterales y apicales en las zonas someras, mientras que en las zonas profundas dominan las formaciones recubrientes o incrustantes.



Alevines al abrigo de un módulo.



Organismos bentónicos sésiles instalados en las estructuras fondeadas.

En las áreas cercanas a los módulos se ha constatado que en fondos de menos de 20 m hay presencia de praderas de fanerógamas marinas (*Cymodocea nodosa*) y algunos parches de *Posidonia oceánica*.

La presencia de algas es frecuente hasta cotas inferiores a los 20 m de profundidad, debido a la claridad de las aguas durante gran parte del año. Están representados los tres grupos existentes, aunque con un predominio claro de algas pardas (Feofíceas).

La composición de la flota pesquera de los puertos cercanos al arrecife artificial que faenan en la zona no ha variado de forma significativa, lo que indica que el arrecife no ha tenido en este sentido repercusiones sobre ella. Si bien, se ha detectado que los barcos de arrastre, en general, han optado por buscar nuevas zonas de pesca respetando el área protegida.

Se ha podido constatar que, aunque con oscilaciones en cuanto al volumen de capturas, caben destacar por su aumento, algunas especies como el Besugo (*Pagellus acarne*) y el Pulpo (*Octopus vulgaris*), hecho al que puede haber contribuido la instalación del arrecife en la zona.

Teniendo en cuenta el punto de partida del área antes de la instalación y los datos aportados por los pescadores, los resultados obtenidos indican que el arrecife ha generado un importante desarrollo de las poblaciones piscícolas, sobre todo de determinadas especies comerciales que antes se encontraban en franca regresión debido a la especial incidencia de la pesca de arrastre en la zona.

La mayoría del sector pesquero local aprecia una influencia positiva de las estructuras artificiales en las poblaciones ícticas y con ello, en sus capturas. Además, el sector considera oportuna la ubicación de este arrecife artificial. Éste es un aspecto de enorme importancia dado que la instalación de un arrecife artificial se realiza con el objetivo principal de contribuir a garantizar la explotación pesquera sostenible en una determinada zona en beneficio del colectivo que la explota. El sector pesquero muestra su respaldo para futuras actuaciones similares.



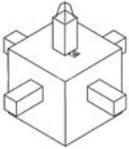
Embarcaciones pesqueras de la modalidad de arrastre en el puerto de Almería.



Playa de El Alquián, donde muchas pequeñas embarcaciones de pesca artesanal que faenan en la zona del arrecife tienen su varadero.

Por tanto, la instalación del arrecife artificial “Torre Perdigal-Rambla de la Amoladera”, constituye un elemento válido en la regeneración del recurso pesquero local y además, contribuye a la conservación del rico entorno ambiental de la zona, donde las praderas de fanerógamas marinas fueron y vuelven a ser las verdaderas protagonistas.

Arrecife artificial de Marbella-Cabo Pino (Málaga)



Este arrecife, instalado en julio de 1998, se encuentra ubicado entre el puerto pesquero de Marbella y el Puerto Deportivo de Cabo Pino.

Al igual que en el arrecife de Torre Perdigal – Rambla de la Amoladera, se instalaron módulos cúbicos de protección, con la finalidad de frenar la intensa pesca de arrastre que existía en la zona, donde esta modalidad de pesca no está permitida.

El seguimiento realizado a este arrecife artificial ha puesto de manifiesto su utilidad para evitar la acción de los arrastreros dentro del área protegida. En cuanto a los efectos sobre el desarrollo de determinadas especies de interés pesquero, habría que destacar, la presencia en los módulos de numerosas puestas de calamares (*Loligo vulgaris*) y sepias (*Sepia officinalis*), así como de ejemplares de crustáceos como el centollo (*Maja squinado*) o el bogavante (*Homarus gammarus*).

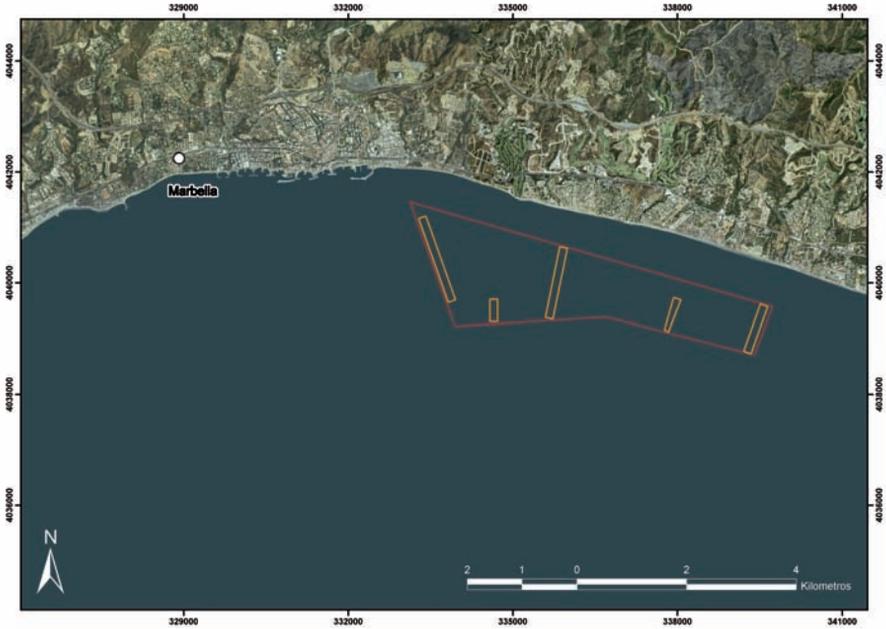
Características

El arrecife está formado por cinco barreras perpendiculares a la costa entre 18 y 45 m de profundidad aproximadamente. De forma trapezoidal con su eje mayor paralelo a la línea de costa, la zona de concesión, de 9,43 Km² de superficie, se localiza entre los 10 y los 45 m de profundidad.

El arrecife consta de 133 módulos de protección de tipo cúbico, de iguales características a los instalados en Torre Perdigal-Rambla de la Amoladera (Almería). Estos módulos se disponen regularmente en tres líneas al tresbolillo, con una separación de unos 100 m cada dos módulos de una misma línea. La distancia entre líneas es de 70 m.

Resultados obtenidos en el seguimiento

En cuanto al número y distribución de las estructuras fondeadas, no se han apreciado variaciones significativas respecto a lo descrito en la memoria de instalación. Sin embargo, sí se han detectado deterioros, fundamentalmente arganeos doblados y brazos laterales con las esquinas rotas, en algunos módulos, en esencia producto de las operaciones de transporte, estiba y fondeo.



Localización del arrecife artificial de Marbella-Cabo Pino (Málaga).

En general, los módulos se encuentran bien apoyados sobre el fondo, en posición vertical, aunque existen módulos volcados en los que se aprecian restos de redes enganchadas, principalmente artes de arrastre, lo que indica la efectividad de los mismos.

Debido a las características físicas y sedimentológicas de la zona, los módulos se encuentran enterrados en un porcentaje en torno al 5% de su altura, si bien, se han observado casos en los que el enterramiento llega a alcanzar aproximadamente el 30% de la altura, con lo que los perfiles sobresalientes quedan muy cercanos al fondo, prácticamente sobre él. No obstante, siguen siendo efectivos frente a la pesca de arrastre.



Módulo cubierto por una red de arrastre.

No se han constatado variaciones significativas en la batimetría de la zona, salvo las debidas a los temporales que han producido, en algunos casos, la acumulación de sedimento en algunas zonas, motivando pequeñas variaciones de la bati-

metría de determinadas áreas. Se puede considerar, por tanto, que la instalación del arrecife artificial no ha tenido repercusiones en las características físicas ni en la dinámica litoral de la zona.

Aún considerando la buena efectividad del arrecife, cabe mencionar la existencia de marcas de arrastre fuera y dentro de la zona protegida, además de numerosas observaciones de barcos de arrastre faenando, que en muchos casos llevan a cabo el trabajo sin enganchar las redes con ningún módulo, producto del gran conocimiento que los pescadores tienen de la costa y de la distribución de los módulos en el área protegida.



Debido a su recubrimiento, algunos módulos están totalmente integrados en el medio.

El nivel de cobertura de los módulos por organismos asentados en ellos es moderado, se sitúa, aproximadamente en valores en torno al 40% de la superficie de fijación disponible. Cnidarios, Briozoos, Poríferos y Ascidas incluyen a las formas de vida animal más representativas presentes en las estructuras. Organismos pertenecientes a otros grupos, como Moluscos, Crustáceos y Equinodermos están también presentes de forma significativa.



Puestas de calamar localizadas en la base de un módulo, depositadas sobre tubos de espirógrafos (*Spirographics spallanzani*).

La luminosidad, junto con los niveles de sedimentación existentes y la competencia espacial, determinan la distribución de los diferentes filos en las distintas caras de los módulos. En este sentido, se aprecia una preferencia general por ocupar las partes superiores de las estructuras.

El aumento de superficie dura colonizable que ha tenido lugar con el fondeo del arrecife, ha propiciado un incremento en la diversidad biológica que antes no estaba favorecida, dadas las características de los fondos de la zona, fundamentalmente areno-fangosos y uniformes.

Con escasa representación, las Rodofitas son las algas fundamentalmente presentes en la zona de estudio.

Cabe mencionar el desarrollo de especies de moluscos de interés económico, destacando la presencia de puestas de calamares y sepias encontradas en los módulos, que más tarde servirán de cobijo y zona de caza para los ejemplares adultos.

La diversidad específica y la abundancia de peces observada en las prospecciones submarinas han sido bajas en todas las campañas realizadas, aunque más alta que la existente en el sustrato preexistente, debido principalmente al tipo de fondo fangoso predominante, siendo las especies más representativas de las estructuras el Serrano (*Serranus sp.*) y el Rascacio (*Scorpaena porcus*), precisamente dos especies típicas de sustrato rocoso.

Otro grupo con potencial desarrollo en las estructuras del arrecife artificial es el de los crustáceos. Prueba de ello son las observaciones de ejemplares de Centollo (*Maja squinado*), Bogavante (*Homarus gammarus*) y de Nécoras (*Liocarcinus púber*) en algunos de los módulos visitados.

La composición de la flota pesquera de los puertos cercanos al arrecife artificial no ha variado de forma significativa desde la instalación del arrecife artificial.

Desde el fondeo de los módulos, las capturas de especies de interés comercial en la zona se han mantenido o han aumentado, según que especie, lo que indica el efecto positivo del arrecife artificial en la regeneración del recurso pesquero local y el mantenimiento de una actividad extractiva sostenible.

Las pescas experimentales realizadas indican un desarrollo importante de las comunidades piscícolas existentes presumiblemente favorecido

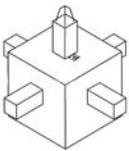


Bogavante (*Homarus gammarus*) al pie de una estructura arrecifal.

por la reducción de los lances de arrastre producidos en el área de concesión del arrecife artificial. Los resultados obtenidos en los muestreos realizados en el interior del arrecife superan a los de las pescas en el exterior, lo que evidencia la influencia positiva de las estructuras.

La mayoría del sector pesquero local consultado opina favorablemente sobre la existencia del arrecife artificial y aprecian una influencia positiva de las estructuras artificiales sobre las poblaciones ícticas y con ello en sus capturas.

Arrecife artificial de Río Lagos-Punta de Torrox (Málaga)



Instalado en julio de 1998, se localiza en el tramo de costa que va desde la desembocadura del río Lagos hasta la punta de Torrox, frente a las playas de Lagos, El Morche y el Cenicero.

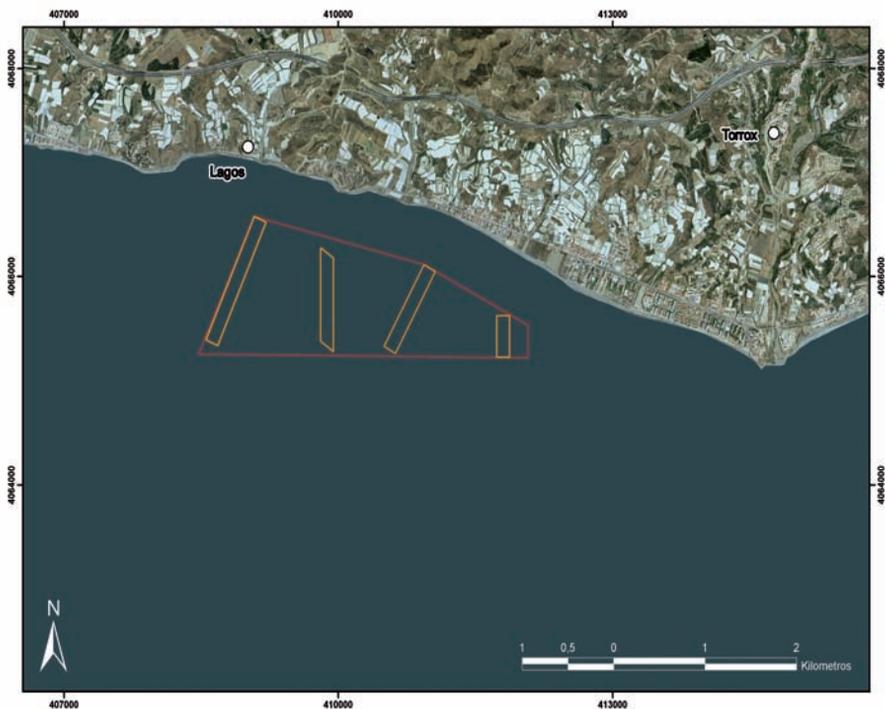
El planteamiento del diseño de este arrecife artificial es similar al del resto de los instalados en el año 1998, es decir, sólo se instalaron módulos de protección de tipo cúbico. En cuanto al área de concesión, este arrecife es uno de los más pequeños de los instalados en la costa andaluza, ya que protege una superficie de sólo 3,47 Km².

Durante el seguimiento no se han observado cambios en la ubicación de los módulos, lo que confirma la efectividad del diseño frente a la pesca de arrastre en fondos prohibidos. Asimismo, aun tratándose únicamente de módulos de protección, se ha constatado la colonización de las estructuras fondeadas por parte de varias comunidades de organismos marinos, de tal forma que, en algunas ocasiones, actúan como zonas de concentración de numerosas especies.

Características

El área de concesión tiene forma trapezoidal y los módulos se distribuyen en su interior formando cuatro barreras rectangulares.

La instalación arrecifal está constituida por 115 módulos de protección de tipo cúbico fondeados, de iguales características a los anteriormente descritos para el arrecife de Torre Perdigal-Rambla de la Amoladera (Almería), situados a profundidades que van de 15 a 47 m, aproximadamente.



Localización del arrecife artificial de Río Lagos-Punta de Torrox (Málaga).

Resultados obtenidos en el seguimiento

Dado que no se han observado variaciones significativas desde su instalación en cuanto al número de módulos y la posición en el fondo que éstos ocupan, podemos considerar que ofrecen una resistencia suficiente frente al arrastre, actuando como efectivos medios disuasorios de esta modalidad de pesca en la zona.

El estado de conservación de las estructuras es bueno. No se han detectado grietas ni otros deterioros o anomalías en los materiales. Las estructuras metálicas que existen en la parte superior, a modo de arganeo, están completamente recubiertas por organismos que en cierta medida lo protegen del óxido y aumentan la vida útil del material. Los módulos se encuentran bien colocados, es decir se apoyan sobre la base. Algunos módulos presentan cierto grado de escora, sin llegar a estar tumbados. Se han localizado módulos enterrados hasta la mitad de su altura, así como algunos desplazados de su posición original. Las corrientes, el tipo de sedimento (areno-fangoso) y la influencia de los fuertes temporales que se producen en la zona han provocado que el área perimetral de asentamiento de algunos módulos se encuentre horadada.

La cercanía de la desembocadura de los ríos Lagos y Güi, con sus aportes sedimentarios, contribuyen al soterramiento de las estructuras. A este respecto, cabe considerar que las actuaciones en materia de restauración de playas llevadas a cabo en los últimos años en lugares cercanos al arrecife, junto con los temporales antes mencionados, han supuesto la existencia de grandes cantidades de material sedimentario en suspensión circulante en la zona, que se han incorporado como un elemento sumatorio más al efecto observado de soterramiento y deposición de sedimento sobre las estructuras arrecifales.

Las inspecciones submarinas han puesto de manifiesto la existencia de distintos tipos de artes de pesca enganchados a los diferentes módulos, lo que indica la efectividad y utilidad de las estructuras.

Se han detectado bastantes marcas de arrastres a lo largo de todo el límite menos profundo de la zona de arrecifes; estas marcas penetran en parte en el área de concesión. En este sentido, es de resaltar la existencia de marcas de arrastres sobre una pradera de fanerógamas marinas localizadas en el límite oriental del arrecife. En relación con esto, cabe mencionar que esta pradera de fanerógamas está gravemente afectada por los arrastres, por lo que se considera necesaria la instalación de nuevos módulos en esa zona.

La efectividad del arrecife frente a la pesca de arrastre se debe, en gran medida a la distribución de los módulos formando barreras que cortan las principales líneas de arrastre y protegen la zona. El efecto disuasorio y la distribución de este arrecife, orientado fundamentalmente a la pesca, permiten también la evolución y conservación de las praderas de fanerógamas marinas existentes y contribuye al desarrollo de este hábitat y de las poblaciones pelágicas que crecen en él y sus alrededores.

No se han constatado variaciones significativas en la batimetría de la zona salvo los debidos a los temporales que han producido en algunos casos la acumulación de sedimento en determinadas localizaciones, motivando pequeñas variaciones



Recubrimiento del arganeo de uno de los módulos con colonias de antozoos de diversas especies.



Módulo enterrado hasta la mitad.

de la batimetría en determinadas áreas, no achacables a la instalación del arrecife artificial.

En cuanto al estudio biológico de las comunidades existentes, se ha constatado un proceso de colonización a partir de Balánidos principalmente, llegando a conseguir comunidades con cierto grado de estabilidad. Están representados organismos de diversos grupos, entre los que cabe destacar: Antozoos, Poríferos, Hidrozoos, Crustáceos, Equinodermos, Poliquetos, Ascidias, y Moluscos.



Recubrimiento de la superficie de un módulo donde destacan diversas especies de antozoos formando colonias.

Los niveles de cobertura están influenciados por la profundidad, de forma que es en las cotas superiores donde aumenta ésta con organismos recubrientes de grupos como Esponjas, Antozoos y Ascidias, mientras que en las cotas más someras predominan especies de Crustáceos y Equinodermos, disminuyendo la cobertura relativa.

De las comunidades de algas significativamente presentes en las estructuras artificiales tan solo se han observado representantes de las algas pardas (Feofíceas) y en las zonas más cercanas a la costa.

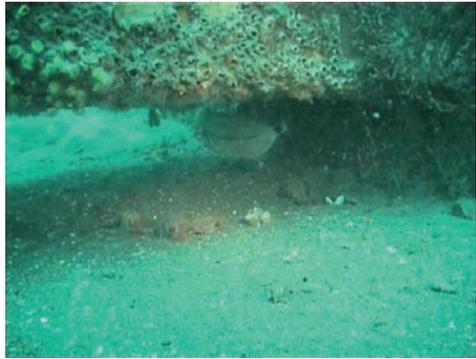
Desde la instalación, las comunidades asentadas en el arrecife han aumentado su grado de desarrollo y riqueza. La tendencia hacia la estabilidad del sistema se encuentra poco desarrollada en comparación con otros arrecifes de similares características. Aun así, las comunidades asentadas tienden hacia un estado clímax, donde las poblaciones pueden quedar mejor establecidas.

Las poblaciones piscícolas se localizan como si de islas se tratara, es decir, se han detectado bancos de peces de forma ocasional en algún módulo. De forma habitual se observan especies como Serrano (*Serranus sp.*), Raspallón (*Diplodus anularis*), Babosa (*Parablennius rouxi*) o Mojarra (*Diplodus vulgaris*). De forma ocasional se encuentran Congrios (*Conger conger*) en la base de los módulos y algunos Rascacios (*Scorpaena porcus*) camuflados entre los demás organismos de las estructuras. La ictiofauna, fundamentalmente nectobentónica, de los alrededores de los módulos se reduce sensiblemente, pues se trata de un medio sin refugio y sin zonas de alimentación localizados para el desarrollo de estas comunidades. Tan sólo se han observado algunas Arañas (*Trachinus draco*) y otras especies muy ocasionales que se encuentren de paso.

Las estructuras sirven de refugio y lugar de alimento a las poblaciones ícticas de la zona, a la vez que favorecen el reclutamiento de diversas especies, entre las

que se encuentran algunas de valor comercial, por lo que actúan en muchos casos como verdaderas zonas de cría y engorde.

Los Moluscos también se ven representados en muchos de los módulos arrecifales. Este recurso está siendo explotado por los pescadores artesanales, que para incrementar sus ingresos suelen calar líneas de “pucheros” o “alcatruces” para la captura de los pulpos (*Octopus vulgaris*).



Raspassón (*Diplodus annularis*) buscando refugio y alimento bajo los brazos de un módulo de protección de tipo cúbico.

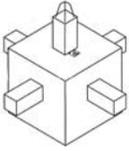
La composición de la flota pesquera de los puertos cercanos al arrecife artificial no ha variado de forma significativa, lo que induce a pensar que el arrecife no ha tenido en este sentido repercusiones sobre ella.

Aunque con algunas oscilaciones, en cuanto a las capturas de especies comerciales caben destacar por su aumento algunas como el Pulpo, Choco y Salmonete, hecho al que puede haber contribuido la instalación del arrecife en la zona.

La mayoría del sector pesquero local aprecia una influencia positiva de las estructuras artificiales en las poblaciones ícticas y con ello en sus capturas y, además, considera oportuna la ubicación de este arrecife artificial, así como posibles actuaciones futuras encaminadas al mantenimiento y refuerzo del arrecife.

Los resultados obtenidos en las campañas de pescas efectuadas en el período 1999-2003, indican que el balance de las pescas experimentales tiende a ser positivo ya que ha pasado en los dos últimos años a producir capturas que, aún siendo en general pequeñas cantidades, son suficientes para venderlas en Lonja. Aún así, debemos considerar que no es un incremento que pueda sostener a una flota artesanal dedicada al trasmallo. Cabe pensar que futuras actuaciones de mantenimiento y refuerzo del arrecife artificial basadas en la instalación de nuevos módulos de protección y el fondeo de algunos módulos de producción tendrán repercusiones positivas en la zona, aumentando el nivel de protección y propiciando el aumento de las poblaciones piscícolas y, en general, del recurso explotable.

Arrecife artificial de P.D. El Candado-Torre de Benagalbón (Málaga)

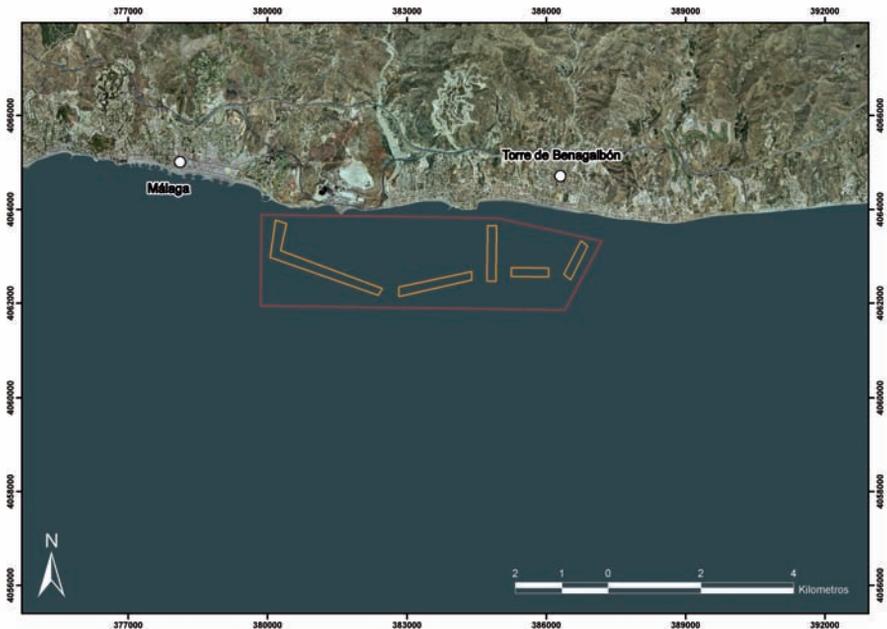


Este arrecife artificial, localizado frente a la playa del Rincón de la victoria y Cala del Moral, se instaló en julio de 1998 para proteger un área de 20 Km². Está constituido por módulos de protección de tipo cúbico. Dentro del área de concesión se localiza una zona reservada por la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino para la extracción de áridos. Por este motivo, el proyecto técnico del arrecife suprimió la instalación de módulos en esta zona.

El grado de cobertura de los módulos, por parte de organismos sésiles, alcanza el 40%; asimismo, se han observado, asociados al arrecife, bancos de peces de pequeño tamaño. Aunque la biodiversidad de la zona no es muy elevada, el seguimiento realizado en este arrecife ha puesto de manifiesto el efecto de atracción que ejerce sobre algunas especies pesqueras.

Características

El área de concesión tiene forma trapezoidal con su eje mayor paralelo a la línea de costa. Se encuentra situado entre los 10 y los 45 m de profundidad aproximadamente. De las barreras que constituyen el arrecife, cuatro son rectilíneas, dos paralelas a la costa y dos perpendiculares. La quinta barrera tiene forma de "C", con el tramo más largo paralelo a la costa y los dos más cortos perpendiculares.



Localización del arrecife artificial de P.D. El Candado-Torre de Benagalbón (Málaga).

Los 333 módulos de protección de tipo cúbico que constituyen el arrecife son de iguales características a los instalados en el arrecife de Torre Perdigal-Rambla de la Amoladera (Almería) y están distribuidos regularmente al tresbolillo conformando cinco barreras.

Resultados obtenidos en el seguimiento

Durante el seguimiento llevado a cabo, se ha observado que el estado de conservación de las estructuras fondeadas no presenta alteraciones relevantes con el paso del tiempo. Además, no se han detectado variaciones significativas en el número de módulos ni en su posición respecto a los datos disponibles de la memoria de instalación.



Red de cerco enganchada en un módulo de protección.

En general, los módulos se encuentran bien asentados sobre el fondo, en posición vertical, si bien, se han observado algunos escorados que, dada su conformación estructural, siguen siendo funcionales. La mayoría de los módulos inspeccionados se han introducido en el sustrato, generalmente, hasta un 10% de su altura, aunque en algún caso llega hasta la mitad. Esto es debido al alto contenido en limo presente en el fondo. Las corrientes existentes también influyen en este hundimiento, de forma que, dependiendo de la intensidad de éstas, se ha producido la escora de algunos módulos.

Se han detectado distintos tipos de artes de pesca enganchados en varios módulos, que, en algún caso, llegan a cubrirlos totalmente disminuyendo su funcionalidad protectora. Estos enganches provocan también cierto desplazamiento de las estructuras, e incluso que algunas de ellas queden inclinadas o tumbadas, de forma que se hacen menos eficaces ante el arrastre. Se ha apreciado un incremento del número de módulos que tienen redes enganchadas, lo que demuestra su efectividad frente al arrastre.

Se han detectado marcas de arrastres localizadas fundamentalmente en el exterior de la zona arrecifal y en el centro de ésta, justo donde no hay módulos instalados por incompatibilidad de uso del área reservada para la extracción de áridos con fines de regeneración de la costa. Ésta sería la zona donde, de llegar a un acuerdo con la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar, sería aconsejable un refuerzo del arrecife artificial. No obstante, las características propias de las estructuras fondeadas, junto con la distribución espacial con que fueron instaladas, confieren al arrecife artificial gran efectividad disuasoria frente a la pesca de arrastre.

A lo largo del estudio no se han constatado variaciones en la batimetría de la zona ni alteraciones en las características del sedimento, por lo que se puede considerar que el modelo de arrecife artificial funciona sin interferir en las características físicas ni dinámicas de la costa, tal y como se preveía en el Proyecto Técnico.



Organismos sésiles recubriendo una estructura arrecifal en su cara vertical donde destaca una colonia de antozoos.

El estudio basado en el análisis de imagen refleja que la cobertura modular por organismos sésiles es de aproximadamente un 40%. Cabe destacar la ausencia generalizada de macroalgas, exceptuando algunas matas de la Feofíceas *Dyctiota dichotoma* y Clorofíceas (*Codium sp.*), fijadas a algunas redes enganchadas en los módulos. También aparecen en algunos módulos ejemplares de Rodofíceas incrustantes como *Lithophylum expansum*.

Los principales grupos de macrofauna representados son: Poríferos, Antozoos, Hidrozoos, Crustáceos, Equinodermos, Poliquetos, Ascidas, y Moluscos.

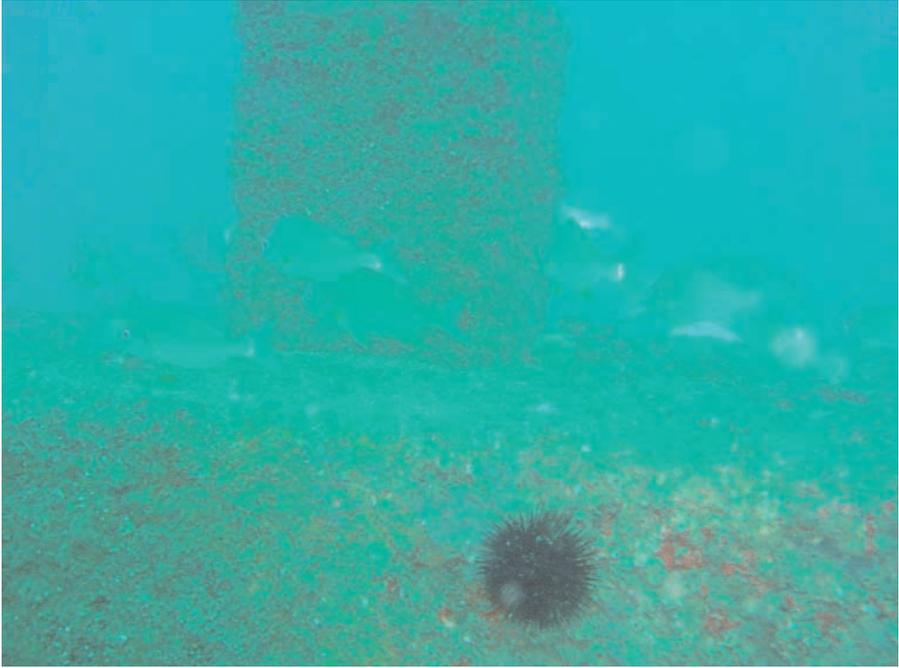
El Filum Poríferos se ha desarrollado de forma masiva junto con el de Antozoos en competencia por el espacio disponible. Las partes más colonizadas corresponden con las zonas superiores de los módulos, sobre todo en la zona del arganeo ya que son las partes más expuestas y facilitan la alimentación de estos organismos.

Cabe destacar la presencia de la fanerógama marina *Cymodocea nodosa* en la franja somera del arrecife, en profundidades próximas a 10 m, así como manchas discontinuas de *Zostera marina* repartidas a lo largo de la costa.

Las observaciones efectuadas indican que el sustrato existente alrededor de los módulos está compuesto principalmente por limo, lo que limita la colonización, de ahí el pobre aspecto que presentan estos fondos. La mayoría de los indicios biológicos detectados se corresponden con Poliquetos, Antozoos, Moluscos y Equinodermos que viven en el fango.

Asociados al arrecife aparecen, de modo frecuente, bancos de peces de pequeño tamaño, junto con ejemplares aislados o en pequeños grupos de las especies *Diplodus vulgaris*, *Serranus cabrilla* y *Sarpa salpa*, principalmente. En algunos módulos se observan además, ejemplares de Pulpo (*Octopus vulgaris*) o masas de huevos de éstos.

Si bien no se ha detectado una alta diversidad específica en la zona, los resultados obtenidos indican que el modelo arrecifal es funcional para la atracción de diversas especies residentes y favorece su reclutamiento.



Banco de salema (*Sarpa salpa*) alimentándose de los organismos que recubren la superficie de un módulo de protección.

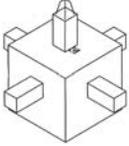
Se puede considerar que la instalación del arrecife artificial no ha tenido repercusiones en cuanto a la constitución de la flota pesquera con base en puertos cercanos, ya que éstas no ha tenido variaciones significativas en los últimos años.

Los resultados obtenidos en las campañas de pesca realizadas en el interior del arrecife superan a los de las efectuadas en el exterior, lo que evidencia la influencia de las estructuras artificiales, pues en más de una ocasión el aumento de las capturas ha coincidido con enganches de las redes con las mismas.

La zona no es característica de la pesca con trasmallo, debido al tipo de fondo predominantemente fangoso que existe. Aun así, se aprecia un incremento en las capturas, hecho significativo de la acción beneficiosa sobre los recursos pesqueros locales del arrecife artificial instalado. No obstante, el rendimiento obtenido en las pescas no llega a ser suficiente para mantener una pesca rentable y sostenible, al menos para la pesca artesanal. De hecho, la mayoría de los pescadores artesanales de la zona, pertenecientes al Puerto de Caleta de Vélez se dedica principalmente a la pesca de moluscos bivalvos y pulpo. Existen elementos razonables para pensar que las poblaciones piscícolas de la zona se pueden recuperar hasta niveles de explotación rentable, hecho al que contribuiría de forma notable el refuerzo del arrecife.

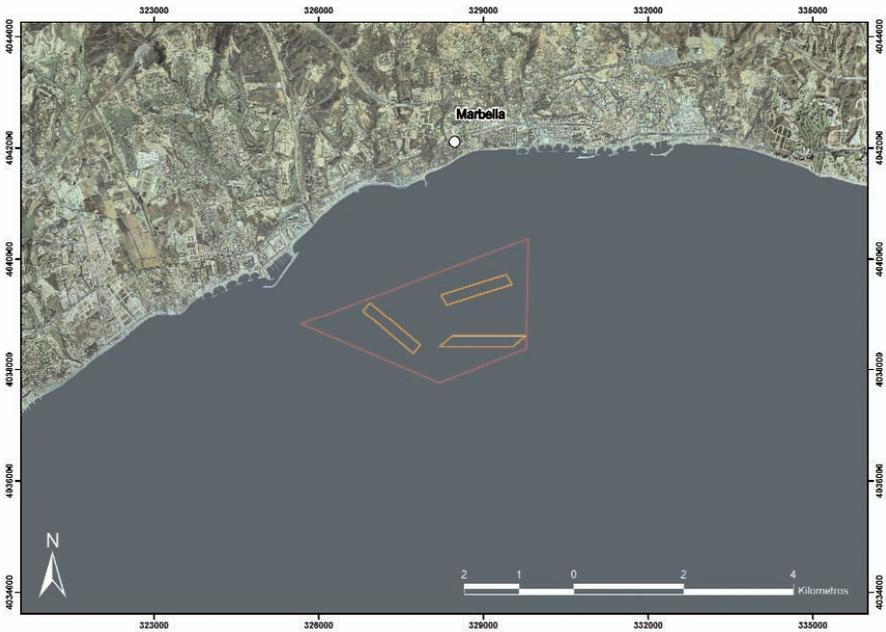
Una parte considerable del sector pesquero local aprecia una influencia positiva de las estructuras artificiales en las poblaciones ícticas y con ello en sus capturas, que han visto aumentadas fundamentalmente en especies de interés como pulpo, jurel, caballa, besugo y salmonete. Además, el sector considera oportuna la ubicación de este arrecife artificial y se manifiestan de acuerdo con acciones futuras de refuerzo, mantenimiento y ampliación del mismo.

Arrecife artificial de Punta de Baños-Marbella (Málaga)



El arrecife está situado entre el puerto de Marbella y Puerto Banús, y fue fondeado en julio de 1998. Está constituido por módulos de protección similares a los instalados en otros arrecifes de la provincia y protege un área de cerca de 15 Km².

Se ha comprobado que ejerce un efecto positivo en la regeneración de los recursos pesqueros de la zona; de hecho, el propio sector pesquero manifiesta haber comprobado un incremento en las capturas desde la instalación del arrecife.



Localización del arrecife artificial de Punta Baños-Marbella (Málaga).

Características

El arrecife consta de 169 módulos de protección tipo cúbico de 1,65 m de altura y 5,42 Tm de peso.

Está formado por tres barreras incluidas en un polígono de cuatro lados que constituye el área de concesión. Las tres barreras abarcan fondos comprendidos entre 21 y 51 m aproximadamente.

Resultados obtenidos en el seguimiento

A lo largo de cinco años de seguimiento no se han observado diferencias significativas en cuanto al número de módulos y su distribución. Las estructuras fondeadas, que en general se encuentran bien apoyadas sobre el fondo en posición vertical, no presentan alteraciones estructurales notables.

Se aprecia un enterramiento de los módulos que, en la mayoría de los casos, no supera el 10% de su altura, si bien, existen algunos que están enterrados más de la mitad, quedando las vigas apoyadas sobre el fondo, e incluso ocultas por el sedimento. Se observa un vaciado entre los bordes inferiores de los módulos y el fondo provocado por las corrientes existentes, influido en muchos casos por la actividad de ciertas especies residentes como el pulpo, que horadan el sustrato para construir sus escondites.



Aspecto general de una de las estructuras de protección fondeadas.

Aunque no se han observado redes enganchadas en los módulos estudiados, durante las campañas se ha podido comprobar que la pesca de arrastre se sigue practicando en zonas no permitidas, hecho que queda además demostrado por la existencia de marcas de arrastre constatadas en la zona, si bien, hay que mencionar que, en este sentido, el número de registros obtenidos ha sido bajo.



Módulo tapizado donde se observa con detalle la diversidad de especies que integran un mismo sustrato.

Los estudios realizados han puesto de manifiesto que este arrecife artificial no interfiere en las características físicas ni dinámicas de la costa.

En general, los módulos presentan un porcentaje de cobertura por organismos vivos moderado, con valores variables que oscilan entre el 25% y el 60%. Entre los organismos sésiles presentes en las estructuras dominan las especies recubrientes de Poríferos y las colonias de Cnidarios Hidrozoos. Estos grupos han ido sustituyendo a una población incipiente de organismos, principalmente de Crustáceos filtradores como los del género *Balanus sp*, en una



Serrano (*Serranus cabrilla*) protegiéndose bajo el brazo de un módulo en el arrecife.

lucha para ocupar un sustrato duro que escasea en el área. La forma de asentamiento sigue un patrón marcado por la iluminación, de modo que las partes más colonizadas son las superiores y predominan las formas recubrientes frente a las formas erectas, debido principalmente a la exposición de las corrientes.

Las especies ícticas mejor representadas en los módulos, son el serrano (*Serranus spp.*) y el rascacio (*Scorpaena porcus*); aunque hay que resaltar la presencia de otras especies como la araña (*Trachinus draco*), la brótola de roca (*Phycis phycis*) y mojarra (*Diplodus vulgaris*), así como de algunos bancos de alevines de otros espáridos.

En muchos módulos se ha observado la presencia de masas de huevos de chocos (*Sepia officinalis*) y pulpo (*Octopus vulgaris*), ambos Cefalópodos de interés pesquero.

No se ha apreciado una variación significativa de la flota pesquera de la zona desde la instalación del arrecife artificial.

En general, desde el fondeo de los módulos, las capturas de especies de interés comercial en la zona se han mantenido o ha aumentado, lo que indica el efecto positivo del arrecife artificial en la regeneración del recurso pesquero local y el mantenimiento de una actividad extractiva sostenible. El efecto disuasorio del arrecife ha provocado la reducción de los lances de arrastre efectuados en la zona protegida favoreciendo el desarrollo de las comunidades piscícolas. Aun así, esta modalidad de pesca se sigue llevando a cabo en la zona.

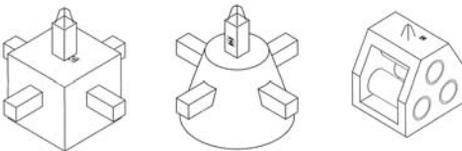


Arrastrero faenando en las cercanías de la zona protegida por el arrecife.

Los resultados de las pescas efectuadas son superiores en el interior de la zona arrecifal que en el exterior. Hay que mencionar que se trata de valores bajos, que obligan a multiplicar los tendidos de red calados para poder rentabilizar las pescas.

La mayoría del sector pesquero local aprecia una influencia positiva de las estructuras artificiales para la pesca en general y sobre todo los de la modalidad de artes menores, ya que son los más favorecidos por este tipo de estructuras. Manifiestan que han apreciado un aumento de las capturas desde la instalación del arrecife y ofrecen una opinión favorable sobre posibles futuras actuaciones de mantenimiento y refuerzo de la zona protegida.

Arrecife artificial de Punta Melonar-Torre Melisena (Granada)



Instalado en septiembre de 2003, la ubicación de este arrecife, entre Casteldeferro y el Castillo de Baños, vino determinada por tratarse de una zona de alto valor ecológico muy castigada por las

embarcaciones de arrastre. Fueron excluidas dos zonas del área de concesión, una reservada a la extracción de áridos y otra por estar destinada a la acuicultura marina.

A partir de la construcción e instalación de este arrecife mixto, con módulos de protección y producción, todos los proyectos ejecutados por la Consejería de Agricultura y Pesca siguieron una estrategia similar. Ésta consiste en apostar

fuertemente por las barreras de protección que evitan el arrastre en fondos prohibidos, así como por el fondeo de algunos módulos de producción, instalados dentro de la zona protegida, que contribuyen a la regeneración biológica de la zona.

A pesar de que la mayoría del sustrato del área de concesión es de tipo arenoso, la presencia de pequeños núcleos rocosos ha permitido el desarrollo de una buena diversidad biológica que está adaptándose a las nuevas estructuras fondeadas.

Características

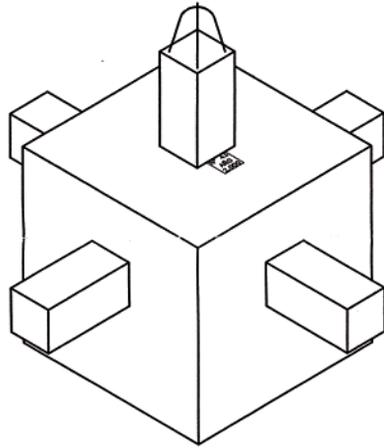
Barreras paralelas y perpendiculares a la costa protegen un área de 7,32 Km², entre las cotas batimétricas de -15 y -45 m.

Se han fondeado estructuras de tres tipos: Módulos de producción del tipo P3, y módulos de protección disuasorios del tipo D1 y D2. Los tipos D1 y D2 fueron utilizados con anterioridad en el refuerzo de los arrecifes artificiales ya tratados: "Conil", "Desembocadura del Guadalquivir" y "Punta Calaburras-Desembocadura del río Guadalhorce".

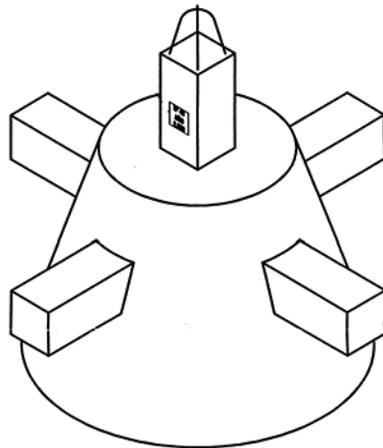
Estos tres tipos de estructuras serán las utilizadas en adelante (en este arrecife y en los siguientes). A continuación se describen sus características.

Los módulos del tipo D1 son estructuras de hormigón de forma cúbica, de dimensiones 1,4 x 1,4 x 1,35 m, dotados de 5 brazos satélites de 0,65 x 0,3 x 0,3 m y 7,2 Tm de peso seco aproximado.

Los módulos del tipo D2 son estructuras de hormigón de forma troncocilíndrica, de 2 m de diámetro inferior y 1,12 m de diámetro superior.



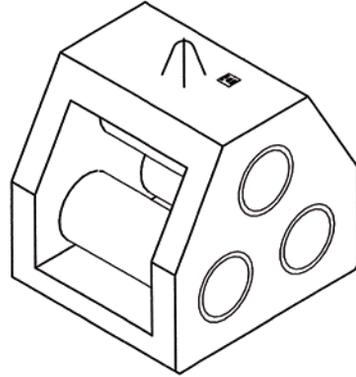
Módulo del tipo D1.



Módulo del tipo D2.

Al igual que los D1, también tienen 5 brazos satélites de 0,65 x 0,3 x 0,3 m. Su peso seco aproximado es de 7,3 Tm.

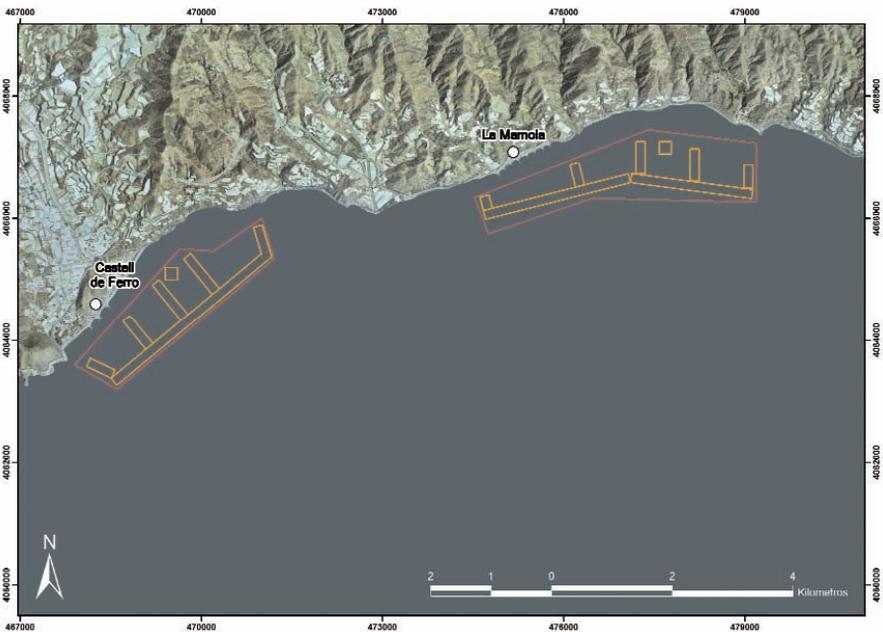
Los módulos del tipo P3 tienen forma de prisma horizontal, con las bases triangulares truncadas en sus vértices. Su proyección en planta ocupa 2,10 x 2,37 m y su altura es de 2,22 m. Van dotados de 3 tubos pasantes de 0,7 m de diámetro exterior. Su peso seco aproximado es de 13,26 Tm. Para favorecer su caída vertical en el fondeo, dispone de un hueco en la base de 0,7 x 0,7 m.



Módulo del tipo D1.

Todas las estructuras llevan una placa cerámica con un número que la identifica.

Las estructuras fondeadas suman un total de 567 unidades, repartidas de la siguiente forma: 50 módulos del tipo P3 que constituyen dos áreas de 250 x 250 m. 254 módulos del tipo D1 y 262 del tipo D2, distribuidos al tresbolillo formando las barreras de protección.



Localización del arrecife artificial de Punta Melonar-Torre Melisena (Granada).

Resultados obtenidos en el seguimiento

No se ha observado deterioro en la estructura de los módulos. Los módulos inspeccionados, tanto de protección como de producción, están en posición correcta. Cabe destacar, que algunos módulos están situados en una pendiente muy pronunciada. Sobre todo en profundidades de menos de 25 metros. Esto podría facilitar su vuelco en caso de enganches con algún arte de pesca. En los módulos, el enterramiento es prácticamente nulo. En algunos casos ocurre lo contrario, no siendo raro encontrar módulos con partes horadadas bajo ellos.



Módulo tipo D2 volcado sobre el que se aprecia una calicata de muestreo.

La última campaña de SBL, llevada a cabo en 2005, indica que se siguen produciendo arrastres, aunque estos se realizan en zonas concretas, localizadas fundamentalmente en áreas de poca profundidad, entre el arrecife artificial y la línea de tierra.

A la vista de estos resultados, concluimos que el arrecife es eficaz frente a la pesca de arrastre en la zona, aunque puede ser reforzado mediante la instalación de módulos de protección y de producción.

Las comunidades bentónicas sobre sustrato preexistente presentan un aspecto bastante pobre, ya que en su uniforme relieve se pueden observar muy pocas especies vegetales y animales. Esta pobreza de organismos epibiontes es debida a la gran inestabilidad de estos fondos, al estar sus partículas superficiales constantemente removidas por el oleaje y/o las corrientes. Por ello, la comunidad más importante de este tipo de fondo está formada por organismos endobiontes.



Gusano de funda (*Myxicola infundibulum*) sobre fondo arenoso.

Cabe destacar la presencia de los erizos *Sphaerechinus granularis*, *Arbacia lixula* y *Paracentrotus lividus*, esta última especie de creciente interés comercial.

Se observa un aumento de la población nectónica, todavía no estabilizada, que aun no ha alcanzado su clímax. Las especies de interés comercial que destacan como más numerosas son: Breca (*Pagellus erythrinus*), besugo (*Pagellus acarne*), boga (*Boops boops*), mojarra (*Diplodus vulgaris*), roncador (*Pomadasys incisus*), salmonete (*Mullus sp.*), congrio (*Conger conger*) y rascacio (*Scorpaena porcus*).



Pradera de Posidonia (*Posidonia oceanica*) localizada en la zona protegida, con serranos (*Serranus cabrilla*) y doncellas (*Coris julis*).

Otras especies de interés presentes son: Pulpo (*Octopus vulgaris*), salpa (*Sarpa salpa*), borriquete (*Plectorhinchus mediterraneus*), araña (*Trachinus draco*), lenguado (*Solea vulgaris*), brótola (*Phycis phycis*) y sepia (*Sepia officinalis*).

Se observa una tendencia de disminución de la diversidad al aumentar la profundidad. La máxima diversidad se aprecia en los módulos situados a menor profundidad entre 15-20 m. Dentro de ese rango, la diversidad es mayor en general en los módulos de producción ó de protección cercanos a un núcleo de producción. Otros módulos de protección, cercanos a los acantilados de Calahonda, presentan también una alta diversidad, en sus proximidades se localizan manchas de *Posidonia*. Todo esto indica la existencia de un verdadero efecto sinérgico beneficioso para el arrecife en conjunto.

Se ha constatado que los módulos atraen y sirven de refugio a diferentes poblaciones ícticas, lo que favorece el reclutamiento, jugando el papel de zona de cría y engorde en un área de pobres características biológicas, que además, ha sido muy castigada por la indiscriminada acción de los arrastreros. Se abre, por tanto, la posibilidad de considerar viable un proyecto de repoblación de la zona con especies de interés pesquero procedentes de piscifactorías.

La variación total de embarcaciones de la flota pesquera del Puerto de Motril no ha sido significativa año tras año; si bien, se aprecia una tendencia general hacia la disminución de la flota pesquera.

En términos generales, en lo referente a pesca desembarcada en el puerto de Motril, se puede decir que el arrecife artificial ha favorecido al incremento de las capturas de la flota pesquera profesional que faena en la zona.

La mayoría del sector pesquero local indica que, hasta la instalación del arrecife artificial, las capturas habían ido disminuyendo con el tiempo. Cabe destacar que el 33% de los encuestados de artes menores opina que, en general, desde que existe el arrecife, las capturas están aumentando. Por su parte, los que se dedican a la modalidad de cerco, manifiestan que en los dos últimos años han aumentado las capturas, mientras que, prácticamente la totalidad de los arrastreros difieren de esta opinión, y notan una clara disminución de las capturas con el tiempo.

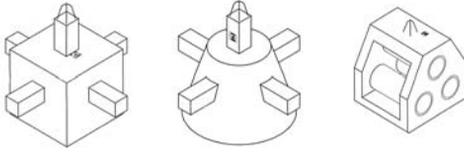
En lo referente a las campañas de pescas experimentales realizadas, los resultados indican que, partiendo de valores de captura por unidad de esfuerzo similares en el primer año tras el fondeo, la diferencia de rendimiento entre el área de concesión y la zona exterior a ésta varía a lo largo del tiempo. En el interior el rendimiento es más estable en cuanto a capturas, en cambio, en la zona exterior del arrecife se observa la existencia de importantes variaciones temporales.

Los resultados obtenidos en cuanto a la diversidad específica muestran cierta estabilidad, hecho lógico ya que en estas zonas suelen capturarse con bastante asiduidad las mismas especies. El número de especies es ligeramente mayor en el interior de arrecife, debido a la mayor variedad de hábitats. Los mayores ingresos obtenidos se han dado en general en el interior del polígono arrecifal. También se ha podido comprobar que las capturas de las especies seleccionadas como objetivo (Besugo y Breca) suelen ser mayores en la zona interior.



Pescador artesanal de la zona.

Arrecife artificial de Punta Chullera-Torre Albelerín (Málaga)



Se localiza frente a las costas de Estepona, a ambos lados de su puerto deportivo. Fue instalado en 2003 para evitar la acentuada acción de los arrastreros en fondos no autorizados. Está constituido por módulos arrecifales de nuevo diseño, de tres tipos: cúbico, troncocónicos y prismático truncado.

Al igual que en el A.A. de Punta Melonar-Torre Melisena se utilizan los módulos de protección troncocónicos como una variante de los cúbicos, manteniendo los cinco salientes antiarrastrero.

A pesar de su reciente instalación, se ha observado que el arrastre en la zona ha disminuido sustancialmente, lo que ha propiciado la recuperación de algunas poblaciones de especies pesqueras de interés comercial, hecho que ha repercutido de manera beneficiosa en la flota artesanal local.



Localización del arrecife artificial de Punta Chullera-Torre Albelerín (Málaga).

Características

El área de protección que abarca es de 29,95 Km² y está constituido por barreras que discurren paralelas y perpendiculares a la línea de costa, entre los 15 y 45 m de profundidad.

Los 836 módulos de los tipos D1, D2 y P3, definidos anteriormente, que lo constituyen se reparten de la siguiente forma:

- 25 módulos del tipo P3 que forman un polígono de 250 x 250 m.
- 510 módulos del tipo D1 y 301 del tipo D2 distribuidos al tresbolillo formando las barreras disuasorias.

Resultados obtenidos en el seguimiento

Tras las inspecciones efectuadas, se han detectado módulos inclinados o desplazados, como consecuencia de la actividad arrastrera en la zona. Se aprecia, por tanto, la función protectora del arrecife frente a actividades prohibidas a estas profundidades. No se han observado anomalías estructurales y el grado de enterramiento no alcanza, en el mayor de los casos, el 15 % de la altura de los bloques.

Durante el periodo de estudio se aprecian claras diferencias en la proporción de los grupos asociados a la superficie de los módulos. Los Moluscos han aumentado significativamente su presencia, principalmente el género *Mytilus*. Al contrario, los Crustáceos han ido progresivamente disminuyendo su representación, posiblemente debido al efecto depredador ejercido sobre ellos (por ejemplo, sobre el género *Balanus*), que suelen ser depredados por otros taxo-



Ascidas del género *Aplyidium* coexistiendo con una población de mejillones (*Mytilus* sp.).



Alga parda del Género *Saccorhiza* localizada sobre la superficie de un módulo.

nes a medida que va evolucionando la comunidad. A diferencia de los grupos anteriores, Poríferos, Antozoos y Equinodermos parecen mantener una proporción estable. Estas diferencias indican que la comunidad asociada a los bloques arrecifales no se encuentra todavía en un estadio muy avanzado, lo que podría ser debido a las condiciones eutróficas de las aguas colindantes, que permiten la proliferación de organismos con una alimentación suspensiva, como Balanos, Mejillones, Hidrozoos o Poríferos.



Congrio (*Conger conger*) en una de las zonas horadadas de la base de una estructura.

Por otro lado, los grupos de macroalgas están representados en los módulos inspeccionados hasta profundidades de 25 m, seguramente, debido a la baja cantidad de partículas en suspensión presentes en el agua. Las especies más importantes pertenecen a las algas pardas. Estas corresponden a los géneros: *Saccorhiza sp.*, *Cystoseira sp.* y algunos ejemplares aislados del género *Dyctiota*. Las algas rojas también están presentes, siendo principalmente calcáreas incrustantes o arborescentes.

Con respecto a la comunidad íctica, la colonización fue muy rápida en los primeros momentos tras el fondeo por parte de las diferentes especies, más tarde, la diversidad cayó para volver a aumentar posteriormente. Todo ello indica que el arrecife se encuentra en un estadio temprano de sucesión ecológica, lo que provoca que las poblaciones asociadas a él no presenten aún altos niveles de estabilidad.

Los resultados obtenidos en las campañas de pesca realizadas indican que la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) varía considerablemente en función de la época del año. Se observa que en verano, las CPUE muestran valores más altos, aunque hay que tener en cuenta que el volumen de datos obtenidos no permite determinar con fiabilidad la existencia de estacionalidad. De igual forma, las capturas obtenidas dentro del polígono arrecifal son superiores a las obtenidas fuera de él, por lo que se puede apuntar la existencia de mayor cantidad de biomasa disponible dentro de la zona protegida.

En el estudio se han considerado los puertos pesqueros de Marbella y Estepona, cercanos al arrecife artificial.

El número total de embarcaciones de la flota pesquera del Puerto de Marbella ha aumentado en los últimos años. En este puerto se observa un predominio de



Pescador izando el arte por la proa del barco con virador en el arrecife.

embarcaciones pequeñas, con baja potencia y baja capacidad de carga. Las capturas de peces se han mantenido más o menos estables, con ciertas oscilaciones a lo largo de los años, con una tendencia negativa a partir de 2000, un posterior incremento en el 2003 y en 2005. Especies objetivo como pulpo (*Octopus vulgaris*) y besugo (*Pagellus acarne*), son las más destacadas en las capturas, mientras que la breca (*Pagellus erythrinus*) es la que muestra menor presencia. Desde el punto de vista económico la especie que tiene mayor importancia se corresponde con la más capturada (pulpo), excepto en el caso del salmonete (*Mullus spp*), que ha visto aumentado su precio medio durante estos dos últimos años. Respecto a las otras especies de estudio sólo se aprecia una estabilidad de ingresos con una tendencia al alza.

La variación de la flota pesquera operativa del Puerto de Estepona ha sido significativa durante el periodo de estudio, constatándose un incremento de 11 embarcaciones en los tres últimos años. Está constituida mayoritariamente por



Vista aérea del puerto pesquero de Marbella. Fuente: EPPA.

embarcaciones de artes menores. El volumen de capturas de peces se ha mantenido estable, con ciertas oscilaciones a lo largo de los años, con una tendencia negativa a partir de 2001 y un posterior incremento en el 2003. La disminución en el volumen de captura relativa de peces provoca una disminución en el nivel de ingresos, al igual que ocurre con las capturas de moluscos y de crustáceos. En lo referente a las especies objetivo, el análisis de los datos indica una total coincidencia con lo descrito anteriormente para el puerto de Marbella. Tras la instalación del arrecife, se aprecia una significativa mejoría en los datos totales de descarga en lonja, con tendencia ascendente, por lo que se puede considerar que el arrecife ha influido positivamente sobre el recurso pesquero local.



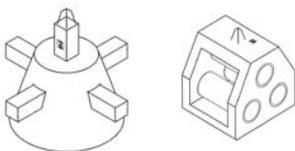
Vista aérea del puerto pesquero de Marbella. Fuente: EPPA.

En cuanto a la opinión del sector pesquero local, cabe mencionar que la mayoría de los encuestados manifiesta que las capturas han ido disminuyendo con el tiempo, frente a una minoría que cree que más o menos se mantienen estables. La totalidad de los pescadores conoce la ubicación del arrecife y la mitad de ellos expresa que suelen faenar en las inmediaciones del mismo.

Los patrones encuestados de la modalidad de arrastre, no están de acuerdo con los arrecifes artificiales en general, opinión que hacen extensible a este arrecife. Algunos cerqueros indican que el arrecife instalado constituye un riesgo para sus artes, ya que en muchas ocasiones, quedan a merced de las mareas y corrientes de la zona.

Con respecto a los patrones de artes menores, el 50% de los mismos están completamente de acuerdo con la ubicación y funcionamiento de los arrecifes. Según ellos, el arrastre ha visto disminuida su actividad en estas zonas, aunque, existen áreas de paso de estas embarcaciones en fondos no permitidos para este tipo de actividad.

Arrecife artificial de Punta Huarca-Rambla de Bolaños (Almería)



En el año 2006 continúa el acondicionamiento de la costa andaluza con el fondeo de este arrecife, localizado entre Punta Huarca y Rambla de Bolaños, cerca de la población de Adra.

Su instalación fue condicionada por la presencia de una zona reservada a la extracción de áridos y otra para la acuicultura marina que debieron ser excluidas del área de concesión. Los dos tipos de estructuras arrecifales empleadas son de iguales características que las utilizadas en el arrecife artificial de Punta Chullera – Torre Albelerín.

El objetivo principal del arrecife es proteger la zona de la actividad arrastrera ilegal en fondos prohibidos, y de este modo, regenerar los fondos existentes y sus recursos.

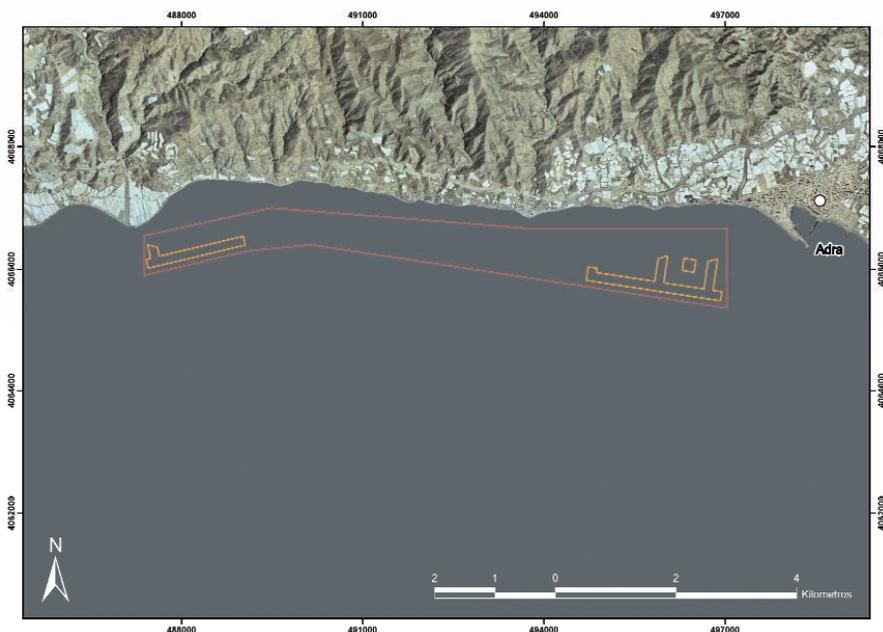
Debido a su reciente instalación, la información aportada por el seguimiento anual no permite evaluar la efectividad del arrecife.

Características

Un total de 7,63 km² de costa quedan protegidos mediante barreras paralelas y perpendiculares a la línea de costa, instaladas entre 20 y 50 m de profundidad.

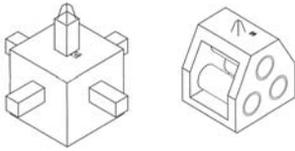
El arrecife está formado por 203 módulos del tipo D2, distribuidos al tresbolillo, que constituyen las barreras antiarrastre y 25 módulos del tipo P3 que definen un área productiva de 250 m².

El seguimiento de los arrecifes artificiales instalados en 2006, se inició en 2007 y tendrá una duración de, al menos, cinco años.



Localización del arrecife artificial Punta Huarca-Rambla de Bolaños (Almería).

Arrecife artificial de Punta de Torrox-Torre de Maro (Málaga)

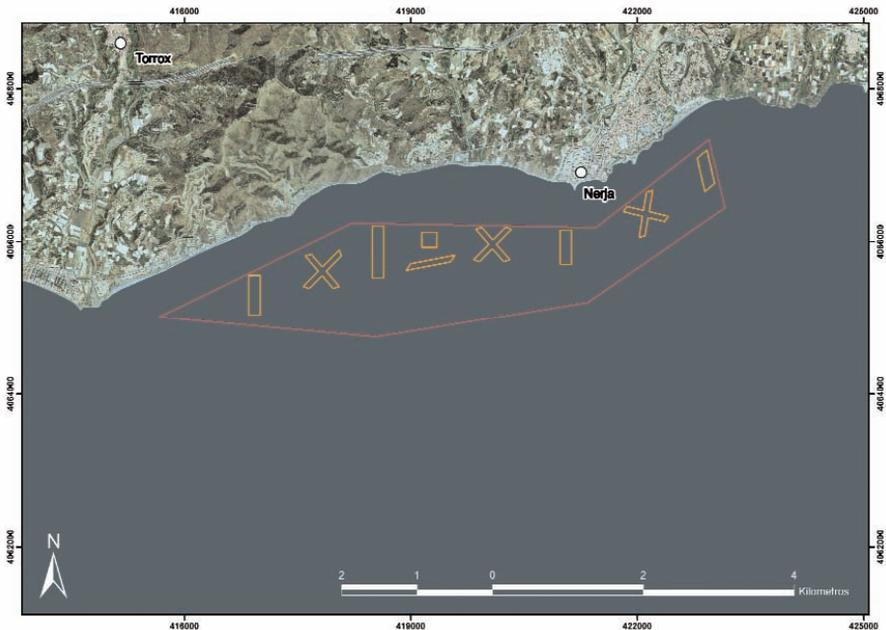


Instalado en el año 2006 en la franja costera comprendida entre los municipios de Torrox y Nerja, en la provincia de Málaga, este arrecife artificial está constituido por módulos de dos tipos: disuasorio de tipo cúbico y de producción de tipo prismático truncado, de iguales características a los utilizados en los dos arrecifes antes tratados. En esta ocasión, por primera vez la distribución de las estructuras disuasorias contempla barreras en forma de cruz, intercaladas entre las tradicionales.

La cercanía del Paraje Natural de los acantilados de Maro - Cerro Gordo hace esperar una rápida colonización y recuperación del arrecife artificial instalado debido al previsible efecto sinérgico entre ambos.

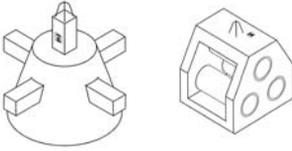
Características

Ocupa un área de 9,61 km² y consta de 206 módulos del tipo D1, distribuidos al tresbolillo formando barreras y al dosbolillo formando cruces y de 25 módulos del tipo P3 que cubren una zona de 250 m².



Localización del arrecife artificial de Punta de Torrox-Torre de Maro (Málaga).

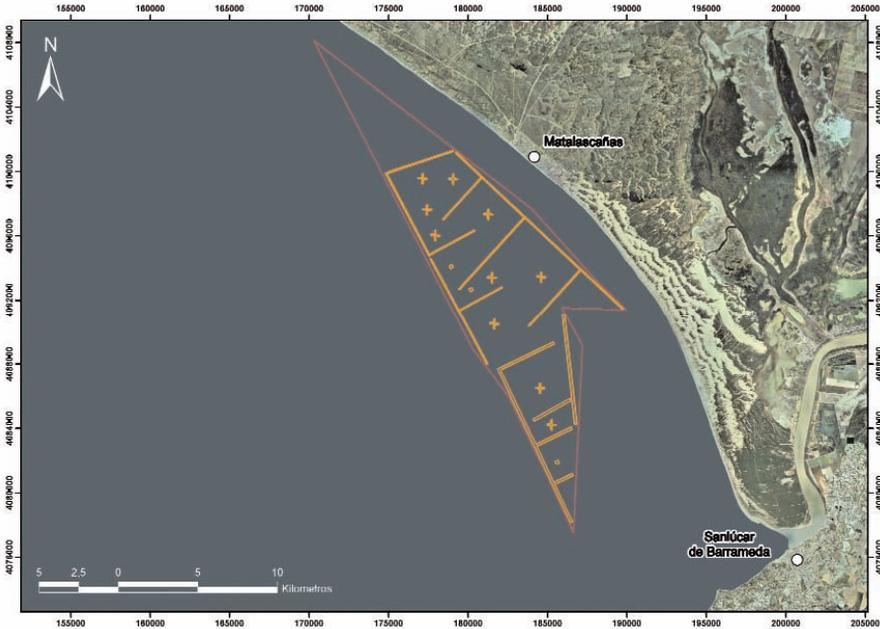
Arrecife artificial de Matalascañas (Huelva)



Protegiendo un área cercana a 157 Km², es el arrecife artificial de mayor envergadura instalado en Andalucía hasta la fecha.

Se extiende desde la población de Matalascañas hasta la desembocadura del río Guadalquivir, de hecho, una pequeña parte se adentra en la zona C de la Reserva de Pesca. La proximidad de los arrecifes artificiales de Matalascañas y de la desembocadura del Guadalquivir, amplifica los efectos positivos generados por ambos arrecifes.

Los módulos utilizados son del tipo troncocónico de protección y del tipo prismático con los vértices truncados de producción utilizados anteriormente. En este arrecife se optó de nuevo por la configuración de barreras perpendiculares y paralelas a la costa con barreras en forma de cruz intercaladas entre éstas, con el objetivo de hacerlo más efectivo frente al arrastre ilegal.



Localización del arrecife artificial de Matalascañas (Huelva).

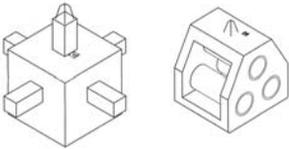
Se trata de una zona de fondos predominantemente blandos, con sedimentos de distinta granulometría dependiendo de la profundidad, aunque en algunos puntos aparecen afloramientos rocosos de poca entidad, pero de gran importancia por permitir el establecimiento de comunidades biológicas bien estructuradas, que sirve como foco de dispersión de fauna en los alrededores.

Este tipo de sedimento posibilita la actividad arrastrera en todo el área de concesión y así se ha podido comprobar en las inspecciones realizadas con sónar de barrido lateral, donde aparecen reflejadas las marcas recientes de las redes en el fondo marino. La zona es frecuentada por embarcaciones de los puertos de casi todo el Golfo de Cádiz, debido a la alta productividad existente, así podemos encontrar barcos de cerco, de arrastre y sobre todo artesanales dedicados a la captura de langostino u otras especies de alto valor comercial.

Características

Consta de un total de 2.916 módulos, de los que 2.841 son del tipo D2, que se distribuyen al tresbolillo formando barreras paralelas y perpendiculares a la costa y al dosbolillo constituyendo cruces y de 75 módulos del tipo P3 instalados en 3 zonas de producción de 250 m² de 25 estructuras cada una.

Arrecife artificial de La Línea (Cádiz)

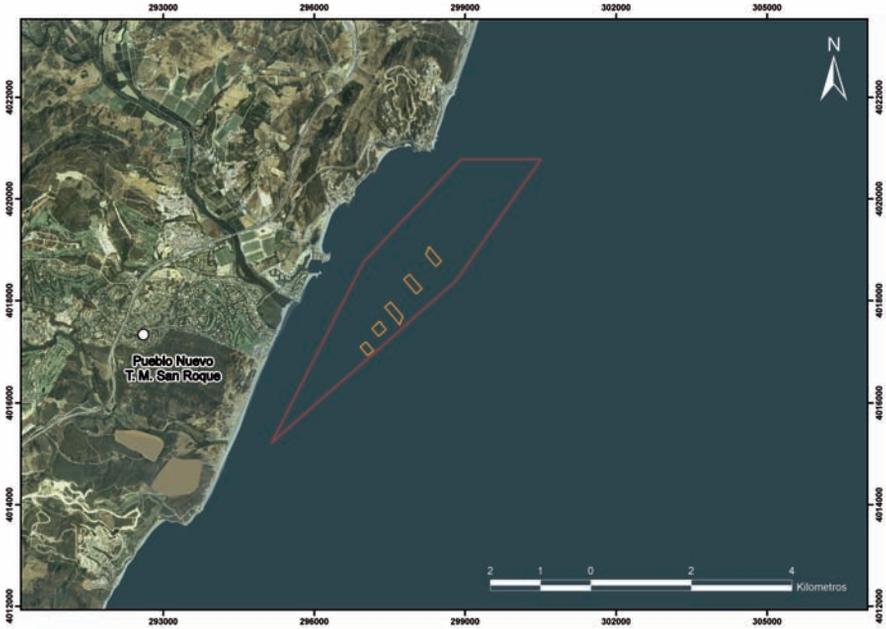


Este arrecife fue fondeado a finales de 2006 a petición del sector pesquero del puerto de La Atunara, con la finalidad de impedir el paso de arrastreros en su zona habitual de pesca y conseguir, no solo proteger y regenerar los recursos pesqueros locales, sino también disminuir el riesgo de daños que el arrastre produce en las redes artesanales.

Se encuentra ubicado frente al puerto de Sotogrande. El proyecto original de construcción e instalación del arrecife fue modificado viéndose reducido el número de módulos previstos inicialmente. Finalmente se instalaron 88 módulos distribuyéndose en 4 pequeñas barreras de módulos disuasorios y una zona de arrecifes productivos en el interior de las barreras.

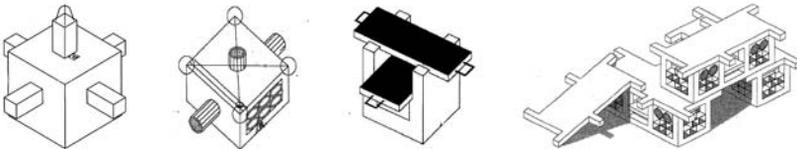
Características

Este arrecife protege un área litoral de 8,2 km² y cuenta con un total de 88 módulos, de los que 63 son del tipo D1, distribuidos al tresbolillo formando barreras perpendiculares a la línea de costa y 25 son del tipo P3 que configuran un área de producción de 250 m².



Localización del arrecife artificial de Matalascañas (Huelva).

Arrecife artificial de Maro-Cerro Gordo (Málaga-Granada)



Este arrecife de pequeñas dimensiones (3,55 Km²) fue instalado en 2006 en el límite entre las provincias de Málaga y Granada, en el Paraje Natural de Acantilados de Maro - Cerro Gordo, ayudando de esta forma a proteger y potenciar el desarrollo de comunidades biológicas de alto valor ecológico.

Los módulos utilizados, de diferentes tipos y nuevo diseño, son distintos a los fondeados en cualquiera de los arrecifes instalados con anterioridad. El área arrecifal se localiza en una zona de acantilados de difícil acceso para embarcaciones de gran envergadura, por lo que hubo que realizar el fondeo de las estructuras con embarcaciones de poco calado, para permitir el acceso a las zonas más someras del arrecife.

El área del arrecife es explotada por embarcaciones provenientes de los puertos de Caleta de Vélez y Motril, aunque también se acercan hasta allí pequeñas embarcaciones artesanales de varaderos cercanos.

Los fondos del Paraje Natural presentan manchas de praderas de fanerógamas que en un futuro podrán unirse gracias a la protección que le confiere la acción conjunta del servicio de vigilancia del espacio protegido y el arrecife instalado.

En las primeras inspecciones realizadas se ha podido comprobar in situ la rápida colonización del arrecife, siendo destacable la presencia de muchas especies de peces que aprovechan las nuevas condiciones de la zona.

Características

En este caso, se ha establecido como objetivo, no solo la protección y regeneración del recurso pesquero local, sino también, la preservación del entorno natural sumergido de una zona litoral de alto valor ecológico.

El proyecto, cedido por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía a la Consejería de Agricultura y Pesca, incluye el diseño de nuevos módulos de protección, producción y mixto, lo que supone una aportación al conjunto de la tipología de estructuras arrecifales disponibles. Consta de 298 módulos de los que 223 son estructuras de protección denominadas “elemento antiarrastré AA”, que se distribuyen al tresbolillo formando barreras perpendiculares a la costa, 72 módulos de protección-producción constituidos por estructuras denominadas “elemento de protección/producción tipo T” (31 unidades) y elemento de protección/producción tipo U” (41 unidades), fondeadas en las barreras junto con las anteriores y 2 módulos de producción denominados “elemento de producción tipo C3”, constituidos por las estructuras “elemento de producción tipo C3-P1” y “elemento de producción tipo C3-P2”, cuyas características se detallan a continuación.

Elemento antiarrastré “AA”:
Elemento de forma cúbica de 1,30 x 1,30 x 1,15 m dotado de 5 salientes de 0,5 x 0,30 x 0,30 m, en cinco de sus caras, construido en hormigón puzolánico HA-25. Tiene un peso total en seco de 5,42 Tm, peso sumergido de 3,25 Tm y un volumen aparente de 1,94 m³.



Elemento antiarrastré “AA”.

Elemento protección/ producción tipo "T": Elemento construido en hormigón armado HA-25, consistente en un paralelepípedo hueco de dimensiones exteriores: 1,50 x 1,60 x 1,12 m, e interiores: 1,10 x 1,60 x 0,72 m. Presenta un orificio en cada una de las caras, excepto en la que se apoya, donde se introducen sendos tubos de hormigón con diámetro interior de 30 cm y 60 cm de longitud, cuyo interior está relleno de hormigón armado. Todo ello da lugar a una estructura sólida en forma de "T" invertida. En el punto de unión, los tubos se embuten en un dado de hormigón de dimensiones: 1,10 x 0,72 x 0,40 m. La estructura tiene un peso en seco 5,50 Tm, peso sumergido 3,76 Tm y un volumen aparente 2,68 m³.



Elemento protección/producción tipo "T".



Elemento protección/producción tipo "U".

Elemento protección / producción tipo "U": Está constituido por dos tipos de piezas. Placas horizontales: Construidas en hormigón armado, de resistencia característica 25 N/mm², sección rectangular de dimensiones 1.80 x 0,80 m y 0,15 m de espesor y Pieza en U construida en hormigón armado de resistencia característica 250 kp/cm². La forma en U de esta pieza proporciona más estabilidad al conjunto del módulo. La base es cuadrada, de 1,20 m de lado y 0,30 m de espesor. La estructura tiene un peso en seco de 3.50 Tm, peso sumergido de 2.14 Tm y un volumen aparente de 0,67 m³.



Elemento C3-P1.

Elemento de producción tipo “C-3”:

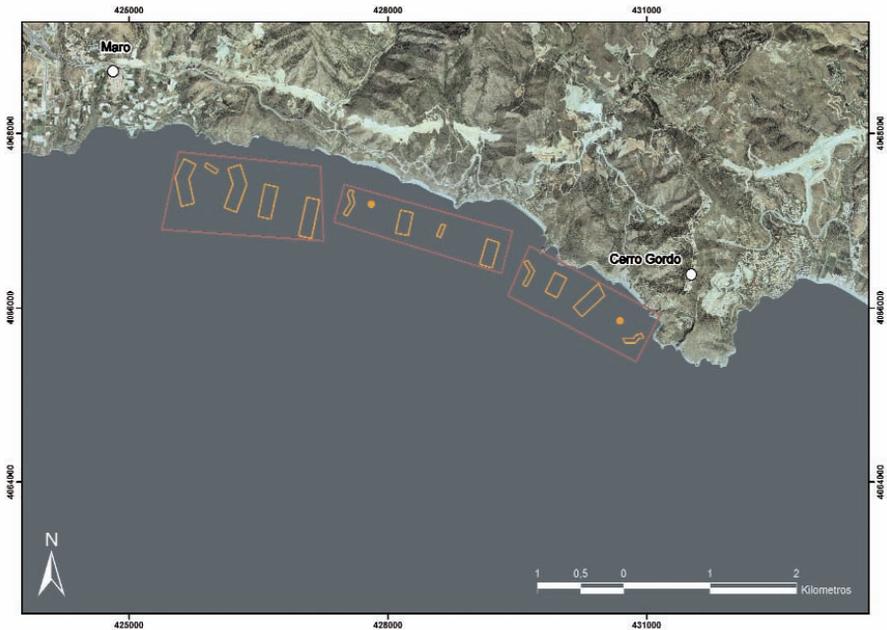
Elemento C3-P1: Se trata de un elemento paralelepípedo de dimensiones 3.70 x 1.50 x 1.60 m y 6 salientes de 0.5 x 0.25 x 0.25 m. Construido en hormigón armado de resistencia característica 250 kg/cm². Su peso total en seco es de 11,63 Tm, el peso sumergido es de 6,97 Tm y el volumen aparente es de 8,88 m³.



Elemento C3-P2.



Elemento de producción tipo “C-3”.



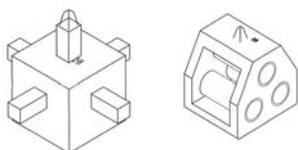
Localización del arrecife artificial de Maro-Cerro Gordo (Málaga-Granada).

Elemento C3-P2: Se trata de una placa de hormigón de dimensiones 3,70 x 1,50 x 0,25 m y 6 salientes de 0,50 x 0,25 x 0,25 m. Construida en hormigón armado de resistencia característica 250 kg/cm². Su peso total en seco es de 3,95 Tm y el peso sumergido es de 2,37 Tm.

La composición final del elemento C-3 en el fondo marino, consta de tres elementos C3-P1 y un elemento C3-P2, como se indica en la fotografía. Se fondearon 2 composiciones C-3, como la descrita.

El seguimiento de este arrecife artificial se inicia en 2007 y tendrá una duración de, al menos, cinco años.

Arrecife artificial de Algarrobo (Málaga)



Ubicado frente al puerto de Caleta de Vélez, este arrecife constituiría una prolongación hacia poniente del arrecife artificial de Río Lagos – Punta de Torrox, en aguas interiores de la costa malagueña. Constituido por estructuras arrecifales de tipo disuasorio y productivo, está prevista su instalación en 2008.

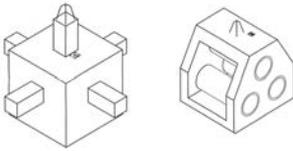


Localización del arrecife artificial de Algarrobo (Málaga).

Características

Se trata de un polígono que protege una superficie de 7,17 km² en el que se instalarán 134 estructuras disuasorias del tipo D1 que se fondearán al tresbolillo constituyendo 6 barreras perpendiculares a la costa. Además, el proyecto contempla la creación de 3 áreas de producción definidas cada una de ellas por un polígono cuadrado de 250 m x 250 m de lado, constituidas por un total de 75 módulos del tipo P3 (25 módulos en cada área).

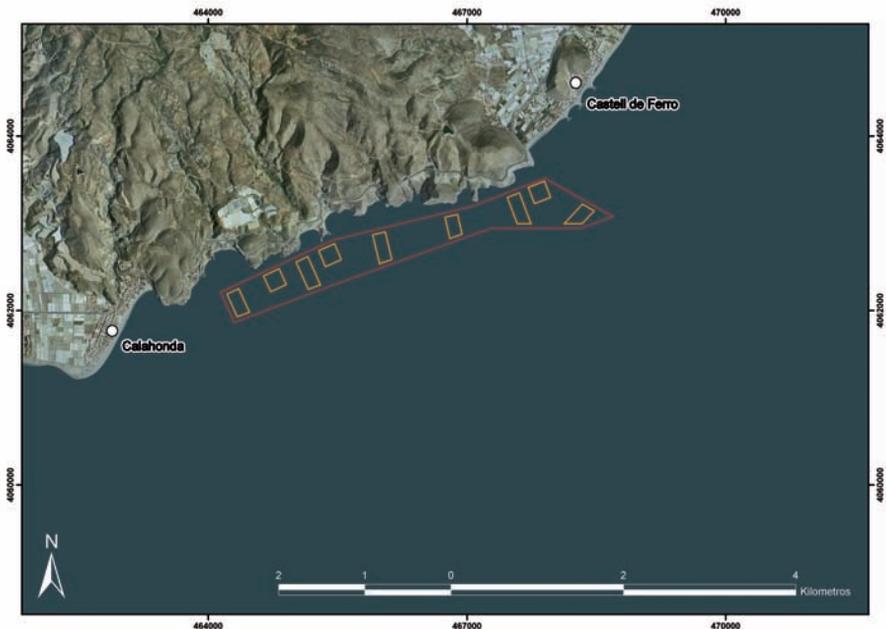
Arrecife artificial de Calahonda (Granada)



Se trata de un arrecife artificial que ampliará las áreas protegidas en el litoral andaluz, en este caso en la costa de Granada, desde el límite occidental del arrecife de Punta Melonar – Torre Melisena, hacia Motril.

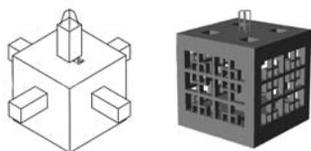
Características

En la superficie protegida, de 1,85 km², se fondearán 150 módulos, de los que 75 son disuasorios del tipo D1, distribuidos al tresbolillo formando 6 barreras perpendiculares a costa y 75 del tipo P3 distribuidos en 3 áreas de producción cuadradas de 250 m de lado y 25 módulos cada una.



Localización del arrecife artificial de Calahonda (Granada).

Arrecife artificial de Adra (Almería)



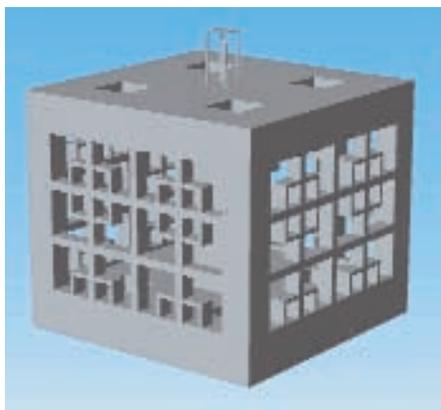
Con una superficie de casi 38 Km², este arrecife se ubicará al este del de Punta Huarca – Rambla de Bolaños, constituyendo una prolongación hacia levante de las zonas protegidas frente a la pesca de arrastre en el litoral almeriense. Para ello se ha optado por un nuevo diseño de estructura de producción, que se instalará dentro de la zona protegida por módulos disuasorios.

La zona, de notable valor ecológico y sometida a una elevada acción arrastrera, posee sin embargo características que permiten augurar una pronta regeneración biológica, una vez sea instalado el arrecife artificial, hecho que se prevé para 2008.

Características

Se ha previsto la construcción e instalación de 479 módulos arrecifales disuasorios y 100 módulos arrecifales productivos que conformarán un arrecife artificial frente a la costa de Adra. Dada la singularidad de la zona a proteger y teniendo en cuenta la bionomía de la misma, se definen 8 barreras disuasorias, todas ellas formadas por módulos del tipo “Disuasorio D1” y 4 áreas productivas con módulos del tipo “P4”. Dentro de cada barrera, los módulos disuasorios van distribuidos en tres líneas al tresbolillo con una separación entre líneas de 75 m y entre filas de 50 m, distancia considerada suficiente para garantizar la eficacia antiarrastre. La zona productiva es de 200 x 200 m con retícula interior de 50 m.

Los módulos Productivos tipo P4 son de nuevo diseño y completan la tipología empleada por la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía en el acondicionamiento de la franja costera mediante la instalación de arrecifes artificiales. Son de hormigón armado y tienen cuerpo central en forma de prisma cúbico de 0,4 x 0,4 x 1,20 m, dos losas de hormigón, una inferior de 2 x 2 x 0,45 m y una superior de 2 x 2 x 0,35 m. Llevan cuatro pilares de 0,20 x 0,20 x 1,2 m que sujetan ambas losas. Entre los huecos de los pilares se ha dispuesto un juego de celosías de 0,40 x 0,40



Módulo productivo del tipo P4.

cerrando así la estructura. Tienen un peso aproximado de 10 Tn. Para facilitar las labores de control y seguimiento, cada módulo va dotado de una placa cerámica identificativa encastrada.



Localización del arrecife artificial de Adra (Almería).

OTROS ARRECIFES ARTIFICIALES INSTALADOS EN LA COSTA ANDALUZA

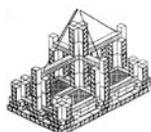
Además de los descritos anteriormente, existen en el litoral andaluz otros arrecifes artificiales instalados, cuya titularidad es de otras administraciones y entidades públicas. Concretamente, hasta 2007, se pueden contabilizar 10 arrecifes, cuyas características se indican en la siguiente tabla. Las coordenadas y un plano de ubicación de cada uno de ellos se ofrecen en el Anexo.

DENOMINACIÓN ARRECIFE/PROVINCIA	TITULAR	TIPO ARRECIFE	SUPERFICIE PROTEGIDA (Km2)	NÚMERO DE MÓDULOS	TIPO DE MÓDULO	PESO (Tm)	AÑO DE INSTALACIÓN	INVERSIÓN (€)
PUNTA BAÑOS / MÁLAGA	(1)	PROTECCIÓN	14,82	334	PROTECCIÓN MIXTO	5,42	1997	238.678
PUNTA VÉLEZ / MÁLAGA	(1)	MIXTO	3,60	125	PROTECCIÓN MIXTO PRODUCCIÓN	5,12 6,48	1997	248.512
PUNTA TORROX I / MÁLAGA	(1)	MIXTO	0,27	237	PROTECCIÓN MIXTO	5,12	1997	248.512
CERRO DEL OBISPO- MOJACAR / ALMERÍA	(1)	PROTECCIÓN	3,13	237	PROTECCIÓN	5,42	1997	174.031
CONIL / CÁDIZ	(1)	MIXTO	33,90	511	PROTECCIÓN MIXTO 6,00PRODUCCIÓN TABULAR	6,00	1998	482.037
PUNTA TOROX III / MÁLAGA	(1)	MIXTO	0,85	69	PROTECCIÓN MIXTO		2000	70.919
SANCTI PETRI / CÁDIZ	(1)	MIXTO	50,67	569	PROTECCIÓN MIXTO	5,06	2000	552.242
CHIPIONA-ROTA / CÁDIZ	(1)	MIXTO	75,10	1073	PROTECCIÓN DE BASE EN CRUZ PROTECCIÓN DISUASORIA 9,9 ALVEOLAR	6,28 Y 7,20	2005	184.000
CABO DE GATA / ALMERÍA	(2)	MIXTO	4,9	141	PROTECCIÓN / PRODUCCIÓN	7,31/ 13,23	1993 FASE 1 Y 1994 FASE 2	556.066
SALOBREÑA / GRANADA	(3)	MIXTO	6,78	98	MIXTO PIRAMIDAL 11,20ALVEOLAR 11,63P2 C3P3	4,40 3,95	2000	175.436,45

Otros arrecifes artificiales instalados en el litoral andaluz cuyas titularidades son: (1) Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2) Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. (3) Ayuntamiento de Salobreña

Actualmente se encuentra en fase de tramitación el proyecto de construcción e instalación del arrecife artificial de La Isleta del Moro- Los Escullos promovido por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía con el objetivo de proteger las zonas próximas a las Reservas Integrales Marinas del Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar.

Arrecife artificial de Salobreña (Granada)



El arrecife artificial de Salobreña fue instalado en el año 2000 frente al Peñón de esta localidad, entre la playa de La Guardia y la playa de la Charca.

Promovido por el Ayuntamiento de Salobreña, se trata del único arrecife instalado en aguas interiores andaluzas cuya titularidad corresponde a un Ayuntamiento.

Está constituido por módulos distintos a los habitualmente utilizados hasta la fecha. Se trata de estructuras de tipo mixto y de producción, que protegen de la acción de los arrastreros a los fondos de una pequeña área marina cercana a la costa.

El puerto más cercano al área del arrecife es el de Motril, cuyas embarcaciones de arrastre solían faenar en la zona al regresar de sus caladeros. Además existen varios núcleos urbanos con pequeños varaderos desde donde parten pequeñas embarcaciones de artes menores.

Desde su instalación, se aprecia un incremento de la abundancia y diversidad específica preexistente en el área, gracias al sustrato aportado por el arrecife, ya que los fondos existentes no permiten el desarrollo de comunidades muy complejas. La diversidad específica de poblaciones de peces observada, indica que el modelo arrecifal es funcional para la atracción de diversas especies residentes, muchas de ellas de valor comercial.

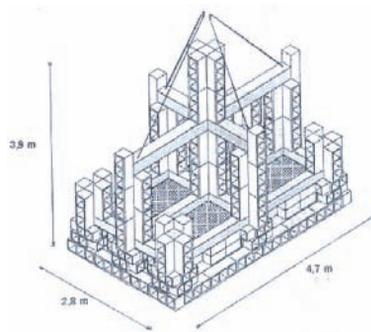
Aunque su titularidad corresponde al Ayuntamiento de Salobreña, el seguimiento de este arrecife artificial lo ha llevado a cabo la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. Por esta razón, procedemos a describir sus características y a incluir los resultados obtenidos en el seguimiento.

Características

Consta de dos zonas arrecifales denominadas ZA-1 y ZA-2. Cada una de ellas está formada por varias barreras o polígonos, como es el caso de PP-1, PP-2 y NA-1 pertenecientes a la zona ZA-1, y NA-2 y PP-3 incluidos en la zona ZA-2.

El conjunto arrecifal está constituido por 57 módulos mixtos de tipo piramidal que se disponen al tresbolillo en las tres barreras tipo PP, y 41 módulos alveolares localizados en el interior de las barreras tipo NA. Los módulos se describen a continuación:

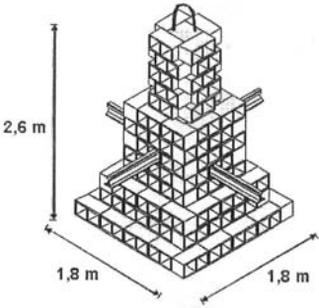
Módulo arrecifal alveolar: Se trata de estructuras de hormigón formadas por un sistema de vigas y pilares de hormigón armado. La base está formada por un zuncho perimetral formado por cuatro vigas armadas. Para dar rigidez, la base tiene otras dos vigas en cruz en el centro empotradas en las vigas del zuncho perimetral y armadas con ellas con la misma armadura. Del nudo de arranque de cada una de las vigas de la base perimetrales con transversales y en el cruce central se levantan nueve pilares con una longitud de 110 cm los cuatro pilares de las esquinas y 205 cm los cuatro pilares del centro de las caras y de 390 cm el del centro (que constituye la altura máxima del módulo). A 40 cm sobre las vigas de la base



Módulo alveolar.

y paralelas a éstas, se presentan el mismo número de vigas cada 15 cm. Estas vigas del 2º nivel contribuyen a dar resistencia a los pilares más esbeltos y además, sirven para crear cuatro compartimentos en la base cerrados superiormente con material geotextil, cerrando las cuatro cámaras con bloques de hormigón y permaneciendo abiertas dos comunicaciones con cada cámara. A 225 cm de altura, desde las cabezas de los pilares del centro de las caras, arrancan dos vigas que se cruzan en el centro de la estructura, a la altura del pilar central, que proporcionan rigidez a la estructura a este nivel. El peso del conjunto de la estructura es de 11,2 Tm.

Módulo arrecifal mixto de tipo piramidal: Consiste en una estructura de hormigón en masa atravesada por dos perfiles de acero formando un aspa. Los módulos están constituidos por un cuerpo central de hormigón de 200 kg/cm² que forma aproximadamente una pirámide, con base cuadrada de 140X140 cm y 260 cm de altura. El peso total oscila alrededor de 4,4 Tm.



Módulo mixto de tipo piramidal.



Localización del arrecife artificial de Salobreña (Granada).).

Resultados obtenidos en el seguimiento

En 2006 se completaron cinco años de seguimiento de este arrecife. Los resultados obtenidos indican que se han detectado muy pocos cambios en la ubicación de las estructuras que hayan podido ser ocasionadas por los barcos de pesca de arrastre. Donde se han observado más cambios es en la posición de los módulos del arrecife, puesto que algunos aparecen tumbados, hecho que puede deberse al proceso de fondeo o bien, al efecto de enganche con artes de pesca (fundamentalmente redes de cerco, arrastre y de enmalle; y otros artes como palangres, chambel, poteras, cangilones para pulpos), aunque en las inspecciones efectuadas no se han apreciado gran número de éstas. La detección de estos artes evidencia la realización de pescas en el interior del arrecife, lo que indica que la zona es lo suficientemente rica en pesca como para atraer a los pescadores.



Buzo inspeccionando un módulo mixto de tipo piramidal en buen estado.

Las características de estas estructuras combinan un significativo aumento en la superficie disponible para la fijación de organismos con una buena resistencia, si bien, resultan en gran medida frágiles en los procesos de transporte y fondeo. Los desperfectos estructurales ocasionados durante la instalación no afectan a la estabilidad del módulo ni a su colonización. Además la cobertura de epífitos, fundamentalmente balanos y moluscos, logra aumentar la resistencia de los módulos al aglutinar el hormigón de las bovedillas.

El grado de enterramiento llega a ser importante en algunos casos, sobre todo en los módulos mixtos, aunque lo normal es encontrar módulos con el sedimento horadado bajo ellos. Algunos módulos presentan grandes acumulaciones de conchas de mejillón en los alrededores. Todos los módulos están cubiertos por una capa de sedimento debido a la elevada carga de partículas en suspensión que presenta el agua en esta zona, producido por los arroyos que desaguan en la playa, y sobre todo, por los aportes de los diferentes emisarios que evacuan cerca de las barreras y entre ellas, tanto aguas residuales urbanas como desechos procedentes de la industria alcohólica.

A lo largo del estudio, se han observado cambios importantes en la estructura de las comunidades bentónicas detectadas, que se corresponden con diferentes etapas de desarrollo: Al principio la abundancia de los moluscos, principalmente Mejillones (*Mytilus sp*), era casi absoluta, únicamente los equinodermos, depreda-

dores de éstos, presentaban una abundancia significativa. A esto le siguió un considerable aumento en la cobertura modular protagonizado por el ejemplares del género *Balanus*, típico de los primeros estadios de colonización de nuevos sustratos, que fueron creciendo progresivamente (junto con poblaciones de Hidrozoos) hasta desplazar a los mejillones. A partir del tercer año de seguimiento se observa una drástica disminución de la población de mejillones acompañada de una notable presencia de Poríferos y Ascidas y una tendencia hacia la estabilidad de los grupos biológicos presentes que indica la existencia de un equilibrio biológico en el que participan todas las comunidades presentes.



Poríferos incrustantes recubriendo parte de uno de los módulos inspeccionados.

Este equilibrio también se hace sentir en la comunidad nectobentónica, en la que se aprecia un notable ascenso en la diversidad, con la integración en los últimos años de seguimiento de nuevos grupos taxonómicos, que infieren al ecosistema mayores niveles de complejidad en el entorno del arrecife.

La actividad pesquera en el área de concesión del arrecife y su zona de influencia se lleva a cabo fundamentalmente por embarcaciones pertenecientes al puerto de Motril, que se caracteriza por tener una flota pesquera constituida en su mayoría por embarcaciones grandes, principalmente dedicadas a la pesca de arrastre, que no ha experimentado variaciones significativas en los últimos años.

Los valores analizados de evolución de capturas en los últimos diez años indican que las capturas anuales de peces se han mantenido con ciertas oscilaciones a lo largo de los años, con una tendencia positiva en el último año.

De la selección de especies objetivo de la zona, el pulpo (*Octopus vulgaris*), es la más destacada en las capturas y la breca (*Pagellus erythrinus*) es la que muestra menor presen-



Vista aérea del puerto de Motril. Fuente: EPPA.

cia. Desde un punto de vista económico las especies que tienen mayor importancia son: Salmonete de roca (*Mullus surmuletus*), salmonete de fango (*Mullus barbatus*) y pulpo (*Octopus vulgaris*).



Pesca, aun enmallada, obtenida durante una campaña de pescas experimentales.

En general, la instalación del arrecife ha traído consigo un aumento de las capturas desembarcadas en la lonja del puerto de Motril por parte de embarcaciones que faenan en la zona arrecifal. No obstante, los datos analizados indican la existencia de un periodo de oscilación que se inicia tras el fondeo del arrecife (momento en el que las capturas comienzan a disminuir), para posteriormente aumentar de forma considerable.

Las encuestas dirigidas al sector pesquero local indican una gran diferencia de opiniones en función de la modalidad de pesca realizada. La mayoría de los arrastreros manifiestan que las capturas han disminuido desde la instalación del arrecife, mientras que cerqueros y artesanales opinan lo contrario. A pesar de ello, la mayoría de los encuestados indican que el arrecife está bien ubicado y que cumple con su función.

Los resultados obtenidos en las campañas de pescas experimentales efectuadas a lo largo del seguimiento indican que prácticamente en la totalidad de los muestreos realizados, la captura por unidad de esfuerzo dentro del polígono supera la del exterior del mismo. En los casos en los que es mayor en el exterior se debe a la presencia de especies pelágicas como sardina o lacha. Tanto en el exterior como en el interior del arrecife el rendimiento parece aumentar de forma progresiva en los últimos años. Los resultados obtenidos en cuanto a la diversidad específica muestran cierta estabilidad a lo largo del tiempo.

CONSIDERACIONES FINALES Y PERSPECTIVAS DE FUTURO

La finalidad de los arrecifes artificiales instalados en la costa andaluza por la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía es proteger, regenerar y desarrollar los recursos pesqueros. Para determinar en qué medida se han cumplido estos objetivos, y establecer qué mejoras son necesarias para optimizar su función, se ha desarrollado un seguimiento científico que ha permitido, por un lado, evaluar la eficacia de los arrecifes como herramienta de gestión de los recursos pesqueros litorales; y por otro, identificar aquellos aspectos susceptibles de mejora para alcanzar la máxima eficiencia.

A continuación, se abordan los aspectos más destacables de los arrecifes artificiales instalados, desde 1989, por la Junta de Andalucía en la costa andaluza. Lejos de entrar en la singularidad de cada arrecife artificial, ya tratada en el capítulo “Arrecifes artificiales instalados en Andalucía”, significaremos fundamentalmente los elementos comunes que contribuyan a proporcionar una visión global sobre su evolución general.

ESTRUCTURAS ARTIFICIALES FONDEADAS

Antes de que la administración pública iniciara la instalación de arrecifes artificiales, se realizaron acciones puntuales de hundimiento de bidones rellenos de hormigón, atravesados por varillas de hierro, llevadas a cabo individualmente por pescadores de determinadas zonas, con el objetivo de proteger ciertas áreas litorales frente a la acción de la pesca de arrastre.

Al mismo tiempo, este colectivo pensaba que, si eran capaces de disuadir a los arrastreros de faenar en esos lugares, evitarían los daños que éstos producían en sus artes de pesca artesanales que, en la mayoría de las ocasiones, eran arrasadas por estos barcos a su paso.

Estas actuaciones quedaron en meros intentos de solucionar el problema ya que, si bien, consiguieron que numerosas redes quedaran enganchadas en las estructuras hundidas, éstas resultaron tener poco peso, de forma que las embarcaciones de arrastre conseguían llevarlas hasta zonas donde no les molestaran.

Desde 1989, la Dirección General de Pesca y Acuicultura ha logrado proteger cerca de 500 km² de costa andaluza mediante la instalación de arrecifes artificiales, constituidos por estructuras arrecifales que han ido evolucionando, tanto en diseño, como en peso, de forma que se han adaptado a los requerimientos y criterios técnicos exigidos para garantizar el cumplimiento de su función. Tras ejecutar varios proyectos de instalación, se comprobó que en muchas ocasiones, las características de los módulos fondeados no eran las adecuadas, ya que muchas piezas eran movidas, creando pasillos por los que entrar y arrastrar dentro de la zona protegida.

Los estudios de seguimiento científico revelaron la necesidad de aumentar de peso las estructuras, así como la conveniencia de crear nuevos diseños que permitieran alcanzar los objetivos propuestos. Así, se llegó a concebir módulos de mayores dimensiones y diversas formas, adaptados a las diferentes características de los fondos en los que serían depositados, al mismo tiempo que se apostó por el hormigón de tipo marino resistente para su fabricación, incluidos los perfiles sobresalientes, que hasta entonces eran vigas de hierro que atravesaban las estructuras. El hormigón le confiere a la estructura peso, una alta resistencia a los posibles desperfectos que, fundamentalmente pueden sufrir durante el transporte e instalación y una elevada durabilidad en el fondo marino.

En este sentido, el año 2000 resulta un punto de inflexión en la evolución del diseño modular. Desde este momento, se logra alcanzar un peso que impide el arrastre, ya que las embarcaciones son incapaces de desplazar suficientemente las estructuras fondeadas y, por lo tanto, no tienen la capacidad de crear pasillos que les permitan pescar dentro de la zona protegida. Los resultados obtenidos indican que el peso en seco de éstas debe oscilar entre 6 y 7 Tm. Se consigue, por tanto, un compromiso entre efectividad antiarrastre y cantidad de hormigón necesaria en cada módulo y, por consiguiente, una optimización de los recursos económicos destinados a la protección de los recursos pesqueros mediante la instalación de arrecifes artificiales.

Con relación al diseño de estas estructuras de protección, cabe destacar que las observaciones submarinas realizadas han puesto de manifiesto la existencia de un gran número de redes de arrastre enganchadas en ellos, lo que evidencia su efectividad. En general, solo un pequeño porcentaje de los módulos cayeron tumbados en el momento del fondeo; Aun así, siempre mantienen su funcionalidad. Por lo tanto, se puede considerar que el resultado obtenido en cuanto a diseño modular de protección es muy satisfactorio.

Paralelamente, se han llevado a cabo investigaciones encaminadas a crear diseños de estructuras capaces de favorecer la regeneración de los recursos pesqueros locales. Para ello se han creado diferentes tipos de módulos que, una vez depositados en el fondo, ofrecen un aumento considerable de superficie de fijación para los organismos, al mismo tiempo que constituyen zonas de alimentación, cobijo y reproducción para muchas especies de interés pesquero. Se ha optado por estructuras de tipo multiespecífico, más apropiado para la alta diversidad de especies existente en el litoral andaluz. En ellas, el peso también es tenido en cuenta, pero, en este caso obedece a criterios logísticos que faciliten su transporte y fondeo. Los resultados obtenidos indican que módulos con peso seco entre 10 y 12 Tm son los más adecuados.

La experiencia adquirida ha permitido determinar que la utilización de estructuras mixtas, con características de ambos tipos modulares, no resulta recomendable. Si bien, pueden suponer un ahorro en el coste final de un arrecife artificial (por cumplir una doble función), al estar diseñadas para propiciar el enganche de redes de arrastre, resultan una verdadera trampa mortal para las especies a las

que atrae. Por ello, actualmente se opta por la instalación de arrecifes artificiales constituidos por estructuras de protección y de atracción.

En lo referente a la distribución de las estructuras dentro de la zona de concesión, cabe mencionar que la instalación de los primeros arrecifes artificiales contemplaba, en muchos casos, el fondeo aleatorio de los módulos, de forma que el modelo a seguir era el de intentar ocupar el mayor espacio posible. Esta forma de distribución, si bien surtía al principio un formidable efecto disuasorio entre los pescadores de arrastre (que imaginaban todo el fondo marino lleno de módulos impredecibles e imposibles de sortear), en realidad permitía realizar lances en la zona desprovista de módulos. Además, suponían un riesgo permanente para la práctica de otras modalidades de pesca permitidas en la zona. Esta deslocalización modular, unido a la pobre tecnología disponible en el momento (que trataremos a continuación), dificultaba enormemente los estudios de seguimiento posteriores a la instalación.

Actualmente se adopta el criterio basado en cortar las principales líneas de arrastre detectadas en los estudios previos a la instalación del arrecife artificial, para impedir que se sigan produciendo, mediante barreras constituidas por módulos fondeados en tres líneas paralelas y dispuestos al tresbolillo (la línea central desplazada a la mitad con respecto a sus correspondientes paralelas externas). Las barreras protegen el área de concesión dejando suficientes espacios libres de módulos, que posibilitan la pesca de otras modalidades sí permitidas, pero de dimensiones insuficientes para ser aprovechados para la realización de lances de arrastre rentables. Dentro de la zona protegida se suelen instalar estructuras de producción, normalmente dispuestas de forma equidistante unas de otras, formando un área cuadrada. Se ha demostrado que este tipo de distribución de estructuras constituye un modelo de arrecife artificial que logra los objetivos para los que se instala.

TECNOLOGÍA

La aplicación de nuevas tecnologías ha supuesto un notable avance para la planificación del seguimiento científico de los arrecifes artificiales.

En los orígenes, las características del propio sistema de posicionamiento no permitían garantizar la exactitud de las coordenadas en las que cada estructura era fondeada, dificultando enormemente su posterior localización, elemento indispensable para la realización de un seguimiento efectivo del arrecife.

El avance tecnológico más destacado en la instalación de los arrecifes es la utilización de un programa informático denominado ARRECIFE, que permite visualizar cada uno de los puntos donde tiene que ser fondeado cada módulo, al mismo tiempo que la trayectoria del barco, garantizando la correcta localización de los mismos, ya que el desplazamiento entre la ubicación teórica y la real nunca supera los 5 metros.

Por otro lado, la aplicación de la tecnología que proporcionan los GPS diferenciales permite determinar la posición de los módulos con un error inferior a un metro.

Asimismo, cabe destacar la progresiva concienciación social de la importancia de los arrecifes artificiales en el ámbito de la protección y regeneración de los recursos pesqueros y el aumento de las asignaciones presupuestarias destinadas a ellos. Todo esto ha contribuido a que, todos los aspectos relacionados con la instalación y seguimiento de arrecifes artificiales hayan evolucionado en un orden creciente de complejidad, permitiendo obtener progresivamente mejores resultados.

EVOLUCIÓN BIOLÓGICA Y PESQUERA

En líneas generales, en todos los arrecifes artificiales instalados se ha apreciado una tendencia hacia el incremento de la biomasa, hecho derivado de que todas las estructuras fondeadas (incluyendo las de protección), suponen un aumento notable de superficie disponible para la fijación de organismos vivos, que se convierten en el primer eslabón para el establecimiento de comunidades biológicas que han ido madurando hasta alcanzar, en algunos casos, niveles de organización ecológica cercanos al clímax.

En especial, en aquellos arrecifes cercanos a zonas cuyo fondo marino está constituido por sustrato duro, se dan las condiciones idóneas para que exista un flujo e intercambio biológico, que ha contribuido a activar el proceso de recubrimiento de la superficie de las estructuras artificiales, acelerando el desarrollo de nuevas poblaciones que han supuesto un incremento considerable en la diversidad biológica de cada zona arrecifal, lo que ha enriquecido ecológicamente todas las áreas circundantes. Una vez se ha producido este fenómeno, se ha notado el efecto sinérgico entre zonas rocosas cercanas y las propias estructuras fondeadas. Este efecto favorece diversas relaciones ecológicas que han conseguido integrar a cada arrecife en el entorno natural en el que se encuentra instalado.

En cuanto a la regeneración de los recursos pesqueros, cabe destacar que los estudios realizados en todos los arrecifes instalados indican la existencia de un periodo de adaptación (que comienza desde el momento del fondeo de las estructuras), durante el cual no se observan grandes logros en cuanto a incremento sustancial de biomasa disponible de interés pesquero; es decir, durante un periodo de tiempo, que varía según cada arrecife estudiado, pero que, en general podemos cifrar en torno a 2 o 3 años desde la instalación, se producen oscilaciones en las poblaciones de peces adscritas al arrecife y su entorno. Desde el punto de vista extractivo, se produjeron incrementos y disminuciones considerables de especies de interés comercial durante este periodo de adaptación, esto se ha evidenciado, tanto en las campañas de pescas experimentales llevadas a cabo, como tras el análisis de los datos de lonja de los puertos cercanos a cada arrecife artificial. En general, tras este periodo de adaptación, se ha producido un incremento progresivo en las capturas, acompañado de una estabilidad en el

tiempo en cuanto a la diversidad específica. En la mayoría de los casos, este efecto se aprecia con mayor intensidad en el interior de la zona protegida por el arrecife, aunque hay que mencionar que normalmente, el fenómeno se extiende de forma casi homogénea a los alrededores, en lo que podemos considerar como su área de influencia.

ACCIONES COMPLEMENTARIAS Y PERSPECTIVAS DE FUTURO

Las estructuras que constituyen los arrecifes artificiales instalados, atraen y sirven de refugio a numerosas poblaciones ícticas, algunas de las cuales están constituidas por especies de alto valor comercial. Éstas, buscando la protección que les proporciona el arrecife, deciden utilizar el abrigo de los módulos fondeados para reproducirse con mayores garantías de éxito. Los fenómenos de alevinaje y reclutamiento observados confieren a cada zona arrecifal y su entorno características muy particulares.

Estas nuevas condiciones generadas, pueden ser aprovechadas mediante la puesta en marcha de proyectos de repoblación de la zona con especies de interés pesquero procedentes de la acuicultura.

En este sentido, la Consejería de Agricultura y Pesca ha colaborado en la realización de diversas acciones de repoblación en arrecifes artificiales con la Consejería de Ciencia, Innovación y Empresa (IFAPA), en los que se han liberado ejemplares de varias especies autóctonas de interés comercial. En los arrecifes de El Rompido y Matalascañas, localizados en el litoral onubense, se han llevado a cabo varias campañas de repoblación consistentes en la liberación de individuos pertenecientes a tres especies: acedía (*Dicologlossa cuneata*), parracho (*Scophthalmus rhombus*) y lenguado (*Solea senegalensis*). Estas especies forman parte importante de la pesquería local, por lo que son de gran interés para el sector pesquero artesanal de la zona. Los ejemplares fueron marcados antes de ser soltados al mar, lo que ha posibilitado hacer un seguimiento posterior del stock de peces liberado.

En relación con la acuicultura, el fondeo de arrecifes artificiales cerca de instalaciones de cultivos marinos puede generar una relación simbiótica entre ambos; por una parte, por la protección que aquellos proporcionan a éstas, frente a eventuales accidentes derivados del enganche de redes de arrastre en los elementos de fondeo y anclaje de las jaulas flotantes al fondo y, por otra parte, por el aprovechamiento que las comunidades biológicas asentadas en las estructuras arrecifales y las poblaciones ícticas asociadas a ellas, pueden hacer del excedente energético y de nutrientes que generan las instalaciones de acuicultura.

A este respecto, cabe mencionar la puesta en marcha de un proyecto de investigación, encuadrado dentro del Plan Nacional de Cultivos Marinos JACUMAR, denominado "Mitigación del impacto ambiental generado por cultivos marinos en estructuras flotantes". El proyecto trata de evaluar las alternativas medioambien-

tales aplicables a las instalaciones de cultivos marinos en sintonía con las actuales políticas relativas al “Desarrollo Sostenible de la Acuicultura”.

El objetivo general del proyecto es evaluar la potencialidad de los arrecifes artificiales como una herramienta alternativa para la mitigación del impacto ambiental que ocasionan sobre el sistema bentónico los cultivos marinos en jaulas flotantes en mar abierto.

El estudio de los mencionados biofiltros permitirá examinar su capacidad y eficacia de retención de residuos, y el efecto de éstos en el desarrollo y recuperación del hábitat bentónico para el incremento de la biodiversidad en las instalaciones de cultivo en mar abierto. Los resultados previos obtenidos en cuanto a generación de biodiversidad, auguran un futuro alentador a dichas estructuras, las cuales pueden convertirse en un elemento más a incluir dentro de los planes de mitigación de impacto provocado por cultivos marinos.

Por otro lado, los módulos arrecifales pueden ser utilizados como elementos de protección de estructuras e infraestructuras sumergidas. Así, el fondeo de elementos con el diseño adecuado, protegen a emisarios submarinos y cables sumergidos (fundamentalmente de suministro eléctrico y comunicaciones) de los daños que puedan sufrir por el paso de arrastreros. Esos daños son, en muchos casos, de especial relevancia para la sociedad y en general, una vez producidos, muy costosos de reparar.

Los arrecifes artificiales también están llamados a jugar un importante cometido en la conservación del medio ambiente. Pueden contribuir, sin duda, a preservar los ecosistemas naturales, que constituyen el núcleo del patrimonio de la riqueza biológica y ecológica de nuestros espacios sumergidos.

Han demostrado su papel de protección de los fondos marinos y zonas de interés ecológico. Un ejemplo de ello son las praderas de fanerógamas marinas, que son de vital importancia para garantizar las buenas condiciones ambientales del litoral, dada su alta tasa de producción, la gran diversidad biológica que albergan y su efecto estabilizador sobre los fondos marinos, que protege a ciertos puntos de la costa de una exagerada acción erosiva del mar.

En este sentido, cabe mencionar que el término “restauración de costas” posee un significado amplio que abarca diversos aspectos. De hecho, contempla todos aquellos elementos que contribuyen a preservar y regenerar el litoral, para salvaguardar su patrimonio intrínseco, es decir, la regeneración de la línea de costa, de los recursos pesqueros y de las poblaciones biológicas que integran el ecosistema propio de la zona. En todos ellos, la instalación de arrecifes artificiales puede contribuir a solucionar las alteraciones encontradas en el ecosistema litoral.

La instalación de arrecifes artificiales puede estar enfocada al desarrollo de actividades deportivas y recreativas, como puede ser la práctica del submarinismo, aportando un diseño adecuado de estructuras arrecifales que resulten atractivas

para ser visitadas por buceadores. En este sentido, la creación de nuevas zonas sumergidas de interés, localizadas en áreas estratégicas supone, además, una excelente contribución para reducir las perturbaciones antrópicas derivadas de la acción que un excesivo número de submarinistas puede ejercer en zonas de interés medioambiental.

Finalmente, cabe mencionar que el acondicionamiento de la franja costera andaluza mediante la instalación de arrecifes artificiales, es un programa de largo recorrido, en cuya ejecución se sigue trabajando en varios campos: el seguimiento de los arrecifes artificiales instalados, el refuerzo de aquellos que lo requieran y el estudio de nuevas zonas de interés para la creación de nuevos arrecifes.

En este sentido, los próximos proyectos a desarrollar serán los de los arrecifes de Adra, Algarrobo y Calahonda, en las provincias de Almería, Málaga y Granada respectivamente.

Los futuros estudios de seguimiento se llevarán a cabo durante al menos cinco años para los arrecifes de nueva instalación, y además, se realizarán otros, de forma periódica, para los instalados con anterioridad. Para ello se aplicarán mejoras técnicas que incrementen la eficacia de los muestreos y la fiabilidad de los resultados. Por otro lado, la sistematización de las encuestas y el procesado de las mismas revertirá en mejorar el conocimiento del sector en relación con la protección de los recursos.

En relación con los refuerzos futuros, se estudiarán nuevas tipologías modulares que aumenten la eficacia de los arrecifes. De este modo, se ha introducido un diseño novedoso en las estructuras modulares productivas para su fondeo en el arrecife artificial de Adra, con el objeto de incrementar la superficie de colonización y la protección de los bancos de alevines en el interior del módulo, tan solo accesible para peces de pequeño tamaño.

Por todo lo expuesto anteriormente, podemos concluir que los arrecifes artificiales se han confirmado como una excelente herramienta para la protección y gestión de los recursos pesqueros del litoral andaluz.

BIBLIOGRAFÍA

- Abarzuza, J. 1991. Sónar de barrido lateral y penetradores de sedimentos. Aplicación en hidrografía. Instituto hidrográfico de la marina. Cádiz. 21 – 178.
- Acero, M.I. y San Martín, G. 1986. Poliquetos epibiontes del primer horizonte de algas en las provincias de Cádiz y Málaga. Estudio faunístico comparado. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat., 82 (1-4): 4-24.
- Anónimo. Aeroguía del litoral. Andalucía occidental. PLANETA. Barcelona. 178pp
- Arculeo, M. et al. Evaluation of the fishing yields from a protected and an unprotected coastal area in N/W Sicily. 1er session du groupe de travail sur les recifs artificiels et la mariculture, 1989
- Augier, H. 1982. Inventory and clasification of marine benthic biocenoses of the Mediterranean. Council of Europe, Strasbourg, 1982 (Coleccion Sauvegarde de la Nature, nº 25).
- AULA DEL MAR DE MÁLAGA. 1998. Guía de especies marinas amenazadas, Praderas de fanerógamas marinas en el litoral andaluz. Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. Málaga.
- AULA DEL MAR DE MÁLAGA. 2001. Espacios Naturales protegidos del litoral andaluz. Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. Dirección General de educación ambiental. Málaga.
- Ballester, R.; Calvín, J. C.; Franco, I. N.; Martínez, A. I.; Marín, A. A.; Belando, A. F. (1.998). El Litoral Sumergido de la Región de Murcia. Cartografía bionómica y valores ambientales. Dirección General de Medio Ambiente. Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente de la Región de Murcia. 127 p.
- Baratech, L. 1984. Contribución al conocimiento de los anélidos poliquetos de las costas andaluzas. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Madrid.
- Baratech, L. y San Martín, G. (1.987). Contribución al conocimiento de los Anélidos Poliquetos de las costas andaluzas. Bol. Inst. Esp. Oceanograf., 4(2): 37-48.
- Barroso, M.G. 1927. Notas sobre los Briozoos marinos españoles. R. Soc. Esp. Hist. Nat. 27:284.
- Belda Vallés, L. y Jover Cerdá, M. 1992. Los arrecifes artificiales de la Comunidad Valenciana. Serie Divulgació Técnica. Ed. Generalitat Valenciana. Conselleria d'Agricultura i Pesca.

- Belda, L. 1995. Peso unitario de los arrecifes artificiales. Reunión grupo de trabajo de arrecifes artificiales. Julio 95 Cartagena.
- Belda, L. y M. Jover. 1992. Los arrecifes artificiales de la Comunidad Valenciana. Generalitat Valenciana. Divulgació Tècnica. 1992. Valencia. 119 pp.
- Bellan-Santini, D.; Lacaze, J.-C.; Poizat, C. (1.994). Les biocénoses marines et littorales de Méditerranée, synthèse, menaces et perspectives. Muséum National D'Histoire Naturelle. Direction de la Nature et Des Paysages. Ministère de L'Environnement.
- Bellmann; Hausmann; Janke; Kremer; Scheider. (1.994). Invertebrados y organismos unicelulares. Guías de la naturaleza Blume. 320 p.
- Bobo Masso, A. 1998. Huelva desde el Océano. Ed. Rueda, Madrid.
- Bombace, G. 1989. "Introduction générale sur le thème ""recifs artificiels"". 1er session du groupe de travail sur les recifs artificiels et la mariculture, 1989.
- Bombace, G. 1989. Les poissons recifaux. 1er session du groupe de travail sur les recifs artificiels et la mariculture, 1989
- Bonin y Rodríguez Babío, (1.990). Catálogo provisional de los moluscos bivalvos marinos de la plataforma continental de las costas mediterráneas de la península Ibérica y las Islas Baleares. Iberus, 9 (1-2): 97-110.
- Boudouresque, C.F., 1984. Groupes Écologiques d'algues marines et phytocénoses bethiques en Méditerranée nord-occidentale: une revue. Giornale Botanico Italiano, 118(1-2),2: 7-42.
- Bregliano, P. et al. 1986. Recifs artificiels: affaire a suivre. Aqua revue n° 4, 1986
- C. Jensen, K. J. Collins & A. P. M. Lockwood (eds.). 2000. Artificial reefs in european seas. Recopilación de estudios. Kluwer Academic Publishers. 2000. Dordrecht. 508pp
- Cabioc'h, J.; Floc'h, J. Y.; Le Toquin, a.; Boudouresque, C.-F.; Meinesz, A.; Verlaque, M. (1.995). Guía de las algas de los mares de Europa: Atlántico y Mediterráneo. Ediciones Omega, S.A., Barcelona. 250 p.
- Calvín Calvo, J.C. 1995. El ecosistema marino mediterráneo. Guía de su flora y fauna. Ed. Juan Carlos Calvín.
- Camiñas, J.A. 1997. Incidencia humana sobre el medio marino y el Convenio de Barcelona. Las áreas marinas protegidas en el Mar de Alborán. Arrecifes artificiales. Especies marinas protegidas. IEO. Fuengirola. 11-153-167pp.

- Camiñas, J.A. et al. 1987. Pesquerías artesanales del Mar de Alborán. Proyecto Cooperativo IEO-CEE.
- Camiñas, J.A. et al. 1989. Las pesquerías locales de la región surmediterránea española. (Entre Punta Europa y Cabo de Gata). Com.Com.Europ.-DD.G.XIV. 1989. 340pp. Informe IEO-CEE. Cartografía. 3 tomos.
- Campaña de inspección y seguimiento correspondiente a la instalación de tres arrecifes artificiales en la costa de Conil de la Frontera. Dirección General de Pesca y Acuicultura de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. Septiembre, 1992.
- Campoy, A. (1.982). Fauna de España: fauna de anélidos poliquetos de la Península Ibérica. Vol. 1 y 2. Ed. EUNSA, Pamplona. 781p.
- Carballo Cenizo, J.J.L. 1994. Taxonomía, zoogeografía y autoecología de los Poríferos del Estrecho de Gibraltar. Tesis Doctoral, Universidad de Sevilla. Inédita.
- Conde, F. 1981. Estudio sobre las algas bentónicas del litoral de la provincia de Málaga. Tesis doctoral, Universidad de Málaga.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía, 2001. Evolución de la producción pesquera andaluza (1985-1989).
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 1989. Memoria del Proyecto de diseño, construcción e instalación de 56 módulos arrecifales de protección. Servicios Auxiliares Portuenses, S.A. (S.A.P.S.A.). Septiembre, 1989.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 1990. Informe técnico sobre la instalación de los arrecifes artificiales de El Rompido y Chipiona. Primera fase del programa de protección de las zonas de cría y engorde de las desembocaduras de los ríos Piedras y Guadalquivir. Julio, 1990.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 1990. Proyecto de biotopos marinos experimentales en Conil (Cádiz). PEMARES, CICEM "El Toruño". Abril, 1990.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 1991. Instalación de arrecifes artificiales en Isla Cristina (Huelva). Memoria de construcción e instalación. Servicios Auxiliares Portuenses, S.A. (S.A.P.S.A.). Diciembre, 1991.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 1991. Memoria descriptiva sobre la instalación de un arrecife artificial de carácter productivo frente a la desembocadura del río Guadalquivir, Chipiona (Cádiz). (Sanlúcar II). Diciembre, 1991.

- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 1991. Prospecciones previas para la instalación de un arrecife artificial en Conil (Cádiz). Junio, 1991.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 1991. Construcción e instalación de un arrecife artificial de protección en Torremolinos (Málaga). Tecnología Ambiental, S.A. Abril, 1991.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 1991. Informe técnico sobre la instalación de los arrecifes artificiales de Sanlúcar-Chipiona. (Sanlúcar II). Tecnología Ambiental, S.A.. Diciembre, 1991.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 1992. Informe técnico final correspondiente al proyecto de “Suministro e instalación de un arrecife artificial en el área de cría y engorde de la desembocadura del río Guadalquivir (III Fase). Diciembre, 1992.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 1992. Informe técnico final correspondiente al proyecto de “Suministro e instalación de un arrecife artificial en la franja costera que se extiende desde punta de Calaburras a la desembocadura del río Guadalhorce” (Torremolinos, Málaga). Tecnología Ambiental, S.A.. Diciembre, 1992.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 1992. Informe técnico final correspondiente al proyecto de “Suministro e instalación de un arrecife artificial en la franja costera comprendida entre punta del Sabinal y punta del Torrejón en Roquetas de Mar (Almería). Tecnología Ambiental, S.A.. Diciembre, 1992.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 1994. Informe sobre la fabricación e instalación de una arrecife artificial de protección del área de cría y engorde de la desembocadura del río Piedras (II fase), El Rompido (Huelva). CORSAN / COMEX-ESPAÑA, S.A.. Marzo, 1994.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 1994. El sector pesquero andaluz. Análisis y perspectivas. Ed. Junta de Andalucía.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 1995. Informe sobre la instalación del arrecife artificial de Barbate (Cádiz). TRAGSA. 1995.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 1997. Plan de modernización del sector pesquero andaluz. Ed. Junta de Andalucía.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 1998. Informe de los trabajos realizados para la localización de los arrecifes fondeados en Barbate. FONDEMAR, S.L.. Marzo, 1998.

- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 1998. Sistema de información ambiental de Andalucía. Consejería de medio Ambiente. Sevilla.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 1999. Situación actual de los arrecifes artificiales instalados por la Consejería de Agricultura y Pesca en el litoral andaluz entre los años 1989 y 1994. Arrecife artificial de El Rompido (Huelva). D·a·p. Diciembre, 1999.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 1999. Situación actual de los arrecifes artificiales instalados por la Consejería de Agricultura y Pesca en el litoral andaluz entre los años 1989 y 1994. Arrecife artificial de Sanlúcar-Chipiona (Cádiz). D·a·p. Noviembre, 1999.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 1999. Situación actual de los arrecifes artificiales instalados por la Consejería de Agricultura y Pesca en el litoral andaluz entre los años 1989 y 1994. Arrecife artificial de Isla Cristina (Huelva). D·a·p. Noviembre, 1999.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 1999. Situación actual de los arrecifes artificiales instalados por la Consejería de Agricultura y Pesca en el litoral andaluz entre los años 1989 y 1994. Arrecife artificial de Torremolinos (Málaga). D·a·p. Noviembre, 1999.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 1999. Situación actual de los arrecifes artificiales instalados por la Consejería de Agricultura y Pesca en el litoral andaluz entre los años 1989 y 1994. Arrecife artificial de Roquetas de Mar (Almería). D·a·p. Noviembre, 1999.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 1999. Situación actual de los arrecifes artificiales instalados por la Consejería de Agricultura y Pesca en el litoral andaluz entre los años 1989 y 1994. Arrecife artificial de Conil (Cádiz). D·a·p. Diciembre, 1999.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 1999. Estudio Previo y Proyecto Técnico para la construcción e instalación del arrecife artificial "Punta Melonar-Torre de Melisena" (Granada). D·a·p. 1999.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 1999. Estudio Previo y Proyecto Técnico para la construcción e instalación del arrecife artificial "Punta Chullera-Torre Albelerín" (Málaga). D·a·p. 1999.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 1999. Estudio Previo y Proyecto Técnico para la construcción e instalación del arrecife artificial "Punta Huarca-Rambla de Bolaños" (Almería). D·a·p. 1999.

- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 2001. Proyecto Técnico para el mantenimiento del arrecife artificial instalado por la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía frente a la desembocadura del río Guadalquivir (Fases I, II y III), en la provincia de Huelva. D·a·p. Junio, 2001.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 2001. Proyecto Técnico para el mantenimiento del arrecife artificial instalado por la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía en Conil de la Frontera, en la provincia de Cádiz. D·a·p. Junio, 2001.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 2001. Proyecto Técnico para el mantenimiento del arrecife artificial instalado por la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía entre punta de Calaburras y la desembocadura del río Guadalhorce, en la provincia de Málaga. D·a·p. Junio, 2001.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 2002. Estudio Previo y Proyecto Técnico para la construcción e instalación del arrecife artificial “Matalascañas” (Huelva). D·a·p. 2002.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 2002. Estudio Previo y Proyecto Técnico para la construcción e instalación del arrecife artificial “La Línea” (Cádiz). D·a·p. 2002.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 2002. Estudio Previo y Proyecto Técnico para la construcción e instalación del arrecife artificial “Punta de Torrox-Torre de Maro” (Málaga). D·a·p. 2002.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 2003. Memoria de instalación del arrecife artificial “Punta Melonar-Torre de Melisena” (Granada), instalado por la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. D·a·p. 2003.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 2003. Memoria de instalación del arrecife artificial “Punta Chullera-Torre Albelerín” (Málaga), instalado por la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. D·a·p. 2003.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 2003. Memoria de instalación del arrecife artificial “La Línea” (Cádiz), instalado por la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. D·a·p. 2006.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 2003. Seguimiento científico del arrecife artificial “Barbate” (Cádiz). D·a·p. 1999-2003.

- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 2003. Seguimiento científico del arrecife artificial “Torre Perdigal-Rambla de la Amoladera” (Almería). D·a·p. 1999-2003.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 2003. Seguimiento científico del arrecife artificial “Punta Baños-Marbella” (Málaga). D·a·p. 1999-2003.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 2003. Seguimiento científico del arrecife artificial “Marbella-Cabo Pino” (Málaga). D·a·p. 1999-2003.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 2003. Seguimiento científico del arrecife artificial “Río Lagos-Punta de Torrox” (Málaga). D·a·p. 1999-2003.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 2003. Seguimiento científico del arrecife artificial “P.D. El Candado-Torre de Benagalbón” (Málaga). D·a·p. 1999-2003.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 2006. Memoria de instalación del arrecife artificial “Punta Huarca-Rambla de Bolaños” (Almería), instalado por la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. D·a·p. 2006.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 2006. Memoria de instalación del arrecife artificial “Punta de Torrox-Torre de Maro” (Málaga), instalado por la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. D·a·p. 2006.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 2006. Memoria de instalación del arrecife artificial “Matalascañas” (Huelva), instalado por la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. D·a·p. 2006.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 2006. Memoria de instalación del arrecife artificial “Maro-Cerro Gordo” (Málaga-Granada), instalado por la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. D·a·p. 2006.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 2006. Seguimiento científico del arrecife artificial “Salobreña” (Granada). D·a·p. 2002-2006.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 2006. Seguimiento científico del arrecife artificial “Punta Melonar-Torre de Melisena” (Granada). D·a·p. 2004-2006.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 2006. Seguimiento científico del arrecife artificial “Punta Chullera-Torre Albelerín” (Málaga). D·a·p. 2004-2006.

- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 2006. Seguimiento científico del arrecife artificial “Conil” (Cádiz). D·a·p. 2004-2006.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 2006. Seguimiento científico del arrecife artificial “Desembocadura del Guadalquivir” (Cádiz). D·a·p. 2004-2006.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 2006. Seguimiento científico del arrecife artificial “Torremolinos” (Málaga). D·a·p. 2004-2006.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 2007. Estudio Previo y Proyecto Técnico para la construcción e instalación del arrecife artificial “Algarrobo” (Málaga). D·a·p. 2007.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 2007. Estudio Previo y Proyecto Técnico para la construcción e instalación del arrecife artificial “Calahonda” (Granada). D·a·p. 2007.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 2007. Estudio Previo y Proyecto Técnico para la construcción e instalación del arrecife artificial “Adra” (Almería). D·a·p. 2007.
- Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca. Región de Murcia. Plan director de acondicionamiento de la franja costera de la región de Murcia. Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca. Región de Murcia
- Consejería de Medio Rural y Pesca. Principado de Asturias. Diseño de arrecifes. Distribución de módulos. Consejería de Medio Rural y Pesca. Principado de Asturias
- Charbonnell, E. et al. 1995. *Biología Marina Mediterránea* 2 (1): 85-90
- Daza Cordero, J.L. 1994. El papel de los arrecifes artificiales en la regeneración del recurso pesquero y la restauración de costas. *Rev. Espacios Naturales de Andalucía*. Ed. Federación de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía. Agencia de Medio Ambiente. Consejería de Cultura y Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Pp 8-10.
- De la Cueva Sanz, M.S. 1990. *Artes y aparejos, tecnología pesquera* (3ED.). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 266 pp.
- Diputación de Cádiz. (1985). *Atlas hidrogeológico de la provincia de Cádiz*. 10p.
- Diputación de Cádiz. 1994. *Las artes de pesca en el litoral gaditano*. 1994. 307pp.
- Djoukovski, N.N. y Bojitch, P. K. 1959. *La houle*. ÉDITIONS EYROLLES.

- Duclerc, J. et al. 1987. Les recifs artificiels: une technique de gestion et d'aménagement de l'espace littoral marin. IVème colloque scientifique pluridisciplinaire franco-japonaise
- Dufour, V. et al. 1995. Study of a Mediterranean reef fish assemblage. Comparisons of population distributions between depths in protected and unprotected areas over one decade. Aquatic living resources. 1995. nº 8. pp 17-25
- Duval, C. 1987. Impact halieutique des recifs artificiels du Languedoc-Roussillon. IFREMER. 1987. Sète. 158pp
- ESGEMAR, S.A. 2001. Localización de módulos de arrecifes artificiales de cabo de palos (Murcia). Ministerio de Agricultura, Pesca y alimentación. Secretaría general de pesca marítima. Málaga.
- Estacio, F. 1986. Distribución y variación espacio-temporal de las comunidades macrobentónicas del sedimento en la Bahía de Algeciras. Implicaciones en la evaluación de la calidad ambiental del medio marino. Tesis doctoral, Universidad de Sevilla.
- Fabi, G. et al. 1989. Shellfish culture associated with artificial reefs. 1er session du groupe de travail sur les recifs artificiels et la mariculture, 1989
- Faciai, L. y Minervini, R. 1995. Guía de los crustáceos decápodos de Europa. Ediciones Omega, Barcelona. 299 p.
- Fechter, R. y Falkner, G. (1990). Moluscos europeos marinos y de interior. Ediciones Blume, Barcelona.
- Fechter; Grau; Reichholf. 1992. Fauna y flora de las costas. Ediciones Blume, Barcelona. 287 p.
- García Corrales, P.; Aguirre, A. I.; González, D. M. (1980). Contribución al conocimiento de los hidrozoos de las costas españolas. Parte I: Halecidos, Campanularidos y Plumularidos. Bol. Inst. Espa. Oceano. Tomo VI: 5-67.
- García Corrales, P.; Aguirre, A. I.; González, D. M. (1980). Contribución al conocimiento de los hidrozoos de las costas españolas. Parte III: "Sertulariidae". Bol. Inst. Espa. Oceano. Tomo VI.
- García Gómez, J.C. 1983. Estudio de la tanatocenosis y biocenosis malacológicas del Estrecho de Gibraltar y áreas próximas. Iberus, 3: 75-90.
- García Raso, J.E., Luque, A.A., Templado, J., Salas, C., Hergueta, E., Moreno, D. y Calvo, M. 1992. Fauna y flora marinas del parque natural de Cabo de Gata-Níjar. Mateu Cromo, Madrid.

- García, J., Rodon, J y Olivella, I. 2001. Los arrecifes artificiales de Cataluña. Ed. Generalitat de Catalunya. Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca. Direcció General de Pesca i Afers Marítims.
- Giacocone, G. y Geraci, R. M. 1.989. Biogeografía de las algas del Mediterráneo. Inst. Bot. Univ. Catanis, Italia, 46 (1): 27-34.
- Gili, J. M y Ballesteros, E. 1.991. Estructura de las poblaciones de Cnidarios en el sublitoral mediterráneo: comunidades bentónicas como un resultado de adaptación a distintas condiciones del medio. *Ocologia Acuática*, 10: 243-254.
- Guille, A. 1971. Bionomie benthique du plateau continental de la côte catalana française. *Vie milieu*. 1971.
- Guillén, J. E. y Pérez-Ruzafa. A. 1.993. Composición, estructura y dinámica de los poblamientos de crustáceos decápodos asociados a las comunidades arenosas en el SE Ibérico. *Inst, Esp. Oceanogr.*, 11: 175-183.
- Guillén, J.E. et al. 1994. Antitrawling reefs and the protection of *Posidonia oceanica* (L.) Delile meadows in the western Mediterranean sea: demand and aims. *Bulletin of marine science*, 55 (2-3): pp 645-650. 1994
- Hayward, P. 1.999. "Flora y Fauna de las Costas de España y Europa". Omega, S.A.
- Iribarren, R. 1954. OBRAS MARITIMAS: OLEAJE Y DIQUES. Editorial Dossat. Madrid.
- Jones, N.S. 1.950. "Marine Bottom Communities". *Biol. Rev* 25, 283.
- Kun-Hsiung, C. et al. 1984. Artificial reef project in Taiwan. *TML Conference Proceedings* 1: 51-55 (1984)
- Lamare, J.P. et al. 1986. Intérêt d'une gestion halieutique du milieu littoral marin par l'implantation de recifs artificiels. *Aqua revue* n° 4, 1986
- Ley 1/2002, de 4 de abril de 2002.
- Ley 3/2001, de 26 de marzo, de Pesca Marítima del Estado.
- Lobato, A.B.; Sanz, J.L.; Tello, O y González Serrano, J.L. 2002. Atlas de los arrecifes artificiales de España. Secretaría de Pesca Marítima, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Instituto Español de Oceanografía. Septiembre, 2002.
- López de la Cuadra, C.M. y García Gómez, J.C. 1988. Briozoos queilostomados del Estrecho de Gibraltar y áreas próximas. *Cah. Biol. Mar.*, 29: 21-36.

- López González, P. 1993. Taxonomía y zoogeografía de los Antozoos del Estrecho de Gibraltar y áreas próximas. Tesis Doctoral, Universidad de Sevilla, Inédita.
- M.O.P.T. 1.992. Clima marítimo en el litoral Español. Oleaje. Anejo I. Dirección General de Puertos. ROM 0.3-91.
- Margalef, R. 1.998. "Ecología". Omega, S.A. (951 pp)
- Martín, P. 1.999. " Claves para la clasificación de la Fauna Marina". Omega, S.A.
- Martínez Perez, L. 1996. Los arrecifes artificiales, algunos conceptos sobre su diseño y técnica constructiva. El proyecto de arrecife artificial de El Campello (Alicante). Inédito.10pp.
- Martínez, A. 1995. Proyectos de arrecifes artificiales. Almería. Inst. Est. Almerienses. 39-54pp. 84-8108-074-8.
- Martínez, L., A.A. Ramos et al. 1990. El proyecto de arrecife artificial en el litoral marino de El Campello, Alicante. OP nº 18, 1990
- McCormick, M.I. et al. 1987. Estimating total abundances of a large temperate-reef fish using visual strip-transects. *Marine Biology* 96, 469-478 (1987)
- Medel, M.D. 1996. Estudio taxonómico de los Hidrozoos del Estrecho de Gibraltar. Tesis doctoral, Universidad de Sevilla.
- Naranjo Lozano, S.A. 1995. Taxonomía, zoogeografía y ecología de las ascidias del Estrecho de Gibraltar. Implicaciones de su distribución bionómica en la caracterización ambiental de áreas costeras. Tesis doctoral, Universidad de Sevilla.
- Ocaña Martín, A., Sánchez Tocino, L., López González, S. y Viciano Martín, J.F. Guía submarina de Invertebrados no Artrópodos. 2ª Edición. Ed. Comares. 2000. Granada.
- Parapar, J.; Besteiro, C.; Urgorri, V. 1.993. Consideraciones a la taxonomía y autoecología de algunas especies de anélidos poliquetos ibéricos. *Thalassas. Revista de Ciencias del Mar*, 11: 105-125.
- Pères, J. M. 1967. The Mediterranean benthos. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 1967, 5, 449-533
- Pérès, J.M y Picard, J. 1964. Manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée (Rec. Trav. St. Mar. Endoume, 31 (97): 1-137.

- Pérez Llorens, J. L. 1.994. Las praderas marinas: ecología y gestión de Espacios naturales de Andalucía. Boletín nº 1:7-9.
- Ramos, A. 1988. Ascidijs litorales del Mediterráneo Ibérico. Faunística, ecología y biogeografía. Tesis doctoral, Universidad de Barcelona.
- Real Decreto 3448/2000 de 22 de diciembre de 2000.
- Real Decreto 798/1995, de 19 de mayo de 1995.
- Real Decreto 798/1995, de 19 de mayo de 1995.
- Reglamento (CE) 1198/2006, de 27 de julio de 2006.
- Reglamento (CE) 1263/1999 del Consejo, de 21 de junio de 1999.
- Reglamento (CE) 2792/1999 de 17 de diciembre de 1999.
- Reglamento (CEE) 3760/92, del Consejo, de 20 de diciembre de 1992.
- Relini, G. et al. 1989. Artificial reefs in the Ligurian sea: a report on the present situation. 1er session du groupe de travail sur les recifs artificiels et la mariculture, 1989
- Relini, G. et al. 1989. Colonisation patterns of hard substrata in the Loano artificial reef (Western Ligurian sea). 1er session du groupe de travail sur les recifs artificiels et la mariculture, 1989
- Relini, G. et al. 1989. Fishes of the Loano artificial reef (Western Ligurian sea). 1er session du groupe de travail sur les recifs artificiels et la mariculture, 1989
- Riedel, R. 1986. Fauna y Flora del Mar Mediterráneo. Ed. Omega.
- Riggio, S. et al. 1985. Further notes on the development of benthic communities on the artificial reef off Terrasini (N/W Sicily). Rapp. Comm. int. Médit., 29,5 (1985).
- Riggio, S. et al. 1989. Zoobenthic colonization of a small artificial reef in the southern Tyrrhenian sea: results of a three-year survey. 1er session du groupe de travail sur les recifs artificiels et la mariculture.
- Salen-Picard, C. 1985. Indicateurs biologiques et sedimentation en milieu circalittoral mediterraneen. Rapp. Comm. int. Médit., 29,5 (1985).

- Sánchez Moyano, J.E. 1996. Variación espacio-temporal en la composición de las comunidades animales asociadas a macroalgas como respuesta a cambios en el medio, Implicaciones en la caracterización ambiental de las áreas costeras. Tesis doctoral, Universidad de Sevilla.
- Santaella, E., Revenga, S. 1995. Planes de ordenación pesquera, arrecifes y reservas marinas. Almería. Inst. Est. Almerienses. 149-160pp. 84-8108-074-8.
- Sarasa, C.G. (2000). Catálogo de especies de interés pesquero en el Litoral de la Comunidad Autónoma de Andalucía. Vol. I: Vertebrados (Condrictios y Osteictios). D·a·p. Dirección General de Pesca, Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía, Sevilla.
- Sardá, R. 1987. Fauna de anélidos poliquetos de la región del Estrecho de Gibraltar. V-Comunidades localizadas en sustratos blandos. Misc. Zool. 11: 77-86.
- Soto, J. y Conde, F. 1989. La zonación algal en el litoral del SE de la Península Ibérica. Fol. Bot. Misc., 6: 71-79.
- Soto, J. y Conde, F. 1985. Contribución al conocimiento de las algas marinas del suroeste de España. Anales Biol. Sec. Especial, 2 (2): 181-189.
- Tait, R. V. 1987. "Elementos de Ecología Marina". Acibia, S.A.
- Templado, J., Guerra, A., Bedoya, J., Moreno, D., Remón, J.M., Maldonado, M y Ramos, M.A. 1993. Fauna marina circalitoral del sur de la Península Ibérica. Fauna I. Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid.
- Toccaceli, M. et al. 1989. Preliminary data on an experimental trammel net survey designed to estimate reef near Mazara del Vallo (Italy). 1er session du groupe de travail sur les recifs artificiels et la mariculture, 1989.
- Varios. 1995. La gestión de los espacios marinos en el mediterráneo occidental. (VII Aula de Ecología). Almería. Inst. Est. Almerienses. 239pp. 84-8108-074-8.
- Zariquey Álvarez, R. (1968). Crustáceos decápodos Ibéricos. Inv. Pesq. Tomo 32. Barcelona. 510 p.

COORDENADAS

ARRECIFES ARTIFICIALES INSTALADOS POR LA CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y PESCA EN LA COSTA ANDALUZA*

* Las coordenadas vienen expresadas en Proyección UTM (Universal Transverse Mercator) para el Huso 30N, y en Geográficas en grados y minutos decimales (DDD° MM,mmm'). El datum de referencia en ambos casos es el European Datum de 1950 (ED50).

ARRECIFE ARTIFICIAL	POLÍGONO	VERTICES	Coordenadas UTM		Coordenadas Geográficas	
			X	Y	Longitud	Latitud
Conil I y II (CÁDIZ)		A	213848,54	4015034,50	6° 11,033' W	36° 14,237' N
		B	215073,16	4014175,55	6° 10,198' W	36° 13,795' N
		C	213931,82	4012167,98	6° 10,915' W	36° 12,690' N
		D	212930,95	4013064,42	6° 11,602' W	36° 13,157' N
El Rompido (HUELVA)	EL ROMPIDO I	A	138795,10	4123888,08	7° 4,120' W	37° 11,460' N
		B	140735,63	4123489,75	7° 2,800' W	37° 11,290' N
		C	140356,43	4121559,65	7° 3,000' W	37° 10,240' N
		D	138415,45	4121958,04	7° 4,320' W	37° 10,410' N
	EL ROMPIDO II	E	138322,48	4120831,29	7° 4,350' W	37° 9,800' N
		F	142542,84	4120650,83	7° 1,500' W	37° 9,800' N
		G	142362,03	4116395,31	7° 1,500' W	37° 7,500' N
		H	138139,53	4116575,71	7° 4,350' W	37° 7,500' N
Desembocadura del Río Guadalquivir (HUELVA-CÁDIZ)	SANLUCAR I	A	191415,55	4079446,33	6° 27,530' W	36° 48,600' N
		B	192833,37	4080765,75	6° 26,610' W	36° 49,340' N
		C	194152,45	4079347,65	6° 25,690' W	36° 48,600' N
		D	192734,66	4078028,01	6° 26,610' W	36° 47,860' N
	SANLUCAR II	E	187117,79	4086919,91	6° 30,600' W	36° 52,550' N
		F	192022,19	4086740,81	6° 27,300' W	36° 52,550' N
	SANLUCAR III	G	186774,27	4077578,08	6° 30,600' W	36° 47,500' N
		H	185947,83	4091501,48	6° 31,500' W	36° 55,000' N
		I	190106,94	4091348,61	6° 28,700' W	36° 55,000' N
		J	192052,35	4087573,24	6° 27,300' W	36° 53,000' N
		K	188010,34	4087720,67	6° 30,020' W	36° 53,000' N
		L	192004,77	4086259,85	6° 27,300' W	36° 52,290' N
		M	192833,37	4080765,75	6° 26,610' W	36° 49,340' N
		N	191415,55	4079446,33	6° 27,530' W	36° 48,600' N
O	189309,97	4081745,62	6° 29,000' W	36° 49,800' N		
Isla Cristina (HUELVA)		A	115401,42	4120643,28	7° 19,791' W	37° 9,150' N
		B	119375,90	4121537,36	7° 17,140' W	37° 9,730' N
		C	120073,50	4118595,02	7° 16,580' W	37° 8,160' N
		D	116055,18	4117720,64	7° 19,260' W	37° 7,590' N
Punta Calaburras-Desembocadura del Río Guadalhorce (MÁLAGA)	ZP 1	A	356502,82	4046770,42	4° 36,200' W	36° 33,300' N
		B	359516,54	4048570,21	4° 34,200' W	36° 34,300' N
		C	359948,92	4047638,41	4° 33,900' W	36° 33,800' N
		D	357233,37	4045833,52	4° 35,700' W	36° 32,800' N
	ZP3	E	365847,41	4051798,14	4° 29,990' W	36° 36,100' N
		F	368586,79	4056379,38	4° 28,200' W	36° 38,600' N
		G	369770,40	4055806,51	4° 27,400' W	36° 38,300' N
		H	366423,10	4051419,29	4° 29,600' W	36° 35,900' N
	ZP 4	I	370420,47	4058385,86	4° 26,990' W	36° 39,700' N
		J	372030,43	4057436,98	4° 25,900' W	36° 39,200' N
		K	371263,31	4055968,93	4° 26,400' W	36° 38,400' N

ARRECIFE ARTIFICIAL	POLÍGONO	VERTICES	Coordenadas UTM		Coordenadas Geográficas	
			X	Y	Longitud	Latitud
Punta Sabinar-Punta Torrejón (ALMERÍA)	ROQUETAS I	A	526361,00	4058741,55	2° 42,300' W	36° 40,400' N
		B	529186,32	4060044,91	2° 40,400' W	36° 41,100' N
		C	532312,74	4060241,01	2° 38,300' W	36° 41,200' N
		D	531126,85	4058757,53	2° 39,100' W	36° 40,400' N
		E	528598,08	4057824,29	2° 40,800' W	36° 39,900' N
	ROQUETAS II (POL. I)	A	529485,95	4060053,42	2° 40,199' W	36° 41,104' N
		B	532451,55	4061350,04	2° 38,204' W	36° 41,800' N
		C	532903,71	4060984,33	2° 37,901' W	36° 41,601' N
		D	532311,92	4060239,60	2° 38,301' W	36° 41,199' N
	ROQUETAS II (POL. II)	E	533511,07	4062242,41	2° 37,490' W	36° 42,280' N
		F	535591,94	4066632,68	2° 36,080' W	36° 44,650' N
		G	536455,36	4066543,88	2° 35,500' W	36° 44,600' N
		H	533839,32	4062058,81	2° 37,270' W	36° 42,180' N
	ROQUETAS II (POL. III)	I	536884,59	4070520,87	2° 35,200' W	36° 46,750' N
		J	539396,85	4074026,57	2° 33,500' W	36° 48,640' N
		K	540217,31	4073438,74	2° 32,950' W	36° 48,320' N
L		537630,43	4070024,92	2° 34,700' W	36° 46,480' N	
ROQUETAS II (POL. IV)	M	542437,83	4075390,88	2° 31,450' W	36° 49,370' N	
	N	544443,67	4075567,51	2° 30,100' W	36° 49,460' N	
	O	544445,02	4075308,66	2° 30,100' W	36° 49,320' N	
	P	542439,03	4075150,53	2° 31,450' W	36° 49,240' N	
Barbate (CÁDIZ)	A	232614,00	4006686,00	5° 58,350' W	36° 10,050' N	
	B	233064,00	4006672,00	5° 58,050' W	36° 10,050' N	
	C	233053,00	4006303,00	5° 58,050' W	36° 9,850' N	
	D	232603,00	4006316,00	5° 58,350' W	36° 9,850' N	
Torre Perdigal- Rambla de la Amoladera (ALMERÍA)	A	558109,21	4077054,94	2° 20,900' W	36° 50,220' N	
	B	561311,43	4076115,89	2° 18,750' W	36° 49,700' N	
	C	563404,57	4074485,58	2° 17,350' W	36° 48,810' N	
	D	561702,42	4073437,64	2° 18,500' W	36° 48,250' N	
	E	558122,70	4075076,60	2° 20,900' W	36° 49,150' N	
Marbella-Cabo Pino (MÁLAGA)	A	333119,76	4041457,74	4° 51,800' W	36° 30,200' N	
	B	339730,15	4039575,14	4° 47,350' W	36° 29,250' N	
	C	339400,42	4038711,92	4° 47,560' W	36° 28,780' N	
	D	336694,58	4039391,60	4° 49,380' W	36° 29,120' N	
	E	333942,89	4039222,15	4° 51,220' W	36° 29,000' N	
Río Lagos-Punta de Torrox (MÁLAGA)	A	409079,72	4066579,74	4° 1,100' W	36° 44,400' N	
	B	410935,23	4066116,42	3° 59,850' W	36° 44,160' N	
	C	412075,23	4065531,39	3° 59,080' W	36° 43,850' N	
	D	412072,00	4065217,08	3° 59,080' W	36° 43,680' N	
	E	408470,23	4065254,85	4° 1,500' W	36° 43,680' N	
Puerto Deportivo El Candado-Torre de Benagalbón (MÁLAGA)	A	379869,62	4063888,78	4° 20,700' W	36° 42,750' N	
	B	384931,13	4063819,24	4° 17,300' W	36° 42,750' N	
	C	387187,81	4063326,87	4° 15,780' W	36° 42,500' N	
	D	386394,04	4061857,93	4° 16,300' W	36° 41,700' N	
	E	379842,38	4061947,34	4° 20,700' W	36° 41,700' N	

ARRECIFE ARTIFICIAL	POLIGONO	VERTICES	Coordenadas UTM		Coordenadas Geográficas	
			X	Y	Longitud	Latitud
Punta de Baños-Marbella (MÁLAGA)		A	325674,20	4038830,28	4° 56,750' W	36° 28,700' N
		B	329812,92	4040375,49	4° 54,000' W	36° 29,580' N
		C	329773,53	4038378,49	4° 54,000' W	36° 28,500' N
		D	328192,60	4037762,38	4° 55,050' W	36° 28,150' N
Punta Melonar-Torre Melisena (GRANADA)	ZONA A	A	467900,00	4063600,00	3° 21,566' W	36° 43,017' N
		B	469640,00	4065508,19	3° 20,401' W	36° 44,053' N
		C	470200,00	4065470,00	3° 20,025' W	36° 44,033' N
		D	471000,00	4066000,00	3° 19,488' W	36° 44,321' N
		E	471200,00	4065340,00	3° 19,353' W	36° 43,965' N
		F	468600,00	4063200,00	3° 21,094' W	36° 42,802' N
	ZONA B	G	474521,55	4066345,24	3° 17,123' W	36° 44,514' N
		H	477400,00	4067450,00	3° 15,190' W	36° 45,116' N
		I	479190,00	4067230,00	3° 13,987' W	36° 44,999' N
		J	479190,00	4066270,00	3° 13,985' W	36° 44,480' N
		K	476470,00	4066330,00	3° 15,813' W	36° 44,509' N
		L	474750,00	4065750,00	3° 16,968' W	36° 44,192' N
Punta Chullera-Torre Albelerin (MÁLAGA)	ZONA A	A	298760,00	4021000,00	5° 14,486' W	36° 18,746' N
		B	301000,00	4027000,00	5° 13,082' W	36° 22,017' N
		C	304250,00	4031000,00	5° 10,971' W	36° 24,219' N
		D	305696,25	4029992,50	5° 9,989' W	36° 23,692' N
		E	302215,69	4026000,00	5° 12,255' W	36° 21,492' N
		F	300182,50	4021000,00	5° 13,536' W	36° 18,764' N
	ZONA B	G	306999,85	4031933,16	5° 9,146' W	36° 24,757' N
		H	308000,00	4032790,84	5° 8,490' W	36° 25,233' N
		I	308000,00	4031949,03	5° 8,477' W	36° 24,778' N
		J	308733,76	4031949,03	5° 7,987' W	36° 24,787' N
		K	308733,76	4033010,81	5° 8,002' W	36° 25,360' N
		L	310727,50	4033608,50	5° 6,678' W	36° 25,707' N
		M	313500,00	4035500,00	5° 4,851' W	36° 26,762' N
		N	313500,00	4032923,05	5° 4,813' W	36° 25,369' N
O	311000,00	4031496,50	5° 6,465' W	36° 24,569' N		
P	307000,00	4030874,55	5° 9,130' W	36° 24,185' N		
Punta Huarca-Rambra de Bolaños (ALMERÍA)		A	487380,00	4066550,00	3° 8,481' W	36° 44,640' N
		B	489480,00	4067000,00	3° 7,070' W	36° 44,885' N
		C	493700,00	4066670,00	3° 4,234' W	36° 44,709' N
		D	497030,00	4066670,00	3° 1,996' W	36° 44,710' N
		E	497030,00	4065370,00	3° 1,996' W	36° 44,007' N
		F	490150,00	4066400,00	3° 6,620' W	36° 44,561' N
		G	489079,69	4066300,60	3° 7,339' W	36° 44,507' N
		H	487380,00	4065900,00	3° 8,481' W	36° 44,289' N
Punta de Torrox-Torre de Maro (MÁLAGA)		A	415660,49	4065009,67	3° 56,668' W	36° 43,587' N
		B	418211,75	4066243,24	3° 54,962' W	36° 44,268' N
		C	421451,54	4066185,13	3° 52,784' W	36° 44,253' N
		D	422947,48	4067336,28	3° 51,786' W	36° 44,883' N
		E	423158,77	4066446,41	3° 51,639' W	36° 44,403' N
		F	421337,15	4065201,44	3° 52,855' W	36° 43,720' N
		G	418533,00	4064750,00	3° 54,736' W	36° 43,462' N

ARRECIFE ARTIFICIAL	POLÍGONO	VERTICES	Coordenadas UTM		Coordenadas Geográficas	
			X	Y	Longitud	Latitud
Matalascañas (HUELVA)		A	170281,95	4108130,26	6° 42,466' W	37° 3,654' N
		B	183951,70	4097726,78	6° 32,998' W	36° 58,321' N
		C	188136,05	4093162,02	6° 30,070' W	36° 55,940' N
		D	189929,02	4091398,39	6° 28,821' W	36° 55,023' N
		E	185884,72	4091523,76	6° 31,543' W	36° 55,011' N
		F	187196,92	4089143,33	6° 30,602' W	36° 53,752' N
		G	186624,68	4077532,36	6° 30,699' W	36° 47,472' N
		H	184819,98	4081360,51	6° 32,006' W	36° 49,503' N
		I	182523,08	4086008,98	6° 33,664' W	36° 51,966' N
		J	180276,97	4088976,73	6° 35,248' W	36° 53,523' N
La Línea (CÁDIZ)		A	298909,00	4020780,00	5° 14,383' W	36° 18,629' N
		B	300501,00	4020780,00	5° 13,320' W	36° 18,649' N
		C	298807,83	4018388,96	5° 14,414' W	36° 17,336' N
		D	295145,27	4015216,01	5° 16,809' W	36° 15,575' N
		E	296972,00	4018760,00	5° 15,645' W	36° 17,513' N
Maro-Cerro Gordo (MÁLAGA-GRANADA)	I	A	429637,82	4066712,41	3° 47,287' W	36° 44,577' N
		B	431160,13	4065925,19	3° 46,259' W	36° 44,158' N
		C	430874,04	4065375,23	3° 46,449' W	36° 43,859' N
		D	429390,23	4066142,61	3° 47,450' W	36° 44,267' N
	II	E	427491,93	4067414,83	3° 48,733' W	36° 44,947' N
		F	429440,56	4066882,70	3° 47,420' W	36° 44,668' N
		G	429316,91	4066399,31	3° 47,501' W	36° 44,406' N
		H	427372,85	4066985,00	3° 48,810' W	36° 44,714' N
	III	I	425570,04	4067787,71	3° 50,026' W	36° 45,140' N
		J	427218,81	4067621,83	3° 48,917' W	36° 45,057' N
		K	427254,71	4066770,34	3° 48,888' W	36° 44,597' N
		L	425377,81	4066900,89	3° 50,150' W	36° 44,659' N
Algarrobo (MÁLAGA)**		A	403070,12	4065298,93	4° 5,128' W	36° 43,672' N
		B	403635,81	4066182,49	4° 4,755' W	36° 44,153' N
		C	405074,52	4066176,05	4° 3,788' W	36° 44,158' N
		D	405085,87	4067027,58	4° 3,787' W	36° 44,619' N
		E	406120,16	4067084,51	4° 3,092' W	36° 44,656' N
		F	407250,65	4066659,89	4° 2,330' W	36° 44,433' N
		G	409023,99	4066458,58	4° 1,137' W	36° 44,334' N
		H	408470,23	4065254,85	4° 1,500' W	36° 43,680' N
Calahonda (GRANADA)**		A	464140,09	4062212,28	3° 24,088' W	36° 42,259' N
		B	464529,09	4062393,37	3° 23,827' W	36° 42,357' N
		C	465451,56	4062812,67	3° 23,208' W	36° 42,586' N
		D	467061,68	4063198,43	3° 22,128' W	36° 42,798' N
		E	467900,29	4063517,10	3° 21,565' W	36° 42,972' N
		F	468688,58	4063081,03	3° 21,035' W	36° 42,738' N
		G	468319,59	4062946,85	3° 21,282' W	36° 42,665' N
		H	467279,72	4062946,85	3° 21,981' W	36° 42,663' N
		I	465434,78	4062292,73	3° 23,218' W	36° 42,305' N
		J	464301,81	4061864,90	3° 23,978' W	36° 42,071' N

ARRECIFE ARTIFICIAL	POLÍGONO	VERTICES	Coordenadas UTM		Coordenadas Geográficas	
			X	Y	Longitud	Latitud
Adra (ALMERÍA)**		A	499390,80	4065190,25	3° 0,409' W	36° 43,910' N
		B	506015,56	4066646,90	2° 55,957' W	36° 44,697' N
		C	508179,17	4066194,05	2° 54,503' W	36° 44,451' N
		D	512759,46	4061130,68	2° 51,430' W	36° 41,709' N
		E	502059,77	4063065,56	2° 58,616' W	36° 42,761' N
		F	499391,19	4063974,48	3° 0,409' W	36° 43,252' N

** Arrecifes artificiales pendientes de instalación

OTROS ARRECIFES ARTIFICIALES INSTALADOS EN LA COSTA ANDALUZA*

* Las coordenadas vienen expresadas en Proyección UTM (Universal Transverse Mercator) para el Huso 30N, y en Geográficas en grados y minutos decimales (DDD° MM,mmm'). El datum de referencia en ambos casos es el European Datum de 1950 (ED50).

ARRECIFE ARTIFICIAL	POLÍGONO	VERTICES	Coordenadas UTM		Coordenadas Geográficas	
			X	Y	Longitud	Latitud
Punta de Baños-Marbella (MÁLAGA) (MAPA)		A	320417,86	4036792,16	5° 0,240' W	36° 27,540' N
		B	326347,79	4037410,82	4° 56,280' W	36° 27,940' N
		C	323101,95	4032130,61	4° 58,380' W	36° 25,050' N
Punta de Vélez-Málaga (MÁLAGA) (MAPA)		A	402924,40	4065815,27	4° 5,230' W	36° 43,950' N
		B	402917,68	4065223,61	4° 5,230' W	36° 43,630' N
		C	402909,29	4064484,03	4° 5,230' W	36° 43,230' N
		D	398768,46	4063034,16	4° 8,000' W	36° 42,420' N
		E	398806,96	4063737,93	4° 7,980' W	36° 42,801' N
		F	398781,14	4064106,55	4° 8,000' W	36° 43,000' N
		G	399751,94	4064248,43	4° 7,349' W	36° 43,083' N
		H	401765,06	4064663,52	4° 6,000' W	36° 43,320' N
		I	402322,34	4065230,38	4° 5,630' W	36° 43,630' N
Punta de Torrox (MÁLAGA) (MAPA)	TORROX I	A	413598,81	4064591,31	3° 58,050' W	36° 43,350' N
		B	414298,38	4064584,28	3° 57,580' W	36° 43,350' N
		C	414295,60	4064306,94	3° 57,580' W	36° 43,200' N
		D	414293,38	4064085,07	3° 57,580' W	36° 43,080' N
		E	413594,71	4064184,55	3° 58,050' W	36° 43,130' N
	TORROX III	F	412755,50	4065099,13	3° 58,620' W	36° 43,620' N
		G	413584,30	4064628,44	3° 58,060' W	36° 43,370' N
		H	413253,48	4064298,95	3° 58,280' W	36° 43,190' N
		I	412601,00	4064545,97	3° 58,720' W	36° 43,320' N
		J	411356,45	4065113,51	3° 59,560' W	36° 43,620' N
Cerro del Obispo-Mojácar (ALMERÍA) (MAPA)	ABCD	A	604720,51	4108439,42	1° 49,280' W	37° 6,950' N
		B	604033,42	4106507,59	1° 49,760' W	37° 5,910' N
		C	603378,08	4106795,43	1° 50,200' W	37° 6,070' N
		D	604214,75	4108618,09	1° 49,620' W	37° 7,050' N
	EFGH	E	604512,65	4109675,92	1° 49,410' W	37° 7,620' N
		F	605069,85	4112493,89	1° 49,010' W	37° 9,140' N
		G	605693,36	4112353,74	1° 48,590' W	37° 9,060' N
		H	605207,16	4109795,52	1° 48,940' W	37° 7,680' N

ARRECIFE ARTIFICIAL	POLÍGONO	VERTICES	Coordenadas UTM		Coordenadas Geográficas	
			X	Y	Longitud	Latitud
Conil (CÁDIZ) (MAPA)	ZA1	A	207359,98	4021773,77	6° 15,510' W	36° 17,760' N
		B	209183,41	4017583,27	6° 14,200' W	36° 15,530' N
		C	207441,38	4017512,09	6° 15,360' W	36° 15,460' N
		D	204905,56	4021449,45	6° 17,140' W	36° 17,540' N
	ZA2	E	215029,28	4019333,85	6° 10,340' W	36° 16,580' N
		F	217214,41	4017836,80	6° 8,850' W	36° 15,810' N
		G	217232,83	4016558,67	6° 8,810' W	36° 15,120' N
		H	211424,76	4016434,66	6° 12,680' W	36° 14,950' N
	ZA3	I	214814,66	4015989,58	6° 10,410' W	36° 14,770' N
		J	211186,40	4011961,66	6° 12,740' W	36° 12,530' N
		K	209274,17	4014913,85	6° 14,080' W	36° 14,090' N
	ZA4	L	220701,23	4012484,55	6° 6,410' W	36° 12,980' N
		M	222773,54	4010659,53	6° 4,990' W	36° 12,030' N
N		221715,22	4009471,34	6° 5,670' W	36° 11,370' N	
O		219448,52	4011321,37	6° 7,220' W	36° 12,330' N	
Sancti Petri (CÁDIZ) (MAPA)	ZA 1	A	194825,36	4043373,86	6° 24,380' W	36° 29,190' N
		B	199064,83	4043150,77	6° 21,540' W	36° 29,150' N
		C	201221,01	4041501,66	6° 20,060' W	36° 28,300' N
		D	199214,41	4039719,43	6° 21,360' W	36° 27,300' N
		E	194854,36	4039965,06	6° 24,280' W	36° 27,350' N
	ZA 2	F	196107,30	4037982,76	6° 23,396' W	36° 26,304' N
		G	200673,82	4037798,27	6° 20,340' W	36° 26,290' N
		H	202044,03	4032683,87	6° 19,307' W	36° 23,554' N
		I	198643,89	4032794,52	6° 21,580' W	36° 23,550' N
	ZA 3	J	202396,27	4031757,22	6° 19,050' W	36° 23,060' N
		K	203548,50	4026921,46	6° 18,170' W	36° 20,470' N
		L	201916,83	4025218,16	6° 19,220' W	36° 19,520' N
		M	199426,50	4030322,76	6° 21,000' W	36° 22,230' N
Chipiona-Rota (CÁDIZ) (MAPA)	ZA1	A	189198,74	4070832,66	6° 28,808' W	36° 43,906' N
		B	189691,87	4066035,71	6° 28,360' W	36° 41,326' N
		C	181928,56	4068044,39	6° 33,614' W	36° 42,257' N
		D	182006,14	4070975,21	6° 33,635' W	36° 43,840' N
	ZA2	E	190123,76	4064928,93	6° 28,044' W	36° 40,737' N
		F	190519,12	4062871,06	6° 27,729' W	36° 39,634' N
		G	184951,36	4060956,05	6° 31,413' W	36° 38,490' N
		H	182628,40	4066797,36	6° 33,114' W	36° 41,597' N
	ZA3	I	187873,52	4061303,41	6° 29,464' W	36° 38,736' N
		J	187716,59	4058796,86	6° 29,508' W	36° 37,379' N
		K	185964,55	4057570,11	6° 30,651' W	36° 36,682' N
		L	185230,42	4060337,03	6° 31,211' W	36° 38,162' N
	ZA4	M	195667,32	4052210,46	6° 24,026' W	36° 33,977' N
N		195504,65	4049607,30	6° 24,073' W	36° 32,569' N	
O		191806,01	4049838,37	6° 26,554' W	36° 32,622' N	
P		189794,36	4051101,03	6° 27,930' W	36° 33,265' N	
Q		188377,35	4052493,26	6° 28,912' W	36° 33,989' N	

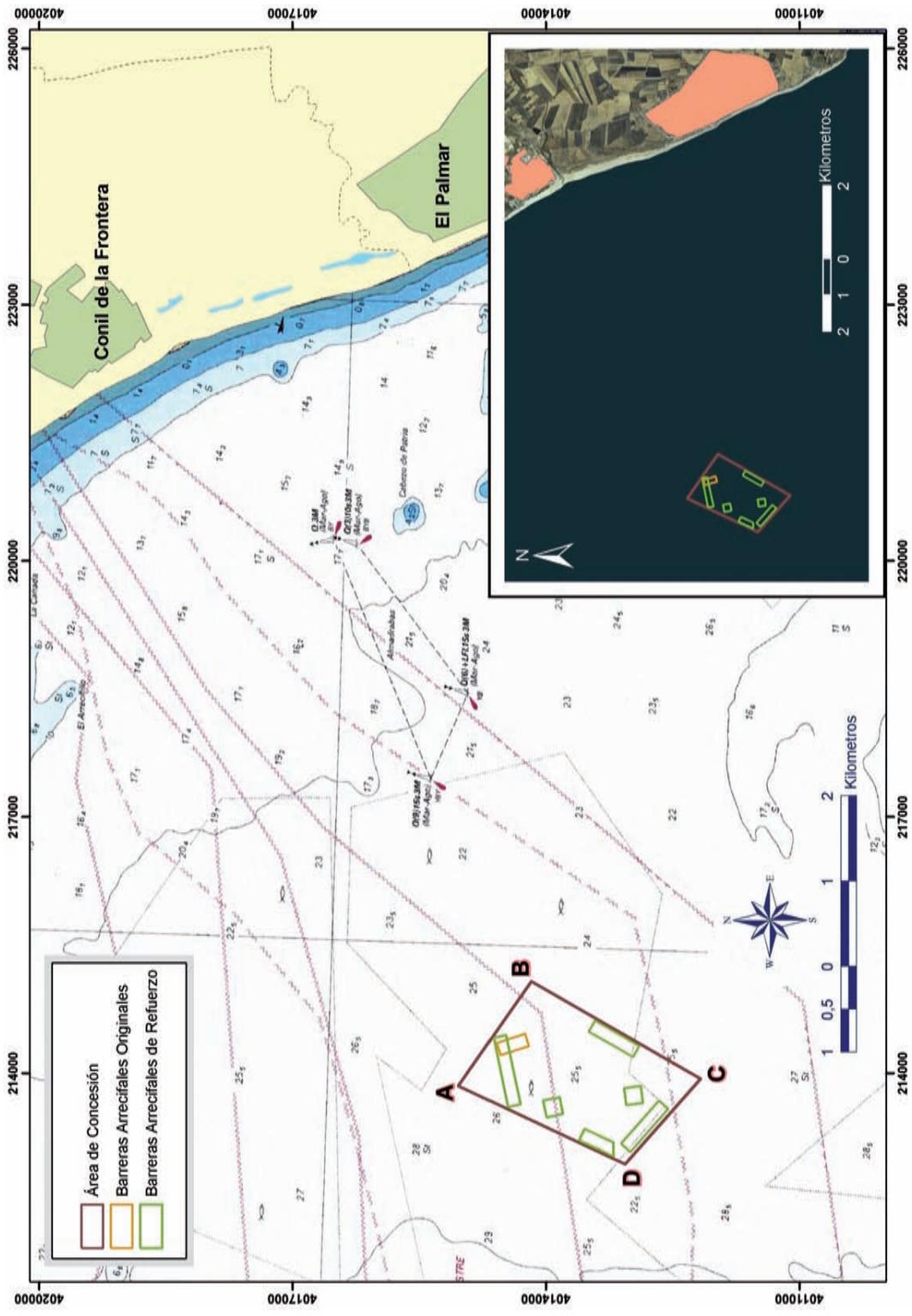
ARRECIFE ARTIFICIAL	POLÍGONO	VERTICES	Coordenadas UTM		Coordenadas Geográficas	
			X	Y	Longitud	Latitud
Cabo Gata (ALMERÍA) (CMA)	FASE 1	A	570437,84	4065351,03	2° 12,670' W	36° 43,840' N
		B	569698,83	4064716,31	2° 13,170' W	36° 43,500' N
		C	571938,06	4063939,76	2° 11,670' W	36° 43,070' N
		D	571981,82	4062276,00	2° 11,650' W	36° 42,170' N
	FASE 2	E	573120,93	4063136,21	2° 10,880' W	36° 42,630' N
		F	573027,45	4061878,07	2° 10,950' W	36° 41,950' N
		G	574547,13	4063481,34	2° 9,920' W	36° 42,810' N
		H	574569,00	4062705,00	2° 9,910' W	36° 42,390' N
Salobreña (GRANADA)	ZA 1	A	446534,76	4066282,02	3° 35,93' W	36° 44,41' N
		B	446858,34	4065669,85	3° 35,71' W	36° 44,08' N
		C	446483,99	4065302,39	3° 35,96' W	36° 43,88' N
		D	445966,03	4065767,88	3° 36,31' W	36° 44,13' N
	ZA 2	E	447168,80	4065335,11	3° 35,50' W	36° 43,90' N
		F	447493,71	4064926,34	3° 35,28' W	36° 43,68' N
		G	447000,86	4064652,04	3° 35,61' W	36° 43,53' N
		H	446839,44	4065022,83	3° 35,72' W	36° 43,73' N

PLANOS Y CARTAS DE LOCALIZACIÓN





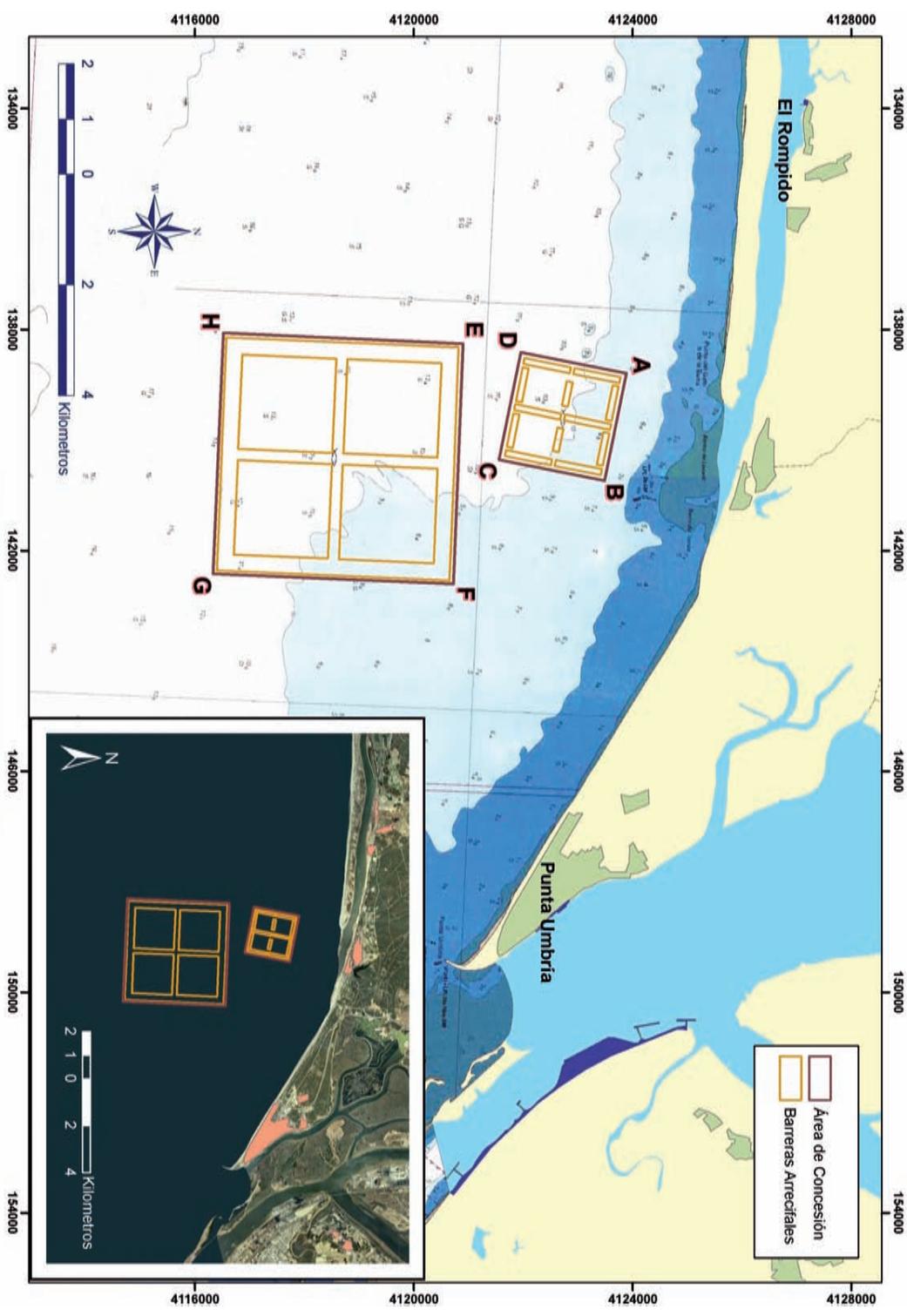
Arrecifes Artificiales de Andalucía I. Golfo de Cádiz



- Área de Concesión
- Barreras Arrecifales Originales
- Barreras Arrecifales de Refuerzo

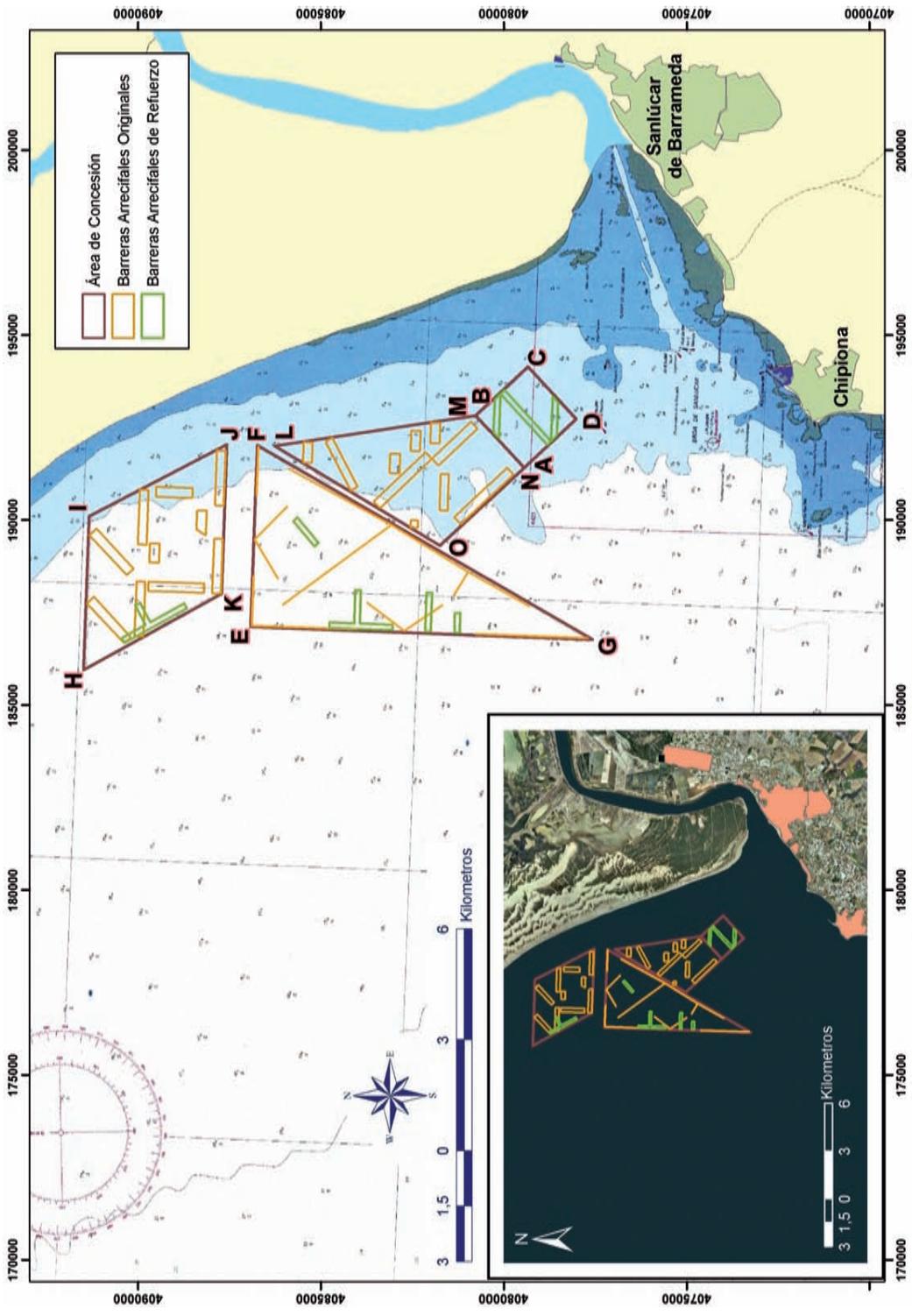
Arrecife Artificial "Conil y II" (Cádiz)

Arrecife Artificial "El Rompido" (Huelva)

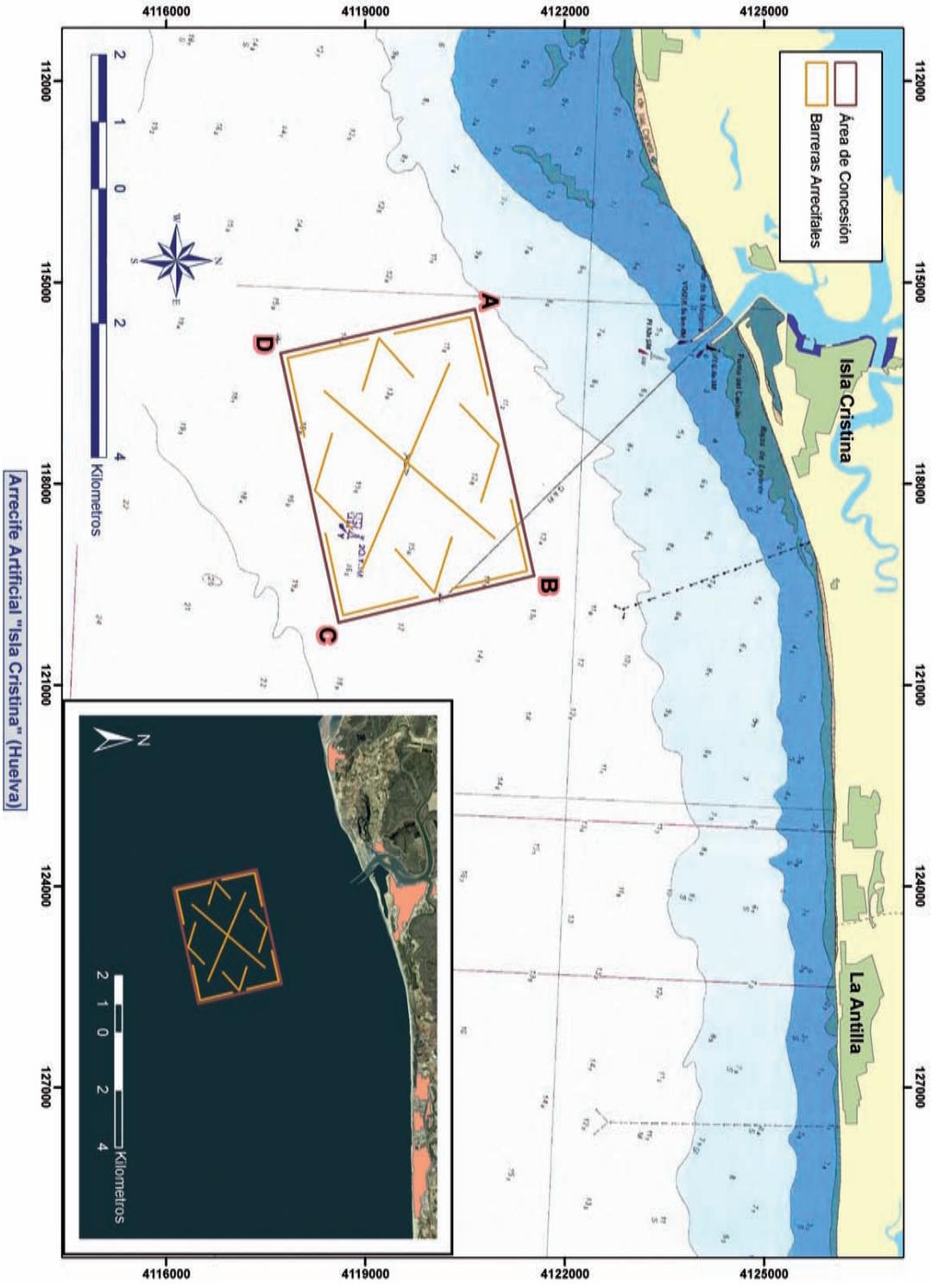


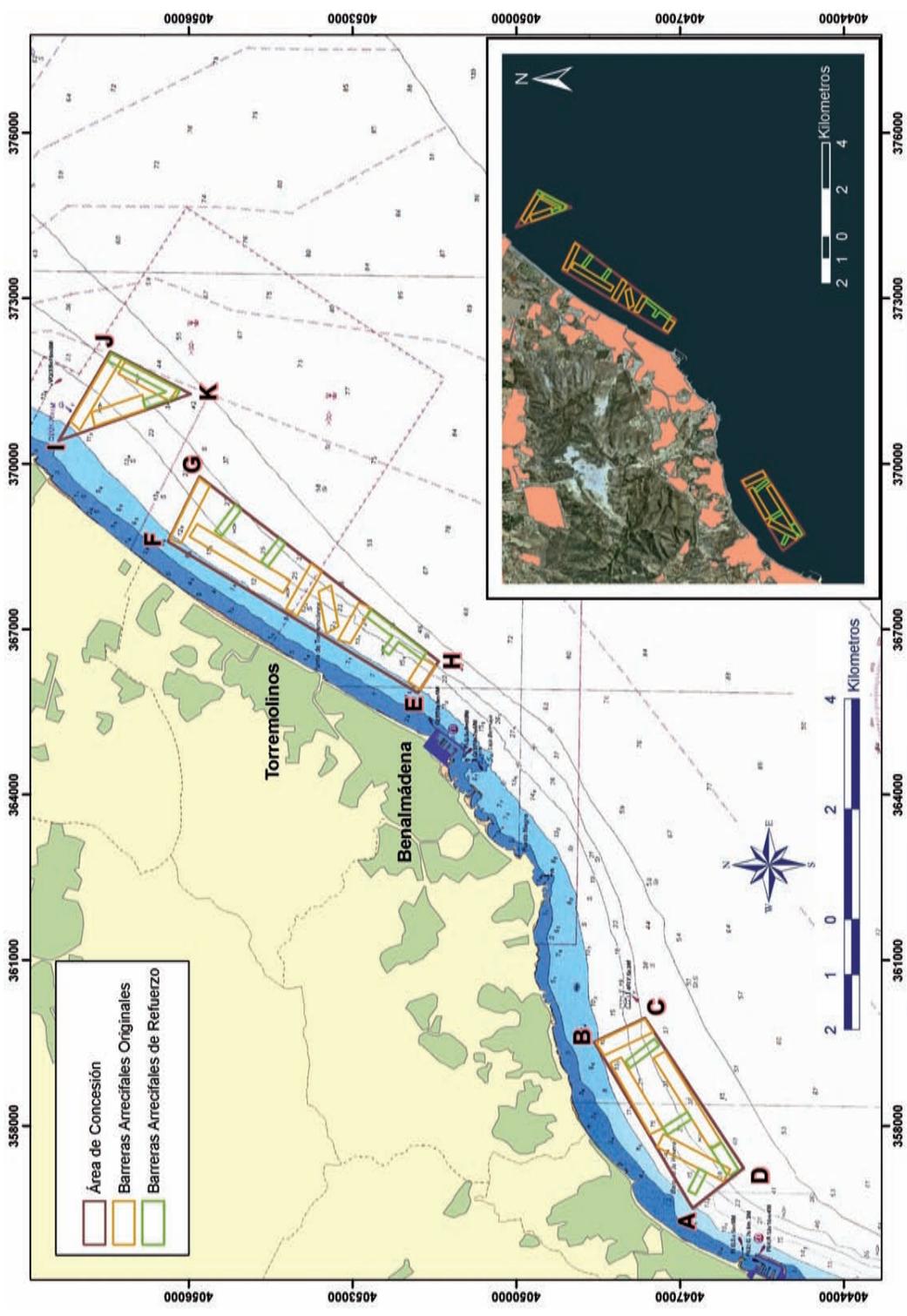
- Área de Concesión
- Barreras Arrecifales





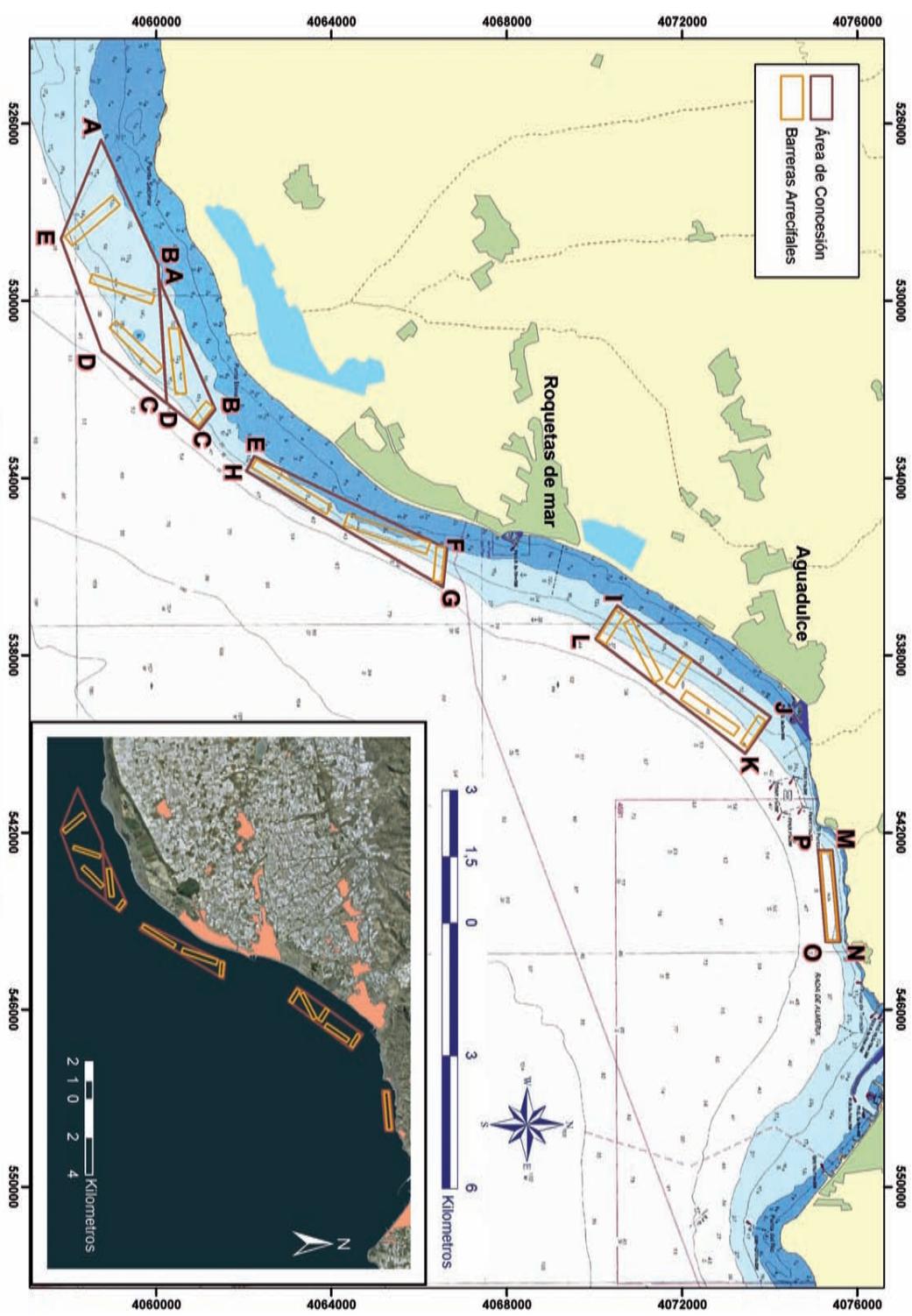
Arrecife Artificial "Desembocadura del río Guadalquivir" (Huelva)

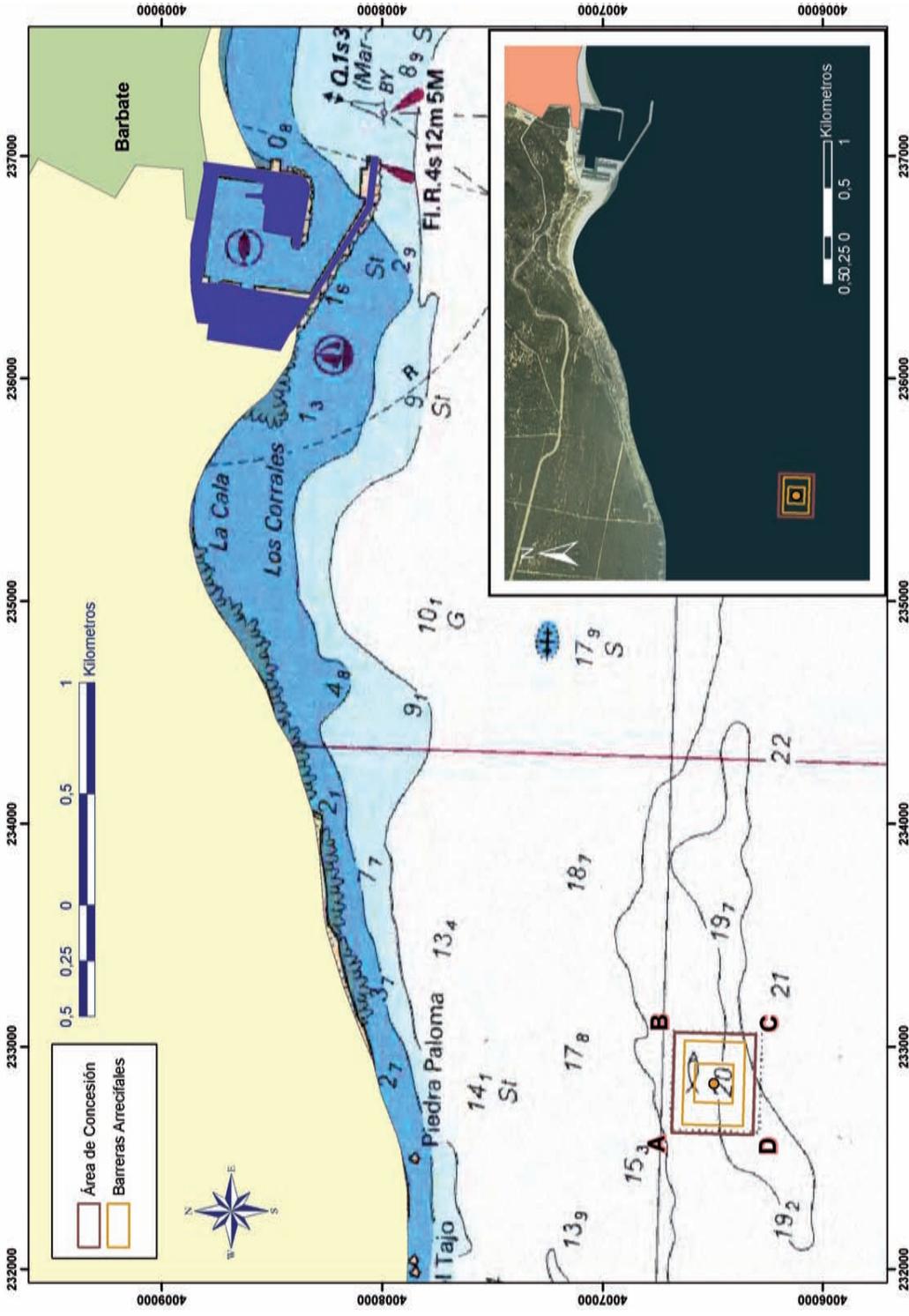




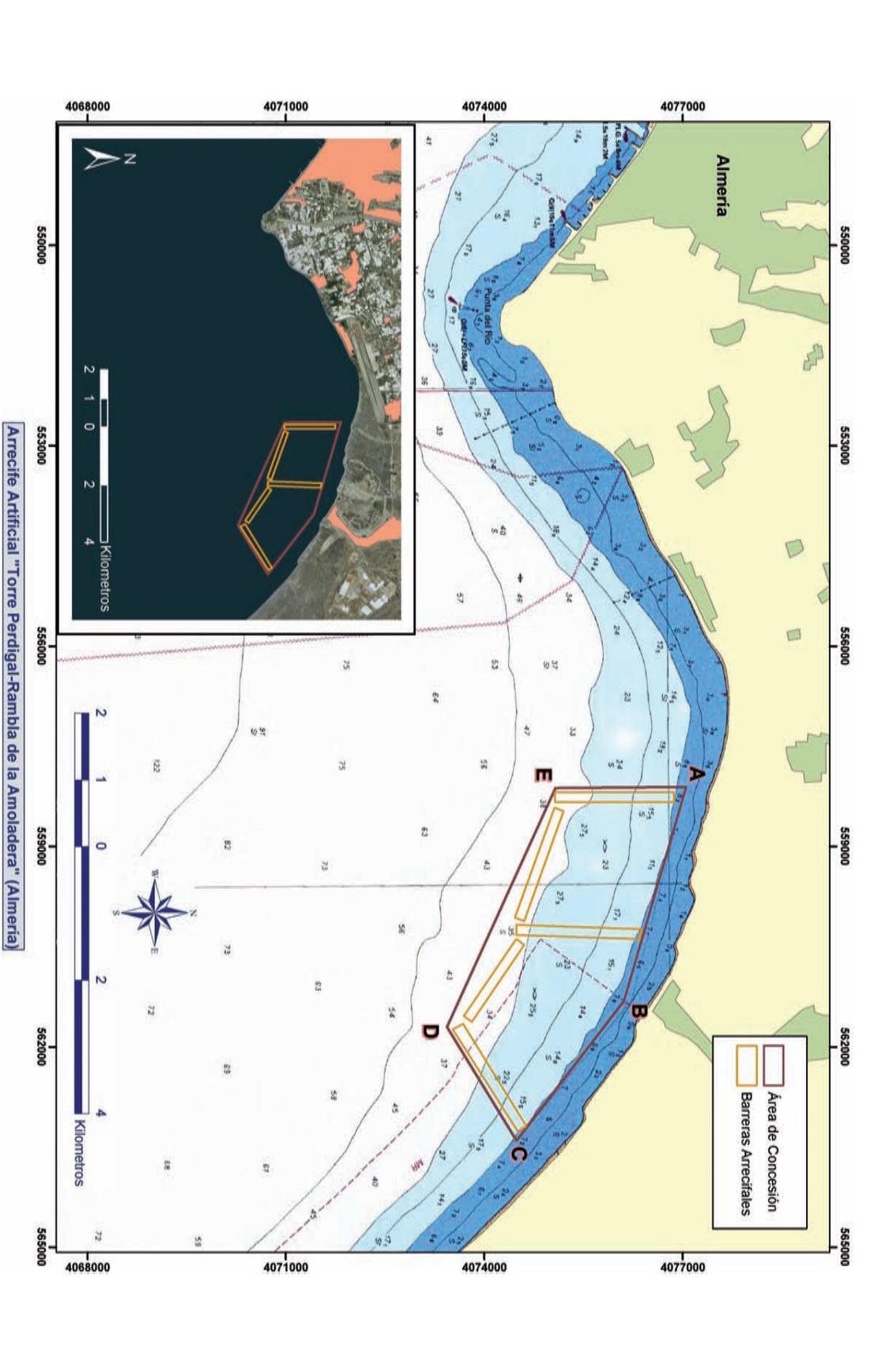
Arrecife Artificial "Punta Calaburras-Desembocadura del río Guadalhorce" (Málaga)

Arrecife Artificial "Punta Sabinar-Punta Torrejón" (Almería)





Arrecife Artificial "Barbate" (Cádiz)

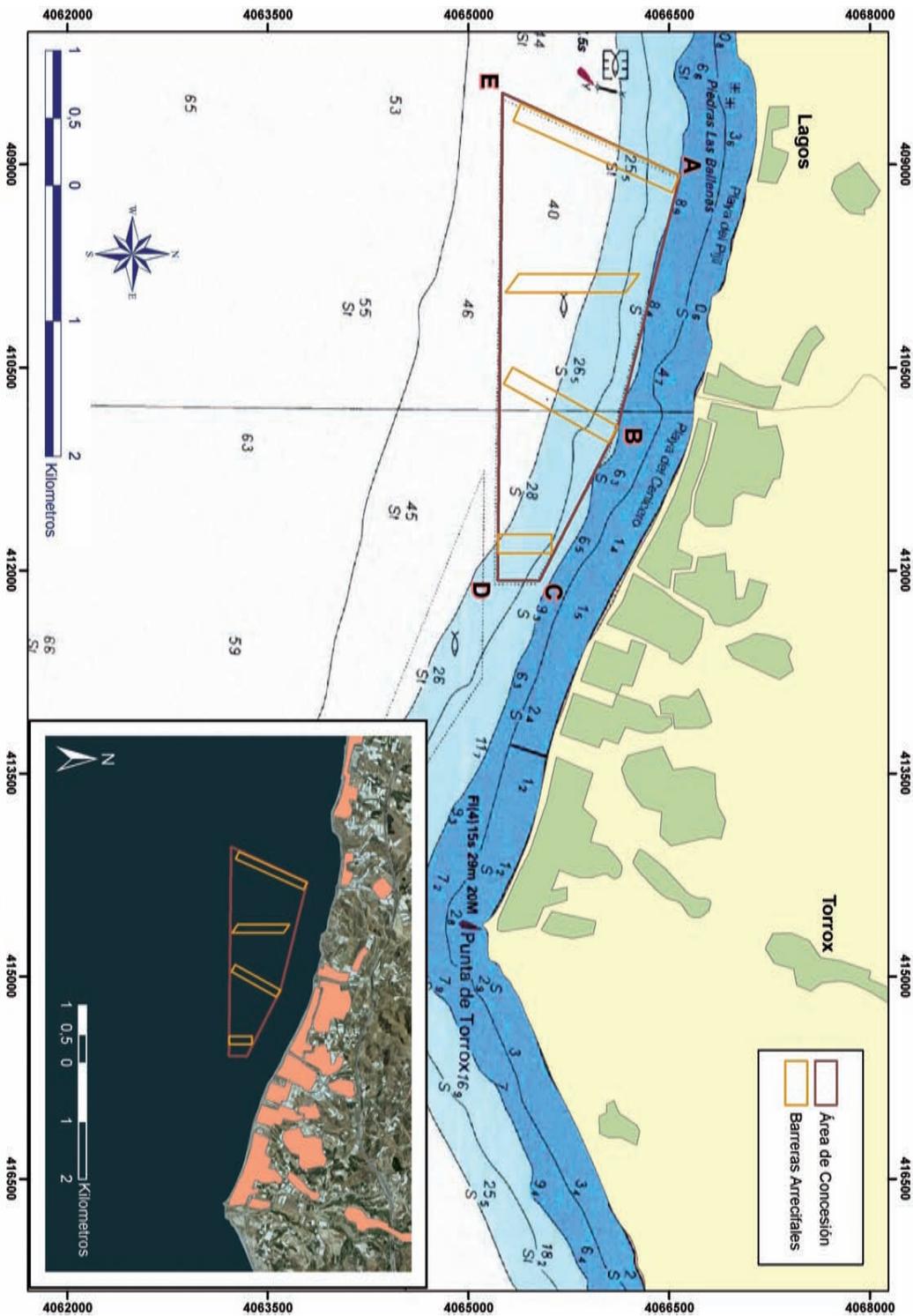


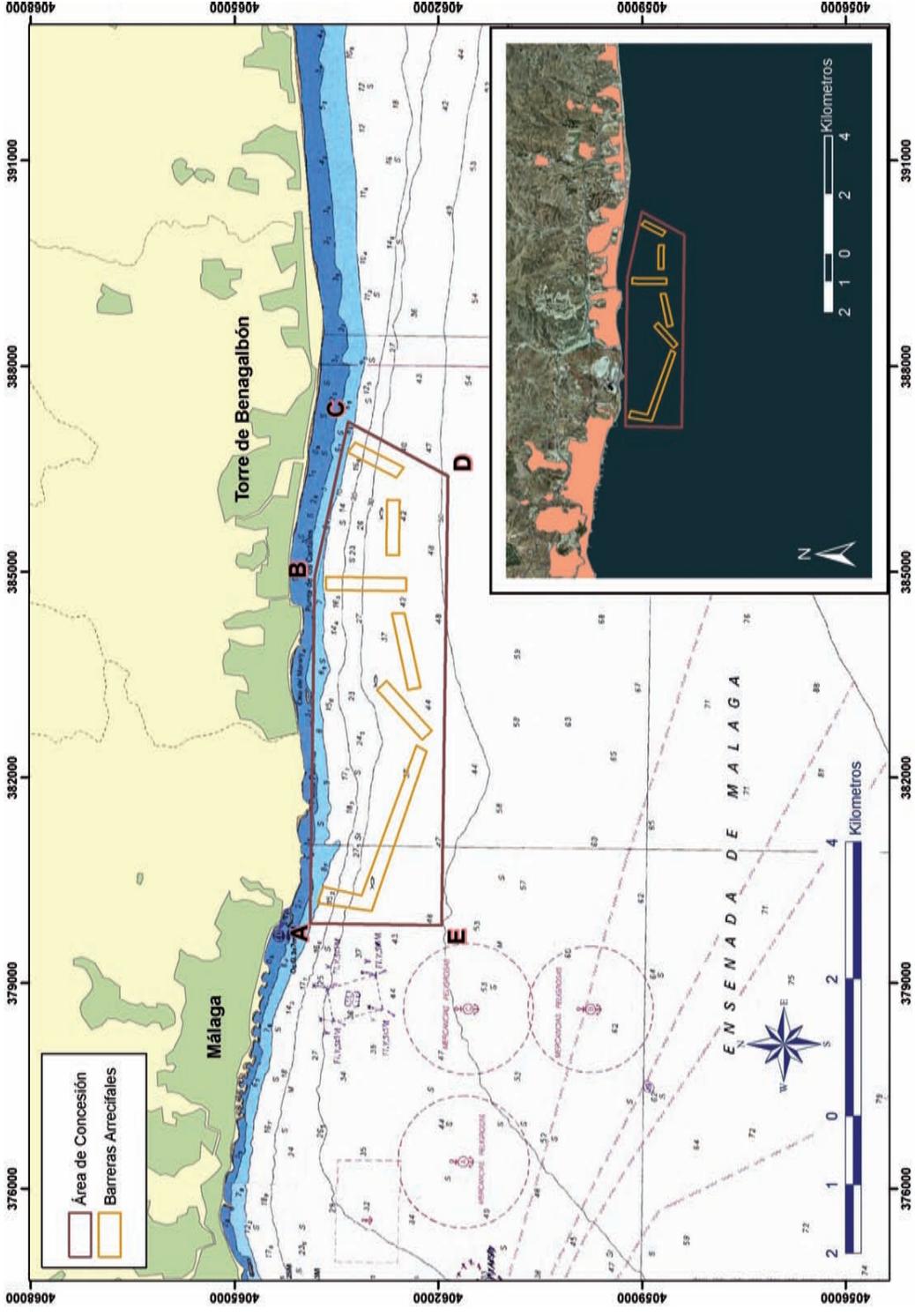
Área de Concesión
 Barreras Arrecifales



Arrecife Artificial "Torre Perdigal-Rambal de la Amoladera" (Almería)

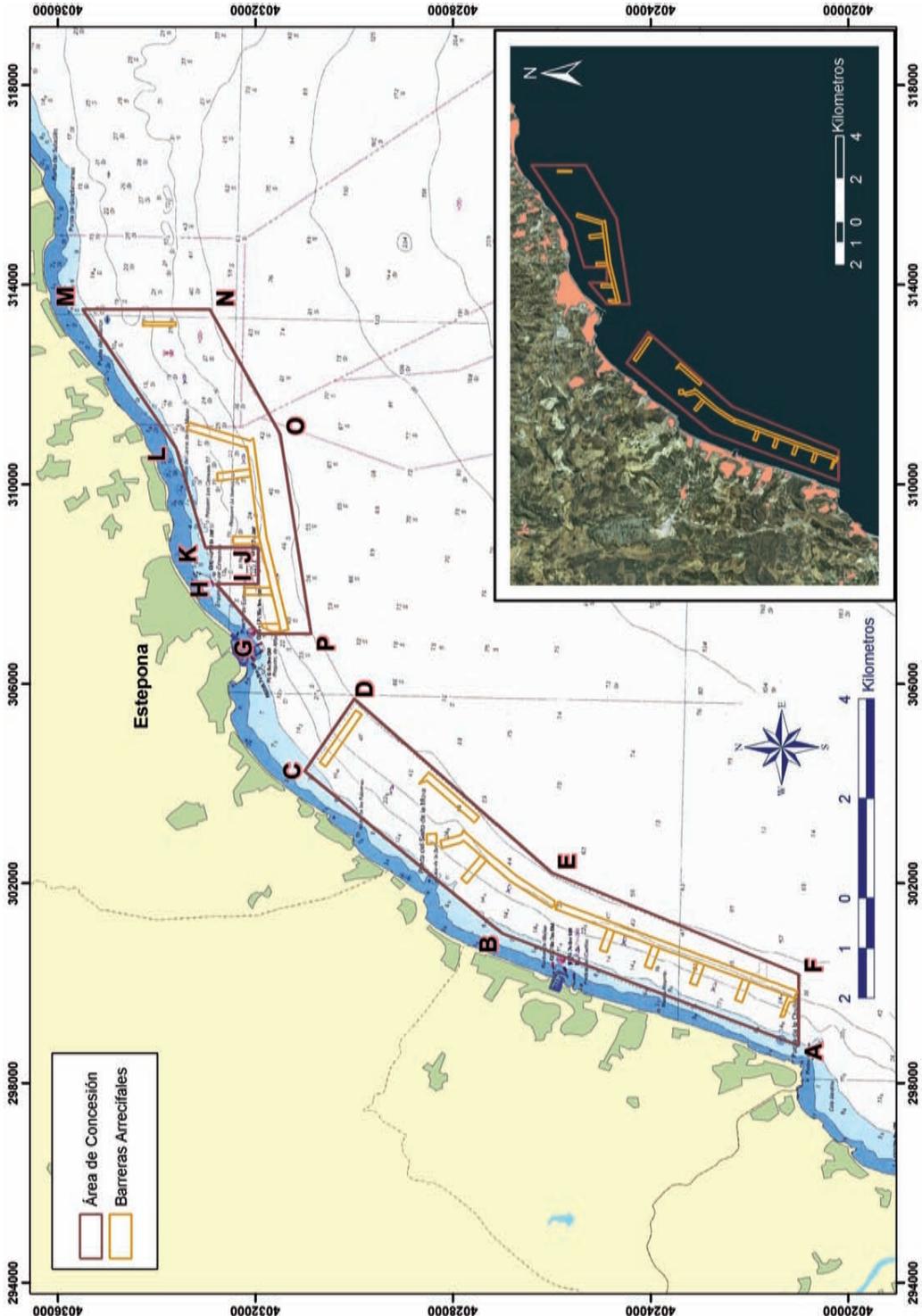
Arrecife Artificial "Río Lagos-Punta de Torrox" (Málaga)





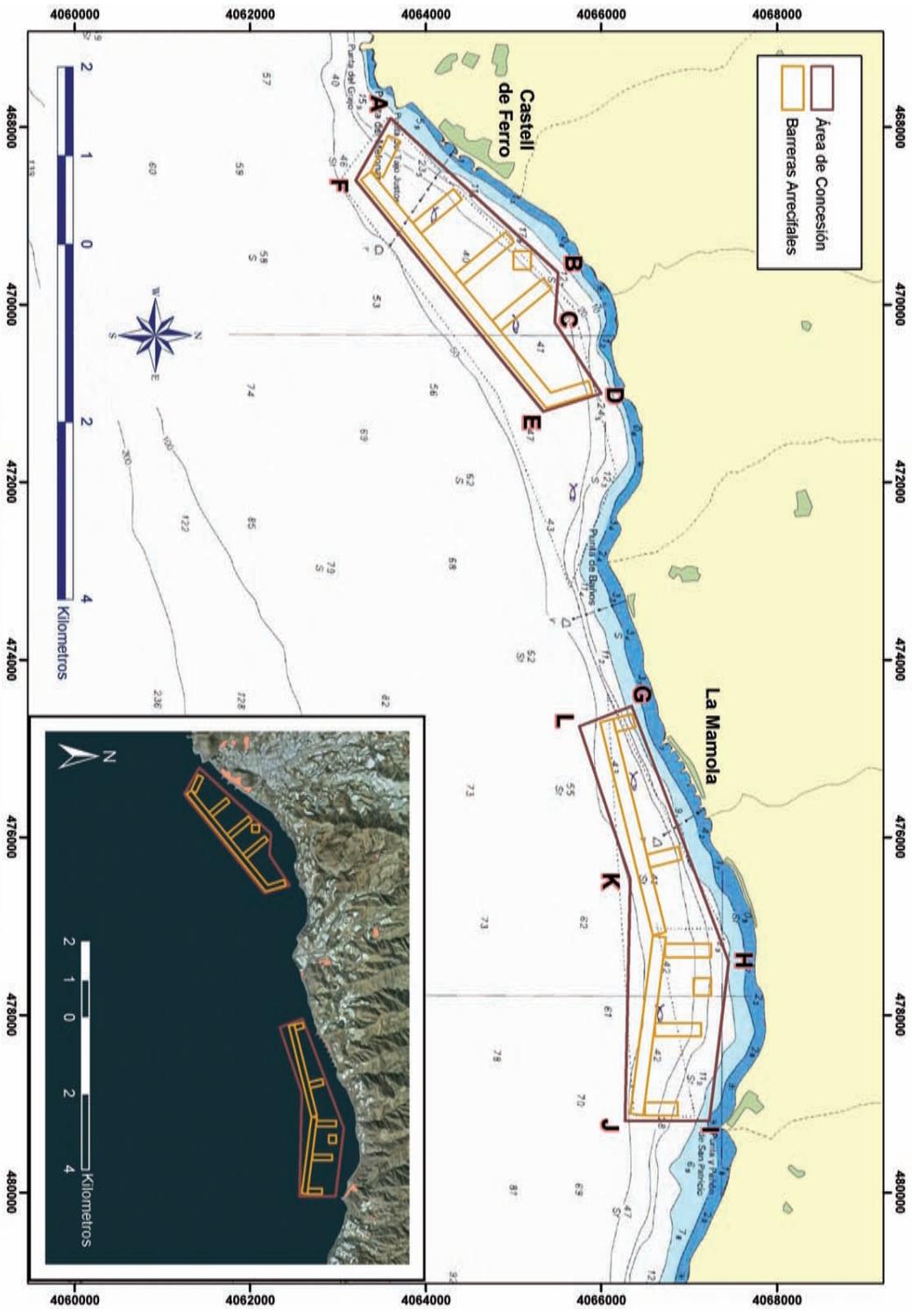
- Área de Concesión
- Barreras Arrecifales

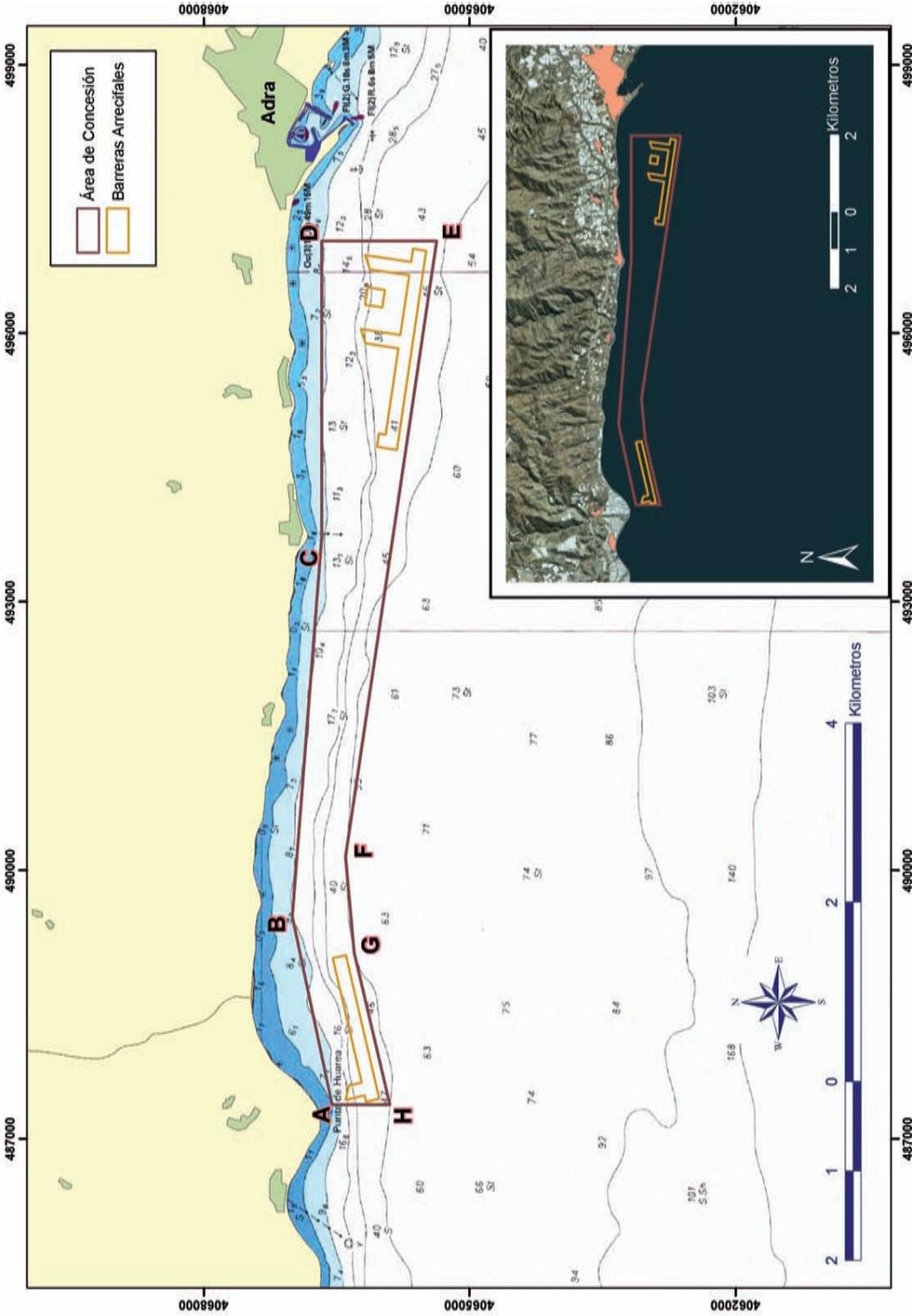
Arrecife Artificial "P.D. El Candado-Torre de Benagalbón" (Málaga)



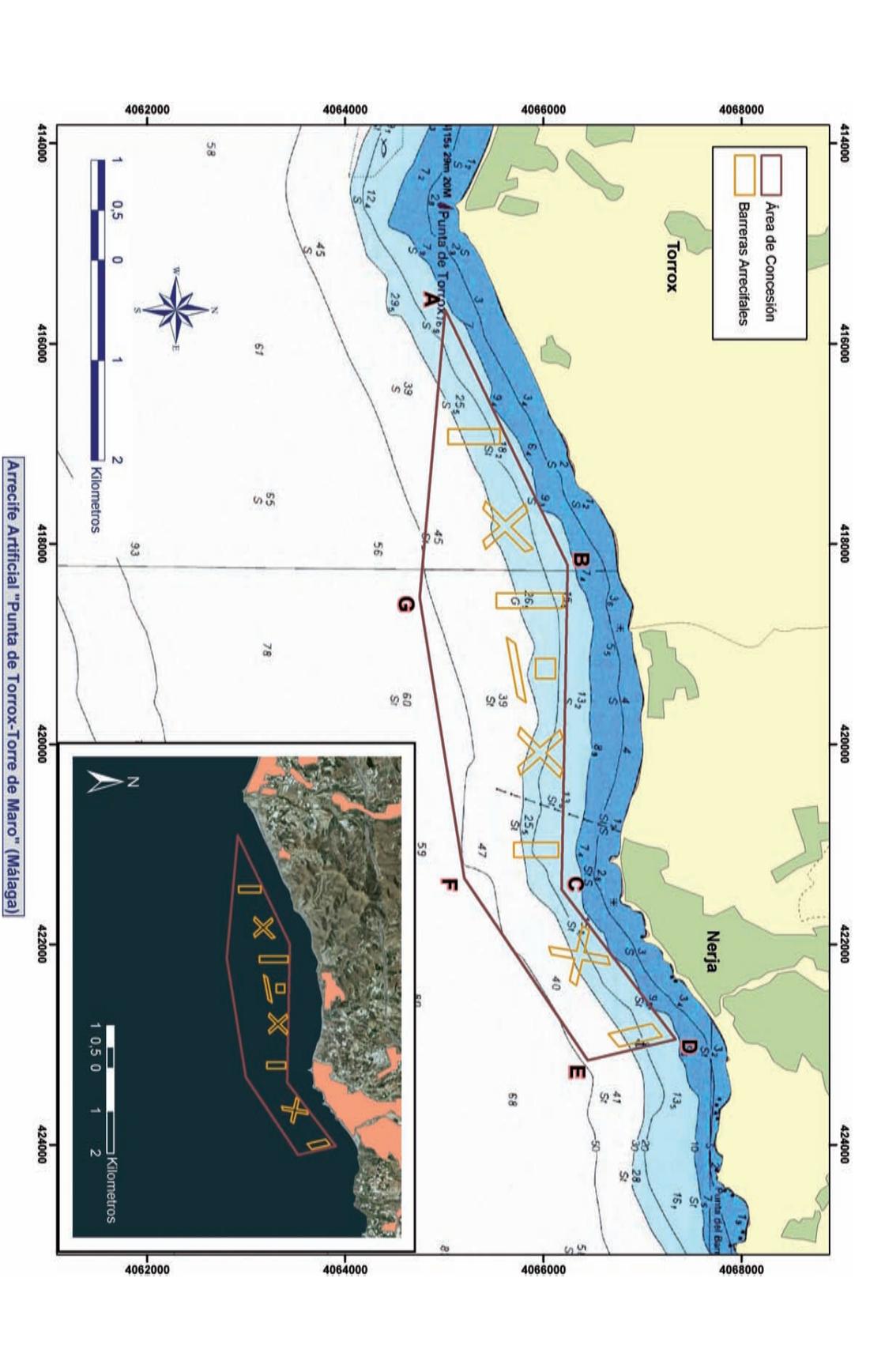
Arrecife Artificial "Punta Chullera-Torre Albelerin" (Málaga)

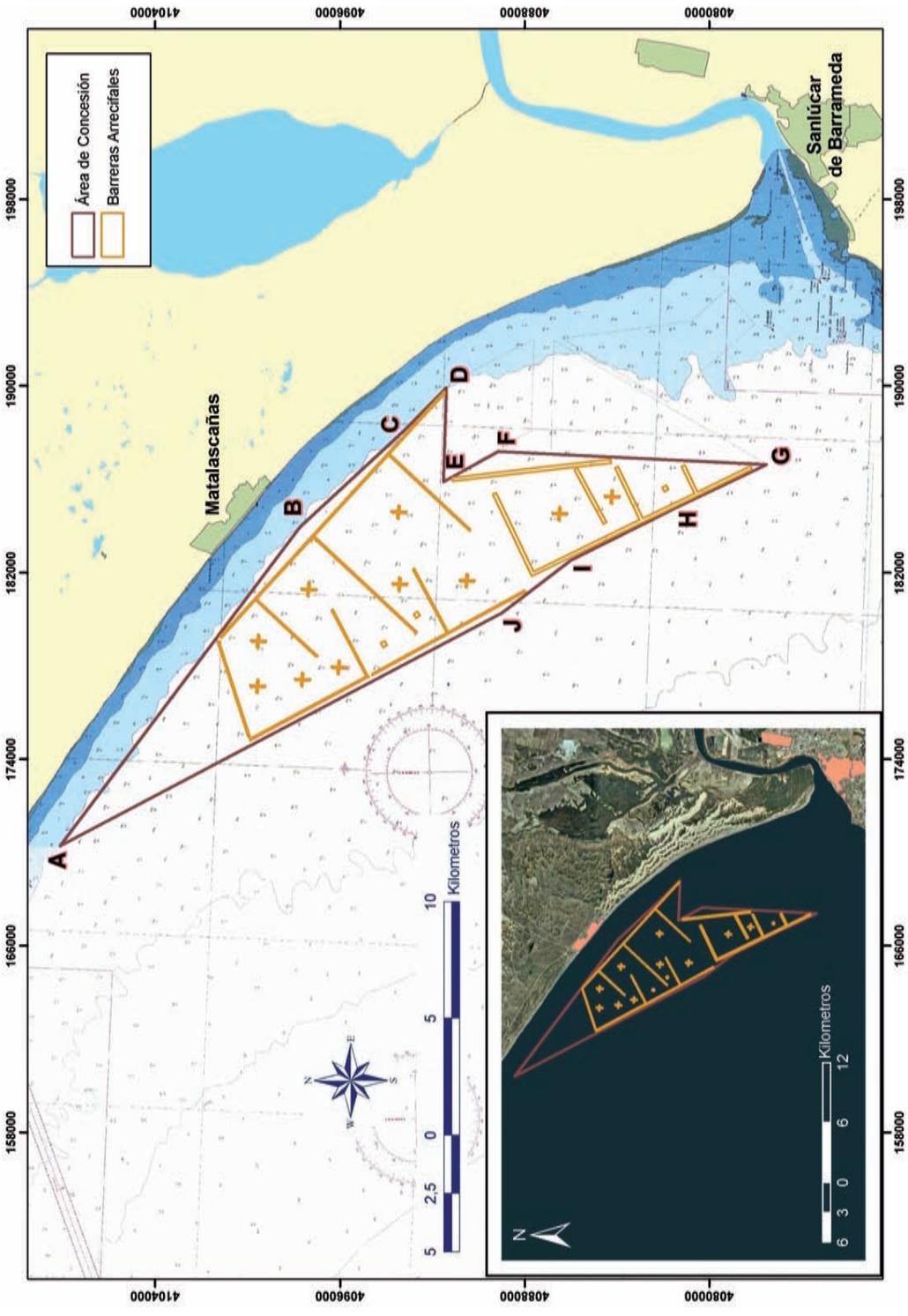
Arrecife Artificial "Punta Melonar-Torre Melisena" (Granada)



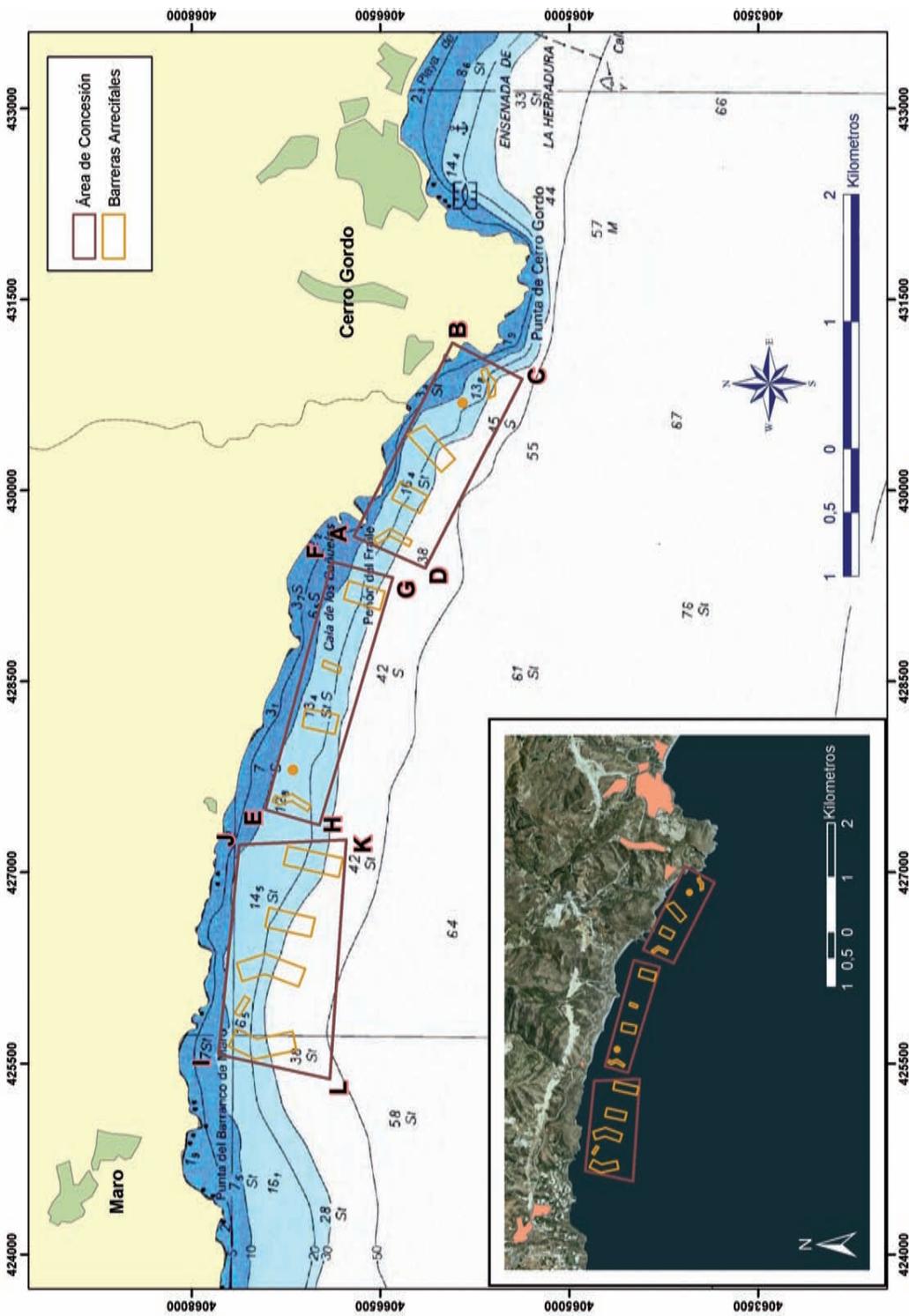


Arrecife Artificial "Punta Huarca-Rambía de Bolaños" (Almería)

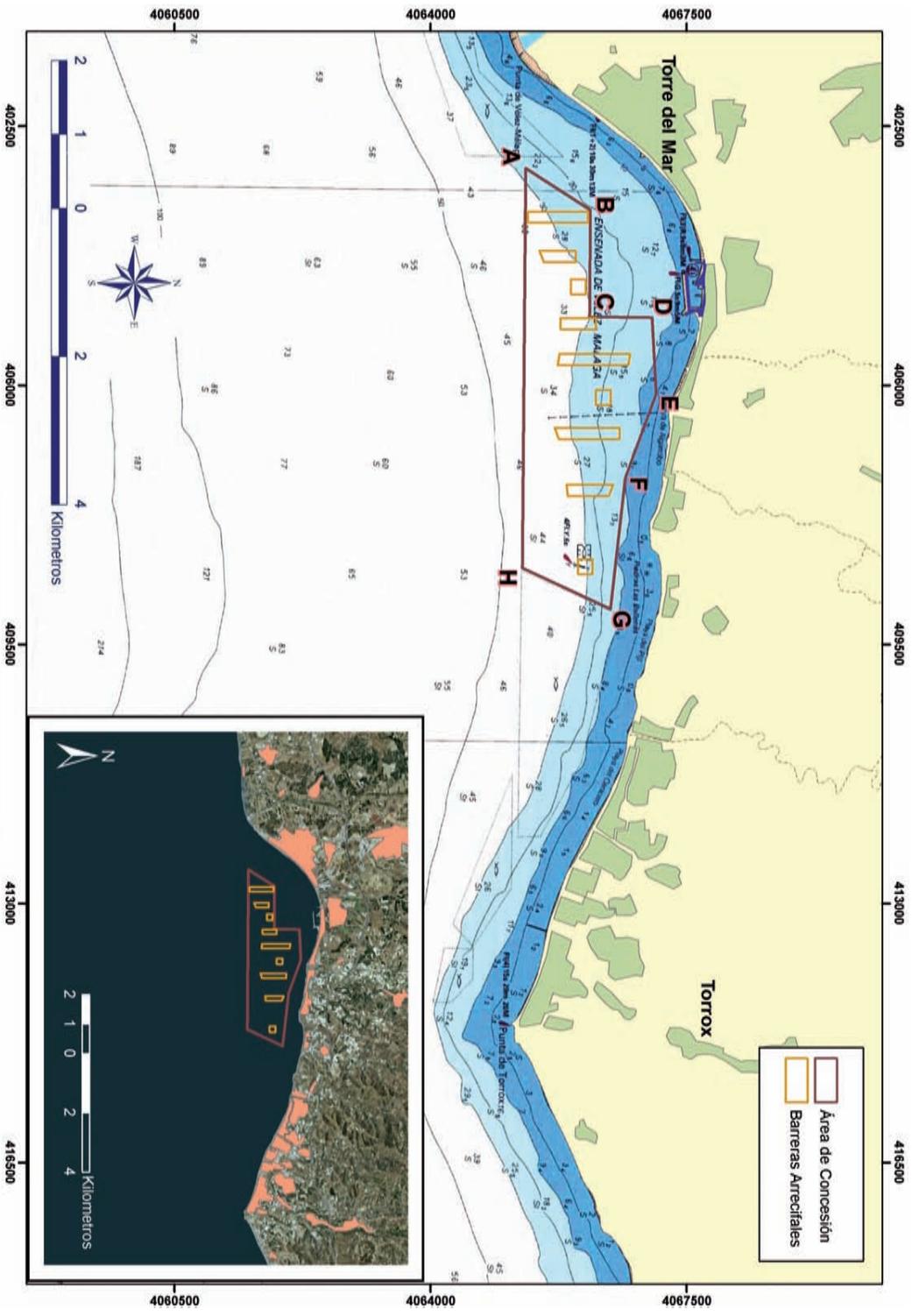




Arrecife Artificial "Matalascañas" (Huelva)

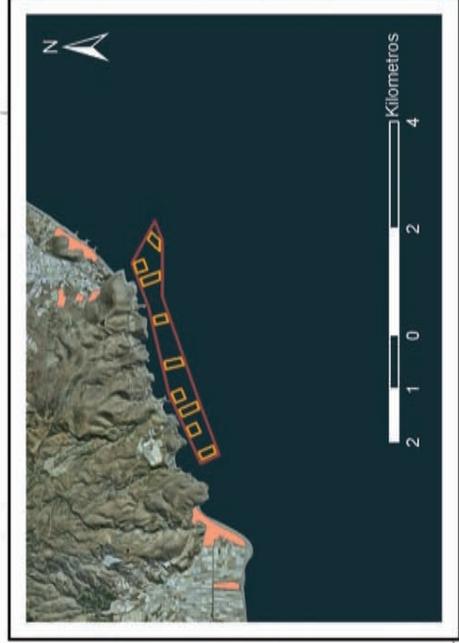
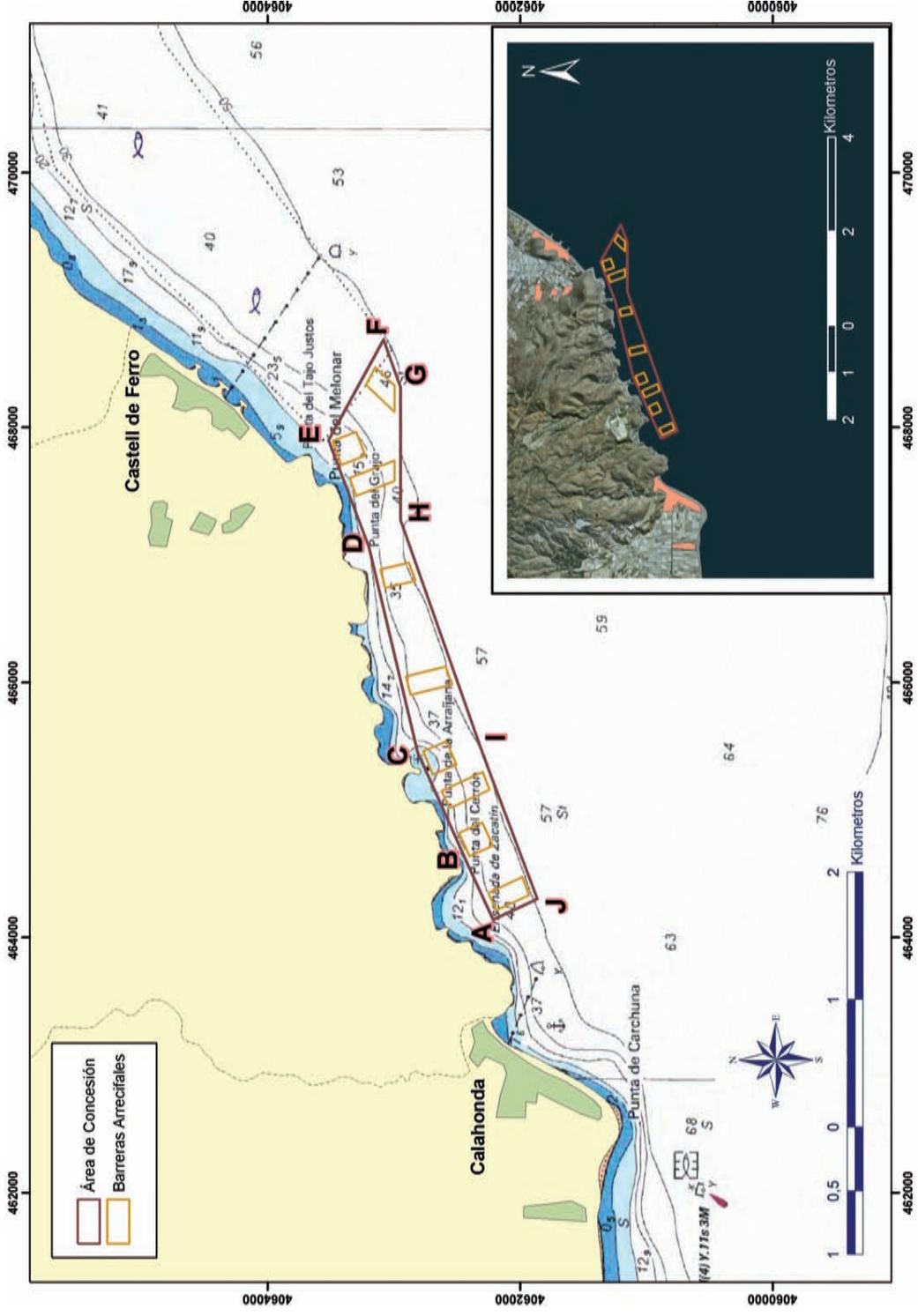


Arrecife Artificial "Maro-Cerro Gordo" (Málaga-Granada)



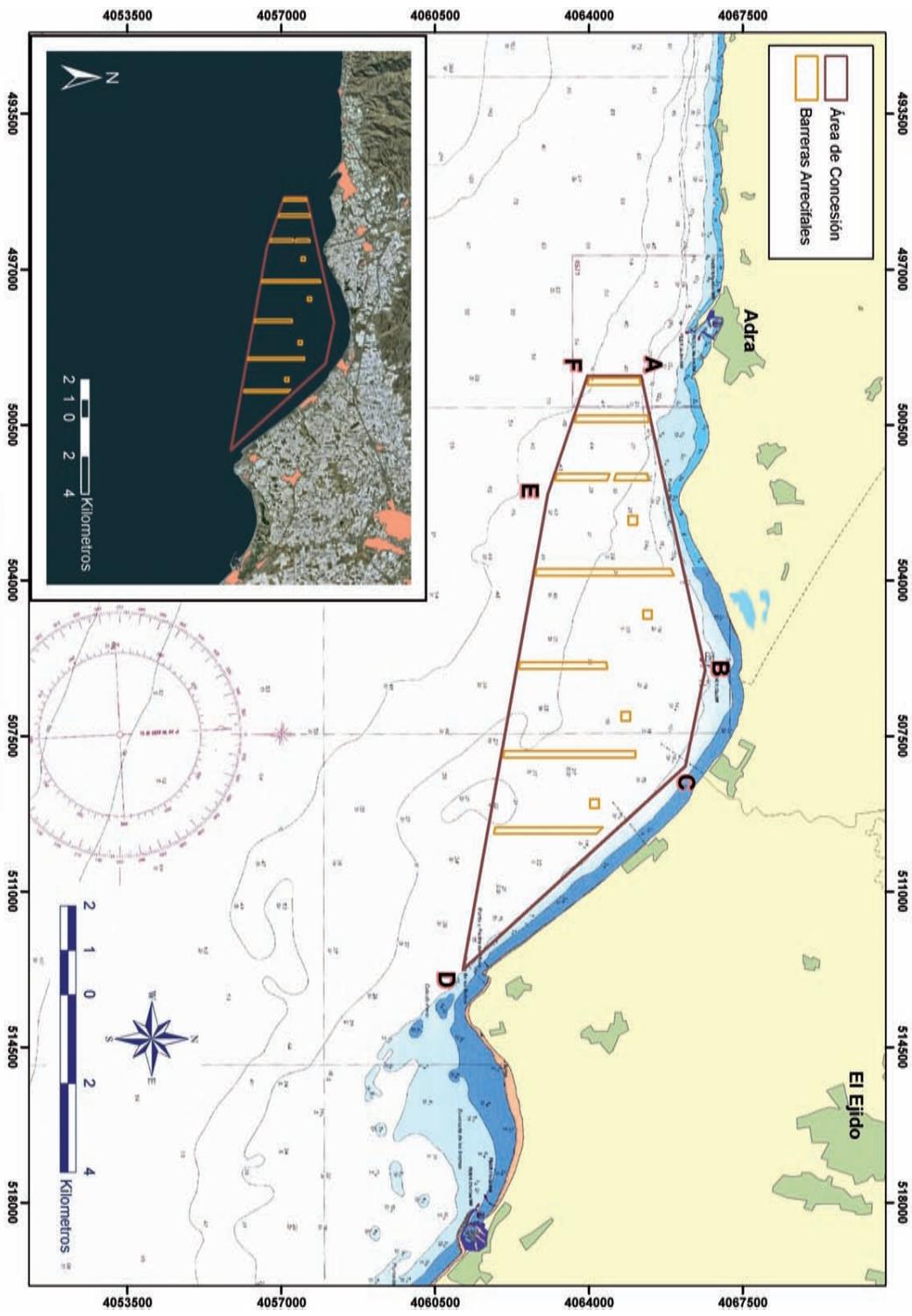
Arrecife Artificial "Algarrobo" (Málaga)

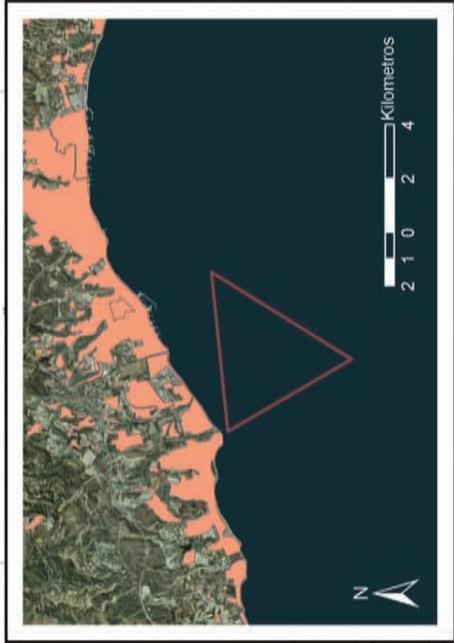
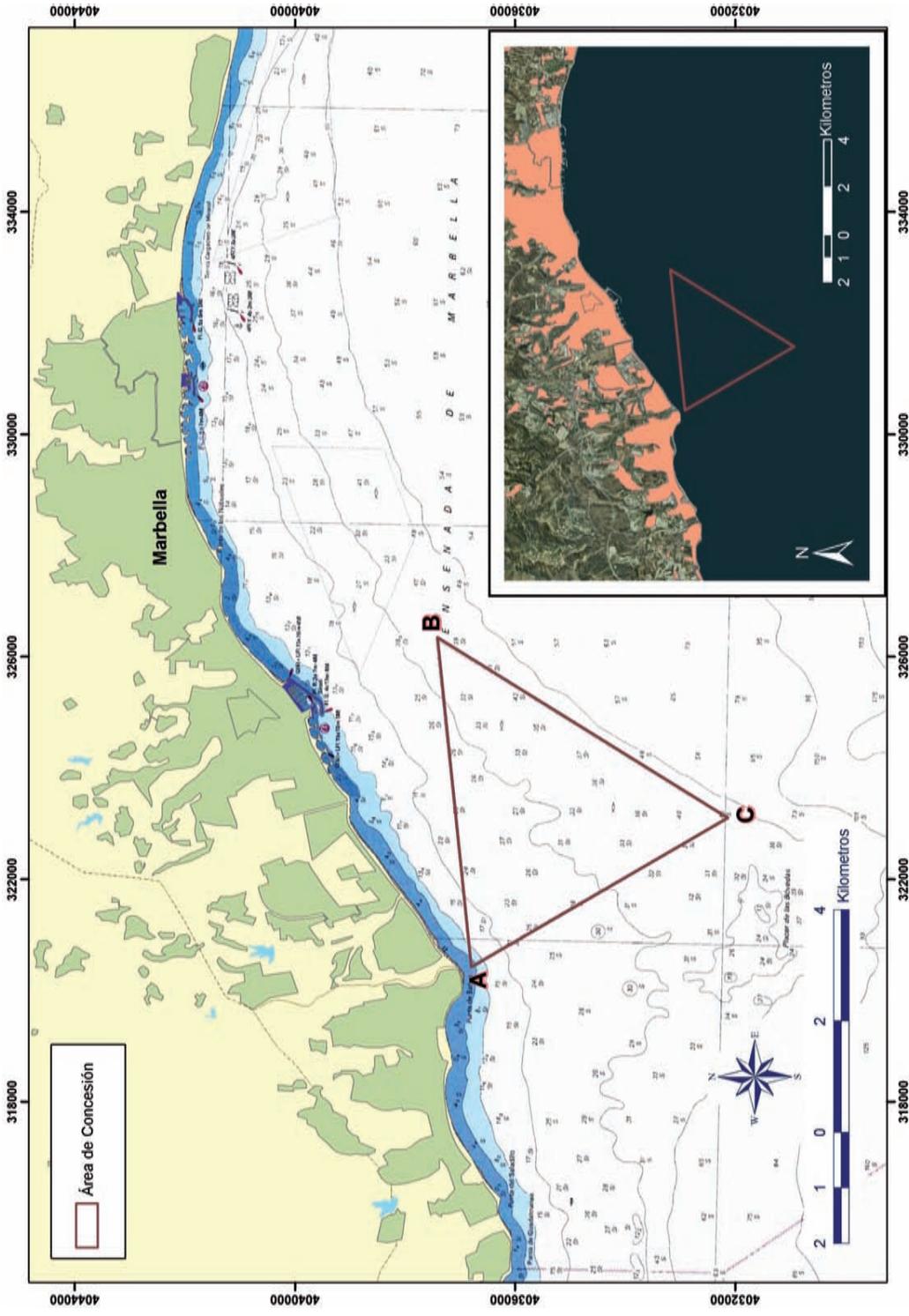
- Área de Concesión
- Barreras Arrecifales



Arrecife Artificial "Calahonda" (Granada)

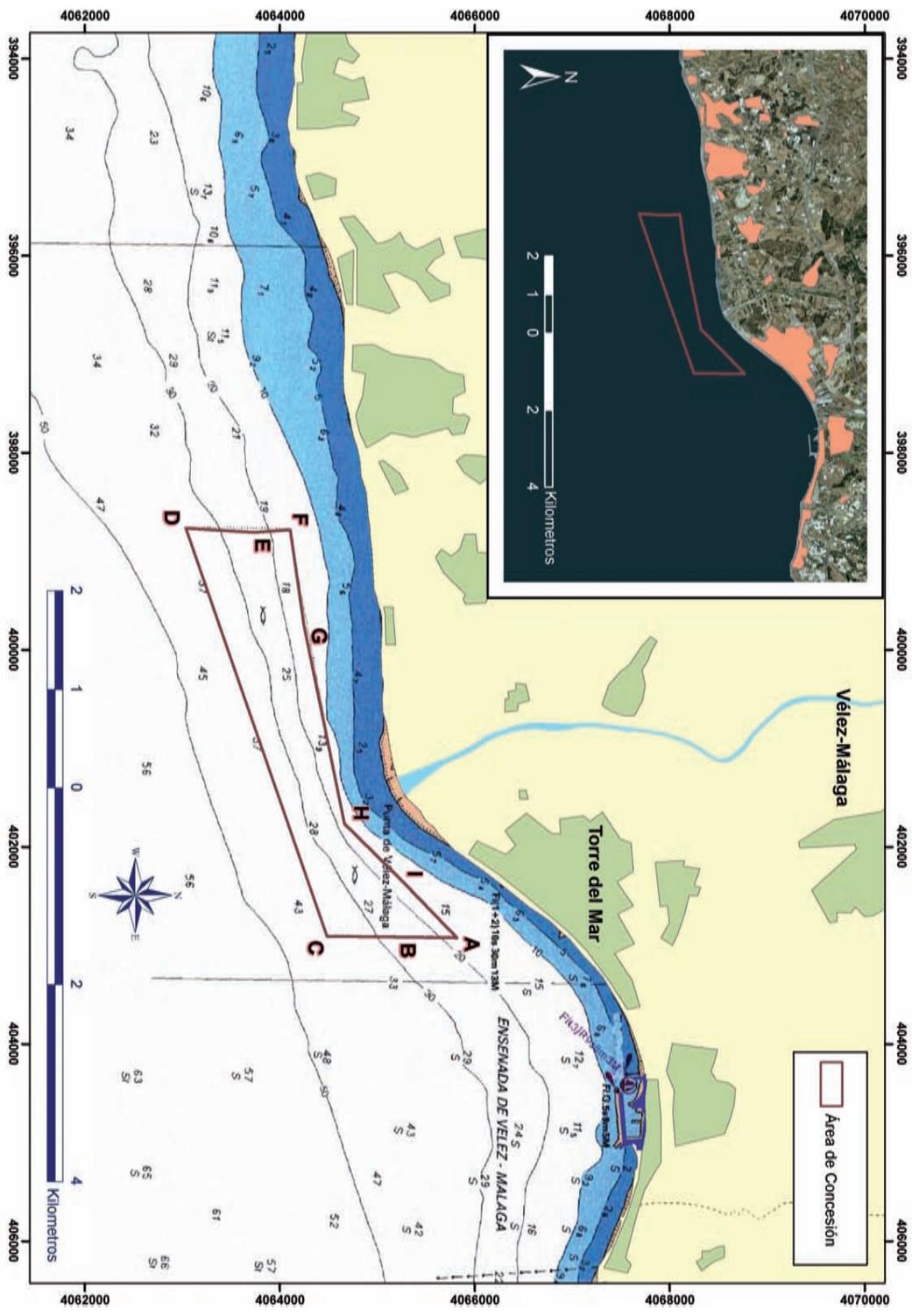
Arrecife Artificial "Adra" (Almería)



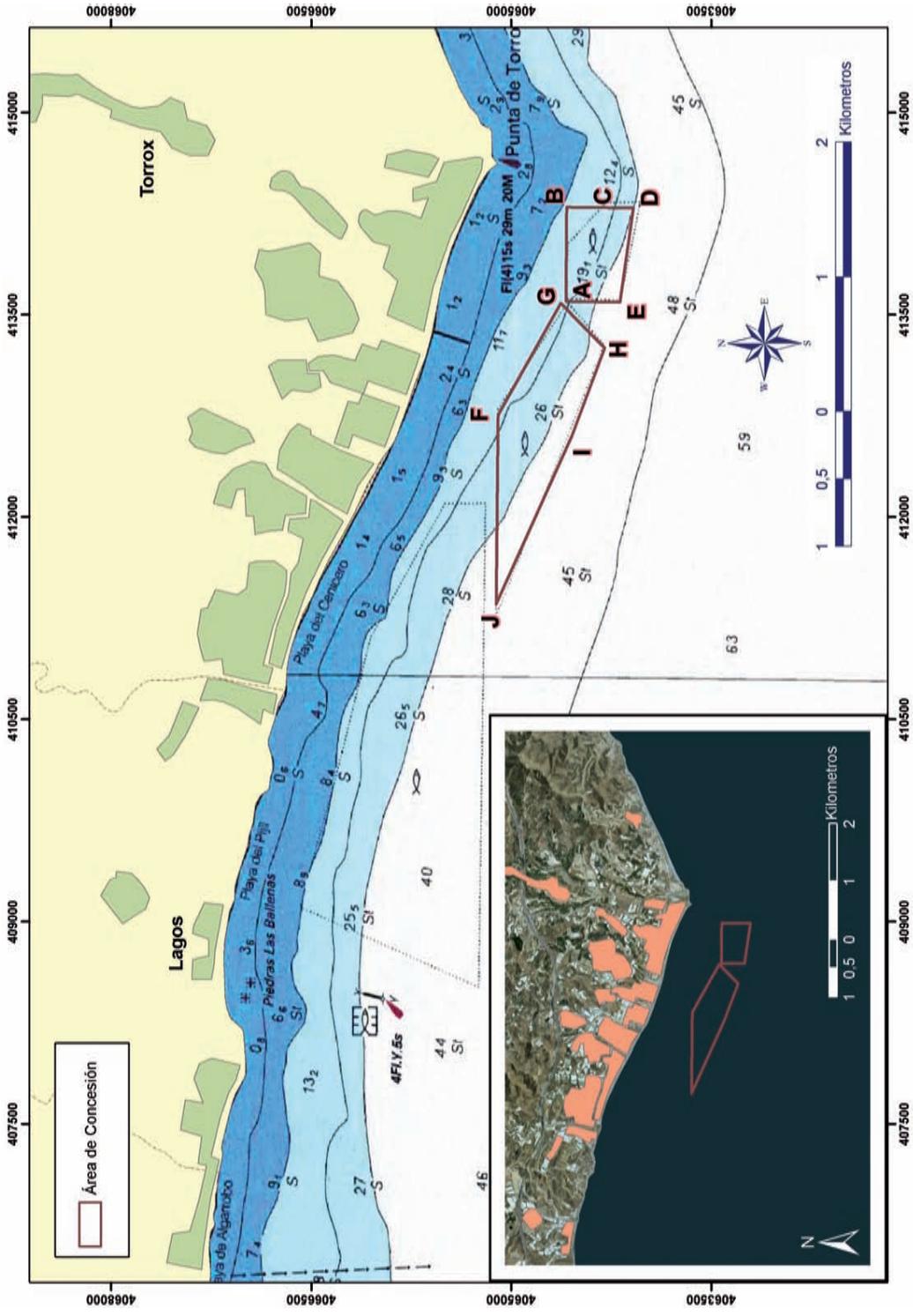


Árrecife Artificial "Punta de Baños-Marbella" (Málaga) (MAPA)

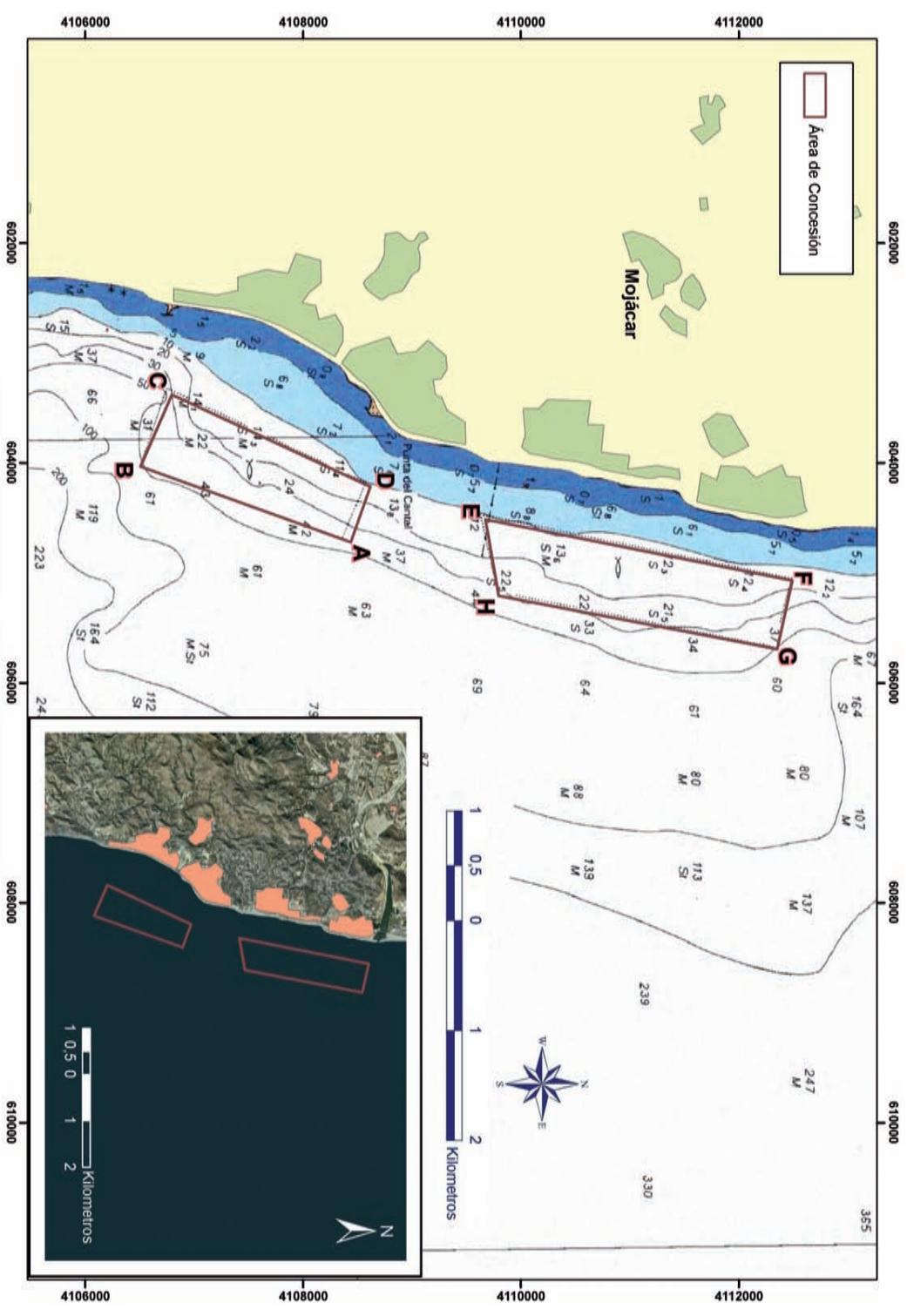
Arrecife Artificial "Punta de Vélez-Málaga" (Málaga) (MAPA)

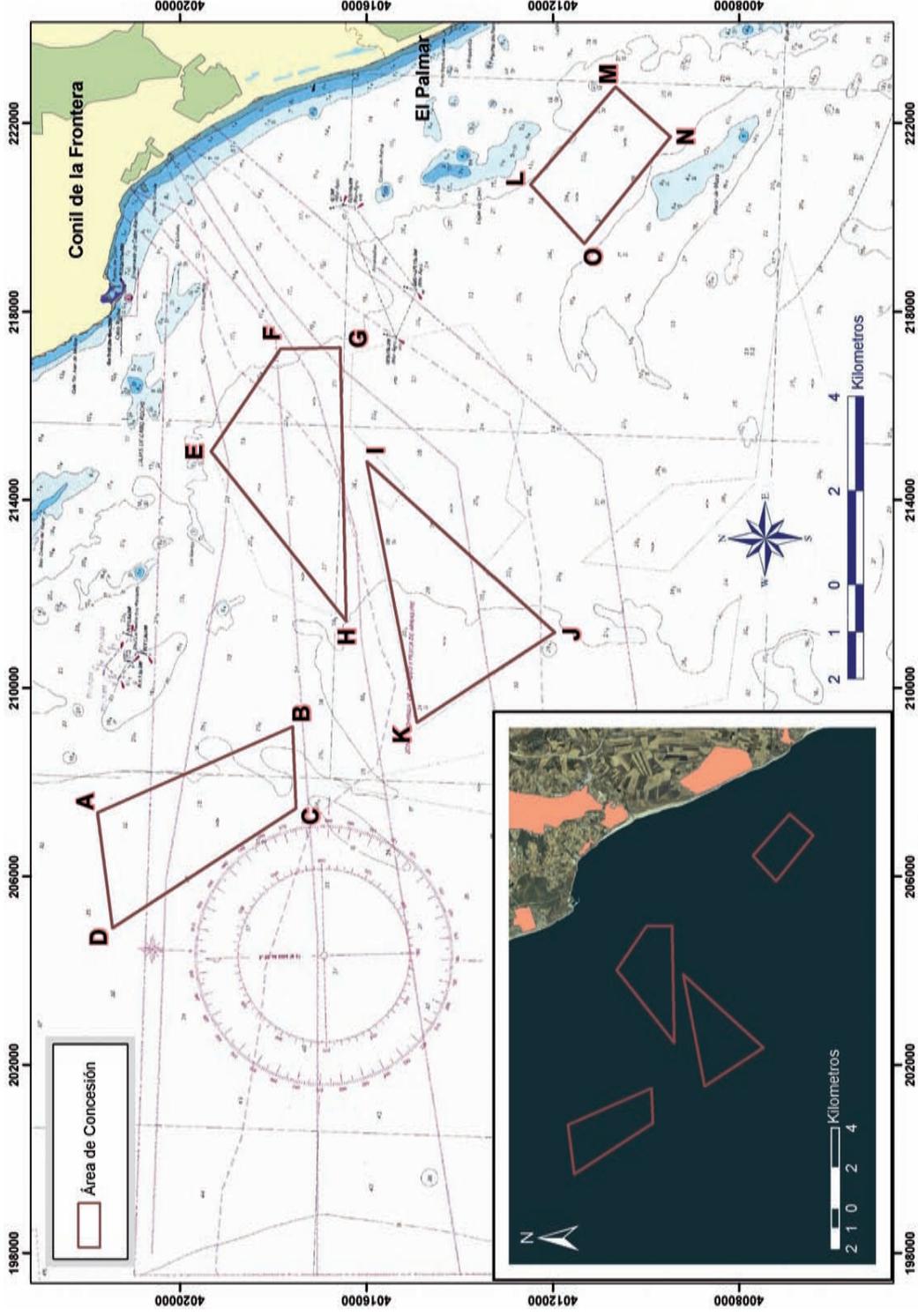


Área de Concesión



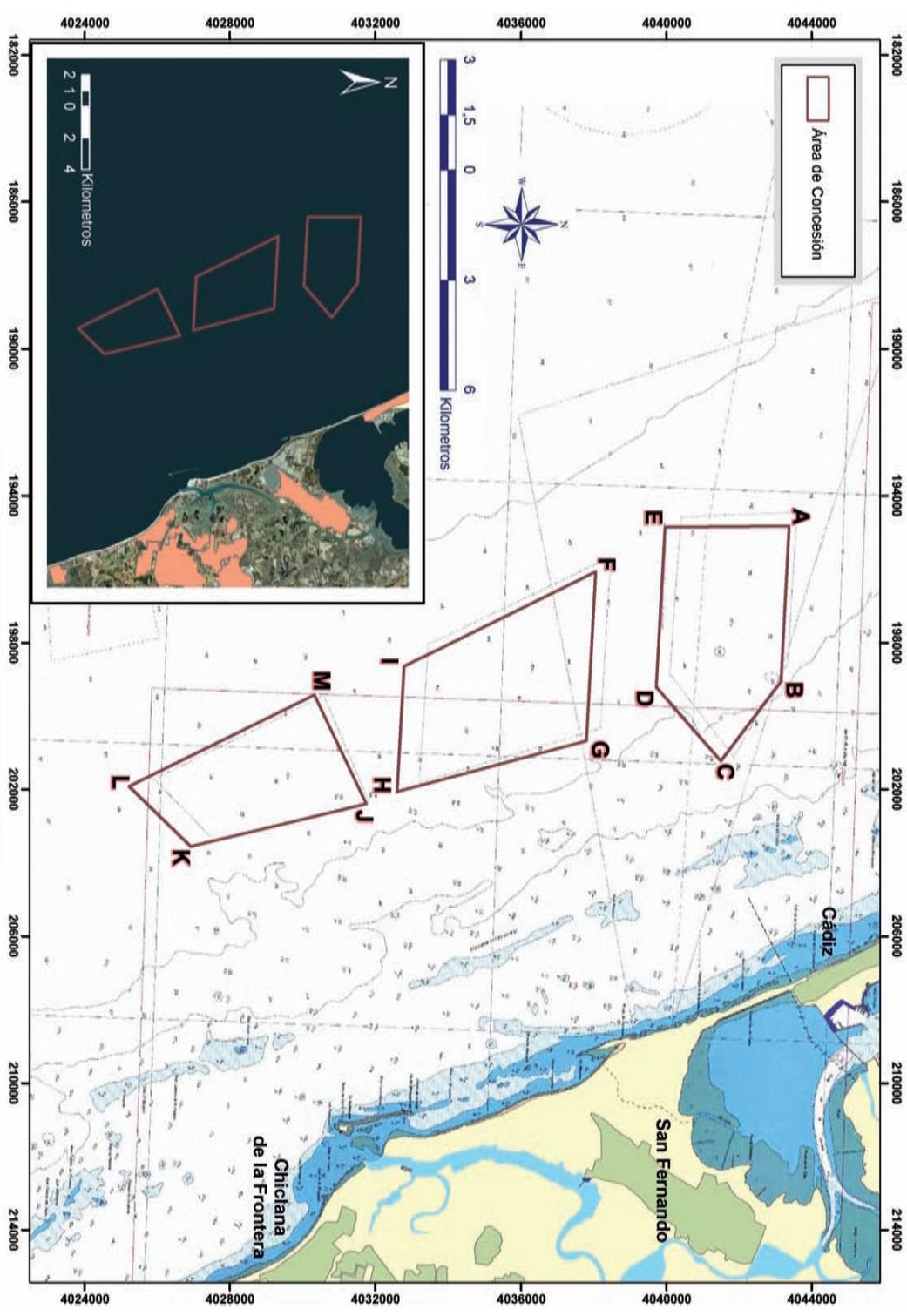
Arrecife Artificial "Cerro del Obispo-Mojácar" (Almería) (MAPA)

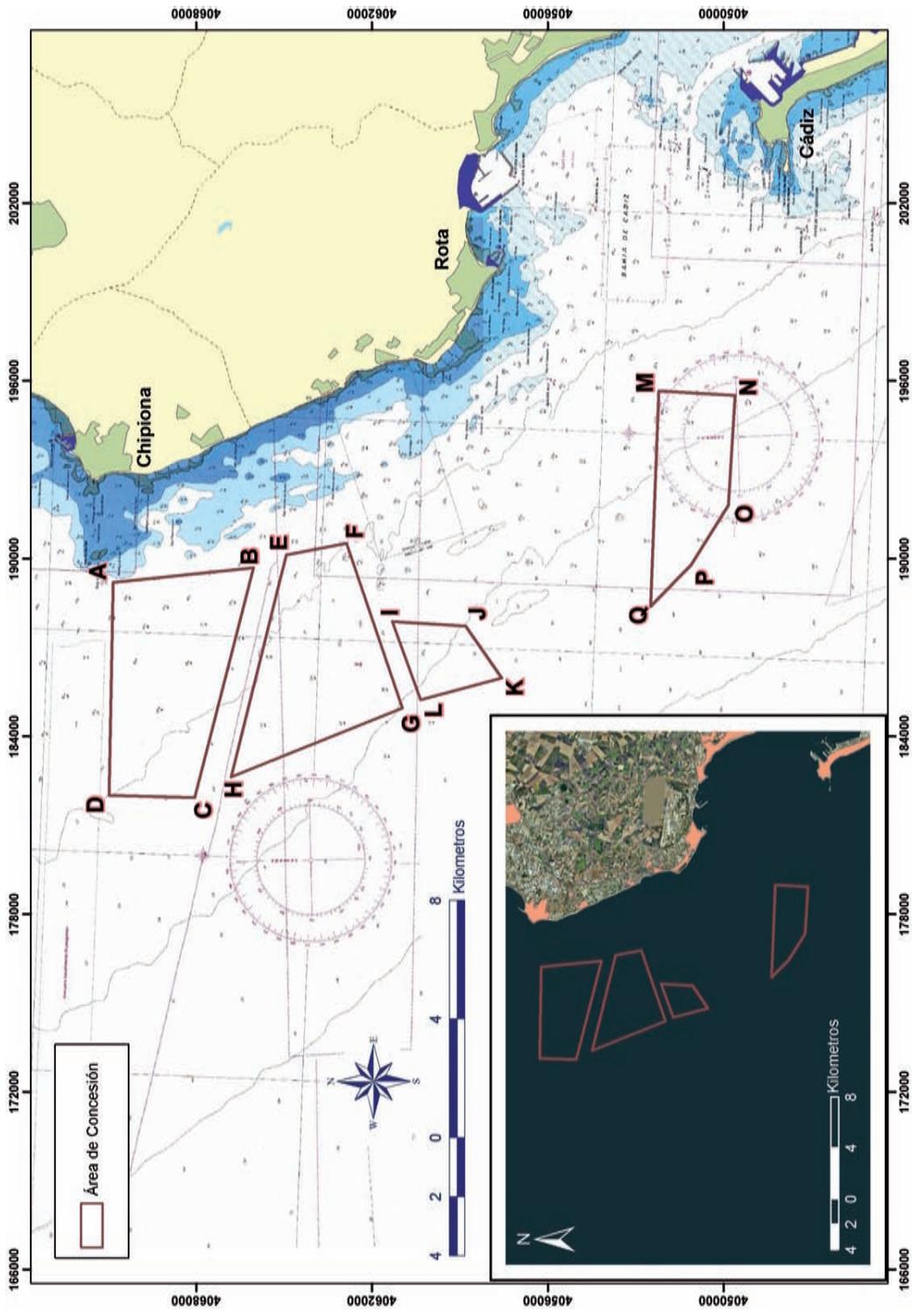




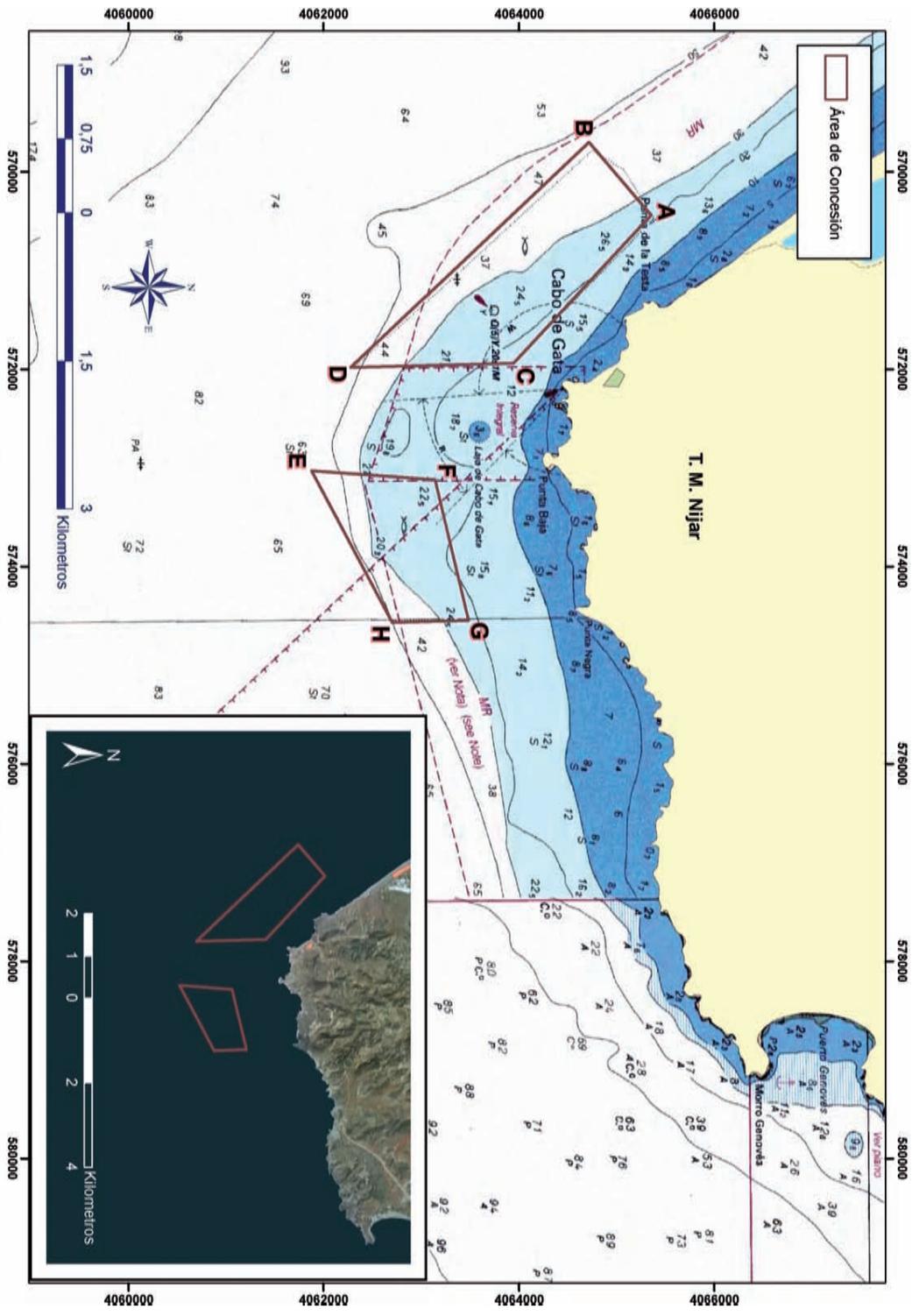
Arrecife Artificial "Conil" (Cádiz) (MAPA)

Arrecife Artificial "Sancti Petri" (Cádiz) (MAPA)

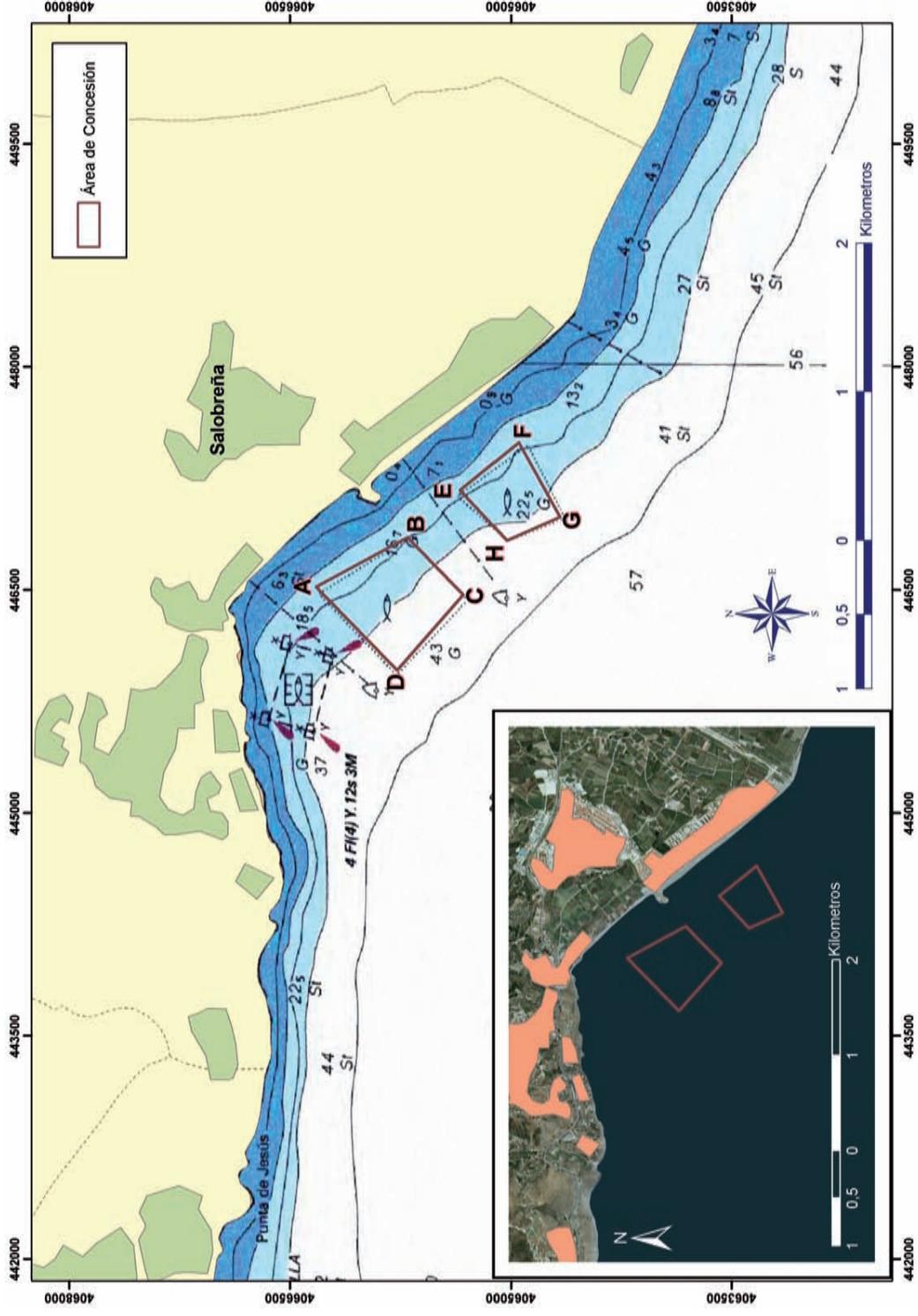




Arrecife Artificial "Chipiona-Rota" (Cádiz) (MAPA)



Arrecife Artificial "Cabo Gata" (Almería) (CMA)



Arrecife Artificial "Salobreña" (Granada) (AYTO)