

# PROYECTO DE INVESTIGACIÓN BIOLÓGICA “BAHIA DE ALGECIRAS”.

J. C. García Gómez / L. A. Alvarez / C. M. López

## INTRODUCCIÓN

A finales del pasado año se presentaron los resultados del proyecto de investigación biológica “*Estudio de las comunidades bentónicas de la Bahía de Algeciras y Estrecho de Gibraltar*”, que se ha llevado a cabo en aguas de la Bahía durante los últimos cinco años. Han sido numerosos los resultados, y de modo resumido se recogen a continuación en un extracto de la publicación, que fue distribuida entre todos los asistentes al acto de presentación, celebrado el mes de Noviembre del año pasado. Dado el gran interés despertado entre la ciudadanía del Campo de Gibraltar por el proyecto, y el compromiso por parte del Laboratorio de Biología Marina de facilitar toda la información referente a dicho proyecto, creemos conveniente dar a los resultados una difusión pública.

## ANTECEDENTES

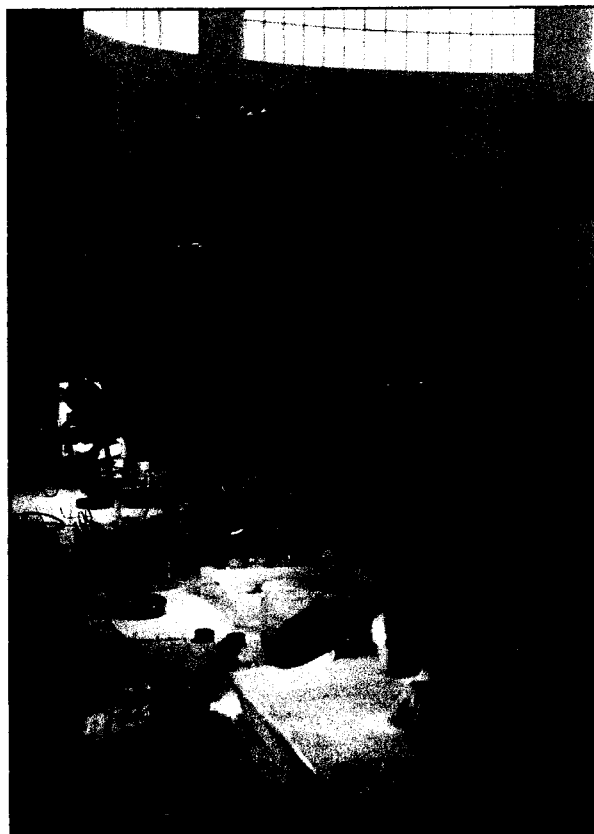
El proyecto de investigación biológica “*Estudio de las comunidades bentónicas de la Bahía de Algeciras y Estrecho de Gibraltar*” surgió por iniciativa de la Compañía Española de Petróleos (CEPSA), Fundación Sevillana de Electricidad, Excmo. Ayuntamiento de los Barrios y la Mancomunidad de Municipios del Campo de Gibraltar, instituciones patrocinadoras del mismo, y en virtud de diversos estudios específicos realizados en el marco general del proyecto, contó también con la participación decidida de la Autoridad Portuaria de la Bahía de Algeciras. El presupuesto inicial ascendió a setenta millones de pesetas y fue concertada su ejecución con el Laboratorio de Biología Marina (LBM) de la Facultad de Biología de la Universidad de Sevilla en colaboración con el Departamento de Biología Animal, Vegetal y Ecología de la Facultad de Ciencias del Mar de Cádiz. Ha sido dirigido y coordinado por J.C. García Gómez, profesor de la Universidad de Sevilla y en el estudio han participado, con diferentes niveles de dedicación, más de veinte investigadores de distintas universidades

# Medio Ambiente

españolas y centros extranjeros, aunque sólo nueve de ellos, en régimen de formación de personal investigador, han intervenido de forma exclusiva.

La idea del proyecto se afianzó en 1989 debido al interés social generalizado por conocer la realidad biológica de la Bahía de Algeciras, para contribuir a esclarecer su estado general medioambiental y coadyuvar a una futura mejor planificación, gestión y explotación de las actividades humanas desarrolladas en la zona. De esta forma se pretendía obtener extensa y rigurosa información sobre una de las franjas litorales menos conocidas biológicamente de Europa, para, a la postre, convertirse en una de las mejor documentadas.

Su período de realización se estableció en cuatro años (julio de 1991 a julio de 1995), para cuyo diseño y planteamiento provisional de objetivos se efectuó la campaña oceanográfica "BAHIA 90", financiada por CEPSA, llevada a cabo por el LBM durante julio-agosto de 1990. Los objetivos definitivos fueron establecidos durante los años 1991-1992 tras conocerse, de forma cualitativa, las características generales de la biota marina, aspecto básico para dimensionar convenientemente el estudio y asegurar su viabilidad, sobre todo a nivel cuantitativo.



Dependencias del Laboratorio de Palmones, donde se ha desarrollado parte de la actividad científica del proyecto.

## OBJETIVOS GENERALES

1. Conocer la biodiversidad de los fondos infralitorales de la Bahía de Algeciras y áreas próximas del Estrecho de Gibraltar (macrobentos en general, con exclusión de los vertebrados), hasta una profundidad máxima de 30 metros.
2. Estudiar la distribución de las especies y, para determinados grupos zoológicos, aspectos relevantes de su ecología (entre otros: diversidad de Shannon, equitatividad, adaptabilidad, evolución espacio-temporal, tipificación de enclaves específicos, caracterización de la heterogeneidad espacial por análisis fractal y de los niveles de similaridad entre agrupaciones biológicas y su correlación con parámetros fisicoquímicos mediante aplicación de métodos analíticos uni y multivariantes).
3. Caracterizar las comunidades de organismos asociadas a sustrato blando para su uso como bioindicadores de la calidad ambiental de los fondos, mediante la aplicación de modelos e índices de evaluación específicos.
4. Proponer estaciones litorales de seguimiento periódico para establecer un control futuro de la evolución de las comunidades biológicas, con la finalidad de detectar y corregir posibles cambios que pudieran perjudicar su actual estado de equilibrio.

## SÍNTESIS DE RESULTADOS

Los resultados se integran en seis volúmenes de contenido científico neto (incluyendo texto, gráficas, tablas y fotografías) y dos volúmenes anexos que recogen la difusión científica y divulgativa que hasta el momento ha deparado el proyecto. En el marco de éste se han defendido seis Tesis Doctorales, y otras cinco se encuentran en fase de elaboración y redacción final del manuscrito. Los resultados generales que se extraen son:

- 1) Como aportación al conocimiento de la biodiversidad se han censado un total de 1.731 especies en el Estrecho de Gibraltar, de las cuales 34 se han descrito como nuevas para la Ciencia, 134 han sido citadas por primera vez para España y 462 para las costas andaluzas. En particular para la Bahía de Algeciras se han censado 1.465 especies, incluyendo 10 nuevas especies para la Ciencia, 53 nuevas citas para España y 213 para Andalucía.

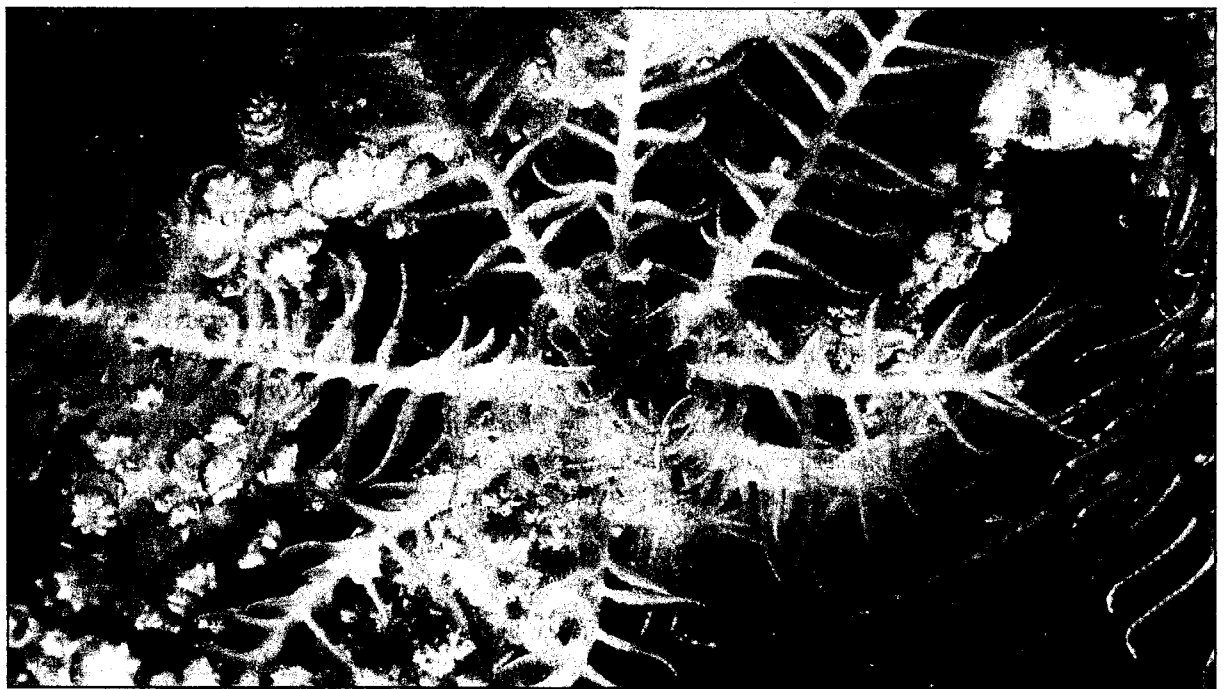
Para facilitar el estudio de la composición y distribución de los organismos se delimitaron 16 áreas a lo largo del arco de la bahía. Estas fueron establecidas con el objetivo de englobar y caracterizar la alta heterogeneidad medioambiental del área geográfica sujeta a estudio. Todas las especies citadas han sido localizadas e identificadas en el ámbito del proyecto si bien la escasa bibliografía biológica existente sobre la bahía ha permitido detectar algunas importantes ausencias en la composición biológica de los fondos.

- 2) A la luz de los resultados faunísticos y su comparación con la fauna mundial, mediante la aplicación de índices específicos y el análisis comparativo de numerosos inventarios, se ha detectado para la mayoría de los grupos zoológicos una mayor influencia mediterránea frente a la atlántica. Por otro lado, con este estudio se han ampliado los límites de distribución general de numerosas especies.
- 3) Se ha redescrito la anatomía externa e interna de más de 300 especies. Taxonómicamente, ello ha supuesto, además de aportar numerosos aspectos inéditos coadyuvantes a un mejor conocimiento de las mismas, sinonimizar algunas de éstas con especies anteriormente conocidas, mientras que otras han recuperado la identidad específica que habían perdido.
- 4) La aplicación conjunta de distintas técnicas estadísticas (análisis Cluster, MDS, análisis de Correspondencias Canónicas, análisis BIO-ENV, entre otras), revelan la existencia de distintos grados de adaptación y tolerancia de las especies frente a la heterogeneidad de hábitats y la influencia de los principales factores hidrológicos que imperan en este área geográfica, detectándose diferencias significativas en la composición específica correspondiente a zonas alteradas y conservadas. Así, la presencia casi constante de determinadas especies como *Cliona celata*, *Cliona viridis*, *Stylopus dujardini*; *Anemonia sulcata*, *Aiptasia mutabilis*, *Microcosmus squamiger*, *Styela plicata* o *Synoicum argus* en áreas semicerradas de baja calidad ambiental o bien *Reniera mucosa*, *Reniera fulva*, *Phorbas tenacior*, *Astroides calycularis*, *Paramuricea clavata*, *Aplidium punctum*, *Aplidium conicum*, *Pseudodistoma obscurum*, *Clavelina dellavallei* o *Stolonica socialis* en áreas abiertas sujetas a importante renovación hídrica permite deducir su importancia como indicadores biológicos. Al respecto, especial relevancia tiene la consideración conjunta de estas especies en el contexto de las comunidades biológicas de las que forman parte.
- 5) Las comunidades animales asociadas a macrofitobentos (algas, fundamentalmente) y otros organismos sésiles se caracterizan por ser unas de las más sensibles al estrés ambiental. La abundancia y composición de las distintas especies muestra una clara diferenciación entre las estaciones situadas en el exterior de la bahía, caracterizadas por un alto hidrodinamismo y una baja tasa de sedimentación, y aquellas emplazadas en el interior donde el hidrodinamismo es menor y existe una alta sedimentación.

## Medio Ambiente



Molusco nudibranquio que vive en fondos estructurados y biodiversos de la Bahía de Algeciras.



Los crinoideos del género *Antedon* son equinodermos que se encuentran generalmente bajo piedras y viven preferentemente en zonas desprovistas de perturbaciones ambientales.

La fauna asociada a macrófitos presenta en todo el arco de la bahía unos valores de diversidad elevados (superiores a 3, según el índice de Shannon) y un alto número de especies (más de 300, con un máximo de 190 especies en una sola estación). Esto es debido a la gran importancia del macrofitobentos para las comunidades bentónicas por ser los productores primarios, soporte de muchos organismos y refugio frente a los predadores, y en definitiva por la gran heterogeneidad espacial que suministra.

- 6) Para el estudio de las comunidades asociadas al sustrato blando se realizó inicialmente un extenso muestreo cualitativo a lo largo de la franja litoral de la bahía, de la que se seleccionaron por sus especiales características siete zonas para su análisis cuantitativo (Getares, Dársena del Saladillo, Playa de Los Ladrillos, tramo Rinconcillo-Palmones, Puerto de Acerinox, Desembocadura del río Guadarranque y Pantalán de CEPSA). En ellas se establecieron 25 estaciones, elegidas según criterio de profundidad y distancia a focos de vertidos, las cuales fueron sometidas a un seguimiento periódico durante un año. Se han contabilizado 66.245 individuos pertenecientes a 473 especies distintas. Aunque todavía no se han cuantificado y analizado todas las matrices de datos, cabe adelantar que los valores medios detectados del número de especies están comprendidos entre 5 y 67, y los de diversidad (índice de Shannon) entre 0.399 y 3,123. Los valores más altos de diversidad corresponden a las estaciones de estudio más profundas (30 metros) de Getares y áreas próximas al pantalán de CEPSA (3,89 y 3,86 respectivamente). A su vez, los registros de diversidad han sido mayores en los últimos meses de muestreo, a excepción de la Dársena del Saladillo y de la Playa de Los Ladrillos (estaciones con los registros medios más bajos y con valores incluso de 0 obtenidos en el mes de julio en la Dársena del Saladillo), donde se ha detectado una disminución. Del período analizado, los meses de invierno presentan los menores valores en todas las estaciones muestreadas
- 7) En relación a los parámetros físico-químicos estudiados, el hidrodinamismo se muestra como el de mayor influencia sobre las comunidades biológicas, puesto que modula y condiciona a otros factores como la tasa de sedimentación, los sólidos en suspensión y la materia orgánica sedimentada, parámetros que alcanzan sus máximos valores en algunas zonas del interior de la bahía (hasta 150 g/m<sup>2</sup>/mes, 38 mg/l y 12 g/m<sup>2</sup>/mes, respectivamente), sufriendo un notable descenso en las zonas externas (con unos valores mínimos de 0,66 g/m<sup>2</sup>/mes, 9,36 mg/l y 0,12 g/m<sup>2</sup>/mes), debido a una mayor intensidad de las corrientes.

### CONCLUSIONES GENERALES.

Aunque la analítica y los resultados obtenidos son muy amplios, se han seleccionado las siguientes conclusiones generales del proyecto que sintetizan gran parte de la información recabada:

- 1) La Bahía de Algeciras es un enclave geográfico de una gran riqueza biológica, aunque en su franja litoral se han advertido áreas concretas de extrema pobreza faunística y florística (Dársena del Saladillo y Playa de Los Ladrillos, en Algeciras) y algunas ausencias o regresiones importantes de especies que otrora abundaban.
- 2) Se ha confirmado la casi total desaparición de la fanerógama marina *Cymodocea nodosa* (conocida popularmente como "porreo") que hace 30 años tapizaba amplias superficies de fondo de la bahía, y que actualmente ha quedado relegada a un pequeño núcleo en la franja litoral entre la punta del Rodeo y San García (Algeciras). Una de las hipótesis barajada para explicar este fenómeno, y basada en observaciones realizadas *in situ*, es el relleno que se produjo para la construcción de los astilleros de Crinavis. Esto provocó una resuspensión de material fino que se mantuvo durante meses y posiblemente afectó a la capacidad fotosintética de las plantas. Una vez restablecida la normalidad en el medio, la planta

## Medio Ambiente

no ha podido reubicarse de forma natural, probablemente debido a la pérdida de la capacidad retentiva de la fracción fina del sedimento y ulterior oxigenación del mismo dado que, previamente, era de carácter reductor. Al respecto, se ha desarrollado un anteproyecto de reimplantación de esta fanerógama en la Bahía de Algeciras, que incluye, además, la protección y conservación de la única población superviviente.

Otra especie que ha sufrido una fuerte regresión ha sido el alga *Cystoseira* sp. Esta fue muy abundante en los sustratos rocosos y, tras los temporales de levante, configuraba grandes agrupaciones flotantes que llegaban hasta las playas. Sin embargo, esta regresión se ha observado en todas las áreas próximas del Estrecho, especialmente en la zona mediterránea de la provincia de Cádiz.

- 3) En general, el número de especies asociadas a sustrato duro disminuye hacia el interior de la bahía fundamentalmente a causa de factores hidrológicos (menor incidencia de las corrientes), influencia de los aportes fluviales (aumento de la turbidez y sedimentación), reducción de los sustratos rocosos (predominio de fondos blandos y transformación de la línea de costa por construcción de obras civiles) y, en ciertas áreas, por el aumento de la carga orgánica de origen antrópico. Esta tendencia, aunque también esperable, no es tan clara para las especies asociadas a sustrato blando, dada la riqueza biológica asociada al mismo observada en algunas estaciones del interior de la bahía y la diferente composición granulométrica de los fondos estudiados, lo cual dificulta una comparación más objetiva.
- 4) Los fondos más estructurados y biodiversos de la Bahía de Algeciras, se encuentran en zonas rocosas como el tramo comprendido entre San García y el Faro de Punta Carnero, entre 20 y 40 metros de profundidad; y en el área próxima al Puerto de Gibraltar entre 10 y 30 metros. También destaca la zona de Crinavis, en roquedos aislados entre 20 y 30 metros. El primero de tales tramos, al menos en parte, debiera estar sujeto en el futuro a una consideración especial en materia de protección, apreciación que se hace también extensiva a la isla de Tarifa (enclave más biodiverso de los investigados en el Estrecho de Gibraltar), ampliamente estudiada en el ámbito del proyecto y por actuaciones precedentes desarrolladas por el Laboratorio de Biología Marina.
- 5) Aunque con carácter provisional, la cuantificación y el análisis de las comunidades asociadas al sustrato blando en las siete zonas seleccionadas (apartado de SÍNTESIS DE RESULTADOS) definen como fondos más diversos los más profundos, dentro del intervalo 0-30 metros, correspondientes a Getares, y los próximos al pantalán de CEPSA. Del estudio cualitativo previo realizado podemos incluir también a Crinavis y exteriores del espigón de San Felipe dentro de los de mayor diversidad de la bahía. Los máximos valores medios del número de especies y diversidad se han obtenido en las estaciones antes mencionadas. Las áreas detectadas de mayor alteración ambiental corresponden a la Dársena del Saladillo y la Playa de Los Ladrillos, localizadas ambas en Algeciras. La primera de ellas presenta los valores más bajos de diversidad de toda la bahía, con un predominio absoluto de una especie bioindicadora de aguas contaminadas, *Capitella capitata*, refrendado por una analítica físico-química que refleja unos valores en el sedimento de 4.415 ppm de hidrocarburos y 1.537 ppm de fósforo, entre otros parámetros físico-químicos. También en el río Palmones se han apreciado zonas puntuales de contaminación que aconsejan futuras actuaciones para corregirlas. El período menos favorable para las comunidades bentónicas del sedimento es el que comprende los meses de invierno.
- 6) Para un futuro control de la evolución de las comunidades biológicas asentadas en la franja sublitoral de la Bahía de Algeciras y con la finalidad de detectar posibles perturbaciones que pudieran conllevar cambios ambientales no deseables en la biota marina, se proponen, en función de los resultados obtenidos y para un seguimiento periódico, las siguientes zonas litorales del arco comprendido entre Punta Carnero (Algeciras) y el espigón de San Felipe (La Línea):

- A. Sustrato duro natural (intervalo batimétrico 10-40 m.): área de Punta Carnero-La Ballenera, Punta de San García y Crinavis.
  - B. Sustrato blando (profundidades de 5, 15 y 30 m.): Ensenada de Getares, Rinconcillo, Río Palmones, franja comprendida entre los pantalanes de CEPSA y Gibraltar-Intercar, y área natural del tramo Crinavis-San Felipe.
- 7) Las aportaciones inéditas sobre biodiversidad y caracterización de hábitats permitirán elevar, en colaboración con la Consejería de Medio Ambiente (Junta de Andalucía), una propuesta a la Comunidad Europea, para modificar la directiva 92/43 del Consejo (relativas a la conservación de hábitats y especies) e introducir importantes novedades, respecto a la protección de especies sublitorales.



Bahía de Algeciras.

### DIFUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Hasta el momento se han publicado más de 30 trabajos de investigación en revistas científicas, la mayor parte de ellas de proyección internacional. Son de destacar: *Cahiers de Biologie Marine* (4 artículos, Francia), *Proceedings of the Biological Society of Washington* (2 artículos, EE.UU.), *Journal of Natural History* (5 artículos, Reino Unido), *Zoological Journal of the Linnean Society* (1 artículo, Reino Unido), *Systematic Parasitology* (1 artículo, Holanda), *Beaufortia* (2 artículos, Holanda), *Crustaceana* (2 artículos, Holanda), *Ophelia* (1 artículo, Dinamarca), *Journal Molluscan Studies* (1 artículo, Reino Unido), *Journal of Zoology* (1 artículo, Reino Unido), *Zoologische Mededelingen* (2 artículos, Holanda), *Zoologische Verhandelingen* (1 artículo, Holanda) y *Journal of Marine Biology Association U.K.* (1 artículo, Reino Unido), *Tetrahedron* (3 artículos, Reino Unido), *Tetrahedron Letters* (1 artículo), *Marine Ecology Progress Series* (1 artículo, Alemania).

# Medio Ambiente

Además de las publicaciones científicas señaladas, se han presentado más de cincuenta comunicaciones a congresos nacionales e internacionales. Por otra parte, han sido publicados diversos artículos de divulgación relacionados con el proyecto, entre los que destaca el aparecido en la revista *Blanco y Negro*. Al difundirse a la opinión pública la aprobación definitiva del proyecto "Bahía de Algeciras", el LBM adquirió el compromiso con los medios informativos del Campo de Gibraltar de facilitar periódicamente información sobre el desarrollo del proyecto y sobre los resultados provisionales del mismo. Como consecuencia de ello han aparecido numerosas notas de prensa, algunas de ellas en diarios de ámbito nacional. Esto condujo a diferentes intervenciones radiofónicas y televisivas, la más destacable de las cuales fue el documental "*Naturaleza escondida*", del programa "Los Reporteros" de Canal Sur Televisión, dedicado íntegramente al proyecto. Posteriormente, el proyecto fue seleccionado para ser expuesto en el Pabellón de Andalucía durante la Exposición Universal de Sevilla EXPO 92, durante los seis meses de duración de la muestra.

## IMPLICACIONES FUTURAS

Aunque los resultados científicos derivados del proyecto han sido amplios y diversificados (taxonómicos, anatómicos, zoogeográficos, ecológicos, bioquímicos, molismológicos, entre otros), pasarán al menos cinco años (desde 1996) antes de que se procese, analice y publique toda la información contenida en las numerosas matrices de datos que han sido configuradas. No obstante, aunque las implicaciones del estudio en ciencia básica y aplicada son importantes, en el ámbito de esta última, por sus expectativas sociales, podemos destacar tres:

1. *Medio Ambiente*: la aplicación en la Bahía de Algeciras de modelos e índices de evaluación de situaciones de normalidad o estrés ambiental en el marco de las comunidades biológicas vinculadas al fondo marino, permitirá en el futuro un adecuado control periódico de las mismas y la detección de posibles alteraciones en el ecosistema, complejas de detectar o definir por otros procedimientos analíticos. De esta forma se evitarán regresiones biológicas no deseables y se garantizará el equilibrio del ecosistema, mediante la vigilancia indirecta de posibles actuaciones antrópicas de efectos perjudiciales para la biota marina. En este contexto, las aportaciones zoogeográficas del estudio, que han contribuido a fijar o a ampliar los límites de distribución geográfica de numerosas de las especies censadas, contribuirá a un mejor control del ecosistema en la zona de transición Mediterráneo-Atlántico así como de su susceptibilidad frente al cambio climático global.
2. *Pesquerías*: el proyecto ha propiciado sustancial información para proponer un estudio de diseño, construcción e instalación de arrecifes artificiales en la Bahía de Algeciras, para potenciar al sector pesquero artesanal local. Asimismo, los datos obtenidos del río Palmones podrán contribuir a una futura mejor gestión y explotación de los recursos biológicos derivados del río.
3. *Farmacología*: los conocimientos biológicos adquiridos durante la realización del proyecto, ofrecen la posibilidad de integrarlos en el estudio directo de la base química de sustancias naturales extraídas de macroinvertebrados bentónicos (esponjas, moluscos, ascidias) en colaboración con centros o grupos de investigación especializados en la caracterización y aislamiento de sustancias biológicamente activas, lo que permitirá seleccionar aquellas que puedan tener aplicación farmacológica.