

Actuaciones en Investigación Pesquera y Acuícola 1997-2000



Consejería de Agricultura y Pesca

**ACTUACIONES EN INVESTIGACIÓN
PESQUERA Y ACUÍCOLA 1997-2000**

Título: Actuaciones en Investigación Pesquera y Acuicola 1997-2000.

Edita: JUNTA DE ANDALUCÍA. *Consejería de Agricultura y Pesca.*

Autores: Carlos Manzano Harriero. *Dirección General de Investigación Agraria y Pesquera.*
Consejería de Agricultura y Pesca.

Justo Martín Martín, Eva Merino Martínez. *Dpto. Servicios Pesqueros.*
Empresa Pública para el Desarrollo
Agrario y Pesquero, S.A. (D.A.P.).

Fotografía: Justo Martín Martín, José Carlos Macías Rivero, Eva Merino Martín, José Fernández Cortés, Alfonso Sánchez de Lamadrid, José Pedro Cañavate Hors, María Angeles Bruzón Gallego, Salvador Cárdenas Rojas, José Ignacio Navas Triano, Isabel Trillo, Oscar Moreno, Escalante, Daniel Nieto Guridi, Juan Emilio Sánchez, Abelardo Royo, Jesús Gutiérrez Ungría, Paisajes Españoles S.A., D·a·p.

Depósito Legal: SE-1.297-2002.

Maquetación e Impresión: A.G. Novograf, S.A. (Sevilla).

ÍNDICE

PRESENTACIÓN	5
LOS RECURSOS PESQUEROS EN ANDALUCÍA	7
Ecosistemas marinos	13
Pesquerías	21
Tecnología pesquera	35
LA ACUICULTURA EN ANDALUCÍA	45
Acuicultura de peces	53
Acuicultura de moluscos y otros invertebrados	65
Otras tecnologías acuícolas	77
CONTROL DE LA PRODUCCIÓN Y LA CALIDAD	89
Medio marino	95
Patología y profilaxis	102
Productos pesqueros y acuícolas	111
ANEXOS	117
Los centros de investigación pesquera y acuícola	119
Convenios de colaboración y entidades investigadoras	124
Referencias documentales	127

PRESENTACIÓN

Andalucía es una región asomada a la mar, en la que la mayoría de sus pueblos y culturas han encontrado una de sus más importantes fuentes de riqueza. Entre todas las actividades centradas en el aprovechamiento de los recursos marinos, destaca sin duda alguna el ejercicio de la pesca. Las favorables condiciones para su desarrollo, derivadas de los casi 900 kilómetros de costa con que cuenta el tramo de litoral andaluz, han mantenido esta actividad durante siglos como una de las principales fuentes de alimento de los pobladores de esta parte de la península y como un importante pilar de su economía.

Sin embargo, en los últimos tiempos ha tenido lugar un progresivo descenso de la producción pesquera, originado por variadas circunstancias. Con el objetivo de resolver esta problemática, la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía abordó la realización de un riguroso análisis de la situación del sector pesquero, evaluando su situación y sus perspectivas de futuro, detectando los obstáculos que impiden el desarrollo de todo el potencial de la actividad pesquera andaluza y apuntando las soluciones para superarlos. Fruto de esos esfuerzos fue la elaboración del Plan de Modernización del Sector Pesquero Andaluz para el periodo 1997-2003.

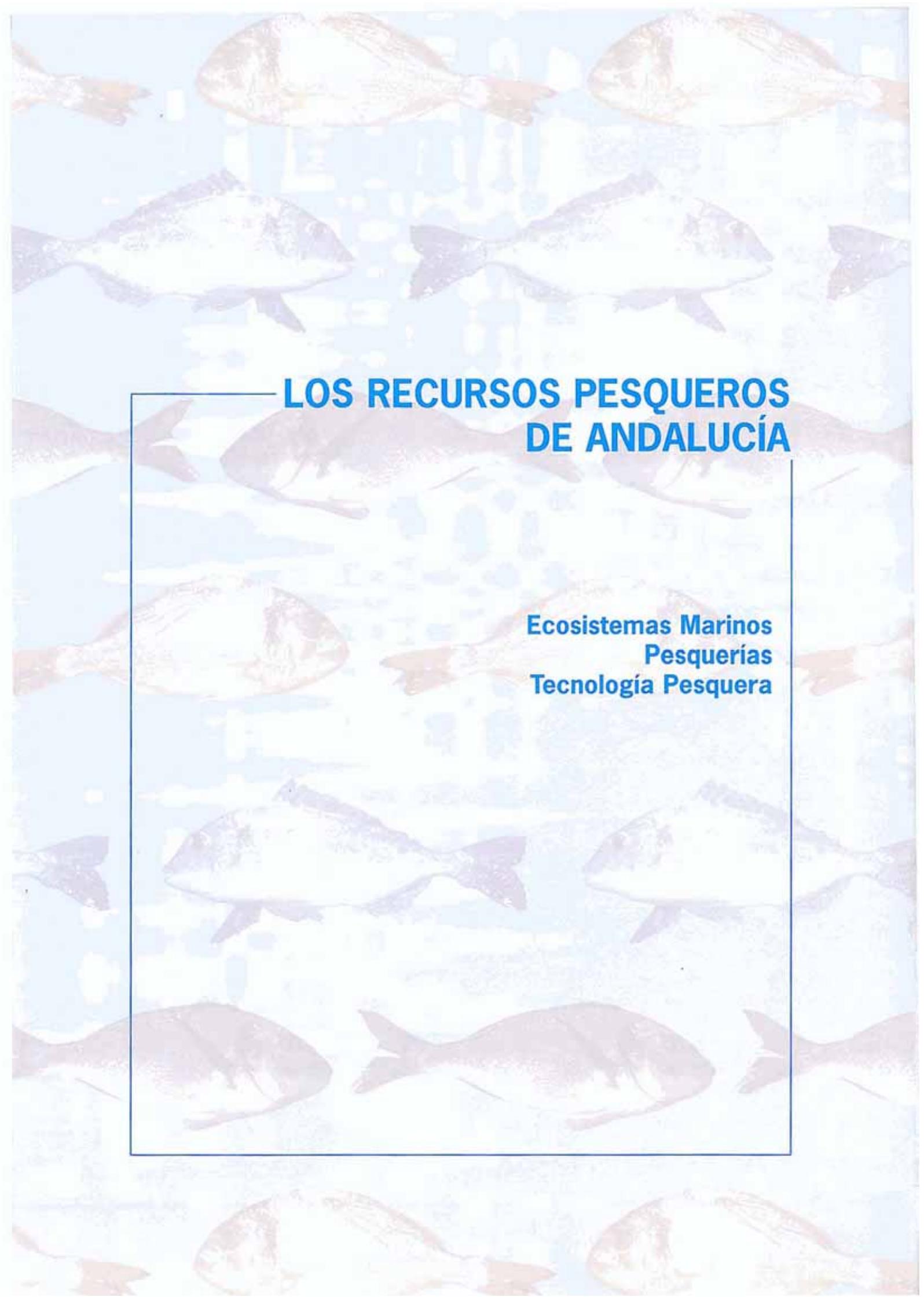
En este Plan, la investigación se presentó como una de los pilares fundamentales en la ordenación y planificación de la pesca como actividad sustentada en la explotación de recursos naturales renovables. En sus páginas, la investigación de los recursos pesqueros, la generación de innovaciones, la transferencia de nuevas tecnologías a lo largo de toda la cadena de valor de la producción y el análisis de los mercados, se reconocen con las herramientas básicas para conseguir un desarrollo sostenible de la actividad pesquera.

A efectos de resolver una serie de problemas estructurales que impiden a la investigación pesquera jugar el papel destacado que se le concede, en el Plan se propuso la puesta en marcha de un Programa de Investigación con el gran objetivo general de recabar datos básicos y fiables sobre todos los asuntos relacionados con el sector pesquero y transferir los resultados de los programas de investigación científica y desarrollo tecnológico a todos los agentes públicos y privados vinculados a la actividad.

Asumiendo como prioritarios estos objetivos, la Consejería de Agricultura y Pesca ha promovido el desarrollo de distintos programas de investigación pesquera integrados en el Plan de Modernización, que se engloban dentro del III Plan Andaluz de Investigación, actual marco del sistema regional de ciencia y tecnología. En él se incluyen los aspectos considerados en la programación sectorial del Plan de Investigación Agraria y Desarrollo Pesquero; los contenidos contemplados en sus programas de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico en el Área científico técnica de Agroalimentación, en relación con la Ganadería y Pesca (explotación de recursos pesqueros, calidad ambiental de sus hábitats, calidad sanitaria y acuicultura) y en el Área de Recurso Naturales y Medio Ambiente, en relación con los ecosistemas marinos, la actividad pesquera sostenibles y la acuicultura marina.

Esta Publicación tiene como objetivo la presentación de los proyectos de investigación incluidos en los programas de actuación emprendidos por la Consejería de Agricultura y Pesca en los últimos años, incorporando sus resultados y conclusiones más importantes. Estos programas se han llevado a cabo tanto en los centros de investigación dependientes de dicha Consejería, como a través de convenios y colaboraciones con otros centros investigadores. En conjunto, se trata de dar a conocer y difundir los principales avances conseguidos por la investigación pesquera y acuícola en la Comunidad Autónoma de Andalucía a fin de alcanzar los objetivos básicos propuestos en nuestra comunidad para la modernización del sector pesquero andaluz.

PAULINO PLATA CÁNOVAS
Consejero de Agricultura y Pesca



LOS RECURSOS PESQUEROS DE ANDALUCÍA

Ecosistemas Marinos
Pesquerías
Tecnología Pesquera



Playa arenosa en la costa de Huelva.

Introducción

Vista desde el espacio, la Tierra se nos presenta como una hermosa esfera azulada arropada por una incompleta y difuminada envuelta de nubes. Al menos desde el exterior, el nombre que hemos puesto a nuestro planeta no parece el más adecuado para un cuerpo celeste que tiene las tres cuartas partes de su superficie cubiertas de agua.

En los océanos, que reúnen alrededor del 98% del agua del planeta, se sitúa el origen de la vida sobre la Tierra, hace unos 3.500 millones de años. De aquellos organismos primigenios proceden todas las formas vivientes que conocemos.

La vida marina no se distribuye de igual forma a lo largo de toda la superficie y volumen de la masa oceánica. Como la existencia de luz determina la presencia de vida vegetal, ésta sólo se encuentra en la parte superior de la columna de agua. Los fondos marinos están desprovistos de este tipo de seres, a excepción de la parte corres-

pondiente a la plataforma continental donde, aunque muy debilitada, llega la radiación solar.

En la plataforma continental, que supone sólo el 8% de la superficie total ocupada por los mares terrestres, se concentra la mayor parte de la vida y diversidad marinas. De hecho, aquí se origina alrededor del 90% de las pesquerías mundiales.

La riqueza de la plataforma continental se debe a varios factores. Por un lado, las aguas que bañan las costas son, con diferencia, las más ricas en nutrientes. En estas zonas, gracias a la acción de vientos y corrientes marinas, se produce una importante mezcla entre los niveles acuáticos superiores e inferiores, de forma que los nutrientes que se encuentran en el lecho marino alcanzan la superficie y pueden ser utilizados por los seres autótrofos allí presentes. Además, a esos nutrientes procedentes del fondo del mar, hay que sumar los aportados de manera continua por los ríos en sus desembocaduras.



Cerquero recogiendo la red.



Pesca artesanal con trasmallo.

Más del 90% de la superficie marina la constituye el mar abierto. A pesar de que su capa superficial recibe la luz del sol, la pobreza en nutrientes, sobre todo nitratos y fosfatos, no permite un elevado desarrollo del fitoplancton. Así, esta zona alejada de los continentes es un gigantesco "desierto azul" en relación a la riqueza de las áreas costeras y la mayor parte de los ecosistemas terrestres.

Bajo esa superficie, en toda la parte oscura y sobre la vasta extensión de los fondos oceánicos también hay vida. Pero como ésta depende del aporte de alimento que cae desde arriba, que nunca puede ser muy elevado, la vida animal tampoco es muy abundante en estos fondos, aunque a veces llega a ser superior a lo esperado.

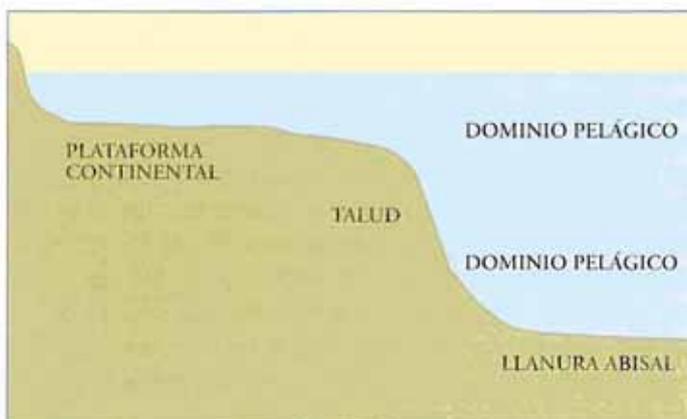
La pobreza del mar abierto y profundo contrasta con la riqueza de las denominadas zonas de afloramiento o *upwelling*. Éstas son áreas en

las que aguas procedentes del fondo ascienden a la superficie, arrastrando con ellas los nutrientes que se acumulan en las profundidades. La enorme productividad a la que dan lugar es el origen de una gran riqueza pesquera, de forma que en estas zonas de afloramiento se sitúan excelentes caladeros.

En conjunto, sin tener en cuenta esas áreas de afloramiento y las zonas costeras, la producción primaria de los mares es, por término medio, unas tres veces inferior a la del medio terrestre a igual cantidad de superficie. Sin embargo, como la superficie oceánica triplica a la terrestre, lo cierto es que la producción primaria de las tierras emergidas equivale más o menos a la del conjunto de las masas oceánicas del globo.

La relación del hombre con el mar viene de muy antiguo. Prácticamente desde su aparición sobre la Tierra, el hombre se ha aprovechado del mar para diversos fines. En principio el océano suponía una importante fuente de alimentos, aunque limitada a organismos con escasa capacidad de movimiento presentes en zonas de poca profundidad, como ciertas especies de moluscos. Así lo atestiguan los numerosos depósitos de conchas halladas en diversas partes del mundo asociadas a asentamientos de hombres primitivos.

Con el tiempo, el hombre desarrolló diversos artilugios para aumentar su capacidad de obtener recursos a partir del mar, elaborando anzuelos



Zonación del fondo marino.

y redes diversas. Pronto, el mar se convirtió en algo más que una fuente de alimento. Las enormes posibilidades de transporte, tanto de personas como de recursos, indujeron a la humanidad a la conquista de los océanos. Así, la mayor parte de las grandes civilizaciones que han ido surgiendo a lo largo de la historia han estado íntimamente ligadas al mar. En muchos casos, su expansión fue debida al dominio de los mares, y su retroceso, a la pérdida del mismo. A través de los océanos, el hombre ha llegado a todos los rincones del globo.

La humanidad obtiene del mar una larga lista de beneficios directos e indirectos, tales como energía, materias primas y alimentos. En este último aspecto, los mares se han venido manteniendo como una fuente básica, sobre todo para las poblaciones costeras. La fecundidad de las aguas litorales hizo que se llegara a considerar su capacidad de suministro poco menos que inagotable.

Sin embargo, el desarrollo tecnológico y el aumento exponencial de la presión sobre los recursos pesqueros acaecidos en el último siglo han mostrado que no es así. La capacidad productiva del mar tiene límite, y el hombre puede superarlo con facilidad. La carrera desenfrenada por incrementar el volumen de extracción de los recursos pesqueros sin tener en cuenta su carácter limitado ha conducido a la preocupante situación actual; la mayor parte de los caladeros mundiales presenta síntomas de agotamiento y numerosas pesquerías han tenido que ser abandonadas tras la disminución drástica o práctica desaparición de la especie objeto de pesca.

La baja productividad del mar en su conjunto, unida a otras consideraciones sobre el funcionamiento del ecosistema marino y los niveles en los que el hombre concentra su explotación, implican fuertes limitaciones sobre las posibilidades que tienen los océanos como fuente de recursos biológicos. Pero esto no supone que el hombre tenga que renunciar a su explotación, ni mucho menos a obtener el máximo rendimiento posible.

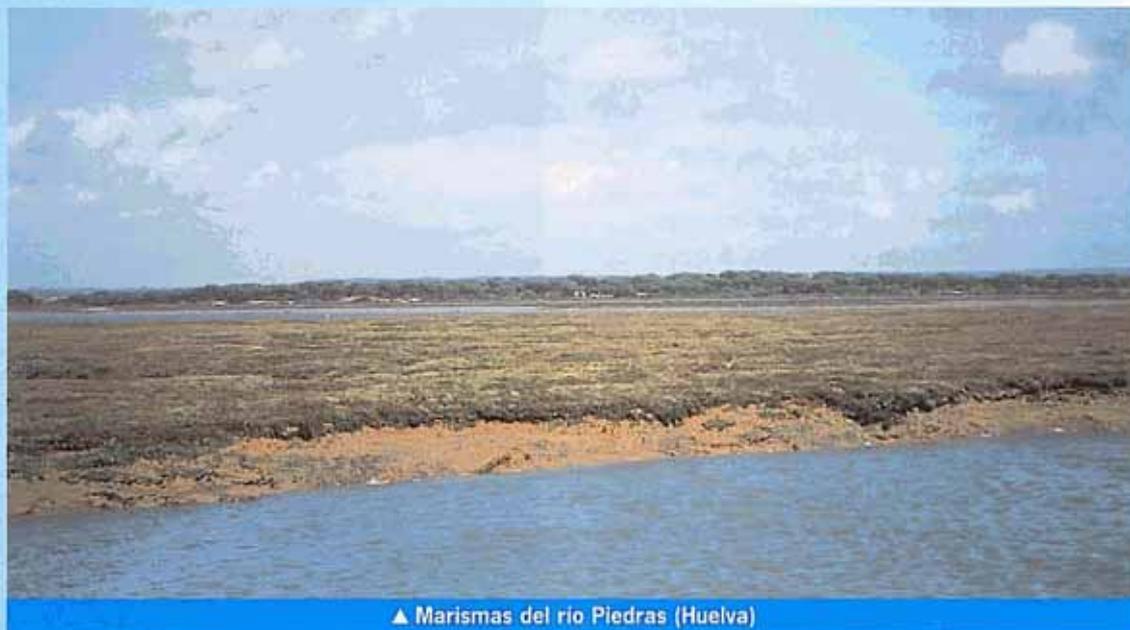


Barco arrastrero perseguido por gaviotas.



Barcos congeladores de arrastre marisquero en Punta Umbria (Huelva).

MARISMAS Y ESTUARIOS



▲ Marismas del río Piedras (Huelva)

La producción primaria de los océanos es muy desigual, dependiendo de la zona que consideremos: mares profundos, plataforma continental, zonas de afloramientos, marismas y estuarios, etc. Las grandes extensiones de mar abierto mantienen una producción media en torno a los 100 g de carbono por metro cuadrado y año, aunque en muchas zonas ni siquiera se alcanza la mitad de ese valor, como ocurre en los desiertos terrestres. Así, en muchos sitios se hace referencia a las masas oceánicas como el "desierto azul".

En las zonas costeras la producción es mucho mayor. Los aportes de nutrientes procedentes de la parte emergida, así como la mayor facilidad para que los sedimentos del fondo alcancen la superficie, hacen que estas áreas, correspondientes más o menos con la parte de los océanos que recubre la plataforma continental, concentren la mayor parte de la producción marina y sean el lugar donde tienen su origen alrededor del 90% de las pesquerías mundiales.

Dentro de estas zonas costeras, los lugares donde tiene lugar la mezcla entre las aguas dulces y saladas son las más productivas. En las marismas y estuarios, la combinación de aguas de distinta naturaleza con una elevada riqueza en materia orgánica y nutrientes da lugar a un medio con unas características muy especiales. De hecho, estas zonas mantienen una productividad comparable a las de los ecosistemas tropicales, considerados como los más productivos de la Tierra.

En estas zonas residen gran cantidad de juveniles de numerosas especies de peces, que acuden aquí en busca de alimento, protección y condiciones ambientales más favorables que en mar abierto. Estas condiciones ambientales vienen determinadas por el escaso espesor de la columna de agua, que favorece los cambios térmicos, la mezcla de agua de distinta salinidad y el aumento del oxígeno disuelto.

La mayoría de estas especies son marinas; los adultos se reproducen en el mar y los juveniles pasan las primeras fases de su vida en estas zonas costeras, retornando luego al mar para la vida adulta. Algunos estudios incluso han cuantificado este fenómeno. Estimaciones realizadas en el río San Pedro, en la Bahía de Cádiz, han arrojado valores de entrada de alevines en las marismas aprovechando las mareas de hasta 52.000 individuos por día.

Esto confiere a estos lugares una gran importancia para el mantenimiento y recuperación de las poblaciones de peces que se explotan en los caladeros cercanos. Además, su elevada productividad les permite soportar una intensa presión pesquera, a la vez que las hace idóneas para la instalación y desarrollo de ciertos tipos de cultivos marinos. Las extensas áreas marismas y estuáricas repartidas por el litoral andaluz, especialmente en la parte suratlántica, representan pues un recurso natural de valor incalculable.

Ahora bien, la obtención de ese máximo rendimiento debe hacerse teniendo en cuenta la sostenibilidad del recurso; es decir, que su explotación permita un aprovechamiento continuado, a largo plazo, sin llegar a agotarlo. Este aprovechamiento sostenible supone la aplicación de conceptos puramente económicos a las leyes que rigen el funcionamiento de los ecosistemas. En economía, la sostenibilidad depende de alcanzar el equilibrio entre gastos, producción y uso de los medios disponibles. Ello supone que es imposible plantearse una explotación sostenible de los recursos biológicos marinos

sin un conocimiento y una evaluación precisa de su productividad, así como de los mecanismos más eficientes para extraer esos recursos.

Ese conocimiento implica investigar; explorar y evaluar los recursos disponibles, la forma de extraerlos, las posibilidades de aumentarlos, la búsqueda de recursos nuevos. La investigación pesquera es por tanto la herramienta básica que permite garantizar esa sostenibilidad y desarrollar hasta el máximo todas las posibilidades que nos ofrecen los mares que nos rodean.

ECOSISTEMAS MARINOS

El litoral andaluz se extiende a lo largo de unos 870 kilómetros que se reparten entre dos masas marinas muy distintas: el golfo de Cádiz, parte del océano Atlántico, y el mar de Alborán, incluido en la cuenca occidental del mar Mediterráneo. Además de las diferencias en sus respectivos valores de salinidad y temperaturas (más frías y menos saladas las aguas del Atlántico), así como el régimen de corrientes, destaca la práctica ausencia de mareas en el segundo, que acentúa todavía más esas desigualdades. Ambas masas de agua se encuentran conectadas a través del estrecho de Gibraltar. Esta angosta comunicación de 14 kilómetros de anchura y unos 350 metros de profundidad condiciona en gran medida el ciclo hidrológico de ambos mares, constituyendo además una auténtica frontera biogeográfica.

Las diferencias entre las aguas mediterráneas y las atlánticas se extienden también al litoral. Las costas suratlánticas se caracterizan por presentar una plataforma continental ancha en la que predominan los materiales finos y la profundidad va aumentando paulatinamente según nos alejamos de la costa. Además, debido a ese perfil poco pronunciado, los ríos forman en sus desembocaduras amplias zonas de marismas y estuarios. El régimen mareal favorece el movimiento de los nutrientes que aportan esos ríos, de manera que estas áreas presentan una elevada productividad biológica.



Zona intermareal en el litoral onubense.

Por el contrario, en las costas mediterráneas son dominantes los sustratos rocosos: la plataforma continental es por lo general muy estrecha, y la profundidad aumenta rápidamente a poca distancia de la línea de costa. El régimen climático y la orografía no favorecen la formación de áreas estuáricas. Todo ello, unido a la ausencia de mareas, hacen que las aguas del Mediterráneo sean, respecto a las del Atlántico, mucho menos ricas.

Las características tan diferentes de ambos mares, así como la existencia del estrecho de Gibraltar, dan lugar al desarrollo de una enorme diversidad de ecosistemas costeros. Esta diversidad tiene su reflejo en la enorme variedad de especies, tanto de vertebrados como invertebrados, que se capturan en las aguas andaluzas.

LAS MASAS MARINAS DEL LITORAL ANDALUZ



▲ Estrecho de Gibraltar

Las características del litoral andaluz no son homogéneas. Esto es debido a la distinta naturaleza de las dos masas marinas que bañan estas costas. Así, se pueden reconocer tres zonas principales: el golfo de Cádiz, bañado por las aguas atlánticas, el mar de Alborán, correspondiente al área más occidental del Mediterráneo, y una zona de transición, el estrecho de Gibraltar, de unos 60 km de largo y con sólo 14 de anchura en su punto más próximo a África.

En comparación con el Mediterráneo, el Atlántico es un mar más frío y turbio, tanto por la mayor presencia de fitoplancton como por la existencia de mareas y corrientes que provocan una mayor remoción de los sedimentos. Las diferencias se acentúan debido al clima de las tierras que rodean ambos mares. El clima más seco de la parte mediterránea hace que los aportes de agua al mar a través de los ríos sean escasos. Esto es general a toda la cuenca mediterránea, de forma que este mar pierde mucha más agua por evaporación que la que recibe por medio de los cursos de agua que en él desembocan, lo que confiere al Mediterráneo una salinidad más elevada. Esa pérdida de agua, evaluada en unos 95.000 toneladas por segundo, se compensa por una entrada continua de agua superficial procedente del Atlántico. Esta corriente de entrada es mucho mayor de ese valor (alrededor de 1,7 millones de m³ de agua por segundo), de forma que el nivel se mantiene por medio de una contracorriente que, en profundidad, fluye desde el Mediterráneo al Atlántico y equilibra la diferencia.

Estos flujos de agua provocan que el Mediterráneo, aun siendo un mar cerrado, tenga una elevada tasa de renovación de sus aguas. Se calcula que ésta es de algo más de 80 años para todo el volumen contenido en su cuenca. La consecuencia directa de esta auténtica "ventilación" continua es que el Mediterráneo tiene un mayor poder de regeneración y amortiguante de los impactos ambientales a los que está sometido de lo que cabría esperar de su propia configuración geográfica.

Las diferencias entre ambos mares y las relaciones que se establecen entre ellos, convierten al estrecho de Gibraltar en una auténtica frontera biogeográfica, representando el límite de distribución para muchas especies de un mar que no están presentes en el otro y jugando un papel fundamental en los procesos de migración y dispersión larvaria de las especies que habitan en ambos.

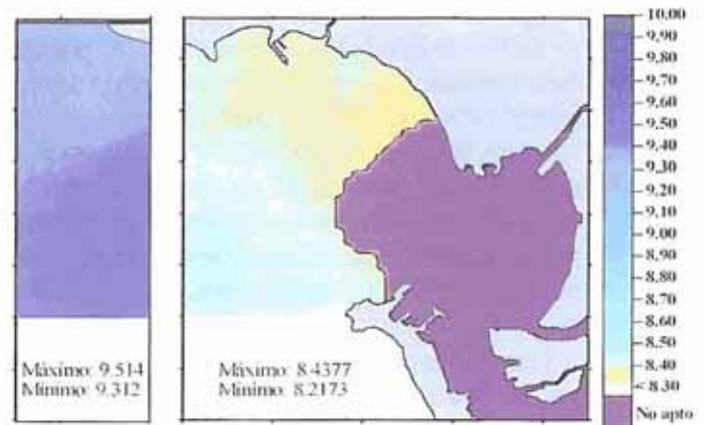


Marismas de Cádiz.

Por otra parte, las peculiaridades hidrológicas de ambas masas de agua, unidas a las condiciones atmosféricas generales, propician la aparición de corrientes ascendentes en ciertas zonas del litoral andaluz. Estas corrientes transportan aguas profundas que, cargadas de los nutrientes depositados en el fondo marino, afloran a la superficie, incrementando de manera considerable la reducida productividad primaria del mar abierto. Corrientes de este tipo aparecen en el extremo occidental del golfo de Cádiz y en la mitad oeste de la zona de Alborán. Por supuesto, estas zonas de afloramiento coinciden con áreas ricas en pesca.

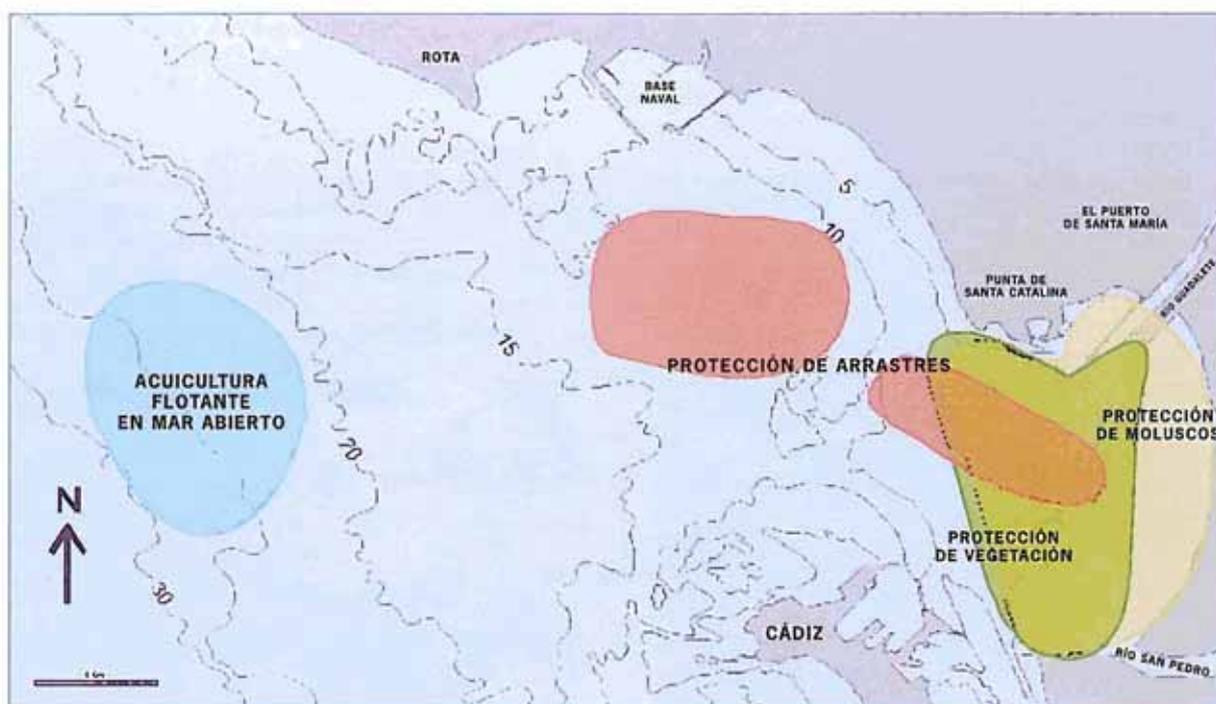
Es evidente que el buen conocimiento de los ecosistemas marinos y de los factores que determinan su funcionamiento representan una herramienta básica a la hora de evaluar sus posibilidades de explotación. Las características oceanográficas de las masas de agua marina y sus variaciones, tanto periódicas como extraordinarias, determinan en última instancia las comunidades biológicas que en ellas se desarrollan.

La circulación general de los mares, el régimen de corrientes, las propiedades físicas de las



Índice de calidad acuicola del saco externo de la Bahía de Cádiz.

masas de agua marina, la geología y cartografía del fondo marino, entre otros temas, corresponden al ámbito de estudio de la Oceanografía. Entre las líneas de investigación desarrolladas por la Consejería de Agricultura y Pesca en los últimos años, los estudios de Oceanografía pura han sido escasos. Estos temas forman parte de un conocimiento básico más propio de otros organismos públicos de investigación, como el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (C.S.I.C.), el Instituto Español de Oceanografía (I.E.O.) y ciertos departamentos universitarios.



Resumen de resultados del estudio realizado sobre la Bahía de Cádiz.

Aunque se han abordado en ocasiones, siempre se ha hecho desde una óptica práctica, orientada a estudios específicos para su directa aplicación al conocimiento, desarrollo y promoción de recursos pesqueros concretos o de actuaciones determinadas: instalación de arrecifes artificiales, caracterización de pesquerías y áreas acuícolas, planificación y localización de cultivos marinos, incidencias ambientales.

Los correspondientes programas de investigación llevados a cabo por la Consejería de Agricultura y Pesca dentro del área de Ecosistemas Marinos se han marcado como **objetivo** principal la realización de los estudios ambientales precisos para el establecimiento de medidas de protección y ordenación de los recursos naturales pesqueros, así como su aplicación en la búsqueda de lugares idóneos para ubicar nuevas instalaciones acuícolas.

Este objetivo se ha desarrollado a través de una serie de **proyectos** concretos:

- Estudio integral de la Bahía de Cádiz, de sus características físicas y de sus recursos naturales.

- Estudios previos para la delimitación de una Reserva de Pesca en el río Piedras (Huelva).
- Creación de una base de datos espacio-temporal de las características atmosféricas y marinas de la zona costera del golfo de Cádiz.
- Estudio de localización de zonas idóneas para el desarrollo de la acuicultura en el litoral andaluz.
- Estudios de la calidad de las aguas marinas para la localización de puntos de instalación de cultivos en mar abierto.

Los principales *resultados* obtenidos en las distintas líneas de investigación han sido los siguientes:

► BAHÍA DE CÁDIZ

- ▼ Se ha completado un estudio del medio físico y biológico de la parte externa de la bahía de Cádiz, con los siguientes apartados: topografía y batimetría del fondo (granulometría, lugares de sedimentación y análisis textural), régimen de corrientes de la bahía de Cádiz,



Aguas removidas por un temporal en la Bahía de Cádiz.

oleaje, calidad del agua, vegetación y bancos naturales de moluscos bivalvos.

▼ En el estudio sedimentológico, además de la toma directa de muestras, los datos se han complementado con campañas de sonar de barrido lateral.

▼ El estudio de la calidad del agua se ha realizado mediante muestreos quincenales durante un año completo, en los que se ha registrado el pH, oxígeno disuelto, salinidad, temperatura, sólidos en suspensión y clorofila a. En las muestras tomadas se han analizado también los contenidos de nitratos, nitritos, fosfatos, silicatos, clorofila a y sólidos en suspensión.

▼ En el apartado biológico, la vegetación se ha estudiado mediante muestreos regulares y observaciones visuales submarinas. Los bancos naturales de moluscos bivalvos se han investigado desde embarcación con rastro y draga de Van Veen, realizándose también muestreos a pie.

▼ La fase de caracterización física y biológica de la bahía ha quedado plasmada de forma muy precisa en una cartografía para cada uno de los parámetros estudiados. Los más de 1.100.000 datos generados se han sintetizado en un índice de calidad de aguas de la bahía para la acuicultura.

▼ Asimismo, se han estudiado las zonas favorables para la colocación de jaulas para el cul-

tivo de peces en mar abierto, además de las posibles áreas para la instalación de arrecifes artificiales disuasorios, comprobando las principales zonas donde se realiza la pesca ilegal con arte de arrastre. En concreto, se ha localizado una zona idónea para la instalación de jaulas flotantes y se ha propuesto la protección, mediante la instalación de arrecifes artificiales, de dos zonas en el ámbito de la bahía. Una de ellas se corresponde al área ocupada por una pradera de *Caulerpa prolifera*, de alto valor ecológico por sus poblaciones de moluscos de interés comercial. La otra se corresponde con un área de reclutamiento de chirla con presencia de coquina de arena *Donax* spp.).

► RÍO PIEDRAS

▼ Se ha analizado el medio físico del litoral de esta zona del litoral onubense y de dos áreas situadas a ambos lados de la misma. Se ha hecho un estudio sedimentológico y una caracterización físico-química de las aguas, con mediciones de salinidad, oxígeno disuelto, pH y transparencia del agua. Además, se han estudiado las comunidades biológicas allí presentes, diferenciando entre comunidades de aguas someras y de aguas profundas.

▼ En los muestreos biológicos realizados se han identificado un total de 186 especies, 71 de peces, 58 de moluscos, 37 de crustáceos,



Recogida de muestras con draga.

LA BAHÍA DE CÁDIZ



▲ Caño Zaporito (Bahía de Cádiz)

En el conjunto de la costa andaluza, la bahía de Cádiz es sin duda un espacio singular. Poblada por el hombre desde tiempos inmemoriales, ha sido durante milenios fiel reflejo de civilizaciones y culturas. Todas ellas han dejado su impronta en el paisaje natural de la bahía, de forma que lo que tenemos en la actualidad es una mezcla tanto de las características naturales propias de un ambiente situado entre la tierra y el mar, como de las distintas actividades que el hombre ha ido desarrollando en ella durante milenios.

En la actualidad, el perímetro de la bahía acoge una población de varios cientos de miles de personas, cuya influencia en el entorno no deja de manifestarse. A pesar de ello, la bahía de Cádiz es uno de los espacios naturales más importantes de Andalucía. Sus ricas aguas y fondos acogen una elevada variedad de organismos, que permiten la existencia de abundantes poblaciones de aves, tanto estivales como invernantes, en cifras que alcanzan varios miles. Además de esta importancia natural, la bahía destaca por el aprovechamiento que los pueblos de su entorno han hecho de ella y la importancia que sigue teniendo en la economía local. Abandonadas ya en gran parte las explotaciones salineras que se mantuvieron durante siglos, su lugar está siendo progresivamente ocupado por las explotaciones acuícolas, sin olvidar la importante actividad pesquera y marisquera que en sus aguas se desarrolla. En este sentido, la bahía de Cádiz tiene una enorme importancia para la cría y alevinaje de numerosas especies de interés comercial, de manera que esta zona es fundamental en el mantenimiento y recuperación de las poblaciones de peces que se explotan en los caladeros cercanos.

En el conjunto de la bahía se distinguen tres zonas distintas. La bahía "marítima" es la superficie ocupada por la masa de agua dentro del perímetro externo de la misma. Esta zona se puede a su vez dividir en dos, la zona exterior, de unas 8.000 ha, más profunda y expuesta a la acción del oleaje, el viento y las mareas, y la zona interior, de poco más de 1.300 ha, con un mayor grado de colmatación y de fondos que raramente superan los 5 metros. La segunda zona es la bahía "anfibia", espacio sometido a la influencia mareal. En la actualidad, poco menos de una tercera parte de su superficie se mantiene en estado natural, unas 4.400 ha. Otras 5.500 más o menos están transformadas para su utilización como salinas, mientras que otras 5.800 se encuentran desecadas por completo. Por último, la bahía "terrestre" o urbanizada, correspondiente con la superficie que el hombre ha ido ocupando mediante rellenos y destinado a los más diversos usos y actividades, contabiliza unas 1.300 ha.

10 de equinodermos y otras 10 especies pertenecientes a otros grupos taxonómicos, tales como anémonas, poliquetos y ascidias. Atendiendo al ambiente marino que ocupan, ha sido mayoritaria la presencia de organismos bentónicos y demersales

▼ El estudio ecológico de las comunidades ha mostrado que las biocenosis de las cotas batimétricas más profundas presentan mayor riqueza, con un mayor número de individuos y especies que dan lugar a valores más altos de diversidad.

▼ En cuanto a la distribución de los individuos pertenecientes a especies con interés comercial, la región oriental del área de estudio ha presentado los valores máximos en lo que respecta a la abundancia de ejemplares. Sin embargo, en cuanto a la biomasa, las mayores cantidades se han encontrado en las zonas central y occidental.

▼ La zona próxima a la desembocadura de la ría de Huelva ha exhibido las mayores densidades de especies con interés comercial. La verdadera potencialidad e idoneidad de esta área para ser declarada como reserva de pesca debe evaluarse mediante estudios más específicos, que caractericen y evalúen sus posibilidades reales de contribuir al mantenimiento de los caladeros del conjunto del golfo de Cádiz.

▼ Los datos obtenidos han mostrado que la zona de cría y engorde establecida legalmente en la zona del río Piedras desde hace varios decenios no es la más idónea para declararla como zona de reserva.

▼ Sobre la base de los resultados aportados por este estudio, la evaluación de la pesca desembarcada en los últimos años en la provincia de Huelva, las especies principales capturadas, su estacionalidad y los tipos de artes más utilizados, se ha planteado una propuesta de ordenación pesquera para las especies principales, con periodos de veda, limitaciones de arte y profundidad de pesca, etc.



Boya de señalización a la entrada de la ría de Huelva.

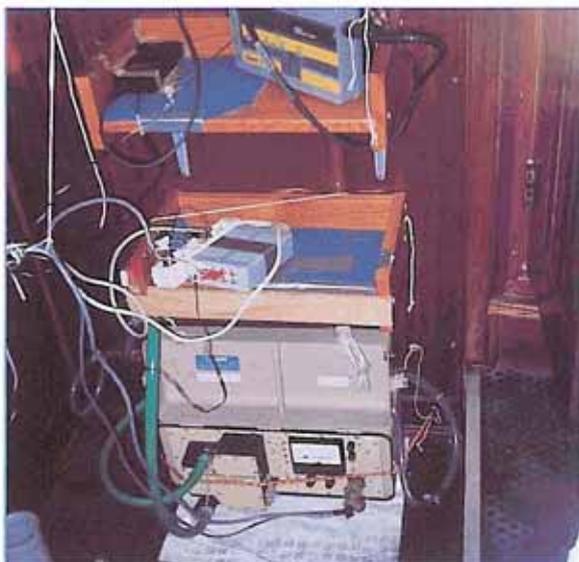
► GOLFO DE CÁDIZ

▼ Se ha creado una base de datos espacio-temporal con diversos parámetros oceanográficos (concentración de clorofila, temperatura subsuperficial del agua del mar, sólidos en suspensión y turbidez) y meteorológicos (régimen de temperatura, precipitaciones, vientos, etc.). Los datos oceanográficos se han utilizado para la calibración/validación de las emisiones de color oceánico M.O.S.

▼ Se han estudiado las posibilidades de uso de las técnicas de teledetección al control y seguimiento de las características de las masas de agua oceánicas, incluyendo la prevención de episodios de toxicidad biológicos. El análisis pormenorizado de todos los datos obtenidos permitirá un mejor conocimiento genérico del medio litoral, que contribuirá en un futuro al desarrollo de proyectos de gestión de los recursos costeros.



Jaulas flotantes para el engorde de dorada y lubina.



Equipo para la recogida y tratamiento de datos oceanográficos.

- ▼ Las observaciones realizadas han constatado la heterogeneidad de las condiciones del litoral andaluz. Así, el fitoplancton no se distribuye de manera homogénea a lo largo del litoral de Huelva, sino en forma de manchas, como resultado de esa heterogeneidad que muestran el medio marino y costero.
 - ▼ La temperatura subsuperficial del agua ha mostrado diferencias entre la zona occidental y la oriental del litoral onubense durante los meses de verano, que deben ser resultado de la existencia de patrones estacionales de circulación de agua.
 - ▼ Los mayores valores de turbidez del litoral onubense se han registrado en las aguas afectadas por las plumas de dispersión de los ríos Guadalquivir, Guadiana y Tinto y Odiel. El estudio de esos valores es muy importante a la hora de identificar aquellas zonas de productividad elevada, pero con una baja carga en sedimentos, para la ubicación de instalaciones flotantes de cultivos marinos.
- **ESTUDIO DE LOCALIZACIÓN DE ZONAS IDÓNEAS PARA EL DESARROLLO DE LA ACUICULTURA EN EL LITORAL ANDALUZ**
- ▼ Se ha confeccionado una cartografía detallada donde se recogen todas las instalacio-

nes de acuicultura marina existentes en Andalucía, así como de aquellas solicitudes en trámite para nuevas explotaciones situadas en el mar.

- ▼ En esos planos de detalle se han ubicado además las zonas de servicio de puertos, posible programación de ampliación de los mismos, zonas reservadas para el tráfico de embarcaciones y situación de los emisarios de vertidos al mar, detallando además las vías de comunicación, poblaciones y otros tipos de infraestructuras terrestres que puedan suponer un apoyo logístico para la actividad acuicola marina, así como la batimetría de la zona ocupada.

- ▼ A partir de toda esa información, complementada con otros datos, estudios e informes recopilados, se va a realizar un análisis de las potencialidades de desarrollo acuicola y los conflictos que este desarrollo podría conllevar con otros usos conocidos y previsibles. Como resultado final, se realizará una evaluación y delimitación preliminar de las zonas que potencialmente pueden ser aptas para la instalación de nuevos establecimientos acuícolas.

► **CALIDAD DE LAS AGUAS MARINAS PARA LA INSTALACIÓN DE CULTIVOS EN MAR ABIERTO**

- ▼ En fase de síntesis y elaboración final de resultados en el momento de la redacción de estas líneas, la puesta en marcha de este proyecto supone la realización de una serie de muestreos tanto de corrientes, oleajes y calidad de agua, como de sedimentos, infauna bentónica y vegetación que se van a realizar a lo largo de todo el litoral andaluz. Cuando finalicen los trabajos y se analice la información obtenida, se espera obtener una evaluación precisa de cuáles son las zonas más idóneas desde el punto de vista de sus características naturales para la instalación de cultivos marinos flotantes en la costa andaluza, lo que a buen seguro impulsará el desarrollo de este tipo de explotaciones en un futuro próximo.

PESQUERÍAS

La pesca es la actividad más antigua relacionada con la explotación de los recursos marinos y la que, todavía hoy, presenta una mayor importancia económica y significación social.

Los testimonios que recogen el aprovechamiento de los recursos pesqueros por parte del hombre son muy antiguos. Antes de la invención de la agricultura y la ganadería, el ser humano ya había desarrollado arpones y otros utensilios para la pesca. El interés de los pobladores primitivos por este recurso se reflejó incluso en el arte rupestre, como atestigua la famosa figura del pez, probablemente marino (quizás un serránido), que se conserva en la cueva de La Pileta, en Benaolán (Málaga).

Desde aquellos tiempos remotos, la pesca ha sido una actividad básica de las zonas costeras. El litoral andaluz ha tenido siempre una gran tradición en ese sentido, y sus pesquerías y actividades industriales asociadas han gozado en diversas épocas de reconocida fama, como la industria de salazón durante la época romana. Además, los productos de la pesca han sido siempre una parte básica de la dieta andaluza, y uno de los recursos naturales más importantes.

En nuestros días la pesca sigue estando ampliamente implantada en las localidades costeras andaluzas, contribuyendo de forma decisiva al mantenimiento de sus estructuras socioeconómicas. Su influencia sobre la economía va mucho más allá de lo esperado debido a la asociación de las actividades puramente extractivas con industrias comercializadoras, frigoríficas y transformadoras, así como otras de tipo auxiliar (equipamiento naval, maquinaria específica, astilleros, etc.).

Así, aunque en la actualidad la pesca supone una pequeña proporción del Producto Interior Bruto y del total del empleo en Andalucía, su concentración en un reducido número de municipios la convierten en una actividad fundamental para el sostén de la población y el mantenimiento de



Representación de la figura del pez de la cueva de la Pileta (Benaolán, Málaga).

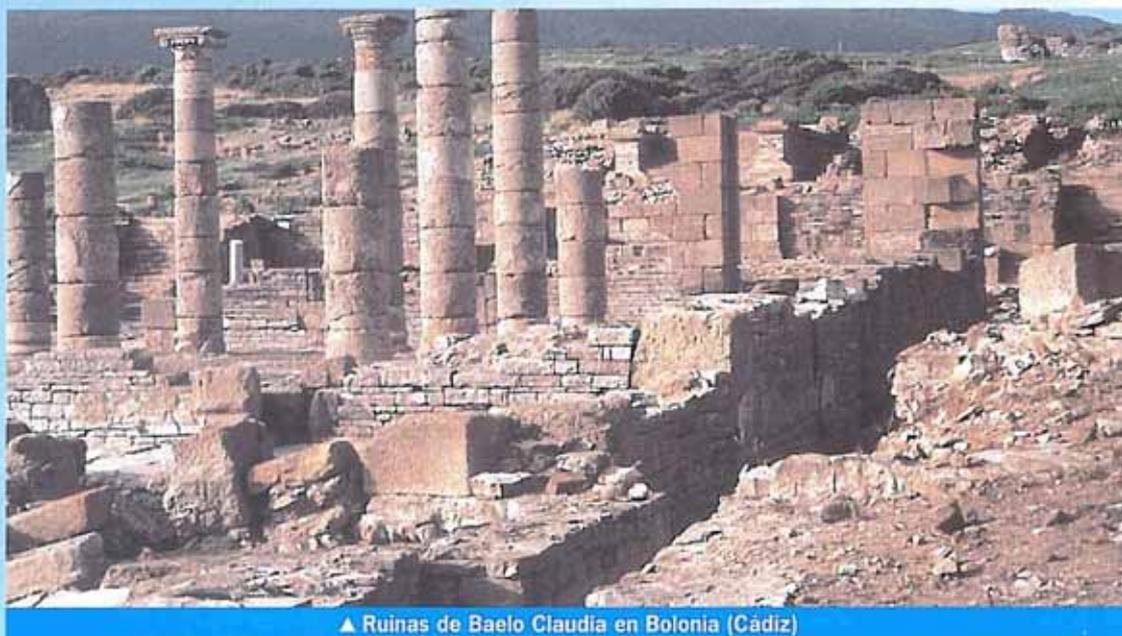
sus niveles de renta. En estas localidades del litoral, entre el 20 y el 30% de los empleos se generan, directa o indirectamente, por la actividad pesquera.

En números, el registro de la flota pesquera andaluza supera las 2.500 embarcaciones, que desplazan cerca de 80.000 toneladas de registro bruto. En el año 2000 esta flota desembarcó más de 75.000 toneladas de pescado fresco, moluscos y crustáceos, que alcanzaron un valor de venta en lonja superior a los 25.500 millones de pesetas.

Esta flota pesquera explota tanto caladeros propios como otros situados fuera del ámbito andaluz, en países próximos (Portugal, Marruecos) o lejanos (Senegal, Angola, Mozambique, etc.). Aunque se estima que en la última década más de la mitad de la pesca desembarcada procedió de estos caladeros extranjeros, las recientes dificultades que está teniendo la flota para operar en muchos de ellos hace que los caladeros situados dentro de las aguas de exclusividad económica andaluza estén adquiriendo una importancia creciente.

Los caladeros propios destacan tanto por el valor económico de las especies que en ellos se pescan como por su capacidad de regeneración. Aunque existen algunos de crustáceos, los caladeros de peces y moluscos son los más numerosos. Sin embargo, hoy día muchos de ellos

LA PESCA EN LA ANTIGÜEDAD



▲ Ruinas de Baelo Claudia en Bolonia (Cádiz)

La actividad pesquera en Andalucía, tal y como se conoce hoy en día, está plagada de artes y costumbres muy arraigadas entre aquéllos que viven de ella. La procedencia de muchas de ellas se encuentra muy difuminada en el tiempo, sin un origen claro. Ya en el Neolítico, la pesca marítima era practicada como una actividad económica de cierta relevancia en los centros costeros. El incremento progresivo de la actividad pesquera y del marisqueo se pone de manifiesto a través del estudio de los yacimientos prerromanos y romanos, en los que se han encontrado restos tanto de arqueofauna como de útiles pesqueros. Por otro lado, existen fuentes textuales de la época que nos ilustran acerca de la pesca y de los diversos sistemas de captura que se utilizaban entonces, como la pesca con caña y sedal, los arpones y tridentes arrojados y una gran variedad de redes.

En relación con el consumo, cabe destacar que ya en la época de la Grecia clásica existen referencias sobre la utilización y excelencias de los productos pesqueros de esta parte de la Península en Atenas. Durante la época romana existió una gran demanda de productos pesqueros de la Bética. Entre éstos destacaban los pulpos, calamares, congrios, morenas y todo tipo de túnidos y escómbridos, que eran preparados en las ciudades del litoral y factorías costeras, impulsando en ellas un desarrollo inusitado.

Coincidiendo con el gran auge de estas actividades se crearon infinidad de fábricas de salazones, que se ubicaban alejadas de los núcleos urbanos para evitar los malos olores. Ejemplos de ellas se encontraban en Carteia (Algeciras), Mellaria (Valdevaqueros), Baelo Claudia (Bolonia), Gades (Cádiz), Baesippo (Barbate), Mergoblun (Conil) y Algaida (Sanlúcar), además de otras villas pesqueras situadas en el Mediterráneo como Sexi (Almuñecar). En cuanto a las especies capturadas, los análisis de ictiofauna realizados en las factorías de salazones y los practicados en el contenido de algunas ánforas, ponen de relieve la utilización de todo tipo de peces en estas fábricas, aunque se sabe que algunas especies de túnidos y escómbridos se empleaban de forma preferente para elaborar productos de mayor calidad.

Los estudios realizados en Baelo Claudia (Bolonia, Cádiz), han mostrado que el pescado se aprovechaba de manera integral, pues la carne se salaba (salsamenta) y las vísceras y la sangre se empleaban en la elaboración de salsas como el famoso garum, la muria y el allec, junto con otras variedades como el liquamen, el cod, la miscellanea, etc. En concreto, el garum era una salsa de pescado compuesta por una mezcla de pequeños peces y las gargantas e hipogastrios de atunes, morenas y escómbridos. Esta ciudad se convirtió entre los siglos I y IV en la mayor factoría salazonera de la Bética. Su producto estrella, el garum, llegó a ser, junto con el producido en Cartagena, el más cotizado de todo el Imperio.



Barco arrastrero.

presentan síntomas de agotamiento debido al exceso de presión pesquera que soportan.

La variedad de fondos y sustratos de las costas andaluzas condiciona tanto las especies que se pescan como los artes empleados. Las costas suratlánticas, con sus suaves pendientes y la predominancia de sustratos arenosos y fangosos, favorecen el ejercicio de la pesca de arrastre de fondo. En las zonas arenosas más cercanas al litoral se desarrollan buenas pesquerías de moluscos bivalvos (chirla, coquina, corruco), cefalópodos (pulpo y sepia) y ciertos peces (lubina, baila, herrera, acedía, lenguado), que son explotados mediante muy diversas técnicas.

En las costas mediterráneas, la mayor abundancia de sustratos rocosos limita mucho más la utilización de artes de arrastre. Sin embargo, estas zonas proporcionan buenas capturas de especies muy apreciadas, como el besugo, el pargo o la hurta.

La presencia del estrecho de Gibraltar, paso obligado para numerosas especies de peces en sus migraciones, favorece asimismo ciertas capturas en determinadas épocas del año. De todas ellas, la más representativa es la pesca de túnidos mediante complejas artes fijas, las almadrabas.



Rederos reparando aparejos de pesca.

Los caladeros próximos a la costa andaluza son explotados por la denominada flota litoral, compuesta por las flotas artesanal y costera. Estas embarcaciones utilizan tanto artes de superficie como de fondo, faenando hasta una distancia de unas 60 millas de la costa. En la franja litoral atlántica, mucho más rica que la mediterránea, se extraen más de dos terceras partes de la pesca desembarcada por esta flota.

En nuestros días, el sector pesquero andaluz atraviesa un momento delicado, habiendo sufrido un marcado retroceso en los últimos años. De los



Puertos pesqueros de desembarque en Andalucía.

- | | | | | |
|------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------|---------------------|
| 1. Ayamonte | 6. Chipiona | 11. Barbate de Franco | 16. Marbella | 21. Adra |
| 2. Isla Cristina | 7. Rota | 12. Tarifa | 17. Fuengirola | 22. Roquetas de mar |
| 3. Punta Umbria | 8. El Puerto de Santa María | 13. Algeciras | 18. Málaga | 23. Almería |
| 4. Huelva | 9. Cádiz | 14. La Línea de la Concepción | 19. Caleta de Vélez | 24. Carboneras |
| 5. Bonanza | 10. Conil de la Frontera | 15. Estepona | 20. Motril | 25. Garrucha |

desembarcos cercanos e incluso superiores a las 240.000 toneladas que se llegaron a producir por término medio en la década de los años 70 del siglo anterior, se ha pasado a las 75.000 toneladas anuales anteriormente referidas. Si bien es cierto que esta cifra ha tendido a estabilizarse en los últimos años alrededor de las 100.000 toneladas, las dificultades de la flota para operar en los caladeros marroquíes ha provocado una significativa reducción de las capturas, reflejada claramente en las cifras del año 2000.

Por otro lado, la liberalización de los mercados internacionales ha hecho disminuir el valor real de las capturas, lo que unido a las crecientes dificultades para acceder a caladeros de terceros países y la situación de sobrepesca en los caladeros propios, ha sumido al sector en una crisis preocupante, compartida en el ámbito español y comunitario.

Consciente de esta problemática, la Unión Europea se ha marcado unas directrices bien definidas sobre el acceso, la conservación y la gestión de los recursos pesqueros. Éstas tienen por finalidad garantizar la viabilidad económica del sector a través de la explotación equilibrada y la gestión racional de los recursos pesqueros.

En Andalucía, la Consejería de Agricultura y Pesca ha recogido estos condicionantes y objetivos en el Plan de Modernización del Sector Pesquero Andaluz. Este plan reconoce la importancia de abordar estudios biológicos y socioeconómicos que permitan estimar con exactitud las posibilidades reales de aprovechamiento de las zonas pesqueras del litoral andaluz, así como el establecimiento de las bases técnicas que posibiliten esa gestión racional y sostenible de estos recursos, tanto desde una óptica económica como social.

Alcanzar este objetivo final a través de la determinación de un tamaño óptimo para cada una de las pesquerías supone un esfuerzo considerable de investigación. Investigación que, además de tener una sólida base biológica, debe estar auxiliada tanto por la oceanografía y otras ciencias relacionadas, como por unos eficaces sistemas de recogida, depuración y tratamiento de información estadística de desembarcos, flota operativa, parámetros socioeconómicos de las localidades consideradas, etc.

Ese tamaño óptimo se puede alcanzar a través de la aplicación de medidas concretas, que pueden ser de tipo técnico (características de

los artes de pesca, tallas mínimas de los ejemplares desembarcados, zonas autorizadas y vedadas, etc.) o de control del esfuerzo (restricciones sobre tiempos de pesca y características de las embarcaciones, cierres estacionales, sistemas de licencias) e incluso de carácter netamente económico (subvenciones a la explotación y la inversión, establecimientos de tasas sobre capturas o sobre el esfuerzo ejercido, introducción de sistemas de cuotas de capturas o de esfuerzo transferibles, intervención y ordenación de mercados pesqueros, etc.).

Es evidente pues, que la investigación pesquera en todas sus vertientes es la herramienta fundamental para asegurar el mantenimiento de la actividad pesquera en el futuro, así como para el desarrollo completo de todas sus potencialidades.

La Consejería de Agricultura y Pesca ha llevado a cabo, y aún está desarrollando, una serie de estudios que están permitiendo avanzar en el conocimiento detallado de las distintas pesquerías, así como de las características del sector pesquero andaluz, sin olvidar la búsqueda de nuevas posibilidades. Estos estudios son la base para desarrollar medidas y actuaciones que optimicen los rendimientos biológicos y los beneficios socioeconómicos en las pesquerías de las principales especies de interés comercial y, en definitiva, para alcanzar ese mejor y más racional aprovechamiento de los recursos pesqueros.

Este conjunto de estudios se ha planteado con los siguientes **objetivos** concretos:

- Evaluación de las posibilidades pesqueras de especies de interés comercial todavía sin explotar o insuficientemente explotadas.
- Estudio de poblaciones naturales de especies de interés pesquero con vistas a una mejor evaluación y ordenación de su explotación.
- Aplicación de la estadística al estudio y control de la pesca en Andalucía.



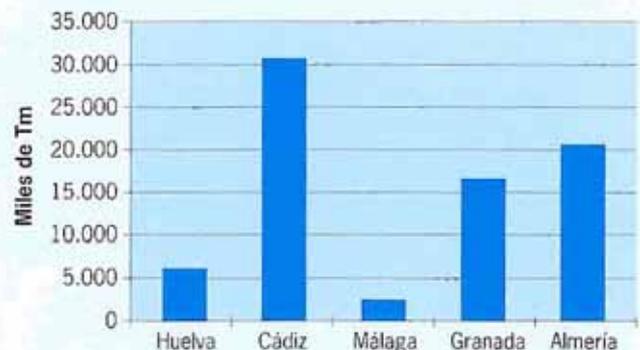
Alcatruces para la pesca del pulpo.

- Evaluación del impacto de ciertas artes de pesca en las poblaciones de las especies objeto de explotación o/y otras capturadas accidentalmente.

Estos objetivos se han desarrollado a través de los siguientes **proyectos y líneas de investigación**:

Nuevas posibilidades pesqueras

- Estudio integral de la pesquería de erizo y anémona de mar en Cádiz y Málaga y elaboración de un plan de gestión para racionalizar su pesca y comercio.
- Evaluación de las posibilidades pesqueras de la almeja blanca (*Venus nux*) en el litoral de las provincias de Cádiz y Huelva.



Producción pesquera en Andalucía por provincias (año 2000).

LA ALMADRABA Y LA PESCA DEL ATÚN

La almadraba es un arte trampa que consiste en una estructura de red de grandes dimensiones en forma de laberinto que se dispone en ciertas zonas de la costa para capturar durante sus migraciones a determinados peces pelágicos (túnidos y afines). La utilización de artes semejantes en el litoral andaluz se remonta al menos a los primeros siglos del dominio romano. Desde entonces, las almadrabas han pasado por distintos periodos de auge y decadencia hasta llegar al momento actual, en el que se calan cada año cuatro almadrabas, las de Conil, Tarifa, Zahara de los Atunes y Barbate, todas ellas en la provincia de Cádiz.



▲ Almadraba realizando la "levantá"

Existen distintos tipos de almadrabas, aunque la que hoy se usa es la de "buche", de gran envergadura y con una complicada estructura que se cala cerca de la orilla. La rabera de tierra empieza próxima a la costa y se prolonga varios kilómetros en sentido perpendicular a ella, desembocando en el cuadro o parte central de la almadraba que se divide en cuatro secciones: cámara, buche, bordonal y copo. La boca es la puerta de entrada de los atunes al cuadro y está formada por dos redes llamadas endiches.

En sus desplazamientos migratorios, cuando los atunes se encuentran con la rabera de tierra, siguen la trayectoria marcada por ésta, de forma que acaban entrando en el cuadro a través de la boca. Por si esto no se produce, existen unas redes accesorias llamadas la legítima, la contralegítima, la rabera de fuera y el bichero, cuya función es dirigir a los atunes irremisiblemente hacia el cuadro. Para que los peces pasen de un compartimento a otro, la almadraba dispone de una red móvil llamada atajo. La pesca de los atunes se realiza cuando los atunes han entrado en el copo, elevando la red de fondo en una operación llamada "levantá".

Existen dos tipos de almadraba según la época del año en que se calan: las de derecho, que capturan los túnidos y afines en su viaje hacia el Mediterráneo, y las de revés, que capturan los túnidos en su regreso al Atlántico. En las almadrabas de revés, los túnidos que se obtienen son de menor calidad que los obtenidos en la almadraba de derecho, pues ya han realizado la puesta y regresan de un viaje extenuante. Por este motivo, algunas almadrabas de revés utilizan sus instalaciones como jaulas de engorde. En este caso, los atunes capturados se pasan, efectuando una levantá, a través de un túnel que va desde el copo a los cuadros (piscinas), donde se engordan el tiempo suficiente hasta sacarlos según las demandas del mercado.



Muestreo de comunidades bentónicas.

Biología de especies de interés pesquero

- Estudio de la biología reproductora del pulpo de roca (*Octopus vulgaris*) en el litoral andaluz y planeamiento de medidas de regulación de su pesquería.
- Estudio del ciclo reproductor de los moluscos bivalvos y gasterópodos de interés comercial del litoral andaluz.
- Evaluación del estado de los recursos marisqueros en el litoral andaluz a través del estudio de las especies de moluscos de mayor interés comercial.

– Delimitación del área de distribución y densidad de la ostra japonesa (*Crassostrea gigas*) en el río Piedras (Huelva).

Estudios sobre pesquerías

– Análisis de la pesca artesanal en el puerto de Conil.

– Análisis de la pesquería del voraz (*Pagellus bogaraveo*) en el Estrecho de Gibraltar.

– Aplicación de las técnicas estadísticas a las políticas de gestión de pesquerías artesanales: análisis bioeconómico y estadístico de las pesquerías en los caladeros de Conil y Tarifa (en colaboración con la Universidad de Huelva).

– Desarrollo de un sistema de información estadística pesquera en Andalucía (en colaboración con las universidades de Málaga y Huelva).

– Estudio de los caladeros de chirla (*Chamelea gallina*) y coquina (*Donax trunculus*) en el litoral de Huelva.

– Seguimiento de las poblaciones de moluscos bivalvos de interés comercial en los ríos Piedras y Carreras (Huelva).

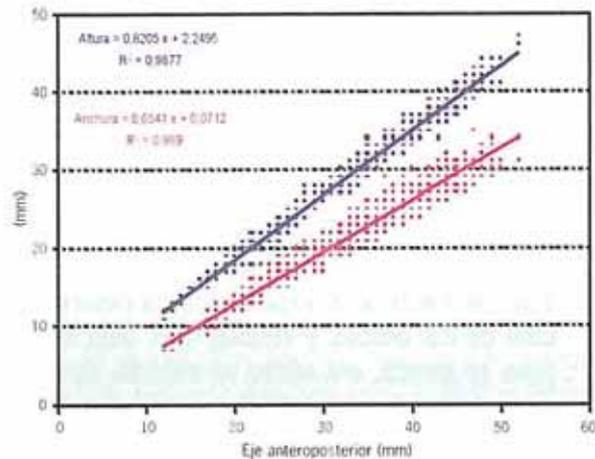
– Efecto de la draga hidráulica en la pesquería de la chirla.

– Incidencia de las artes de pesca utilizadas para angulas y camarones en el Bajo Guadalquivir sobre juveniles de langostino y otras especies de interés comercial (en colaboración con la Inspección Pesquera de la Junta de Andalucía).

Durante los últimos años los **resultados** aportados por estas investigaciones han sido amplios y valiosos:

► PESQUERÍA DE ERIZO Y ANÉMOMA DE MAR EN CÁDIZ Y MÁLAGA

▼ Se ha determinado la distribución geográfica, rango de profundidades y abundancia rela-



Relación entre la altura y la anchura de la concha en *Venus rux*.

tiva de las especies *Paracentrotus lividus*, *Arbacia lixula*, *Sphaerechinus granularis* y *Anemonia sulcata* en el litoral de ambas provincias, cartografiándose el recurso y comprobándose la sobreexplotación de algunas especies en ciertas zonas.

▼ Se han determinado los parámetros biométricos y reproductores de las cuatro especies.

▼ Se ha redactado un plan de ordenación y gestión de la explotación del erizo y la anémoma de mar, estableciendo para cada zona las especies explotables, tamaños y pesos mínimos, épocas de recolección y vedas, métodos autorizados de extracción, centros de comercialización, condiciones de manipulación y envasado, datos de identificación y normas de conservación.

▼ Se han establecido las posibles medidas de control y colaboración con empresas y personas dedicadas a la extracción del recurso, número de licencias recomendadas y se ha elaborado una propuesta de plan de seguimiento y control para la explotación del recurso.

► ALMEJA BLANCA

▼ Se ha comprobado que esta especie parece preferir las zonas de textura limo-arcillosa frente a los sedimentos con textura arenosa; los mayores valores de densidad se han encontrado entre los 70 y 90 m de profundidad.

▼ Se han establecido los límites de rentabilidad de la especie en función de su densidad, la talla mínima de explotación, los períodos de vedas y la tara por jornada de pesca y embarcación.

▼ Se ha propuesto una campaña de explotación controlada y estudio de seguimiento de la especie frente a su explotación, la determinación de los barcos y rastros más adecuados para su pesca, así como un estudio de mercado, teniendo en cuenta las posibles estrategias comerciales a adoptar.

▼ Se ha establecido la conveniencia de incluir las zonas rentables dentro de las Zonas de Producción de Moluscos Bivalvos, sometiendo además a la especie a los controles sanitarios pertinentes.



Tomas de muestra de pulpo de roca mediante arrastre.

ESPECIE	Nº EJEMPLARES RECOLECTADOS
Corruco (<i>Acanthocardia tuberculata</i>)	4.075
Berberecho (<i>Cerastoderma edule</i>)	3.888
Navaja (<i>Solen marginatus</i>)	3.767
Coquina (<i>Donax trunculus</i>)	4.329
Coquina de fango (<i>Scrobicularia plana</i>)	4.201
Concha fina (<i>Callista chione</i>)	3.913
Chirla (<i>Chamelea gallina</i>)	11.623
Almeja chocha (<i>Tapes rhomboides</i>)	4.349
Almeja fina (<i>Ruditapes decussatus</i>)	3.849
Almeja blanca (<i>Venus nux</i>)	7.831
Almejón (<i>Venus verrucosa</i>)	3.409
Cañaila (<i>Bolinus brandaris</i>)	2.364
Busano (<i>Hexaplex trunculus</i>)	2.222
TOTAL	59.823

Volumen de muestras analizadas en el estudio sobre el ciclo reproductor.

► PULPO DE ROCA

▼ Se ha demostrado que las técnicas de fijación y tinción de gónadas son efectivas para el estudio de las mismas, avalando el EVM (Estadio Visual de Madurez) como parámetro válido del estado reproductor del individuo, y desestimando el Índice de Madurez (M), por no presentar equivalencia.

▼ Se ha comprobado que en el litoral andaluz las hembras de pulpo presentan una talla de maduración más alta que los machos, no pareciendo existir diferencias significativas en las tallas entre las poblaciones analizadas del Mediterráneo y del Atlántico. Según los resultados obtenidos, se ha recomendado una talla mínima de captura para todo el litoral andaluz de 1 kg de peso.

▼ Se ha establecido que, en función de los períodos de máxima actividad reproductora del pulpo, de aplicarse una veda sobre la especie, debería extenderse entre los meses de final de primavera y mediados de verano.

▼ Se ha confirmado que el cumplimiento de la normativa de prohibición de la actividad de arrastre a menos de 6 millas náuticas de la costa en el litoral suratlántico, y a menos de 50 metros de profundidad en el litoral surmediterráneo, son buenas medidas para proteger el recurso, dejando estas zonas a la pesca artesanal, mucho más selectiva.

ESPECIE	MESES											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<i>Acanthocardia tuberculata</i>												
<i>Cerastoderma edule</i>												
<i>Solen marginatus</i>												
<i>Donax trunculus suratlántica</i>												
<i>Donax trunculus surmediterránea</i>												
<i>Scrobicularia plana</i>												
<i>Callista chione</i>												
<i>Chamelea gallina</i>												
<i>Venerupis rhomboides</i>												
<i>Ruditapes deccusatus</i>												
<i>Venus nux suratlántica</i>												
<i>Venus nux surmediterránea</i>												
<i>Venus verrucosa</i>												
<i>Pecten maximus</i>												
<i>Bolinus brandaris</i>												
<i>Hexaplex trunculus</i>												

Periodo de pesca
 Periodo de veda
 Periodo de alternativo

Propuesta de veda para las especies de moluscos de interés económico.

► CICLO REPRODUCTOR DE MOLUSCOS

▼ Durante un periodo de un año, se han recolectado muestras de las especies más importantes de bivalvos y gasterópodos desde el punto de vista comercial en las Zonas de Producción de Moluscos declaradas por la Junta de Andalucía.

▼ Se han analizado un total de 59.823 ejemplares, repartidos como muestra la tabla correspondiente.

▼ A partir de los estudios realizados en los ejemplares analizados sobre el ciclo gameto-génico, el índice de condición y el tamaño a partir del cual se reproduce, se ha elaborado una propuesta de vedas y de tallas mínimas para cada una de las especies estudiadas.

► RECURSOS MARISQUEROS

▼ El estudio se ha centrado sobre cinco especies de moluscos bivalvos de interés comercial: corruco (*Acanthocardia tuberculata*), chirila (*Chamelea gallina*), almeja chocha (*Vene-*

rupis rhomboides), concha fina (*Callista chione*) y coquina (*Donax trunculus*).

▼ Se ha caracterizado el medio desde el punto de vista físico-químico y biológico en el que se encuentran las poblaciones de bivalvos de estas cinco especies.

▼ Se han estudiado en ellas distintos parámetros biológicos: índice de condición, determinación de las épocas de puesta, talla de maduración, talla de máxima productividad, proporción de sexos y estado de las poblaciones.

▼ Se ha evaluado el estado actual de los caladeros, determinando las zonas de máxima productividad y las de densidad mínima rentable, además de los artes utilizados en su pesca.

▼ Se ha comprobado que la chirila, en la zona estudiada, se encuentra en estado de sobrepesca demográfica y de sobrepesca de crecimiento.

▼ A partir de la información obtenida, se han propuesto una serie de recomendaciones para

LA PESQUERÍA DEL VORAZ EN EL ESTRECHO DE GIBRALTAR



▲ Voraceros amarrados en el puerto de tarifa

La pesquería del voraz es llevada a cabo en aguas del estrecho de Gibraltar por una flota artesanal de palangre de fondo que utiliza un arte específico denominado "voracera". Las embarcaciones que se dedican a esta pesquería tienen su base fundamentalmente en el puerto de Tarifa, donde supone casi la única ocupación de su flota artesanal, aunque también participan otras embarcaciones de los puertos de Algeciras, Barbate, La Línea y Ceuta.

Esta es una pesquería muy reciente; su desarrollo tiene lugar a partir de principios de los años 80 del pasado siglo, cuando se expande en sustitución de otras. Así, de las apenas 40 Tm

anuales desembarcadas en Tarifa entre 1.972 y 1.978, se llega a un valor de algo más de 100 Tm en 1.980, alcanzándose el máximo de 850 Tm en 1.984. A partir de 1995 se observó un cierto declive en las capturas, que se hizo muy acusado en 1998. Esto provocó la puesta en marcha de medidas de ordenación por parte de la Junta de Andalucía y la Administración Central, con el fin de conseguir detener ese descenso y mantener el recurso en unos límites adecuados.

Este plan de pesca específico para el sector está basado en el establecimiento de unas medidas de control sobre la capacidad de pesca individual y el esfuerzo total. Asimismo, establece una talla mínima, un periodo de veda de dos meses y otras medidas de tipo económico (primas por inactividad de la flota) y operativo.

Uno de los apartados más novedosos del Plan lo representa la participación del sector en la ordenación pesquera, mediante la creación de una Comisión de Seguimiento integrada por diversas instituciones (Gobierno regional, cofradías afectadas, armadores, sindicatos, etc.). Esta Comisión de Seguimiento puede ser un primer paso hacia la puesta en marcha de un sistema de gestión descentralizada o co-gestión de la pesquería, que sería la mejor forma de asegurar la estabilidad del recurso. Aunque es evidente que tanto la propia administración como el sector extractivo no están suficientemente preparados para poner en marcha un sistema de este tipo, no cabe duda que la novedad de hacer participe al sector en algunas decisiones sobre la gestión del recurso es un buen paso para lograr una gestión racional y sostenible de la pesquería.



Pesca artesanal con trasmallo.

la ordenación eficaz de los recursos, tales como periodos de veda, tipificación de la flota y reparto de caladeros, tallas mínimas recomendadas para cada especie y métodos de selección de los ejemplares en función del tamaño.

► OSTRA JAPONESA

▼ Se ha comprobado que su distribución en el río Piedras se reduce a dos zonas separadas, dentro de las cuales su aparición parece estar determinada por el tipo de sustrato.

► **PESCA ARTESANAL EN EL PUERTO DE CONIL**

▼ Se han estudiado por separado las características de la flota pesquera, la evolución de sus capturas en el período 1991-1997 (más detallada en el caso del pulpo, la especie principal en este puerto) y la biología de cuatro especies de peces de interés comercial: breca (*Pagellus erythrinus*), salmonete de roca (*Mullus surmuletus*), pargo (*Pagrus pagrus*) y hurta (*Pagrus auriga*). Los resultados más destacados de este estudio han sido los siguientes:

▼ Se han identificado los caladeros donde faena habitualmente la flota de Conil, así como los artes y aparejos más frecuentemente usados por la flota, las características de las embarcaciones que la constituyen y su grado de actividad, tanto diaria como anual.

▼ Se ha observado que en el período 1991-1997, las capturas totales disminuyeron desde 1995, debido al descenso drástico de las capturas de pulpo (que llegó a representar hasta más del 70% de esas capturas totales), apreciándose por el contrario un aumento progresivo de las capturas de peces y otros cefalópodos. Si no se tiene en cuenta al pulpo, las capturas totales del resto de especies se han ido incrementando en el mismo período de tiempo, comprobándose que una mayor dedicación de la flota a la captura del pulpo provoca un descenso de las capturas de otras especies.

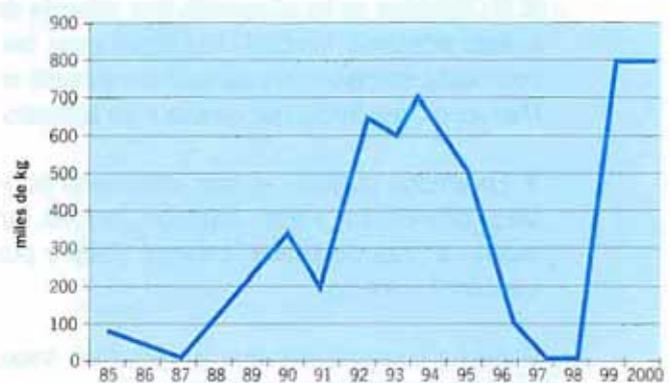
▼ Se ha estudiado la estacionalidad para el conjunto de las pesquerías en función de las capturas y las ventas. En el caso del pulpo, se ha relacionado esa estacionalidad con el ciclo biológico de la especie, estableciéndose que el descenso en sus capturas desde 1995 podría deberse a la captura de hembras maduras y la sobreexplotación del caladero. No obstante, la posterior evolución de las capturas de pulpo a partir de 1998 muestra una apreciable recuperación del mismo.

▼ Del estudio de la alimentación de las cuatro especies de peces comerciales más impor-

tantes ha podido extraerse que normalmente se alimentan del zoobentos, predominando los crustáceos en la dieta de la hurta y el salmonete, los moluscos en la del pargo y los poliquetos en la de la breca.

▼ Se han determinado los pesos y longitudes totales medias para cada una de las cuatro especies. En el caso de la hurta, además se han elaborado modelos matemáticos que relacionan la fecundidad individual y la longitud total, el peso total y el peso eviscerado, y la fecundidad individual y el peso de los ovarios. También para esta especie, se ha comprobado que la mejor variable para estimar la fecundidad es el peso de los ovarios, habiéndose observado una ligera correlación positiva con la talla.

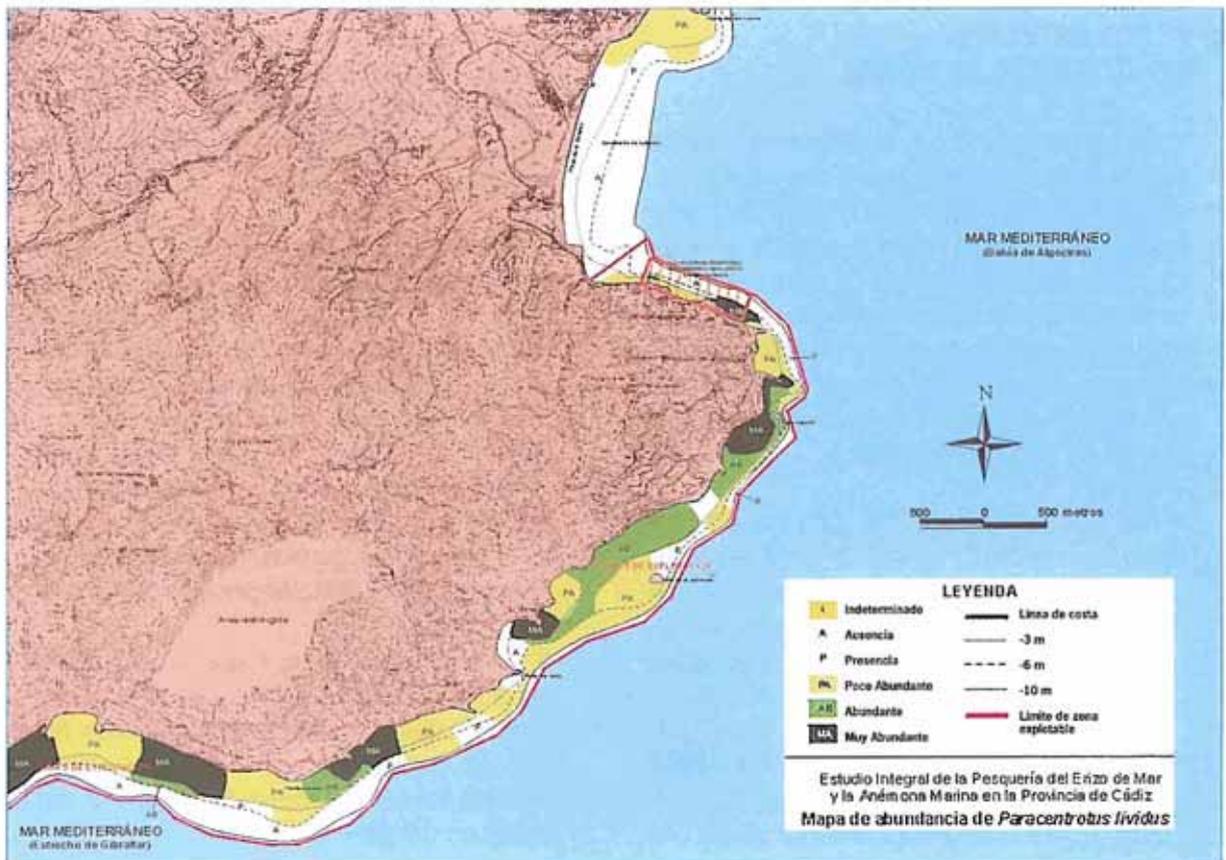
▼ Se ha podido deducir que la puesta de la hurta tiene lugar en verano y en invierno la del pargo, y que las poblaciones de ambas especies en el golfo de Cádiz son hermafroditas proteróginos, característica común a otras especies del género *Pagrus*.



Evolución de las capturas de pulpo en el puerto de Conil (1985-2000).

► **PESQUERÍA DEL VORAZ EN EL ESTRECHO**

▼ Se ha determinado que la reducción de las capturas registrada a partir de 1994 podría estar ocasionada, además de por una posible sobrepesca en los primeros años de la década de los 90, por la extracción excesiva de inmaduros, como consecuencia de su mayor valoración en el mercado.



Distribución y densidad del erizo de mar (*Paracentrotus lividus*) en el estrecho de Gibraltar.

▼ En Algeciras se ha observado que, además de la flota artesanal, también descargan voraz barcos mucho mayores, que faenan normalmente en Marruecos, tendencia que parece ir en aumento.

▼ En ambos puertos se han observado notables diferencias entre distintos barcos en cuanto a días de pesca, captura (total y por tamaños) y precios.

▼ Se ha comprobado que las posibles mejoras que permitan un aumento del precio de venta son mínimas, pues las medidas que hoy en día se siguen aseguran una calidad difícilmente mejorable.

► ANÁLISIS BIOECONÓMICO DE LAS PESQUERÍAS DEL PUERTO DE TARIFA

▼ Se ha estudiado la pesquería del voraz en el Estrecho de Gibraltar a partir del análisis estadístico de la información correspondiente a las subastas realizadas en la lonja de Tarifa entre

los años 1997-1999, así como distinta información proporcionada por la Dirección General de Pesca de la Junta de Andalucía, el Censo de Flota Operativa de la Secretaría General de Pesca Marítima, Cofradías de Pescadores, etc.

▼ Se ha analizado el mecanismo de precios en primera venta del voraz, a través del estudio de la estacionalidad del mercado, las relaciones con el mercado mayorista y con la lonja de Madrid (destino de la mayor parte del voraz pescado en Tarifa) y la estimación de relaciones de oferta y demanda. Se ha concluido que las fluctuaciones del voraz en la lonja de Tarifa influyen significativamente en el precio que alcanza en Mercamadrid, mientras que este último no influye de forma significativa sobre el precio en lonja.

▼ Mediante la aplicación de técnicas estadísticas, se ha determinado una forma funcional adecuada para la función de producción de la pesquería, que ha permitido cuantificar el poder de pesca o capacidad de pesca indivi-

PESQUERÍAS Y MODELOS BIOECONÓMICOS

La pesca, aunque renovable, no deja de ser un recurso limitado. Conocer los límites de su explotación sostenible es el objetivo básico de la gestión de los recursos pesqueros. Para alcanzar ese objetivo es necesario conocer el estado de las poblaciones de peces explotadas. Sin embargo, como éstas sólo pueden ser estimadas de una forma aproximada, existe siempre una cierta incertidumbre en las decisiones que se puedan adoptar a partir de los datos obtenidos directamente. Esto obliga a la utilización de modelos matemáticos complejos que permiten evaluar el estado de los stocks y establecer el nivel óptimo de explotación, determinando además ese grado de incertidumbre con el que se presentan los valores obtenidos.



▲ Embarcaciones pesqueras en el puerto de Adra (Almería)

Desde un punto de vista biológico, el objetivo básico sería situar la pesquería a un nivel cercano al del Rendimiento Máximo Sostenible, es decir, en un nivel de equilibrio del stock del recurso tal que, permaneciendo constante, genere la mayor captura posible. Debido a que las evaluaciones llevan asociado un cierto nivel de imprecisión, como principio de precaución se suele tomar la extracción de una parte del óptimo estimado.

Pero además de las variables de tipo biológico, en una ordenación moderna de pesquerías hay que tener en cuenta también los aspectos socioeconómicos. Existen así modelos económicos que consideran como tamaño óptimo de la pesquería aquel que maximiza la renta económica sostenible del recurso y constituye el equilibrio que podría alcanzarse bajo una gestión adecuada del mismo; este sería el Rendimiento Máximo Económico (RME). Sin embargo, este óptimo económico no tiene por qué coincidir necesariamente con el óptimo biológico. Hay que tener en cuenta que el ejercicio de la pesca produce beneficios sociales, como son el incremento de la producción total de alimentos y otros productos marinos y el aumento de los ingresos económicos netos del pescador.

De esta forma, parece aconsejable que la ordenación de la pesca se base en el desarrollo de los denominados Modelos Bioeconómicos, cuyo fin último es alcanzar ese óptimo social a través del equilibrio entre los aspectos biológicos y socioeconómicos de la explotación pesquera.

dual de las embarcaciones que componen la flota voracera. Se ha estandarizado así el esfuerzo de pesca, de forma que se ha podido obtener una serie temporal de esta variable. El esfuerzo efectivo ejercido por la flota se ha mostrado muy relacionado con la variabilidad de las condiciones climatológicas.

▼ El poder o capacidad de pesca de las embarcaciones se ha manifestado dependiente de las inversiones realizadas (instalación de carretes hidráulicos fundamentalmente). En los barcos que no han realizado dichas inversiones la capacidad de pesca ha estado exclusivamente relacionada con el número de tripulantes.

▼ Por medio de la serie temporal de la capacidad de pesca, se ha estimado un modelo de

producción excedente para la pesquería, que ha permitido la evaluación del recurso y la cuantificación del Rendimiento Máximo Sostenible. Asimismo, se ha realizado un análisis de algunos factores socioeconómicos que inciden en la pesquería, para finalmente analizar algunas medidas de ordenación pesquera eficientes desde un punto de vista económico y compararlas con el actual marco de gestión de la pesquería.

▼ La comparación de los resultados numéricos teóricos obtenidos con los reales, ha evidenciado que la pesquería, a pesar de la existencia de un Plan de Pesca específico, necesita una regulación que se ajuste mejor que la actual al estado en el que se encuentra el recurso.

► ANÁLISIS BIOECONÓMICO Y ESTADÍSTICO DE LAS PESQUERÍAS DEL PUERTO DE CONIL

▼ Se ha analizado estadísticamente la información extraída a partir de las bases de datos diarias de subastas en la lonja de Conil durante el periodo 1991-1997 y de datos suministrados por la Cofradía de Pescadores de Conil y ciertos organismos oficiales (Secretaría General de Pesca del MAPA, Dirección General de Pesca de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía), etc.

▼ Se ha comprobado que los mecanismos de determinación de los precios de las principales especies subastadas en la lonja de Conil se basan en el esquema de una demanda local no dependiente del precio que se logra en primera venta. Los pocos mayoristas que operan en dicho mercado ejercen un control férreo sobre los precios, los cuáles vienen marcados por la evolución del mercado en su conjunto.

▼ El análisis de la conducta de los pescadores ha mostrado que éstos centran su actividad en el pulpo. Cuando los niveles de captura de pulpo decrecen es cuando se observan los mayores desembarcos de otras especies. Durante la temporada del pulpo, los beneficios se deben sobre todo a la abundancia de la especie, no a su valor económico propio. Cuando sus niveles decrecen, se concentran en otras especies menos numerosas pero de



Muestreo de coquinas.

mayor cotización, lo cual compensa el descenso en las cantidades capturadas.

▼ La tendencia creciente en la rentabilidad detectada a lo largo del periodo de estudio pone de manifiesto el generalizado grado de pérdida de la competitividad de las embarcaciones, provocada, entre otros factores, por la imposibilidad de repercutir en el precio las alteraciones en la oferta local, el férreo control de precios por parte de asentadores y mayoristas y el deficiente planteamiento de una estrategia adecuada de pesca, enormemente dependiente de una sola especie.

▼ Para la especie con más peso en la lonja de Conil, el pulpo, se ha establecido la función de producción diaria y estacional, determinando las variables más significativas en el comportamiento de las capturas (días de pesca por embarcación, tamaño del buque y número de tripulantes). La función de producción diaria estimada ha mostrado que no es posible aumentar la producción por barco y día de forma indefinida incrementando los factores mencionados.



Draga hidráulica.

► **DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN ESTADÍSTICA PESQUERA EN ANDALUCÍA**

▼ Este proyecto persigue la creación, consolidación y explotación científica de un sistema de información estadística acerca de las pesquerías desarrolladas en la costa andaluza que se constituya en un observatorio permanente sobre el estado y el nivel de explotación de los recursos pesqueros.

▼ Cuando se finalice (el enorme volumen de datos a recoger y tratar no ha permitido aún su puesta a punto) permitirá el control del estado de los recursos pesqueros, evaluar la situación del sector y contribuirá a la promoción de la investigación científica sobre esta actividad.

► **CALADEROS DE CHIRLA Y COQUINA EN HUELVA**

▼ Se ha estimado la superficie del caladero de chirla de Punta Umbria, comprobándose que la mayoría de la población está integrada por individuos pertenecientes a los reclutamientos del año anterior, con una estructura de edades semejante entre las diferentes áreas establecidas.

► **POBLACIONES DE MOLUSCOS EN LOS RÍOS PIEDRAS Y CARRERAS (HUELVA)**

▼ En los ríos Piedras y Carreras, las características de sus poblaciones de moluscos bivalvos indican que existe una explotación excesiva de recursos marisqueros. En el caso del río Carreras, se ha propuesto la realización de un proyecto global de recuperación del río.

► **DRAGA HIDRÁULICA**

▼ Se ha comprobado, mediante su recogida y cultivo, que las chirlas devueltas al mar por la draga hidráulica mantienen su capacidad de crecimiento.

► **INCIDENCIA DE ARTES DE PESCA**

▼ Se ha observado que la incidencia de las artes utilizadas en la pesca de angulas y camarones en el Guadalquivir sobre juveniles de langostino parece ser nula entre finales de primavera y principios del verano.

TECNOLOGÍA PESQUERA

Desde los inicios de la pesca, el hombre ha desarrollado una gran variedad de sistemas para la captura de peces y otros animales marinos. Durante siglos, la humanidad ha ido incorporando los avances tecnológicos de cada momento a las actividades pesqueras, siempre con el objeto de incrementar su capacidad de extracción. Esta evolución de las técnicas de pesca ha llevado a la desaparición de algunas artes o a su uso restringido, así como a la extensión rápida de las que se han mostrado más efectivas y rentables en cada momento histórico.

En el siglo pasado, un número creciente de barcos cada vez más grandes y potentes, dotados de sofisticados sistemas de detección de peces, apoyados incluso desde el aire, provistos



Repoblación de doradas en la bahía de Cádiz.

INSTALACIÓN DE ARRECIFES ARTIFICIALES



▲ Carga de módulos arrecifales al barco instalador

La instalación de arrecifes artificiales supone un proceso largo y laborioso cuyo primer paso es la elección del lugar donde se van a instalar. A partir de ese momento dan comienzo una serie de estudios previos de los que van a depender en gran medida el éxito o el fracaso de la empresa.

En primer lugar es necesario realizar un análisis en profundidad de las condiciones del oleaje y las corrientes en la zona, así como estudios sobre batimetría y sedimentología del área de fondeo. Los módulos que constituirán el arrecife se diseñan en función de la información extraída de estos estudios, de forma que se asegure su estabilidad y permanencia a través de un peso, estructura de fon-

deo y profundidad adecuados. En ese diseño también se tiene en cuenta la función principal que se va a dar al arrecife, disuasoria, productora o una mezcla de ambas.

Asimismo, se lleva a cabo un estudio biológico de la zona de instalación, con toma de muestras, análisis de la calidad biológica de las aguas y realización de pescas experimentales, combinadas con estudios sobre las pesquerías de la zona e incluso prospecciones submarinas.

Por último, tiene lugar un estudio de las posibles repercusiones del proyecto, tanto de índole económica y social como ecológicas que puedan desaconsejar su ejecución. Una vez realizada toda esta fase previa, y siendo su conclusión final favorable a la instalación del arrecife, se procede a la construcción de los módulos, con las consideraciones de tipo técnico que tiene la fabricación de estas estructuras de gran tamaño.

La instalación de los módulos supone un despliegue de medios importante. En primer lugar, el puerto desde el que se realice el fondeo debe tener disponibilidad de medios de carga, buen calado, área de almacenamiento suficiente para albergar las estructuras y permitir el paso de vehículos pesados para las labores de carga y descarga, y estar situado próximo al área de fondeo. El transporte hasta la zona elegida se realiza por medio de buques mercantes de pequeño tonelaje (unos 3.000 Tm de peso muerto). Tras la operación de fondeo, lenta y laboriosa, necesitada además de unas buenas condiciones meteorológicas que faciliten la operación, tiene lugar el balizamiento del área.

Para completar los trabajos y comprobar la efectividad del arrecife, es necesario el establecimiento de un plan de seguimiento que, además de comprobar su eficacia disuasoria, se ocupe del estudio del asentamiento y la evolución de las comunidades instauradas sobre las estructuras sumergidas, la evaluación de la concentración y promoción de la biomasa de interés pesquero y el estudio del impacto de la estructura sumergida sobre las comunidades bentónicas de su entorno inmediato.

de artes de dimensiones kilométricas, se lanzaron a la explotación masiva de los mares. La aplicación de la tecnología más moderna a la industria pesquera permitió alcanzar unos niveles de extracción pesquera hasta entonces impensables.

Este enorme esfuerzo extractor, si bien ha producido un aumento espectacular de los volúmenes de pesca, ha tenido en muchos lugares graves consecuencias. En determinadas zonas del mundo, las flotas comerciales han llevado a

su agotamiento las pesquerías de ciertas especies antaño abundantes, a veces incluso hasta su práctica extinción biológica. Esto ha supuesto, aparte de la merma económica, la desaparición drástica del medio de vida de decenas de miles de familias.

Una gran parte de este incremento extractor se ha conseguido mediante la utilización de artes de pesca que, si bien permiten elevados niveles de captura, son poco selectivas. Un porcentaje



Muestreo de moluscos.

variable de cada lance pesquero está compuesto por ejemplares de especies de bajo o nulo interés comercial que son, ya sin vida, devueltos al mar; constituyen lo que se conoce como descartes. En algunos tipos de pesquerías, afortunadamente ya abandonados, los descartes llegaban a representar el 90% de las capturas totales.

Al enorme impacto de estos sistemas poco selectivos en los ecosistemas marinos hay que sumar el ocasionado por las capturas accidentales de cetáceos, tortugas y aves marinas que, en número de miles, son víctimas de redes y anzuelos. De este modo, en ciertos lugares hemos asistido al colapso de pesquerías enteras, habiéndose llegado en ocasiones a poner en peligro al mismo entramado ecológico marino, amenazando su viabilidad futura, la de los recursos que sustenta y, por tanto, el modo de vida de millones de personas en todo el mundo.

Afortunadamente, esta visión depredadora de los recursos marinos está cambiando. Hoy en día, además de limitar la pesca a niveles que permitan el mantenimiento y viabilidad de las poblaciones de peces, se aboga por la adopción de

sistemas cada vez más selectivos y respetuosos con el medio marino.

Por otro lado, se trabaja en nuevas experiencias e investigaciones que persiguen, no ya optimizar y minimizar el impacto de las capturas, sino la protección y promoción de los propios recursos pesqueros. Las nuevas tecnologías se están utilizando para recuperar pesquerías agotadas, ayudar al mantenimiento de otras que sufren un elevado índice de captura e incluso crear nuevas en zonas donde antes no las había.

En este ámbito es donde la Consejería de Agricultura y Pesca ha estado fomentando actuaciones y estudios en el marco de los diversos programas de ordenación pesquera.

En cuanto a la protección de los recursos pesqueros, hace ya más de diez años que se está desarrollando una política de protección de los caladeros tradicionales y las zonas de puesta y alevinaje por medio de la instalación de arrecifes artificiales de carácter disuasorio por todo el litoral andaluz. Estos arrecifes se fondean sobre todo para evitar la actividad de barcos arrastreros en zonas donde este tipo de pesca no está permitido (a menos de 6 millas de la costa en el litoral suratlántico y a menos de 50 metros de profundidad en el tramo mediterráneo) y que son importantes para la cría y el reclutamiento de muchas especies de interés pesquero.

El arrastre ilegal en estas zonas tiene consecuencias muy negativas, ya que altera gravemente



Buzos preparándose para una inmersión de reconocimiento.

los fondos, destruyendo la vegetación que se asienta sobre los mismos junto con las puestas y alevines de especies de interés comercial. Además produce cuantiosos daños en la actividad pesquera con artes fijas de carácter tradicional asociada a estos mismos lugares, originando tensiones y conflictos dentro del propio colectivo pesquero.

A estas medidas de protección de los recursos marinos hay que añadir la puesta en práctica de diversas iniciativas y experiencias para su promoción. En este sentido, la instalación de arrecifes artificiales juega también un papel destacado.

Los arrecifes artificiales se pueden instalar no sólo como elementos disuasorios, sino también como estructuras que mejoran el hábitat, constituyendo biotopos artificiales en los que pueden encontrar alimento, refugio y lugares adecuados para la cría diversas especies de interés pesquero. En este caso se habla entonces de arrecifes de tipo productivo, aunque realmente la instalación de cualquier estructura rígida en el fondo del mar supone aumentar, de forma indirecta, la producción.

La división entre arrecifes disuasorios y arrecifes productivos a veces no está muy clara, y en determinadas ocasiones la instalación se realiza con el doble objetivo. La diferencia entre unos y otros se encuentra en el tipo de módulos arrecifales que se utilicen en su instalación. Así, exis-



Buzo y módulo arrecifal.

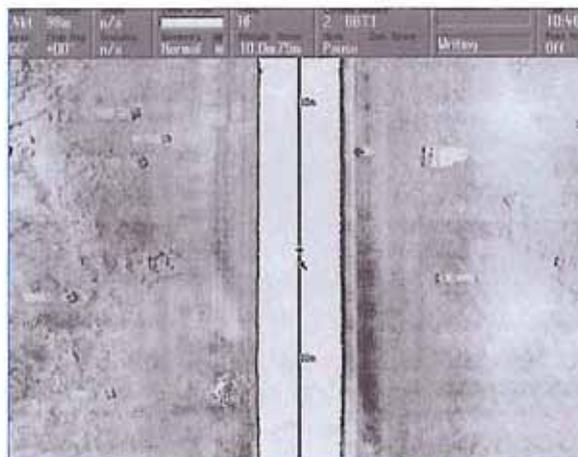


Imagen de sonar barrido lateral (se aprecian algunos módulos).

ten módulos específicos de protección, con numerosos salientes y elevado peso para impedir el arrastre, y módulos de atracción-concentración, diseñados con numerosas oquedades y de forma que proporcionen el máximo de superficie para la fijación y refugio de organismos sésiles y nadadores. Incluso se han desarrollado módulos mixtos, con características que cumplan ambas funciones disuasoria y protectora.

Por supuesto, la elección de un tipo u otro de módulos, o la combinación entre ellos, es muy variable dependiendo de la zona en la que se quiera instalar la nueva estructura. La conveniencia de cada una de las opciones depende de diversos factores, tanto de índole social y económica como biológicos, diferentes en cada lugar y que precisan detallados estudios de costes y previsión de resultados.

Otra de las formas de incrementar los recursos pesqueros en una zona determinada es a través del refuerzo de las poblaciones naturales mediante programas de repoblación. Estos programas se pueden llevar a cabo con ejemplares procedentes de poblaciones silvestres en buen estado de conservación o bien proceder de la cría en cautividad. En este último caso, se controlan las etapas de reproducción y cultivo larvario de las especies objeto de repoblación y, posteriormente, se procede a la liberación de los jóvenes en el medio natural, para que engorden utilizando las producciones naturales del ecosistema.



Siembra de semillas en parque de cultivo de moluscos.

Para asegurar y comprobar el éxito de las repoblaciones son necesarios unos criterios y conceptos básicos previos, tales como el control del estado sanitario de los animales a liberar y del área de suelta, la determinación de la estrategia de liberación y el diseño de un plan de seguimiento pre y post-suelta, entre otras. El control de la efectividad de la repoblación no es posible sin la realización de un plan de seguimiento y, dentro de este plan, es fundamental el marcaje de los individuos liberados, así como el establecimiento de medidas para asegurar y controlar las recapturas.

Estas técnicas de repoblación, que se pueden realizar tanto con peces como con moluscos y crustáceos, es obvio que resultan costosas y complejas. Al igual que ocurre con las de creación de hábitats submarinos artificiales a gran escala, la determinación de su efectividad real necesita de unos amplios estudios sobre diversos aspectos biológicos y pesqueros. Sin embargo, ambos tipos de actuaciones despiertan grandes expectativas en cuanto a sus posibilidades futuras.

Es por tanto necesaria e imprescindible la aplicación de programas de investigación que proporcionen las bases técnicas, científicas y tecnológicas para el desarrollo de todo el potencial que atesoran estas iniciativas. Entre los campos a investigar destacan los estudios sobre la mejora de la productividad del medio que introducen las estructuras artificiales, el

COLONIZACIÓN DE UN ARRECIFE ARTIFICIAL

La instalación de una estructura sólida en el fondo del mar desencadena un rápido proceso de colonización y sucesión ecológica. Este proceso comienza con el recubrimiento de la superficie por bacterias de distintas especies, cuyas poblaciones se van sucediendo en el tiempo. Posteriormente aparecen organismos más desarrollados, tales como hidrozooos de pequeño porte, pequeñas esponjas, poliquetos, cirripodos, moluscos bivalvos y briozoos. También aparecen algas, en las partes mejor iluminadas. Las larvas planctónicas nadadoras de estos organismos asentados también se fijan al soporte, de forma que poco a poco éste se va poblando cada vez más. Así, tiene lugar una sucesión de la comunidad biológica del arrecife, en la que participan de forma decisiva los propios organismos que viven fijados a él. El recubrimiento de la superficie y la diversidad aumentan poco a poco, aunque cada vez más lentamente, hasta alcanzar el estado de madurez de la comunidad.

Además de los organismos que se instalan sobre los módulos que lo componen, el arrecife proporciona refugio y abrigo a pequeños invertebrados y vertebrados, que fuera de este lugar se verían amenazados. Constituyen también lugares adecuados para la reproducción de aquellas especies que realizan puestas bentónicas o sésiles. Por todo ello, los arrecifes pueden jugar un papel muy importante como zonas de reclutamiento de ciertas especies de interés pesquero.

La modificación de la dinámica hidrológica que los arrecifes producen en la zona donde se instalan da lugar a alteraciones sedimentológicas, que se traducen en cambios en las comunidades biológicas bentónicas que pueblan este área, afectando al resto de la cadena trófica. Así por ejemplo, en algunos casos se ha comprobado que la instalación de arrecifes en zonas arenosas ha producido un destacado aumento del número de peces planos y sus capturas.



Medición de lenguado liberado y recapturado.

incremento de los recursos explotables que origina esa productividad, el aumento de los stocks de pesca producido por las liberaciones o los posibles impactos ecológicos que puedan tener estas actuaciones tanto en las comunidades biológicas afectadas como en otras especies objeto de pesca. A esta breve lista habría que añadir todo el conjunto de estudios previos necesarios para la aplicación de estas tecnologías sobre el estado y la ordenación de los stocks explotados, así como el desarrollo de los cultivos acuícolas.

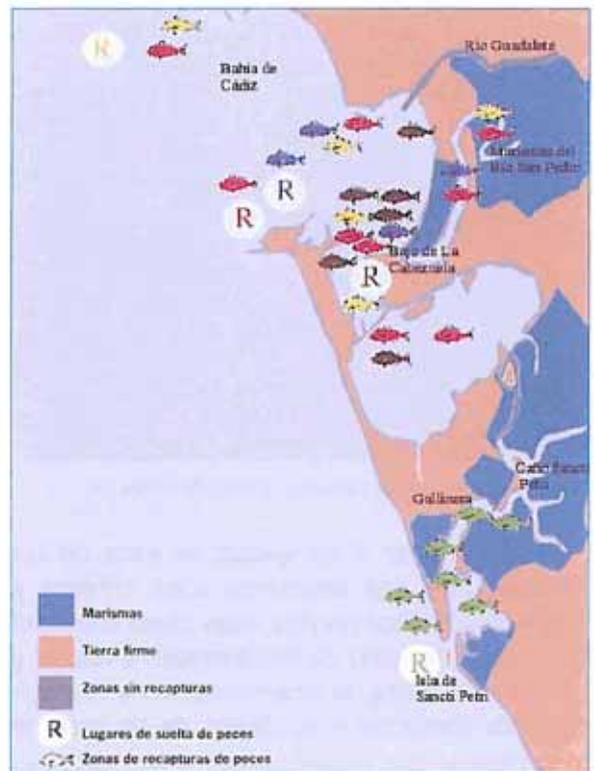
En las diversas iniciativas emprendidas en los últimos años por la Consejería de Agricultura y Pesca en el campo de las repoblaciones, han tenido un protagonismo destacado los dos Centros de Investigación y Cultivo de Especies Marinas. En estos últimos años el centro "Agua del Pino" de Huelva ha destacado por sus actividades en el campo de la repoblación de moluscos bivalvos en el área de su entorno. Aunque este centro también ha experimentado con especies piscícolas, ha sido el centro de Cádiz, "El Toruño", el que ha desarrollado un mayor número de experiencias en este sentido, abarcando un amplio ámbito geográfico y utilizando ejemplares procedentes de la cría en cautividad que se desarrolla en el centro.

En conjunto, se han intentado cubrir los siguientes **objetivos**:

- Protección de áreas de pesca frente al arrastre ilegal y creación de nuevos núcleos de producción pesquera.

CENTRO	AÑO	Nº DE PECES LIBERADOS	ZONA DE LIBERACIÓN
CICEM "El Toruño"	1996	10.436 doradas	Bahía de Cádiz
CICEM "Agua del Pino"	1996	880 doradas	Ayamonte
CICEM "Agua del Pino"	1996	1.227 doradas	Mazagón
CICEM "El Toruño"	1997	3.485 doradas	Bahía de Cádiz
CICEM "El Toruño"	1997	7.000 doradas	Conil
CICEM "El Toruño"	1998	2.000 doradas	Bahía de Cádiz
CICEM "El Toruño"	1998	41.000 lubinas	Conil
CICEM "Agua del Pino"	1998	115 doradas	El Rompido
CICEM "El Toruño"	1998	31.000 lenguados	Conil
CICEM "El Toruño"	1999	1.792 sargos	Bahía de Cádiz

Liberaciones de peces efectuadas por los CICEM.



Esquema de liberaciones y recapturas registradas en la Bahía de Cádiz.

- Incremento del rendimiento y recuperación de pesquerías artesanales mediante el refuerzo de stocks colapsados o disminuidos.

Estos objetivos generales se han plasmado en una serie de **proyectos y líneas de investigación**:

- Instalación y seguimiento de arrecifes artificiales en el litoral andaluz.
- Mejora y recuperación de pesquerías artesanales de la costa suratlántica mediante repoblación con ejemplares procedentes de acuicultura.
- Evaluación del éxito de las repoblaciones de peces producidos en cautividad mediante campañas de marcaje y recaptura.
- Repoblaciones de los bancos naturales de moluscos bivalvos del litoral onubense con ejemplares procedentes de cultivos acuícolas.
- Resiembras de chirla (*Chamelea gallina*) procedente de poblaciones naturales en el litoral onubense.

– Del conjunto de las experiencias realizadas se puede extraer la siguiente síntesis de **resultados**:

► ARRECIFES ARTIFICIALES

▼ Entre 1990 y 1998 la Consejería de Agricultura y Pesca ha instalado 16 arrecifes artificiales en las costas andaluzas (9 en la costa atlántica y 7 en la costa mediterránea), la mayoría de ellos con el objetivo de proteger ciertas zonas frente al arrastre ilegal, aunque en algún caso la intención principal ha sido la de favorecer el aumento de los recursos pesqueros.

▼ En 1999 comenzó un proyecto de seguimiento que, con una duración de tres años, está llevando a cabo una nueva y más precisa

evaluación del estado y la eficacia de todo este conjunto de arrecifes instalados. Asimismo, se están abordando algunos estudios previos para la instalación de nuevas estructuras.

▼ En la campaña de seguimiento se comprueba el estado físico de los módulos arrecifales (estabilidad, resistencia, estado de conservación, posible hundimiento, depósito de sedimentos, etc.) y su estado biológico (grado de colonización e impacto sobre el entorno). Además, se realizan estudios sobre la fauna íctica asociada y la eficacia antiarrastre de los arrecifes disuasorios, examinando la presencia de actividad pesquera dentro y en los alrededores del arrecife mediante técnicas de barrido de sonar y observaciones directas.

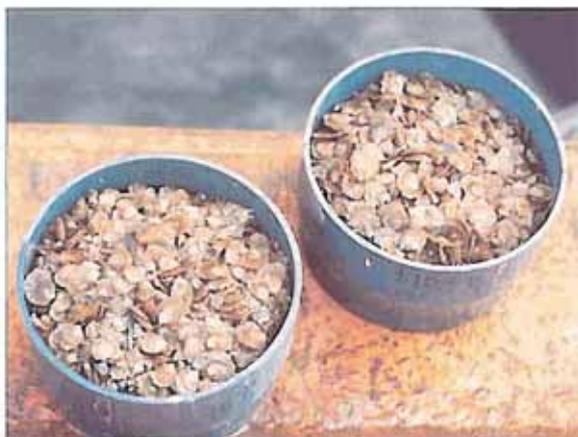


Arrecifes instalados y en fase de proyecto en la costa meridional de la provincia de Almería.

► REPOBLACIONES DE PECES

▼ En las provincias de Cádiz y Huelva, la Junta de Andalucía, a través de sus centros de cultivos marinos, viene realizando campañas anuales de repoblación con especies de interés pesquero desde 1993. Aunque la especie principal ha sido la dorada, también se ha liberado de forma puntual lenguado, sargo, lubina y rodaballo.

▼ Entre los años 1996 y 1999 los centros dependientes de la Consejería liberaron alrededor de 25.000 doradas, 41.000 lubinas, 31.000 lenguados y unos 1.800 sargos en las aguas de la costa suratlántica. La mayor parte de estos peces fue producida en el CICEM de Cádiz.



Semillas de ostra listas para su siembra.

▶ CAMPAÑAS DE MARCAJE Y RECAPTURA

▼ Las diversas experiencias de marcaje y recaptura han permitido obtener importante información tanto del éxito de las liberaciones como de la eficacia de los sistemas de marcaje utilizados, sobre todo en el caso de la dorada, especie en la que se han centrado estas campañas.

▼ En la región suratlántica, las cercanías de la desembocadura del Guadalquivir, la costa atlántica gaditana y, sobre todo, la zona de la bahía de Cádiz, han mostrado ser idóneas

DENOMINACIÓN ARRECIFE	TIPO ARRECIFE	SUPERFICIE PROTEGIDA (KM ²)	NÚMERO DE MÓDULOS	TIPO DE MÓDULO	PESO (TM)	AÑO DE INSTALACIÓN	INVERSIÓN
Conil	Protección	3,00	55	Prismático	3,94	1989	9.400.000
El Rompido I	Protección	4,00	125	Cilíndrico	2,40	1990	19.650.000
Sanlúcar I	Protección	4,00	125	Cilíndrico	2,40	1990	19.650.000
Isla Cristina	Protección	15,00	350	Prismático	3,00	1991	33.587.000
Sanlúcar II	Protección	23,00	350	Cilíndrico	2,50	1991	29.402.000
Conil II	Producción	3,00	30	Piramidal	7,00	1991	16.113.574
Sanlúcar III	Mixto	29,44	210	Cilíndricos	2,40	1992	47.597.265
			190	Troncocónicos	2,45		
			100	Mixtos	3,10		
			4	Alveolares	5,94		
Torremolinos	Mixto	16,62	190	Cilíndricos	2,40	1992	47.597.265
			210	Troncocónicos	2,45		
			100	Mixtos	3,10		
			4	Alveolares	5,94		
Roquetas de Mar	Mixto	15,75	400	Troncocónicos	2,45	1992	47.597.265
			10	Mixtos	3,10		
			4	Alveolares	5,94		
El Rompido II	Mixto	17,20	400	Cilíndricos	2,40	1994	31.200.200
			100	Mixtos	3,10		
Barbate	Producción	0,12	312	Cinco tipos		1995	30.999.904
Torre Perdigal-Rambá moladera	Protección	14,10	327	Cúbico	5,42	1998	44.873.950
Punta de Baños-Marbella	Protección	14,82	169	Cúbico	5,42	1998	23.191.736
Marbella-Cabo Pino	Protección	9,43	133	Cúbico	5,42	1998	
Río Lagos-Punta Torrox	Protección	5,42	115	Cúbico	5,42	1998	37.051.886
P.D. El Candado-Torre Benagalbón	Protección	20,00	333	Cúbico	5,42	1998	45.697.325
TOTAL		194,90	4.436	PROMEDIO	3,88		483.609.427

Liberaciones de peces efectuadas por los CICEM.

MÉTODOS DE MARCAJE DE PECES

En los trabajos de repoblación, una vez realizada la suelta es necesario llevar a cabo un plan de seguimiento que permita evaluar el éxito de la actuación. Dentro de este plan, es fundamental el marcaje de los individuos liberados, pues de su recaptura se obtienen datos que permiten conocer la supervivencia, crecimiento y desplazamiento de estos ejemplares. Los sistemas de marcaje pueden ser muy distintos en función del tipo de organismo que se quiera marcar y, dentro de éste, del tamaño de la especie, de los individuos a marcar o incluso de la información que se quiera extraer.

En los peces, estos marcajes pueden ser externos o internos. Entre los primeros, los más comunes son las marcas de plástico, sujetas al tejido muscular del pez por medio



▲ Dorada marcada con marca de plástico

de una aguja aplicada con una pistola. En la marca va impreso el código del individuo marcado, así como los datos del remitente (teléfono y/o dirección) a quien notificar la captura del ejemplar. Debido a las propias características del marcaje, este sistema está limitado a ejemplares de cierto tamaño. Otro tipo de marcaje externo más complejo es por medio de marcas electrónicas adosadas al dorso de los individuos. Este sistema permite un seguimiento continuo de los ejemplares por medio de un hidrófono direccional, si bien sólo se puede utilizar en cortas distancias, de manera que se utiliza para estudios muy concretos, sobre todo de comportamiento.

Entre las marcas internas, se ha experimentado con productos fluorescentes que se fijan en ciertas partes de la anatomía del pez, como los otolitos. Mediante la inmersión de los individuos en baños con estas sustancias diluidas, se pueden marcar miles de ejemplares a la vez. La ventaja de este método es que se puede usar para ejemplares de pequeño tamaño (alevines), en los que los otros marcajes no son posibles. El inconveniente es que, al ser una marca interna, el pez posteriormente no puede ser reconocido por nadie fuera del grupo investigador. Esta es, en cambio, la gran ventaja que tienen las marcas externas, ya que mediante campañas de propaganda (carteles, anuncios en prensa local, radio y televisión, camisetas, etc), se puede dar una amplia difusión a la experiencia y solicitar la colaboración de los pescadores, de forma que se asegura un porcentaje de recaptura mayor que si ésta fuera llevada a cabo únicamente por los propios investigadores.

para realizar campañas de repoblación. En cambio, la costa onubense parece ser menos adecuada debido a la conocida contaminación local de algunas zonas, aspecto al que algunas especies, como las doradas, han demostrado ser muy sensibles.

▼ Se ha comprobado que si los lugares de liberación son los adecuados (estuarios de ríos y caños mareales), los desplazamientos no son muy elevados durante el primer año.

▼ En las campañas de marcaje, las tasas de recaptura obtenidas han oscilado entre el 0,3 y el 3,7%. En cuanto a las formas de recaptura de los ejemplares marcados, en un 68% de

los casos registrados se trató de pesca comercial, mientras que sólo un 15% se debió a pesca deportiva.

▼ Se han determinado tasas de supervivencia en los primeros 40 días del 70% para los peces de 100 g y del 10% para los de 15 g. Así, la repoblación con doradas de un año (100 g de peso) se ha demostrado eficaz, habiéndose obtenido crecimientos importantes, a veces mayores a los crecimientos medios de una piscifactoría. Por su parte, las repoblaciones con alevines han sido poco eficaces, ya que muestran una supervivencia baja tras la liberación al nuevo medio.

▼ Se ha establecido la eficacia de varios tipos de marcajes externos (como las marcas tipo "T") e internos (productos fluorescentes del tipo de la complexona alizarina).

► REPOBLACIONES DE MOLUSCOS

▼ El seguimiento de diversas campañas de repoblación de moluscos bivalvos que ha realizado el CICEM "Agua del Pino" en áreas próximas al centro (los ríos Piedras y Carreras sobre todo) ha mostrado que el éxito depende del tipo de horizonte de cultivo, la protección tras la siembra y el tamaño de la semilla, de forma que para que los resultados de las experiencias de repoblación sean óptimos, las siembras deben realizarse con semillas de tamaño grande y utilizar de manera preferente la zona submareal, adecuando previamente el sustrato. Asimismo, se recomienda la creación de dos tipos de unidades de repoblación, de semicultivo y de reproductores, y el establecimiento de oportunas medidas de protección y vigilancia.

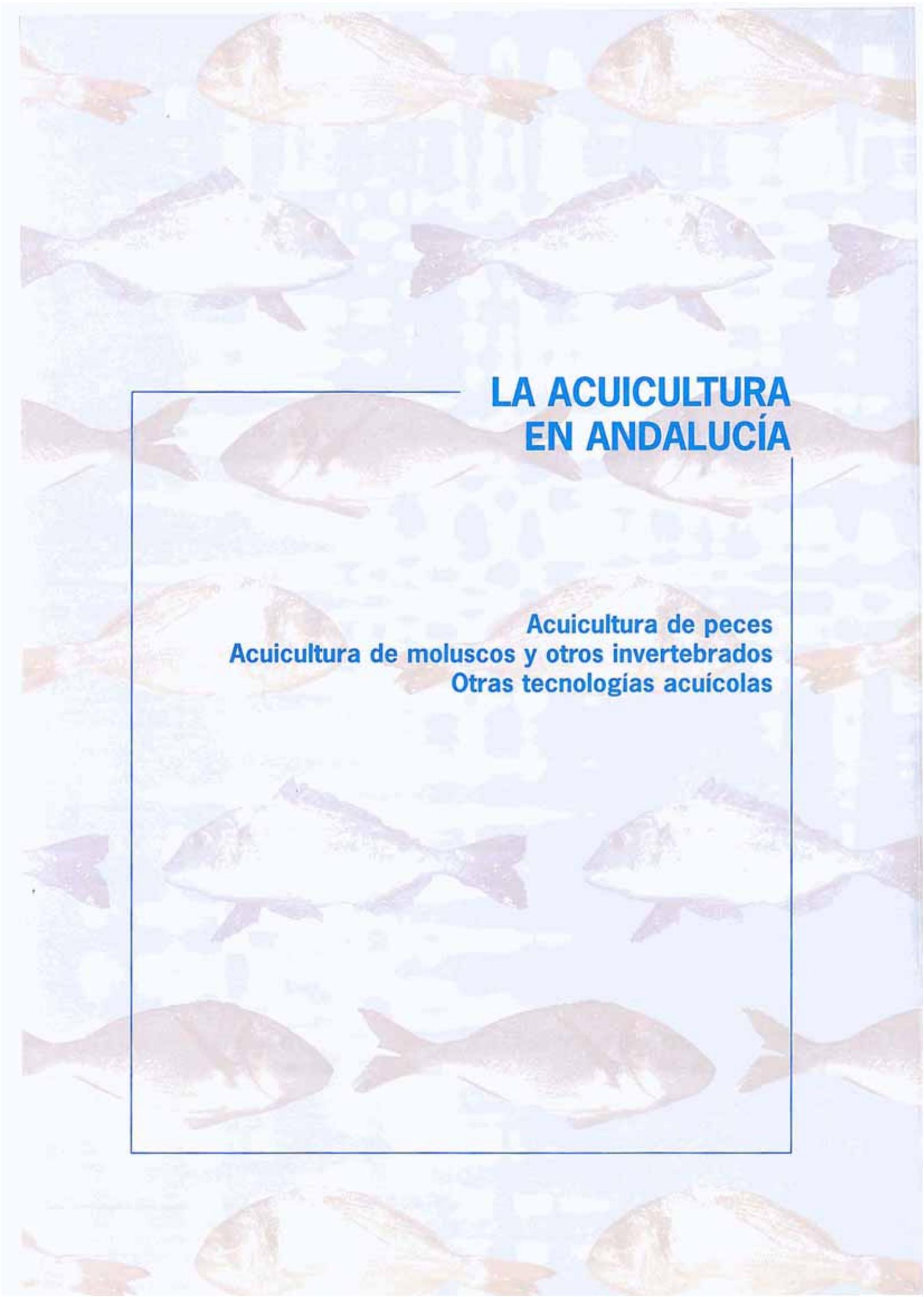
► RESIEMBRA DE CHIRLA

▼ En el litoral de Huelva se ha comprobado la viabilidad de utilizar chirlas capturadas con draga hidráulica en zonas donde la especie está presente en cantidades convenientes para repoblar otras afectadas por un exceso de pesca.

▼ Se han realizado traslocaciones de individuos procedentes de la zona oriental del litoral, donde existen mayores densidades y fijaciones de reclutas, en áreas de poniente donde la actividad pesquera se ha ejercido con mayor intensidad.

▼ En total se han recogido y resembrado unos 80.000 kg de chirla de un tamaño menor que el establecido de primera captura. Las operaciones necesitaron de la actuación conjunta de más de una veintena de embarcaciones.

▼ Las resiembras se podrían emplear para la prevención de la sobrepesca de reclutamiento mediante el establecimiento de las zonas repobladas como reservas de reproductores que aseguren la incorporación de reclutas al medio.



LA ACUICULTURA EN ANDALUCÍA

**Acuicultura de peces
Acuicultura de moluscos y otros invertebrados
Otras tecnologías acuícolas**



CICEM "El Toruño", El Puerto de Santa María (Cádiz).

Introducción

Se entiende por acuicultura la actividad dirigida a producir organismos acuáticos, ya sean peces, moluscos, crustáceos o plantas. La principal ventaja de la acuicultura frente a la pesca extractiva tradicional es que permite el control de la obtención de productos frescos independientemente de las condiciones climáticas del mar, de las variaciones en las poblaciones naturales o de cuestiones socioeconómicas o políticas. A través de ella es posible elegir no sólo la especie que se estime más interesante, sino también el tamaño y peso más convenientes para su consumo y comercialización, y además en el momento deseado, como se lleva a cabo en el caso de especies ganaderas.

Si bien el hombre ha practicado diversos tipos de acuicultura sencilla desde hace milenios, su desarrollo ha sido bastante pobre en comparación a la agricultura o la ganadería. Sin embargo, el agotamiento progresivo de la pesca tradicional está convirtiendo al cultivo de ciertas especies marinas en una alternativa real frente a aquella, o al menos en un importante complemento. La producción de la acuicultura crece día a día y va camino de convertirse en una de las grandes fuentes de obtención de proteína animal del futuro.

A lo largo de la última década la producción acuícola en el mundo ha ido aumentando a un ritmo anual del 11%; de seguir así, en poco tiempo puede llegar a superar incluso a la producción ganadera. Según datos de la FAO, se ha pasado de los 13 millones de toneladas obtenidos en 1990, a los 31 millones producidos en 1998, que suponen aproximadamente un 25% de la producción mundial pesquera (en valor económico este porcentaje es aún mayor, en torno al 35%). Este mismo organismo considera a la acuicultura como la única opción para mantener el suministro de pescado a la población mundial, compensando su crecimiento y su demanda crecientes. Así, se estima que en el año 2010 la producción acuícola podría alcanzar los 40 millones de toneladas.

Pero aun siendo su principal aplicación, las posibilidades de la acuicultura no se reducen a la obtención directa de alimento. La producción de alevines a gran escala también puede utilizarse para acometer repoblaciones de especies que tengan sus efectivos naturales agotados, hayan sufrido los efectos de algún desastre, (ya sea natural o producido por el hombre), o simplemente, por su interés económico, se estime interesante el reforzamiento de sus stocks.

PROBLEMAS DE LA ACUICULTURA

Son numerosas las dificultades para aplicar las técnicas que se utilizan en ganadería al cultivo de especies marinas. En primer lugar, su cría en cautividad suele ser compleja. De hecho, en muchas especies ni siquiera se ha conseguido su reproducción en condiciones controladas, a pesar de haberse realizado numerosos estudios. Por el mismo motivo, la selección de los animales con vistas a mejorar su crecimiento, presencia, etc. supone laboriosas y costosas investigaciones.

Otro problema que aparece es el derivado de la utilización de recintos para mantener a las especies objeto de cultivo. La cría de animales en cautividad se basa en el mantenimiento de éstos dentro de una zona en la que estén protegidos de depredadores y de la competencia de otras especies por el alimento, de forma que se pueda controlar su crecimiento. En especies poco móviles, como los moluscos, esto es relativamente sencillo; sin embargo, es más complicado en el caso de los peces, debido a su gran capacidad de movimiento.

Si los recintos son más o menos cerrados, se producen alteraciones de las condiciones hidrológicas (salinidad, temperatura, niveles de oxígeno), que pueden no ser soportados por muchas especies. El mantenimiento de estas condiciones dentro de unos límites determinados es muy importante. Además, hay que tener en cuenta que ciertas especies requieren durante las primeras etapas de su vida unas condiciones diferentes a las de su fase adulta, lo cual añade más complicaciones.

Cuando los cerramientos se realizan en el mar, en bahías o caletas, surgen otros problemas. Uno de los más importantes es la protección ante los depredadores naturales. Por otro lado, una parte de los nutrientes aportados para aumentar la cantidad de alimento disponible se pierden en el mar, siendo muy importante su dosificación, ya que una excesiva densidad puede provocar la proliferación de organismos indeseables o incluso patógenos. Otros problemas pueden surgir en relación con otras actividades realizadas en el ámbito costero, tales como la interferencia a la navegación, la propiedad de la pesca, etc. Una de las mayores dificultades para la cría de especies marinas es que la mayoría de las que tienen interés comercial son carnívoras, de forma que precisan de alimento de origen animal, cuyo coste es relativamente elevado. Además, muchas especies precisan durante su fase larvaria de presas vivas, lo que obliga, además de criar a la especie en concreto, a criar también a sus presas.

Por último, y en general, las especies marinas crecen más lentamente que las especies ganaderas terrestres, por lo que tardan mucho más tiempo en alcanzar la talla comercial. Esto implica unos costes de producción más elevados, con la consiguiente repercusión en los precios finales del producto.



Jaulas flotantes para el engorde de lubina y dorada en Adra (Almería).

Y no sólo se pueden producir especies de interés pesquero. La biotecnología aplicada a la acuicultura puede convertir a ésta en la fuente de una gran variedad de sustancias con múltiples aplicaciones, tanto en la industria alimentaria como en la química y farmacéutica, campos todos ellos muy prometedores en los que las investigaciones han hecho poco más que comenzar.

En España, es a principios de los años 80 del pasado siglo, ante la inminencia de una importante reducción tanto de la flota pesquera como de los volúmenes de pesca, cuando la acuicultura comienza a considerarse como la única forma de mantener en un futuro el grado de abastecimiento. Hasta ese momento, el sector acuícola español estaba constituido por pequeñas empresas dedicadas fundamentalmente al cultivo del

mejillón en bateas en Galicia, al de la trucha arcoiris en aguas continentales y al cultivo extensivo de peces en los esteros gaditanos.

Sin embargo, a partir de esa década se produce un fuerte impulso de la acuicultura marina, tanto desde el sector privado como desde el público, desarrollándose una actividad que se encuentra ya altamente industrializada y en franca expansión. Como exponentes de esta nueva situación se pueden destacar los cultivos intensivos en tierra del rodaballo en el norte y noroeste peninsular y de dorada en la zona suratlántica, y los cultivos en jaulas flotantes de lubina y dorada en el Mediterráneo y Canarias.

Hoy día, alrededor de la cuarta parte de la producción pesquera nacional se obtiene a través de la acuicultura, superándose las 310.000 toneladas y generándose un volumen de negocio que supera los 34.000 millones de pesetas por año. No obstante, el reparto de estas cifras entre las distintas especies cultivadas es muy desigual, ya que de ese total de producción, 260.000 toneladas (más del 80%) corresponden al mejillón y otras 30.000 a la trucha en aguas de interior; el resto de los cultivos supone unas 26.000 toneladas. Con todo, la acuicultura española representa alrededor del 3% de la producción mundial y el 20% de la europea.

En el conjunto de esa acuicultura española, Andalucía destaca por ser la primera región en cuanto a la producción de peces marinos, (5.079 toneladas en 2000) siendo el máximo productor, con diferencia, de dorada. En cuanto a la superficie dedicada a las prácticas acuícolas, en estos momentos se superan ya las 7.287 ha, siendo la provincia de Cádiz la que mayor espacio presenta dedicado a cultivos marinos.

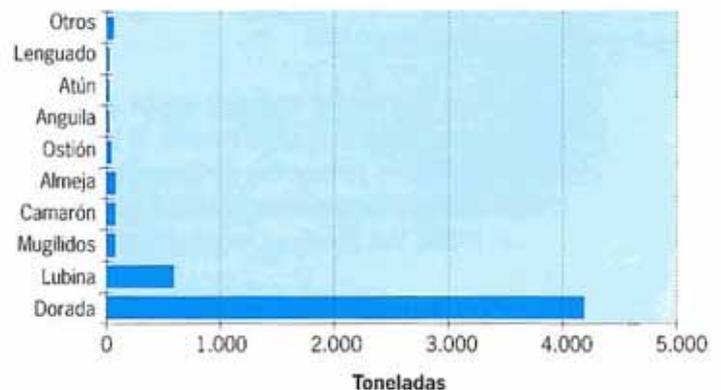
La producción acuícola andaluza está centrada en la producción de peces, dorada sobre todo, aunque también se obtienen pequeñas cantidades de otras especie, como lubina, lenguado y atún, y de ciertos invertebrados, camarones y langostinos entre los crustáceos, y almeja japonesa y ostión entre los moluscos.



Granjas marinas en tierra de Cartaya (Huelva).

Debido a las diferentes características oceanográficas y morfológicas de las costas atlánticas y mediterráneas, en su conjunto la costa andaluza permite distintas posibilidades de cultivo y la producción, al menos en teoría, de una gran diversidad de especies. La zona atlántica, con predominio de sustratos blandos, fondos de pendientes suaves y abundancia de marismas, salinas y esteros, es muy favorable para el desarrollo de los cultivos en tierra. Por su parte, la costa mediterránea, en la que dominan los fondos rocosos y la profundidad aumenta rápidamente conforme nos alejamos de la costa, presenta una mayor idoneidad para la instalación de los cultivos piscícolas en jaulas flotantes.

Muchas de las áreas que reúnen condiciones aptas para la producción de algún tipo de cultivo marino no son válidas para la agricultura o la



Producción de la acuicultura andaluza en 2000.

ganadería e incluso se insertan en zonas social y económicamente deprimidas. La acuicultura se puede convertir aquí en una forma de poner en valor estas áreas y constituirse en el elemento idóneo dinamizador de su economía.

El desarrollo de todo este potencial que encierra la acuicultura marina supone un elevado esfuerzo investigador, tanto desde el punto de vista científico como técnico. Antes de acometer el cultivo de cualquier especie a escala industrial, es necesario alcanzar un profundo conocimiento de su biología (requerimientos ecológicos, nutrición, ciclo reproductor y desarrollo, dinámica de poblaciones), de las características del medio en el que habitan y de aquellos aspectos zoonosarios que puedan afectar al desarrollo de la actividad. Posteriormente, la aplicación de estos estudios supone un trabajo técnico, no menos intenso, de diseño de los sistemas de cultivo más idóneos y de los mecanismos de control más eficientes del medio donde se van a llevar a cabo.



Estanque experimental para el engorde del atún (CiCEM "El Toruño").

técnicos (biología, alimentación e ingeniería). Igualmente requiere una planificación de la producción de acuerdo con las posibilidades tecnológicas, aparte de otros factores económicos (demandas del mercado, estabilidad de los precios, costes de operación, costes de alimentación, transporte y conservación de producto final, etc.)

Por otro lado, los rápidos aumentos en la producción y las enormes perspectivas de la acuicultura conducen a una diversificación creciente de los cultivos marinos. Así, a la par que se van perfeccionando los sistemas de cultivo de las especies ya producidas, la investigación sobre las posibilidades de explotación de otras especies supone en la práctica un incremento continuo del esfuerzo investigador en este campo.

A pesar de los riesgos existentes, un síntoma evidente del elevado potencial futuro que se le supone a la acuicultura es el hecho contrastado de que en todo el mundo se trabaja intensamente en la resolución de los problemas que todavía existen, sobre todo para la producción masiva de larvas o alevines y la elaboración de piensos específicos. En estos momentos, son numerosas las especies que ya se encuentran en el paso de planta piloto a planta comercial.

En el desarrollo de la acuicultura andaluza han jugado un papel destacado los Centros de Investigación y Cultivo de Especies Marinas.

PROVINCIA	SUPERFICIE	Nº PERSONAS	Nº INSTALACIONES
Cádiz	3.241,4 ha	13 S. Anónimas 14 Autónomos 10 Cooperativas	91 granjas+3 criaderos 11 parques de cultivo 2 intalaciones jaulas
Huelva	800 ha	9 S. Anónimas 3 Cooperativas	8 granjas+2 criaderos 3 parques de cultivo
Sevilla	3.225 ha	1 S. Anónima	1 granja
Málaga	6 ha	1 S. Anónima	1 instalación jaula
	5,6 ha	1 S. Limitada	1 instalación jaula
Granada	1,4 ha	2 S. Anónima 1 Autónomo	2 granjas 1 batea
Almería	6,6 ha	2 S. Anónimas	2 instalaciones jaula
	1,4 ha	2 S. Limitadas	2 granjas
TOTAL	7.287,4 Ha	59 empresas	125 establecimientos

Distribución de la superficie autorizada por provincias, número de empresas y número de establecimientos acuícolas (1999).

Una vez logrado el objetivo inicial de criar la especie en cuestión a gran escala, la mejora del rendimiento y la reducción de los costes hacen obligatoria la investigación continua para perfeccionar todas las técnicas previamente desarrolladas.

Debido al elevado esfuerzo que supone la investigación acuícola tanto en medios como en personal, cualquier proyecto de acuicultura exige un cuidadoso planteamiento a todos los niveles

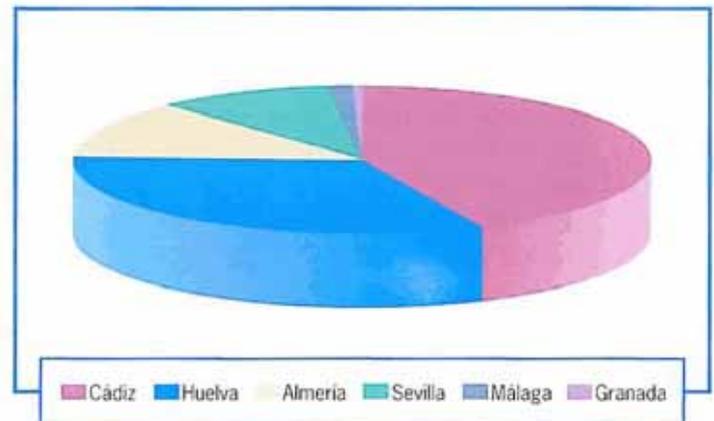


Instalaciones CICEM "Agua del Pino" (Cartaya, Huelva).

Estos centros, dependientes de la Consejería de Agricultura y Pesca, han desarrollado, desde su creación en los años 80, numerosas investigaciones relacionadas con la optimización de las técnicas de cultivo de peces y moluscos, llevando a cabo experiencias y proyectos en el ámbito del mantenimiento de reproductores, cultivo integral de nuevas especies, desarrollo de instalaciones, experiencias de repoblación, patologías, estudios de recursos pesqueros y marisqueros, alimentación, etc. Además, estos centros participan en los Planes Nacionales de Cultivos Marinos, realizando estudios y proyectos en colaboración con centros de otras comunidades autónomas.

A lo largo de sus años de existencia, los CICEM han acumulado una gran cantidad de investigaciones y experiencias en el campo de los cultivos marinos, muchas de las cuales se muestran en esta memoria.

Numerosos estudios desarrollados por estos centros y otros organismos investigadores, tanto públicos como privados, ya están evidenciando cuáles son las potencialidades futuras de la acuicultura en el litoral andaluz. Entre los peces, las especies con mayor proyección futura son algu-



Producción acuícola relativa por provincias en Andalucía (año 2000).

nos espáridos (besugo, pargo, sargo, hurta, etc.), túnidos y pleuronectiformes (lenguado, rombo, acedia); entre los crustáceos, el langostino, y entre los moluscos, pulpo y sepia, vieiras, cañaila y longueirón.

Igualmente interesantes son determinadas producciones auxiliares destinadas a la obtención de ciertos productos específicos para acuicultura u otros usos (microalgas, rotíferos y copépodos, poliquetos,...). Algunos de ellos son ya objeto de experiencias de producción, aunque todavía a pequeña escala.

VENTAJAS DE LA ACUICULTURA

Las ventajas que supone la cría de determinadas especies acuícolas son numerosas. La acuicultura representa una fuente de productos frescos controlados, cuya obtención no depende de las condiciones climatológicas del mar, de fluctuaciones en las poblaciones naturales o de cuestiones socioeconómicas o políticas. Además, se puede elegir tanto el momento como el tamaño y peso más idóneos para su consumo y comercialización.

La conversión del alimento es más eficaz en peces y moluscos que en animales de sangre caliente, ya que tienen un gasto metabólico mucho menor, por lo que la tasa de conversión del alimento en biomasa es mayor.

Cuando las condiciones de cría y mantenimiento de una especie llegan a conocerse con precisión, es posible llevar a cabo una cría con un control preciso de la dieta y las condiciones del medio, consiguiendo una optimización máxima de las tasas de crecimiento, el sabor, el índice energético de conversión o el control del estado sanitario. En este punto, el control de las condiciones de cría y de los ejemplares permite la selección genética de ciertos caracteres interesantes, como el aspecto más favorable, la rentabilidad, la resistencia a enfermedades, etc.

Una de las mayores potencialidades de la acuicultura es que, mediante su desarrollo, se pueden poner en rendimiento áreas que, por sus características propias, tienen un aprovechamiento económico escaso, como marismas y lagunas costeras, o bien zonas en desuso o abandonadas, como salinas o esteros. En Andalucía son numerosas las zonas que reúnen estas condiciones y la acuicultura se puede convertir para ellas en el mejor elemento dinamizador de su economía.

El desarrollo de todas estas posibilidades se está encontrando con ciertos problemas, tanto de índole científico-técnica como administrativa. Uno de los más delicados y complejos es que la ubicación de las mejores zonas para la instalación de cultivos acuícolas, coincide en gran medida con algunas de las áreas costeras en mejor estado de conservación del litoral andaluz. Muchas de estas áreas gozan además de algún tipo de protección legal que, a priori, limita su utilización en estos términos.

En este sentido, compatibilizar la conservación del patrimonio natural con las posibilidades del desarrollo socioeconómico de estas zonas, muchas de ellas enclavadas en comarcas económicamente deprimidas, es probablemente uno de los principales retos a los que se enfrenta la acuicultura andaluza.

ACUICULTURA DE PECES

En la acuicultura tanto continental como marina, los peces representan uno de los principales segmentos de la producción, debido tanto a su importancia económica como a su significación dentro de los distintos tipos de cultivos posibles. De hecho, el cultivo de peces es una de las formas de producción acuícola más variada: cultivos integrales o semicultivos; extensivos o intensivos; en tierra o en aguas abiertas; en tanques, estanques o jaulas, etc. En ciertos casos, constituyen procesos acuícolas muy complejos, caso del cultivo integral de espáridos, serránidos o peces planos, que son los de mayor interés económico en nuestra zona.

Como en toda actividad económica, el objetivo final es la producción de la máxima cantidad de ejemplares a partir de un volumen de agua dado, en el tiempo más corto y con el más bajo coste posible.

Este planteamiento básico obliga al perfecto dominio de todas las técnicas que permitan optimizar el crecimiento de los individuos de cultivo. Por tanto, el conocimiento preciso de las pautas de alimentación se constituye en uno de los pilares de la acuicultura. Pero para criar peces es necesario disponer de huevos o alevines, normalmente a partir de ejemplares adultos, lo que convierte a los estudios sobre la reproducción de la especie en cuestión en otro de los ejes básicos de esta actividad.

Por último, los peces viven en las aguas bajo unas condiciones de salinidad, temperatura, pH y contenido en oxígeno y otros elementos determinados, siendo muy variables las necesidades al respecto de unas especies frente a otras. Así, los conocimientos sobre metabolismo (respiración, digestión, osmorregulación, etc.) son tan necesarios como los de reproducción o nutrición.

Dependiendo del nivel de control que se tenga de estos parámetros y procesos, así como de otras consideraciones de carácter técnico y económico, la producción de peces (y de otros organismos acuáticos en general) se puede abordar



Instalaciones para el mantenimiento de reproductores de peces en el CICEM, "El Torruño"

a distintos niveles. Desde el punto de vista de la nutrición, se pueden distinguir, en función de la densidad de carga y del aporte o no de alimento externo, diferentes tipos de cultivo: extensivo, semiextensivo, semiintensivo e intensivo. Todas estas modalidades se encuentran representadas en la piscicultura marina andaluza.

De manera global, el cultivo de peces supone la existencia de dos tipos de instalaciones. Por un lado, los denominados criaderos o "hatcheries", donde tiene lugar la fecundación, incubación y puesta, y cuyo objetivo es la producción de larvas y alevines; por otro, las instalaciones de engorde, donde las larvas obtenidas en las anteriores se llevan hasta su talla comercial. En el caso del proceso de engorde, es normal su separación en dos fases distintas. Una primera, denominada de preengorde "o nursery", en la que los alevines se alimentan hasta un tamaño mínimo a partir del cual su cría se hace mucho menos compleja, y otra, de engorde final, en la que se consiguen ya los peces destinados al consumo.

La producción en criadero de peces marinos (al menos la practicada para las especies que se cultivan en Andalucía), es compleja e intensiva, manejándose un gran número de individuos, ya que el pequeño tamaño de las larvas permite mantener altas densidades de ellas en volúmenes de agua reducidos aunque muy controlados. La optimización de las condiciones del medio y el suministro de alimento adecuado posibilita

EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA ACUICULTURA EN ANDALUCÍA

En Andalucía, los cultivos de peces de aguas salobres y marinas tienen un origen muy antiguo. Existen referencias que remontan ciertas prácticas acuícolas a la época romana o incluso fenicia. Sin embargo, el verdadero desarrollo de estos cultivos no daría comienzo hasta los años 40 del siglo XX. A partir de ese momento empiezan a crearse las primeras empresas dedicadas a dichas actividades, llevándose a cabo una serie de iniciativas que van encaminadas a producir diversas especies asociadas a los viveros de mariscos y producciones piscícolas en salinas o incluso en instalaciones específicas de estanques, aprovechando para ello zonas intermareales, marismas, lagunas costeras, etc.



▲ Instalaciones de engorde (CICEM "El Toruño").

La geomorfología de las costas de las provincias atlánticas, con extensas zonas intermareales ricas en bivalvos donde se realizaba un semicultivo de algunas especies de almejas y ostras, y la abundancia de salinas, en cuyos esteros se practicaba también un semicultivo tradicional de determinadas especies de peces, propiciaron que las principales actividades acuícolas a promocionar fuesen la acuicultura de moluscos bivalvos en parcelas intermareales y la piscicultura en salinas.

La investigación acuícola moderna se puede decir que comienza en la década de los 70, debido tanto a la labor de determinados organismos públicos de investigación (Investigaciones Pesqueras) como de empresas salineras y acuícolas pioneras en Andalucía, así como por la creación y puesta en marcha del Plan de Explotación Marisquera y de Cultivos Marinos de la Región Suratlántica (PEMARES). Este plan, aprobado en 1974 por el Gobierno de la época, nació con los objetivos de la ordenación del marisqueo, una actividad tradicional en toda la zona que podía generar importantes recursos y puestos de trabajo, así como la promoción de los cultivos marinos.

Entre las acciones del referido plan, una vez transferida su gestión, medios y personal a la Junta de Andalucía en 1982, estuvo la creación de los CICEM (Centros de Investigación y Cultivo de Especies Marinas) de Huelva, "Agua del Pino", y Cádiz, "El Toruño". Estos centros se crearon como apoyo técnico dentro de los objetivos de fomento, ordenación y mejora del marisqueo y la acuicultura marina en estas costas. Desde sus comienzos, el esfuerzo investigador se ha repartido entre los dos centros. Así, el CICEM "El Toruño" se ha venido dedicando fundamentalmente al cultivo de peces y el CICEM "Agua del Pino" a moluscos y crustáceos. Su labor también ha sido muy destacada en tareas de asesoramiento técnico, formación y capacitación, apoyo a cooperativas, realización de planes de ordenación acuícola, estudios de bancos naturales, análisis ambientales, etc.



Dorada de cultivo recién capturada mantenida en agua con hielo.

tasas de supervivencia de huevos y larvas en los peces marinos entre el 20 y el 60%, cuando en el medio natural esa tasa es inferior al 5%.

La alimentación de las larvas suele ser uno de los mayores problemas de estas instalaciones, ya que la mayor parte de las especies de interés acuícola, durante su fase larvaria sólo aceptan como alimento presas vivas planctónicas, que el criadero debe obtener de alguna forma. Por tanto, en un criadero se necesita disponer de una verdadera red trófica planctónica, que habitualmente consis-



Situación de las instalaciones acuícolas para el cultivo de peces marinos en Andalucía.

te en un proceso de producción sucesiva de microalgas y de zooplancton. Esta producción es suministrada al principio como alimento vivo, para después pasar a alimentos inertes en forma de pienso, con una fase intermedia (destete) que combina ambos tipos de alimentación.

La fase de engorde se realiza en instalaciones distintas a las de criadero; con frecuencia, es llevada a cabo por empresas distintas. De hecho, en Andalucía la mayoría de las instalaciones dedicadas al cultivo de peces realizan únicamente la fase de engorde, ya sea en salinas, granjas marinas o jaulas flotantes. Sólo unas cuantas empresas se dedican a la producción de alevines, suministrando la materia prima para utilización propia o para la actividad del resto. En conjunto, son pocos los establecimientos dedicados al cultivo integral.

Varias empresas practican como actividad económica lo que hemos denominado como pre-engorde. Así, reciben lotes de alevines con pesos medios entre 0,1 y 0,5 g, los preengordan hasta los 15-20 g, y luego los devuelven a las empresas de origen, o bien los venden a las explotaciones dedicadas al engorde final. En algunos casos, también engordan hasta la talla definitiva cierto número de lotes.

En Andalucía, la fase final de engorde de peces se realiza en tierra firme, en estanques, o en el mar, en jaulas flotantes. El uso de uno u otro sistema depende de diversos factores. La

ausencia de áreas marinas confinadas o protegidas (lagunas, bahías, calas) puede hacer obligada la utilización de jaulas, debido a la ausencia de suficiente superficie en tierra apropiada para la ubicación de estanques. Estas razones motivan la amplia utilización del cultivo en estanques en la región suratlántica (donde existe una gran abundancia de salinas y de áreas intermareales) frente al mayor uso de las jaulas flotantes que se practica en la región surmediterránea.

AÑOS	1996	1997	1998	1999	2000
Valor de la producción de criadero (millones de pesetas)					
Dorada	983,5	1.239	1.202	1.001,4	2.005,7
Lubina	22	43,5	48	210,9	247,6
TOTAL CRIADERO	1.005,5	1.282,5	1.250	1.212,3	2.252,3
Valor de la producción de engorde (millones de pesetas)					
Dorada	2.700,7	2.580,1	2680	3.107,2	3.956,1
Lubina	491,2	176,1	372	510,1	719,3
Lenguado	32,2	27,3	22	25,2	24,9
Anguila	11,7	8	11	33,2	18,6
Mujilidos	37	66,8	65	53,5	61,8
Atún			180	63,8	26,77
Otros	10,1	6,7	18	13,5	27
TOTAL ENGORDE	3.282,8	2.865	3.348	3.120,7	4.837,5

Evolución del valor de la producción de peces marinos en Andalucía (1996-2000).

En los cultivos en jaula los costes suelen ser menores y los rendimientos mayores; además, se reducen los problemas de eliminación de desechos y de renovación del agua. En el caso de

NIVELES DE EXPLOTACIÓN PISCÍCOLA

Los peces se pueden producir de tres formas distintas en función del sistema de alimentación y la densidad de cultivo:

Cultivo extensivo. Consiste en criar los peces a partir de producciones naturales del medio acuático. Esta piscicultura se efectúa en medios extensos (estanques), en los que los animales, poco concentrados, obtienen su alimento del medio en el que viven. La pérdida de nutrientes que tiene lugar en estos medios cerrados es compensada mediante abonos minerales u orgánicos. Este sistema fue el más extendido en los inicios de la acuicultura, aunque hoy en día está siendo abandonado a favor de los otros dos.

Cultivo semiextensivo. Este tipo de explotación tiene en cuenta las limitaciones de la productividad acuática natural, aportando alimentos complementarios para aumentar la producción. De esta forma, la producción de una especie en régimen extensivo se puede aumentar hasta 3, 10 ó incluso 25 veces. Estos cultivos semiextensivos están basados en parte en las técnicas extensivas, en lo que se refiere al funcionamiento del ecosistema acuático, y las intensivas, en lo que respecta a los aportes complementarios de alimento. De hecho, a veces se habla de cultivos semiintensivos, cuando el aporte de alimentación y la densidad de cultivo alcanza ciertos valores.

Cultivo intensivo. Los peces son criados en altas densidades en estanques o jaulas, donde todo el alimento aportado es de origen exógeno, consiguiéndose así elevadas producciones, imposibles con los otros dos sistemas. En esta modalidad los costes de producción son más elevados, llegando a constituir la alimentación hasta el 60% de los mismos. Además, es necesario llevar un control más estricto de las instalaciones. Un aporte excesivo de alimento puede suponer pérdidas económicas, bien por no aprovecharse en su totalidad, bien por producir alteraciones en la calidad del agua que afecten al cultivo. Así, la manera de suministrar el alimento y su estabilidad en el medio son dos factores determinantes. En ciertos casos, los desechos producidos por los peces, debido a su cantidad, pueden plantear problemas de degradación del medio.



Instalaciones de preengorde de dorada en San Fernando (Cádiz).

los cultivos en jaula, su ubicación en alta mar con respecto a zonas resguardadas próximas a la costa parece que es más provechosa (menor mortalidad, mejor condición física del pescado) gracias a la mayor circulación del agua. Existe una cierta tendencia a reservar el cultivo en estanque, más costoso en inversión y mano de

obra, para las fases de preengorde, y a practicar el engorde en jaula en el medio natural

En el conjunto de la producción nacional, Andalucía destaca como la principal productora de peces marinos, con más de 5.000 toneladas en 2000, que representaron más del 95% de la producción acuícola andaluza, repartiéndose el porcentaje restante más o menos por igual entre los cultivos de moluscos y de crustáceos. De todos los cultivos destaca el de dorada, que por sí solo supone las tres cuartas partes del total andaluz y más de la mitad de la producción de la especie en España. A la dorada le sigue en importancia la lubina, aunque su producción es mucho menor, ya que su talla comercial es mayor y también lo es el tiempo necesario para alcanzarla.

Cabe hacer notar que tanto la dorada como la lubina comenzaron a cultivarse fundamentalmente en esteros y estanques de salinas, si bien en los últimos tiempos se está dando una inclinación



Jaulas flotantes para el engorde de dorada y lubina.

hacia el cultivo en jaulas flotantes. Además de los menores costes de producción, permiten densidades mayores de peces, de entre 10-15 kg/m³, frente a 4-6 kg/m³ de los estanques. Esta transición es lenta, y todavía en 1999 sólo el 17% de la producción de ambos peces correspondió a los cultivos en jaulas flotantes.

En cuanto a otras especies, en la actualidad está bastante avanzada la investigación para la producción intensiva del lenguado en estanques de tierra. Superada ya la fase larvaria, queda por perfeccionar el proceso de destete y el engorde.

Una especie con una gran potencial es el atún rojo. La metodología de cultivo es simple: obtener ejemplares juveniles procedentes de la almadraba en su actividad del revés (esto es, en la migración desde el Mediterráneo al Atlántico) y engordarlos en jaulas o piscinas. Los buenos resultados obtenidos han motivado la puesta en marcha de varios proyectos de investigación con el objetivo de conseguir en cautividad la reproducción y la obtención de alevines de esta especie.

Por áreas, la zona de la Bahía de Cádiz y las marismas del litoral onubense concentran la mayor parte de las instalaciones de piscicultura marina. En ambos lugares existe una larga



Recogida de ejemplares para el muestreo de reproductores.



Huevos de dorada vistos al microscopio.



Estanques de cultivo en el CICEM "El Toruño".

tradición de cultivos extensivos en esteros, en los que se obtienen, además de dorada y lubina, lisas, anguila, lenguado, baila, corvina y otras especies. Sin embargo, la tendencia actual es a convertir las antiguas explotaciones extensivas a semiextensivas o incluso semiintensivas, debido a la mayor rentabilidad que presentan.

Las actuaciones de la Consejería de Agricultura y Pesca respecto a la investigación y el desarrollo tecnológico en la acuicultura de peces han estado centradas en el perfeccionamiento de las técnicas de cría de la especie comercialmente más importante (la dorada), el desarrollo de la tecnología necesaria para criar el lenguado a escala industrial, y la puesta en marcha de diver-

sas experiencias, con vistas a la diversificación de la producción, tanto de posibles especies cultivables como de nuevas técnicas de cultivo. Asimismo, también ha mostrado su apoyo y asesoramiento a la iniciativa sectorial privada y pública, mediante el suministro de material biológico y transferencias de tecnología.

En síntesis, las diversas investigaciones abordadas por la Consejería tanto a través de sus propios centros de Investigación de Especies Marinas como de colaboraciones con otras entidades científicas (universidades andaluzas, C.S.I.C. y otros organismos públicos), se han centrado en tres **objetivos** fundamentales:

- Desarrollo de técnicas para la mejora del cultivo en estanques de la dorada y del lenguado.
- Optimización de los sistemas de producción de larvas de dorada y lenguado.
- Desarrollo y perfeccionamiento de las técnicas para la obtención y mantenimiento de alevines y reproductores de otras especies de interés pesquero.

Estos objetivos se han desarrollado a través de diversos **proyectos y líneas de investigación**:



Estanque con hurtas mantenidas en cautividad.

Cultivo en estanques de dorada y lenguado

– Optimización y mejora del cultivo semiintensivo de dorada (*Sparus aurata*) en granjas marinas de San Fernando (en colaboración con la Universidad de Cádiz).

– Estudio del manejo y engorde de doradas en estanques en régimen semiintensivo.

– Desarrollo del monocultivo semiextensivo de lenguado (*Solea senegalensis*) en estanque de tierra.

Preengorde de dorada y lenguado

– Desarrollo de técnicas alternativas al preengorde intensivo de dorada para realizar esta fase en el medio natural.

– Evaluación del uso de dietas inertes microencapsuladas para el cultivo larvario de dorada y lenguado (en colaboración con el C.S.I.C.).

– Utilización de alimento inerte artificial en el cultivo del lenguado.

– Estudio sobre métodos alternativos para el destete del lenguado.

– Desarrollo del cultivo intensivo de larvas y alevines de lenguado utilizando microdietas inertes.

Experiencias de cultivo con otras especies

– Formación y mantenimiento de bancos de peces de interés pesquero y desarrollo de experiencias de reproducción controlada.

– Reproducción controlada del atún rojo (*Thunnus thynnus*).

– Estudio de parámetros bioquímicos relacionados con la reproducción del mero (*Epinephelus marginatus*).

– Creación de un banco de reproductores selectos y cultivo del besugo (*Pagellus bogaraveo*).



Sala de mantenimiento de reproductores (CICEM "El Toruño").

– Desarrollo de técnicas para el cultivo masivo de larvas de pargo (*Pagrus pagrus*) y dentón (*Dentex dentex*).

– Estudio de los parámetros de crecimiento y reproducción en cautividad de la hurta (*Pagrus auriga*).

– Experiencias de preengorde y cultivo en agua de mar del esturión del Adriático (*Accipenser naccarii*).

– Cultivo de la lisa (*Liza ramada* y *Mugil cephalus*).

– Evaluación de las posibilidades de producción de la corvina (*Argyrosomus regius*).

Para el conjunto de todas estas experiencias abordadas, los principales **resultados** obtenidos han sido los siguientes:

► CULTIVO SEMIINTENSIVO DE DORADA

▼ Se ha estudiado la mejora de la calidad del cultivo semiintensivo de dorada en estanques de tierra combinando el aprovechamiento de los recursos naturales con una aportación equilibrada de piensos. Para ello, se han analizado las características físico-químicas de los estanques de cultivo, las poblaciones de macroinvertebrados presentes y la presencia de otras especies de peces, determinando los parámetros de crecimiento de la dorada, su dieta, el consumo de presas, el consumo de pienso, la actividad alimentaria y los índices de supervivencia en diferentes condiciones de cultivo.

EL CULTIVO DE PECES EN ESTERO



▲ Zona de antiguos esteros transformada en parte para su explotación acuícola en la Bahía de Cádiz

Mantenida durante siglos, la producción extensiva de peces ha sido hasta hace relativamente poco tiempo la principal práctica acuícola realizada en Andalucía. Aunque se tiende cada vez más al desarrollo de sistemas intensivos, todavía existen algunas explotaciones que realizan la producción de peces en régimen extensivo. Este tipo de aprovechamiento suele estar ligado a antiguas explotaciones salineras, modificadas para que puedan acoger a los peces, que se alimentan únicamente de lo que les que proporciona el medio.

La cría extensiva consta de varias etapas:

Alevinaje o captación de larvas y alevines del medio. Esta fase se lleva a cabo durante el invierno y primavera, cuando los alevines son más abundantes en los caños y canales. En esta época del año los esteros permanecen abiertos, de forma que los alevines entran en ellos aprovechando las mareas, en su búsqueda de aguas más ricas y cálidas. El final de esta fase llega cuando, aprovechando una marea viva, se cierra el estero lleno.

Engorde. Dura unos 7 meses. El agua del estero se renueva periódicamente, cada dos o tres semanas, aprovechando las mareas. En esta fase se engordan tanto los alevines que han entrado ese año como los que, criados durante el año anterior, no llegaron a alcanzar una talla suficiente.

Despesque. Tiene lugar entre otoño e invierno, dependiendo de cada estero. El agua se vacía de los estanques, de forma que los peces quedan concentrados en las zonas más profundas, donde se extraen con redes. Aquellos peces que no superan la talla mínima se devuelven a otro estero de menor tamaño (el "chiquero"), donde pasan el invierno. Posteriormente, serán engordados en el período siguiente junto con los alevines capturados.

Como en los estanques se crían varias especies a la vez, se trata de un policultivo, si bien la abundancia relativa de cada una de ellas es muy diferente. En el caso de la bahía de Cádiz, lugar donde este tipo de acuicultura tuvo su máximo desarrollo y donde todavía existe alguna explotación bajo este régimen, se han llegado a contabilizar hasta 50 especies de peces, aunque sólo 10 aparecen en cantidades significativas y presentan importancia comercial. Estas especies son la dorada, la lubina, la balla, el lenguado, la anguila y varias especies de lisas.

▼ Se ha conseguido ajustar la dosis de pienso a las circunstancias propias del cultivo semiintensivo, comprobando a efectos de crecimientos que, en ciertas condiciones, las dosis óptimas son menores que las habitualmente recomendadas. Además, se ha comprobado que en la zona de experimen-

tación (áreas concretas de la bahía de Cádiz), los cultivos semiintensivos de dorada evaluados no originan impactos negativos en la calidad del agua y el medio de cultivo, llegando a darse, en algunos casos, incluso una depuración significativa de las aguas utilizadas.



Tanques para el cultivo de larvas (CICEM "El Toruño").

► MANEJO Y ENGORDE DE DORADAS

- ▼ Se ha determinado, mediante cría en tanques, el consumo real de pienso por parte de las doradas a diferentes temperaturas en condiciones controladas.
- ▼ Se ha establecido la dosificación óptima y su distribución en el tiempo del alimento en cultivos de doradas en estanque en régimen semiintensivo para evitar la acumulación de pienso en el fondo y el deterioro de las condiciones de cultivo.
- ▼ Asimismo, se han hallado relaciones entre el consumo de pienso y la temperatura, consumo de pienso y tamaño del pez y tasas de conversión del pienso.

► CULTIVO SEMIEXTENSIVO DE LENGUADO

- ▼ Se ha comprobado, en el caso de la cría de alevines en estanques de tierra en régimen extensivo, que la fertilización orgánica con pienso no produce un incremento apreciable en la densidad de organismos bentónicos, por lo que su aplicación no redundará en un mejor rendimiento del cultivo.
- ▼ Se ha determinado que el rendimiento de los cultivos en régimen semiextensivo muestra una clara dependencia de la densidad y estructura de las poblaciones bentónicas que constituyen la dieta natural, que a su vez dependen de la composición granulométrica

de los sedimentos de los estanques, comprobándose que el cultivo se mejora al elevar el porcentaje de renovación de agua y emplear estanques con mayor porcentaje de arenas.

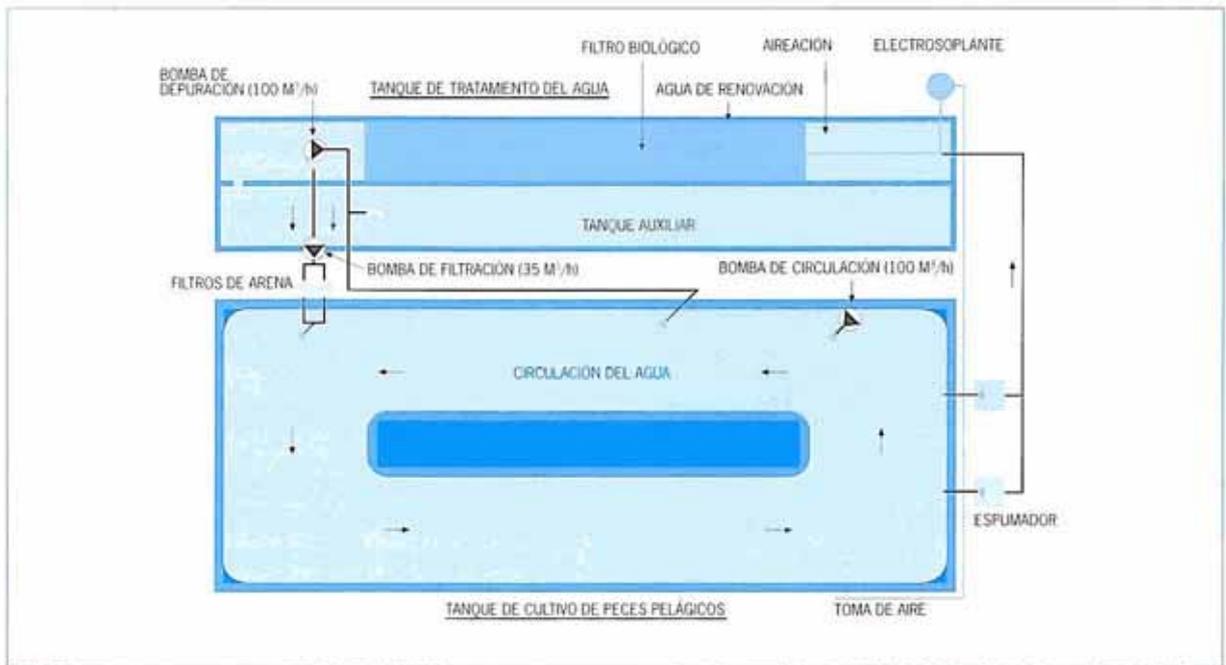
- ▼ Se ha comprobado que en los cultivos en extensivo el ritmo de crecimiento del lenguado se encuentra determinado por la disponibilidad durante el periodo de preengorde de presas de tamaño adecuado a cada etapa de desarrollo.

► PREENGORDE EXTERIOR DE DORADA

- ▼ Se ha demostrado la viabilidad del preengorde exterior de dorada en el medio natural en corrales en estero y jaulas en estero y mar (en puerto).
- ▼ Los sistemas de preengorde en corral y en jaula de pequeños volúmenes (15-50 m³) en el mar, se han mostrado como los más adecuados, consiguiéndose una mayor supervivencia y crecimiento de los alevines y con un coste menor que con los métodos tradicionales. En todo caso, para asegurar el éxito deben tomarse algunas precauciones (malla antipájaros eficaz, alimentación continua asegurada y carga final adecuada).
- ▼ El preengorde mediante siembra directa de los peces en estero se ha revelado como ineficaz, pues el crecimiento es muy lento, y además, se necesita un gran esfuerzo para pescar los peces una vez engordados.



Estanque de alevinaje (CICEM "El Toruño").



Esquema del estanque de engorde de atún instalado en el CICEM "El Toruño".

► USO DE DIETAS INERTES MICROENCAPSULADAS

▼ Se ha probado con distintos tipos de dietas experimentales en la alimentación de alevines de lenguado, resultando no ser viable el uso de dietas predigeridas. Las dietas artificiales no predigeridas han producido mejores resultados en el destete de alevines que la alimentación basada en dietas frescas, si bien sólo a densidades bajas de cultivo.

▼ El alimento inerte más accesible para las larvas ha resultado ser un alimento microencapsulado elaborado mediante polimerización de las proteínas presentes en la dieta.

▼ Se ha estudiado la influencia del uso de distintos tipos de dietas (con presas vivas, mixtas e inertes solamente) en la alimentación de las larvas de lenguado durante la fase de metamorfosis. Se ha comprobado que la tasa de crecimiento más elevada desde los estadios iniciales hasta el comienzo de la migración del ojo se obtiene con el régimen alimenticio a base exclusivamente de presas vivas, mientras que la más baja se consigue cuando se utiliza alimento inerte exclusivamente.



Mero (*Epinephelus marginatus*) mantenido en cautividad.

▼ A partir de la metamorfosis, el crecimiento de postlarvas de lenguado alimentadas con dietas microencapsuladas ha proporcionado resultados inferiores a los obtenidos empleando presas vivas, aunque bastante aceptables, lo que posibilita la utilización de este sistema en el desarrollo de dietas inertes para la fase larvaria y postlarvaria de esta especie.

▼ Se ha comprobado la importancia de la coalimentación dieta viva-dieta inerte en las etapas larvarias del lenguado de cara a conseguir un mejor rendimiento en el tránsito de presas vivas a presas inertes.

CRITERIOS DE RENTABILIDAD

Para que la cría de una determinada especie sea económicamente rentable tienen que darse una serie de circunstancias. En primer lugar, la duración del cultivo hasta alcanzar la talla comercial debe ser razonable. Muchas especies tienen un crecimiento demasiado lento como para que su cultivo sea interesante.

La tasa de transformación del alimento ingerido en biomasa de pescado no debe ser demasiado alta, ya que la mortalidad a lo largo del cultivo hace aumentar dicha tasa (el pez muerto ha consumido alimentos, pero no formará parte de la biomasa producida). Esta tasa, razonable para especies como la dorada, la lubina, el rodaballo o la anguila, es muy elevada para otros como el bonito o la seriola. En estos casos, su cultivo sólo es rentable si se puede disponer de alimento a muy bajo precio.

Para optimizar el rendimiento de los cultivos, su densidad máxima debe ser compatible con un buen crecimiento. En esto existen enormes variaciones entre unas especies y otras. Así, mientras que el salmón o la lubina pueden soportar densidades compatibles con su cultivo comercial de hasta 250 kg/m³, la anguila puede soportar valores de hasta 400 kg/m³.

Normalmente, los peces son animales bastante sensibles a las manipulaciones (clasificaciones, tratamientos) y a las alteraciones en las condiciones ambientales que son comunes en los cultivos. Esta sensibilidad da lugar a mortalidad o anomalías que pueden comprometer el éxito de la cría, de forma que la especie elegida debe tener al menos una cierta capacidad para sobrevivir y crecer en condiciones fisicoquímicas diferentes y variables, soportando las manipulaciones pertinentes.

La rentabilidad depende muchas veces de la existencia de emplazamientos naturales con condiciones idóneas para realizar el cultivo de la especie elegida. Aquellos lugares que mantengan dichas condiciones durante un mayor tiempo posible permitirán unas mejores tasas de crecimiento y por lo tanto, un menor coste y una mayor rentabilidad. Por último, esa rentabilidad está subordinada en muchas ocasiones de la técnica existente en el momento. Así, los avances tecnológicos pueden suponer la superación de las limitaciones existentes para el cultivo de ciertas especies, convirtiendo su cría en rentable.

▼ Se ha observado que parece existir una elevada influencia de la densidad de estabulación sobre la supervivencia y el crecimiento en el cultivo del lenguado, lo que puede enmascarar la idoneidad de algunos piensos compuestos como alimento durante la etapa de destete.

▼ Se ha conseguido obtener, a partir de una dieta con un 80% de peso seco y sólo un 20% de nauplios de *Artemia*, alevines de lenguado con un peso medio de $1,58 \pm 0,54$ gramos a partir de los 0,25 gramos iniciales, al cabo de 120 días de cultivo y con un índice de supervivencia del 80%. Las experiencias realizadas parecen mostrar que la tolerancia a la alimentación con dieta seca no está relacionada con el tamaño de los individuos.

▼ En el caso de la dorada, se ha conseguido por primera vez el cultivo de una población de esta especie desde el inicio de la alimentación hasta su fase juvenil mediante alimento artificial

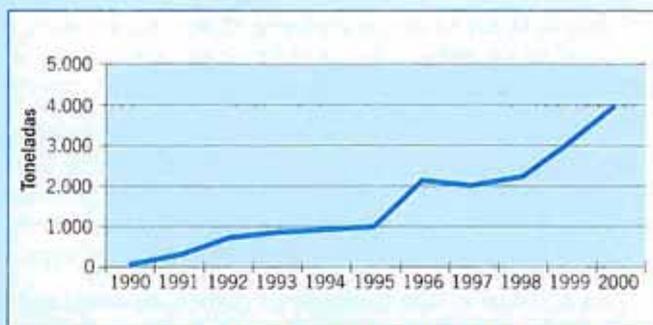
complementado con una pequeña proporción de presa viva, y además, con crecimientos y supervivencia comparables a los obtenidos con presas vivas exclusivamente.

► EXPERIENCIAS CON OTRAS ESPECIES

▼ En el CICEM del "Toruño" se mantienen bancos de reproductores de diversas especies de interés pesquero en los que se estudian las condiciones más favorables de mantenimiento y con los que se realizan diversas experiencias de reproducción controlada. Fruto de esas experiencias ha sido la obtención de puestas en cautividad de dorada, lubina, sargo y lenguado a través del control del fotoperíodo y la temperatura de los estanques de cría. También se han establecido nuevos métodos de tratamientos profilácticos efectivos, avanzando en la catalogación y prevención de enfermedades y su importancia en las fases de cría.

PRODUCCIÓN DE LA DORADA EN ANDALUCÍA

La dorada es la especie piscícola más importe en Andalucía desde el punto de vista de la producción. En el año 2000 la producción de dorada supuso el 83,3% del total de la producción de peces y casi el 80% del valor económico de la producción total de engorde (incluidos peces, moluscos y crustáceos) en la comunidad andaluza. Este hecho sitúa a Andalucía a la cabeza de España en cuanto a la producción de este pez, posibilitando además la exportación a otros países como Portugal y Francia.



▲ Evolución de la producción de dorada en Andalucía

Por otro lado, la producción de alevines en el año 2000 alcanzó una cifra de 37.365.000 unidades, que supuso un 87% del total del valor de la producción de peces, moluscos y crustáceos en criadero. Del análisis de producción por provincias, se observa que Cádiz y Huelva concentran la mayor parte de la producción andaluza, representando en 2000 un 45% y un 39%, respectivamente.

En la actualidad, existen en Andalucía varios proyectos de desarrollo empresarial, apoyados por el IFOP y la Consejería de Agricultura y Pesca, que permitirán continuar el crecimiento de la producción de dorada. La mayoría de estos planes se llevarán a cabo en granjas marinas de la provincia de Cádiz, destacando la instalación de 17 jaulas flotantes para engorde de lubina y dorada en la bahía de Algeciras. Otros dos proyectos contemplan la mejora de infraestructuras; uno para la producción de dorada, lubina, lenguado, camarón y lisa, y otro para la producción de dorada y lubina. Finalmente en Almería se proyecta la instalación de 8 nuevas jaulas marinas para el cultivo de dorada y lubina.

Igualmente, existen proyectos piloto para el desarrollo experimental del cultivo en mar abierto mediante el uso, en lugares apropiados, de jaulas adaptadas a las condiciones de temporales y fuertes corrientes. Esta iniciativa supondrá la conquista de una extensa zona de espacios apropiados para el cultivo de doradas y otros espáridos.

▼ Se han estudiado diversos parámetros reproductores del atún rojo a partir del análisis de gónadas de atunes pescados en almadraza, comprobándose que la época de reproducción tiene lugar entre abril y junio. También se han experimentado diversos medios para la crioconservación del esperma. En el CICEM "El Toruño" se ha construido un tanque de cemento de 500 m³ para el cultivo experimental de juveniles de atún (ejemplares mayores de 6 kg) con sistemas de filtración biológica y calentamiento del agua.

▼ Se están investigando las posibilidades de la cría en cautividad del mero desde la obtención de reproductores hasta el desarrollo de técnicas de maduración, puestas, etc. Se ha establecido la época de madurez y la talla mínima de maduración de las hembras. Asimismo, se ha conseguido la adaptación a la cautividad de los ejem-

plares provenientes de captura en el mar, desarrollándose una dieta que ofrece buenos rendimientos. Además, se han analizado diversos parámetros ambientales, hematológicos, de alimentación y de comportamiento de la especie sometida a diferentes condiciones ambientales.

▼ Con el besugo se está trabajando en el análisis citogenético, cariotipo y variabilidad genética de los individuos objeto de selección, así, como en la búsqueda de marcadores y análisis molecular de los ejemplares seleccionados.

▼ Se están realizando experiencias de cría con pargo y dentón a partir de puestas obtenidas en cautividad para obtener datos sobre dinámica poblacional, crecimiento, metabolismo energético, tasas de ingestión de alimento, etc., utilizando piensos comerciales y microalgas liofilizadas para su mantenimiento.



Extracción de muestras de sangre de mero.



Recogida de muestras de atún en la almadraba de Barbate.

▼ Se están estudiando los parámetros óptimos del medio para el cultivo de la hurta, así como sus tasas de crecimiento. Con ésta y con otras especies se han realizado diversas experiencias de inducción a la puesta mediante tratamientos hormonales.

▼ Se ha estudiado el proceso de marinización del esturión del Adriático, comprobándose que la edad más idónea es al segundo año de su nacimiento.

▼ Se han determinado las condiciones de cultivo favorables y la adecuación de la dieta para el mantenimiento de crías de lisas en cautividad. Asimismo, se ha conseguido un tratamiento adecuado para su desparasitación, se ha logrado su maduración sexual en cautividad y se ha adelantado la maduración mediante la alteración del fotoperíodo.

▼ Se está desarrollando la metodología necesaria (preengorde, engorde, mantenimiento de reproductores, etc.) para abordar el cultivo de la corvina.

ACUICULTURA DE MOLUSCOS Y OTROS INVERTEBRADOS

Entre los grupos de moluscos de interés pesquero, actualmente sólo los bivalvos tienen cierta importancia en acuicultura. En muchas zonas del mundo probablemente sea el cultivo de bivalvos marinos, también conocido como conchicultura, la actividad acuícola más antigua de todas. Por su parte, tanto la cría de gasterópodos como de cefalópodos, aún presentando un gran potencial, todavía han tenido poco desarrollo.

El cultivo de moluscos presenta un elevado interés, debido tanto a su aprecio gastronómico como a una serie de factores biológicos propios de este grupo de animales que lo hacen muy atractivo desde el punto de vista comercial y económico. Entre estas características se



Sala de cultivos, CICEM "Água del Pino".

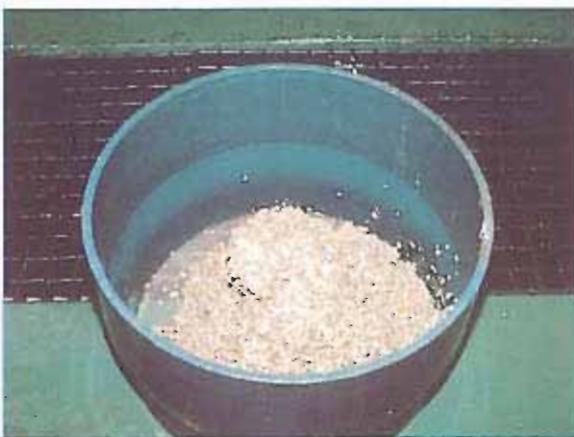
encuentran su elevada fecundidad, que permite la obtención de un elevado número de larvas a partir de relativamente pocos ejemplares adultos; su posición en los primeros escalones de

LA OBTENCIÓN DE SEMILLAS

El cultivo de moluscos se basa en el engorde de ejemplares juveniles en recintos acotados bajo condiciones naturales. De esta forma, la obtención de esos ejemplares juveniles (las semillas) en número y tamaño suficiente, constituye uno de los principales factores que determinan la rentabilidad y el éxito o fracaso de las explotaciones. El estado de semilla comienza cuando las larvas flotantes de los moluscos abandonan su vida libre, desarrollando la concha y comenzando su vida sésil, bien dejándose caer al fondo o bien fijándose a algún sustrato rígido.

Aunque la puesta de los moluscos es muy numerosa, de hasta decenas de millones de huevos por ejemplar, en sus primeras fases de vida son muy sensibles. El porcentaje de huevos que llegan a larvas fijadas es muy pequeño, siendo también bastante elevada la mortalidad entre las larvas a los pocos días siguientes a su fijación. Esto hace de la obtención de semillas un proceso delicado. Normalmente, a partir de ejemplares adultos mantenidos en cautividad se obtienen puestas (naturales o inducidas) que, mantenidas en condiciones favorables estrechamente controladas (temperatura, salinidad, pH, cantidad de alimento, control de patógenos y contaminantes), producen grandes cantidades de larvas. Éstas se seleccionan mediante filtros y se trasladan a tanques especiales, en los que se lleva a cabo un estricto control de las condiciones de mantenimiento (temperatura, salinidad, pH, densidad de alimento y control de contaminantes y elementos patógenos) para intentar que la mortalidad sea lo más reducida posible. Una vez alcanzado cierto tamaño, las semillas se pueden someter a las condiciones naturales del medio sin que la mortalidad sea excesiva, dando comienzo así la fase de preengorde.

En algunas especies es posible soslayar estos problemas gracias a que en la época de reproducción producen tal cantidad de larvas que es perfectamente factible y rentable su obtención a partir del medio natural, lo que facilita enormemente este proceso. Esto ocurre en el caso de mejillones, ostreidos y pectinioides. Para cada especie, en función de la época del año o de determinadas condiciones de temperatura y concentración de fitoplancton, se puede determinar cual es el momento más idóneo para recolectar las semillas, que se realiza por medio de los denominados colectores. Estos colectores, de muy distintos tipos, se colocan en lugares con densidades de semillas elevadas. Después de cierto tiempo se retiran, se despegan las semillas obtenidas y se pasa a engordarlas de la manera establecida para cada especie.



Filtro para la separación y recogida de semillas.

la cadena trófica (se alimentan de microalgas), lo que facilita y rentabiliza su alimentación; su ciclo reproductivo corto, que permite la obtención de cosechas en un plazo breve; la alta tasa de supervivencia de las poblaciones cultivadas, que da lugar a muy buenos rendimientos; y su

naturaleza sedentaria, que facilita su cría y recolección.

En la actualidad, la sobreexplotación a la que se encuentran sometidas las poblaciones de la mayor parte de las especies de interés comercial, ha convertido a la cría integral de moluscos en una herramienta imprescindible para la gestión de los recursos naturales costeros. Las nuevas técnicas de cultivo permiten la obtención de elevados volúmenes de ejemplares juveniles con los que realizar siembras y repoblaciones en el medio natural de aquellas especies más explotadas. De esta forma, esta actividad se constituye en un apoyo básico para el mantenimiento de las pesquerías y las economías locales basadas en ellas.

Los bivalvos, dependiendo de las especies, se cultivan de dos maneras distintas. De forma integral, completando todo el ciclo reproductor en cautividad, o en semicultivo, obteniendo a partir



Parque de cultivo de moluscos en la bahía de Cádiz.

del medio natural grandes cantidades de larvas para engordarlas posteriormente de forma controlada. En el primer caso se encuentran las diversas especies de almejas, mientras que el segundo es el sistema empleado para el cultivo del mejillón y los pectínidos (vieiras y zamburiñas)

El cultivo integral de moluscos bivalvos tiene varias fases:

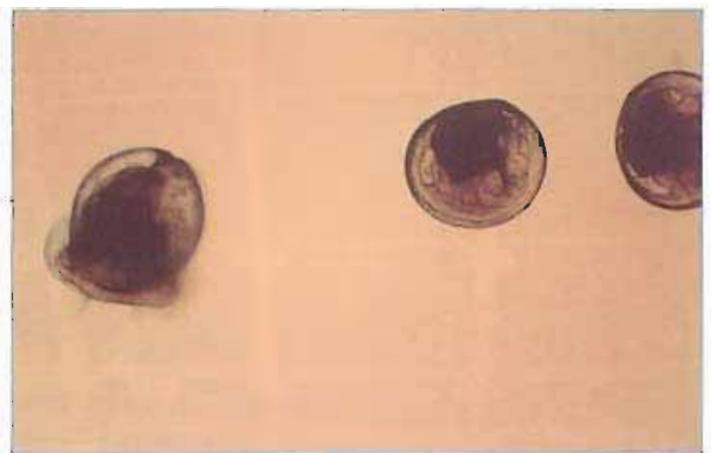
Fase de criadero o cultivo en "hatchery", en la que los reproductores son inducidos a la puesta (normalmente mediante cambios bruscos de temperatura), realizándose el cultivo de las larvas, la fijación de éstas y la cría de las postlarvas, hasta la fase de pequeñas semillas.

Fase de preengorde o de "nursery", en la que la pequeña semilla, muy delicada, se cultiva hasta un tamaño mayor, más resistente, antes de iniciar el engorde final en el medio natural.

Fase de engorde, iniciada cuando la semilla ha alcanzado ya cierto tamaño. En el caso del semicultivo, ésta es su primera fase, utilizando para el engorde semilla obtenida de la naturaleza mediante colectores. El engorde se realiza de formas diferentes, según las especies y sus requerimientos: en el sustrato, en las denomina-

das parcelas intermareales, caso de las almejas; en sacos y cestas elevados en estanques y parques intermareales, como se hace con el ostión; o suspendidos de sistemas flotantes (bateas y líneas), método empleado para la vieira, las ostras y el mejillón.

No obstante, frente a las ventajas señaladas, debe señalarse que los hábitos filtradores de estos animales hacen que puedan concentrar en sus cuerpos productos tóxicos o incluso agentes patógenos para el hombre. Por ello, es necesario un riguroso control sanitario de los animales antes de proceder a su comercialización. En algunos



Larvas de cuatro días de *Ostrea edulis*.

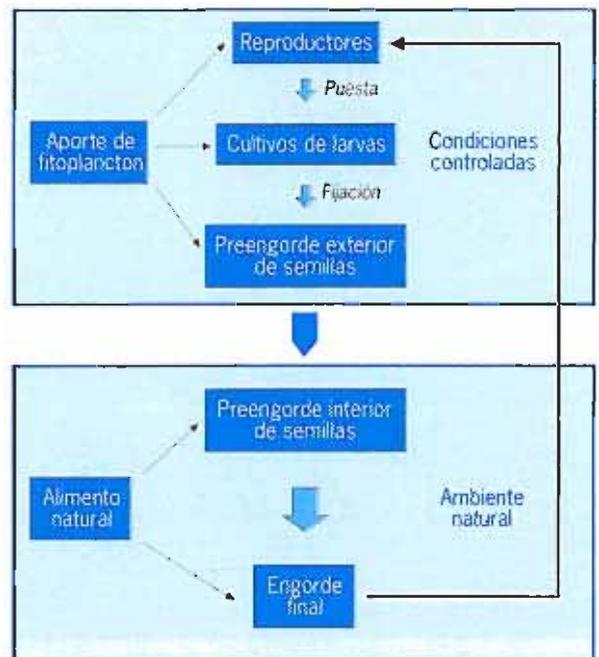
casos, como paso previo, todas las capturas, tanto las realizadas por métodos tradicionales como las obtenidas en los parques intermareales, deben someterse a un proceso de depuración. Éste se realiza en establecimientos homologados en los que existen estanques provistos de agua de mar limpia, donde se mantiene a los moluscos bivalvos vivos durante el tiempo necesario para eliminar la contaminación de tipo bacteriano que puedan contener hasta ser aptos para el consumo humano.

Debido en parte igualmente a su carácter filtrador, las distintas especies de moluscos bivalvos son muy susceptibles a distintas enfermedades y epizootias, que pueden ocasionar elevadas mortalidades y pérdidas en los rendimientos de los cultivos, siendo necesarios un adecuado manejo y un estricto control de las explotaciones para una buena prevención de las potenciales patologías.

En España, el cultivo de bivalvos probablemente es la actividad acuícola más antigua de todas, si bien a escala industrial su desarrollo no comenzó hasta finales del siglo XIX, momento en que se iniciaron las primeras experiencias de cultivo de mejillón, primero en Cataluña y posteriormente en Galicia. Las técnicas de cultivo introducidas entonces han tenido un enorme éxito, permitiendo elevados rendimientos que, en el caso de la región gallega, dan lugar a producciones anuales en torno a las 200.000-300.000 toneladas.



Bandeja de mantenimiento de reproductores (CICEM "Agua del Pino").



Esquema del cultivo integral de moluscos.

En Andalucía, aparte de una tradicional explotación y manejo de los viveros de ostreidos del litoral suratlántico, descritos en siglos pasados, el cultivo de moluscos bivalvos comienza de forma incipiente en el litoral suratlántico a partir de 1970. Estas primeras experiencias surgieron de manera complementaria a las actividades de estabulación y comercialización que ya se hacían en esta zona con ciertas especies, como la almeja fina y el ostión. A finales de esa década, y bajo la promoción del PEMARES, tuvieron lugar algunos programas de captación de semillas y cultivos en parcelas intermareales.

Como consecuencia de ciertos problemas surgidos en el desarrollo de los cultivos de bivalvos (escasez de semillas y comercialización ineficaz sobre todo), se decidió acometer el cultivo integral de la almeja fina y otras especies a partir de semillas recogidas en colectores del medio natural o bien obtenidas en criaderos. Estas experiencias han llegado hasta la actualidad a través de las actividades desarrolladas por los dos Centros de Cultivos Marinos dependientes de la Consejería.

De lo expuesto anteriormente, se deduce que el litoral suratlántico andaluz reúne unas condiciones excepcionales para el cultivo de moluscos

PREENGORDE DE MOLUSCOS

En el cultivo de moluscos, la fase de preengorde tiene una gran importancia. La semilla procedente de la cría en cautividad es bastante delicada, de forma que para aumentar el éxito de la fase de engorde y disminuir la mortalidad, se la somete previamente a un crecimiento bajo condiciones controladas. Además, de esta forma también se consigue disminuir la duración del período de engorde.

Esta fase de preengorde se suele a su vez dividir en dos. Una primera de preengorde interior, en la que las semillas se mantienen en tanques en los propios centros de producción, y otra de preengorde exterior, en la que se continúa su crecimiento en sistemas flotantes en el medio natural hasta alcanzar el tamaño más apropiado para su siembra en los parques de cultivo.

Los sistemas flotantes usualmente más utilizados son los flupsis y bateas. El flupsy es un receptáculo flotante con contenedores apilables de fondo de malla donde se colocan las semillas. Este sistema se instala en zonas sometidas a mareas, de forma que la propia corriente de subida y bajada orienta el sistema, produciéndose un flujo permanente de agua en sentido ascendente que circula entre los grupos de semillas.

Las bateas son plataformas flotantes que portan grandes contenedores o cajas de semillas. El flujo de agua a través de los mismos puede ser dependiente sólo de la marea o bien mantener un flujo continuo mediante la instalación de sistemas de aire forzado (airlifts). Estos sistemas, aunque representan una dependencia de la energía eléctrica, permiten sin embargo una gran carga, gracias al mantenimiento continuo del flujo de agua. A veces se emplea este último sistema para realizar un primer preengorde, pasando luego las semillas a la batea de cajas sometida al régimen mareal.

En ciertas especies, este preengorde exterior también se puede realizar en sistemas fijos elevados sobre el sustrato, que quedan cubiertos por la marea alta. Se suelen utilizar cestas o pochones situados sobre mesas o caballetes de madera o metal en la zona intermareal. En este caso, es muy importante controlar el período de inmersión, ya que su duración influye notablemente en el crecimiento y supervivencia de las semillas.

A veces, esta fase de preengorde exterior se divide en dos, empleando de forma consecutiva dos sistemas diferentes en función de su efectividad con relación al tamaño de la semilla. Por otro lado, los sistemas flotantes son también utilizados para el mantenimiento de ejemplares adultos de ciertas especies fuera de la época de reproducción, como es el caso de la ostra plana.



▲ Batea de engorde del CICEM "Agua del Pino"

en parques intermareales, dada la profusión de caños, esteros, antiguas salinas y marismas repartidas entre la desembocadura del Guadalquivir y el estrecho de Gibraltar. En los numerosos parques de cultivo existentes en toda esa franja costera, las especies más cultivadas son la almeja fina (*Ruditapes decussatus*), la semifina o japonesa (*Ruditapes philippinarum*), el ostión (*Crassostrea angulata*) y la ostra plana (*Ostrea edulis*). La semilla procede normalmente de empresas especializadas en producción, con frecuencia de fuera de la Comunidad Autónoma.

Por el contrario, el litoral mediterráneo no es demasiado apto para la instalación de parques intermareales, si bien presenta buenas posibilidades para los cultivos flotantes. Aunque todavía de forma semiexperimental, en Granada se cultivaba ya el mejillón en bateas flotantes ubicadas en zonas resguardadas.

Si bien a pesar de todo este potencial al que hemos hecho referencia la producción de moluscos bivalvos por parte de la acuicultura andaluza es todavía reducida, en el año 2000 se superaron



Cesta para el engorde de vieiras.

las 140 toneladas, con las almejas y el ostión como especies principales.

En cuanto al cultivo de otros tipos de moluscos, el cultivo integral de cefalópodos se encuentra todavía en sus fases iniciales de desarrollo. Ciertas experiencias realizadas a escala de laboratorio indican una excelente predisposición de este grupo animal a ser cultivado. Sin embargo, todavía hay numerosos problemas, tanto en su alimentación como en el mantenimiento de las larvas, que están pendientes de resolución.

AÑOS	1996	1997	1998	1999	2000
Criadero (millones de pesetas)					
Almeja	45,9	16,5	7	3,6	6
Ostra	8,8	3,2	4	6	4
Ostión	5,4	4	2	3,6	6
TOTAL CRIADERO	60,1	23,7	13	13,2	16
Engorde (millones de pesetas)					
Almeja	71,9	74,8	68	63,5	101,9
Ostión	9,9	12,8	14	14,8	13,8
TOTAL ENGORDE	81,8	87,6	82	78,4	115,7

Evolución del valor de producción de moluscos en Andalucía.

En Andalucía existe además alguna empresa dedicada al cultivo de crustáceos para consumo humano que cría langostino japonés en régimen intensivo. Los elevados costes de producción impiden la competencia de estos cultivos con la pesca tradicional, dificultando su comercialización fuera del exigente mercado japonés.

Dejando de lado los cultivos intensivos, en las marismas del Guadalquivir y en la bahía de Cádiz se obtienen también camarones y langostinos autóctonos en los esteros dedicados a la acuicultura extensiva. Aunque sus producciones son modestas en el marco de la producción acuícola andaluza, alcanzaron las 110 toneladas en el año 2000.

En cuanto a trabajos sobre otros invertebrados, existen experiencias preliminares para el cultivo de poliquetos y erizos. También hay una iniciativa que pretende investigar las posibilidades de cultivo de ascidias para producir compuestos antitumorales.

Dadas todas esas posibilidades de la costa andaluza para el cultivo de invertebrados marinos, la Consejería de Agricultura y Pesca se ha marcado como una de sus líneas principales la realización de diversos estudios que contribuyan a su desarrollo. En ese sentido, el CICEM "Agua del Pino" ha realizado y realiza una labor muy importante, pues su situación estratégica le permite abordar una gran variedad de experiencias.

Este centro, además de contar con un criadero-semillero, cuenta también con un polígono de cultivos situado en el río Piedras, frente a las instalaciones del centro. Aquí están instalados de forma permanente una serie de sistemas flotantes en los cuales se realiza el mantenimiento de reproductores de ciertas especies y se llevan a cabo numerosas experiencias de preengorde. El centro ha mantenido además colaboraciones con las cooperativas marisqueras de la zona en varias de sus actividades. Todo ello sin olvidar que una gran parte de la producción del centro se destina todos los años a la repoblación de los bancos naturales de bivalvos de la zona.

El CICEM de "El Toruño" también ha realizado algunas experiencias con bivalvos, estudiando sistemas para el preengorde y engorde de ciertas especies (almeja, ostras y vieira) mediante la utilización de flujos inducidos de agua en estanques y cultivos flotantes.

Asimismo, en algunos proyectos se ha contado con la participación de otros centros de

investigación, como los centros oceanográficos de A Coruña y Fuengirola del I.E.O. en el caso de las experiencias sobre el cultivo de pectinidos en la provincia de Málaga.

En líneas generales, los diversos estudios y proyectos se han abordado en el marco de los siguientes **objetivos** generales:

- Mantenimiento de reproductores de diversas especies de moluscos bivalvos y producción de semillas.
- Posibilidades de cultivo de nuevas especies.
- Experiencias de preengorde y engorde de semillas de bivalvos en sistemas exteriores.
- Optimización de los cultivos de almeja fina y japonesa en la zona intermareal.
- Posibilidades de aprovechamiento de las instalaciones piscícolas para la cría de moluscos.
- Desarrollo de sistemas para el cultivo de moluscos bivalvos en mar abierto.
- Cultivo integral de cefalópodos.

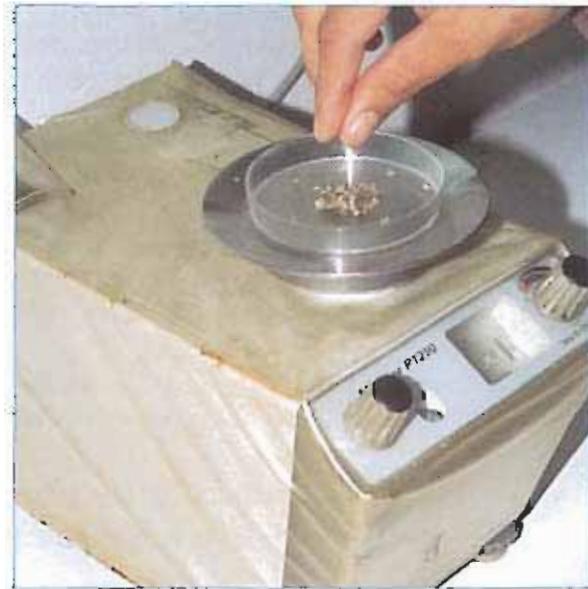
Estos objetivos generales se han desarrollado a través de los siguientes **proyectos y líneas de investigación**:

Mantenimiento de reproductores y producción de semillas

- Optimización de las técnicas de mantenimiento de reproductores, inducción a la puesta y producción de semillas en criadero de madre-almeja (*Venerupis pullastra*), ostra plana (*Ostrea edulis*), almeja fina (*Ruditapes decussatus*) y almeja japonesa (*Ruditapes philippinarum*).

Cultivo de nuevas especies

- Cultivo en tanque de escupiña (*Venus verrucosa*).
- Cultivo en tanque de chirla (*Chamelea gallina*).



Pesado de semillas.

Experiencias de preengorde y engorde de semillas de moluscos en el exterior

- Preengorde de almeja fina y japonesa en estanque con flujo continuo de agua.
- Engorde de almeja fina y japonesa en estanques mareales.
- Engorde de semillas de moluscos bivalvos en sistemas flotantes.
- Comparación del crecimiento de semillas de almeja fina entre sistemas flotantes y semillero.



Reproducción de almejas en condiciones controladas.

ENGORDE DE ALMEJAS

Una de las principales líneas de investigación del CICEM "Agua del Pino" es el estudio de las condiciones de engorde de almeja fina y japonesa a altas densidades en la zona intermareal. De las numerosas experiencias desarrolladas hasta el momento se han extraído una serie de conclusiones para optimizar su cultivo en estas zonas, válidas al menos para el área donde se han desarrollado estos estudios. Algunas de estas conclusiones son las siguientes:

- ▶ Es posible aprovechar íntegramente el área entre bajamares de la zona intermareal. La almeja japonesa es capaz de crecer entre la línea de bajar de marea muerta y de marea media, de forma que esta franja se puede aprovechar con esta especie, mientras que entre la bajar de marea media y viva se puede cultivar la almeja fina.
- ▶ Se ha comprobado que existe una relación lineal entre la cobertura mareal y el crecimiento, siendo éste menor a medida que nos alejamos de la línea de bajar de marea media hacia la de bajar de marea muerta.
- ▶ Los mejores crecimientos se obtienen entre los niveles de bajamares de mareas medias y vivas.
- ▶ El cultivo de almeja fina no es viable económicamente por encima de los niveles de bajar de marea media.
- ▶ Las épocas idóneas de siembra son la segunda mitad de invierno y la segunda mitad del verano.
- ▶ La almeja japonesa comienza a crecer inmediatamente después de la siembra, mientras que la fina tarda un mes en hacerlo.
- ▶ El crecimiento de la almeja japonesa en estos niveles a lo largo del periodo anual parece ser continuo desde la siembra, deteniéndose tan sólo en noviembre-diciembre, posiblemente relacionado con una posible parada invernal; y en septiembre, posiblemente relacionado con la reproducción de la especie.
- ▶ La almeja fina tiene un patrón de crecimiento más lento que la japonesa, de forma que alcanza su talla mínima al tercer año de vida, mientras que la japonesa lo hace al segundo.
- ▶ En el caso de la almeja japonesa, en un año tras la siembra puede alcanzarse la talla de mercado.
- ▶ Para asegurar altas tasas de recolección deben emplearse siembras elevadas, del orden de unas 1.400 almejas/m².

– Comparación de rendimientos entre preengordes de almeja fina y japonesa, realizados en elevación sobre mesas en recipientes diferentes (cajoneras y sacos).

– Preengorde de pectinidos

Optimización de los cultivos de almeja fina y japonesa en la zona intermareal

– Engorde de almejas fina y japonesa en distintos niveles de la zona intermareal.

– Comparación de rendimientos en cultivos (engorde) de almejas fina y japonesa realizados a altas densidades, en la zona intermareal, entre niveles de bajamares de mareas muertas y medias.

– Determinación de los parámetros básicos en el cultivo en la zona intermareal de la almeja japonesa.

Aprovechamiento de instalaciones piscícolas para la cría de moluscos

– Posibilidades de aprovechamiento de desagües procedentes de la cría de peces para el cultivo de moluscos y establecimiento de unidades de reproductores.

– Utilización de canales de abastecimiento oxigenados para el preengorde de ostras en bateas de cestas.



Reproductores de ostras.

Cultivo de vieiras en mar abierto

– Biología y viabilidad del cultivo de la vieira en mar abierto en Málaga (en colaboración con el I.E.O.)

Cultivo integral de cefalópodos

– Experiencias de engorde y reproducción en cautividad de pulpo (*Octopus vulgaris*) y choco (*Sepia officinalis*).

– Todos estos estudios han proporcionado una larga lista de **resultados**, que se resumen a continuación:

► MANTENIMIENTO DE REPRODUCTORES Y PRODUCCIÓN DE SEMILLAS

▼ Durante los últimos años, en el CICEM “Agua del Pino” se ha conseguido mantener un stock permanente de reproductores de moluscos bivalvos (madrealmeja, ostra plana, almeja fina y almeja japonesa), tanto a partir de ejemplares producidos en el centro como de ejemplares recogidos en los bancos naturales próximos.

▼ En estas especies se han optimizado las técnicas de inducción a la puesta y desarrollo larvario, consiguiendo un elevado número de semillas a partir de las puestas obtenidas, estableciéndose las épocas más idóneas para llevar a cabo esta fase.

▼ Las semillas producidas en el criadero del propio CICEM han sido utilizadas tanto para



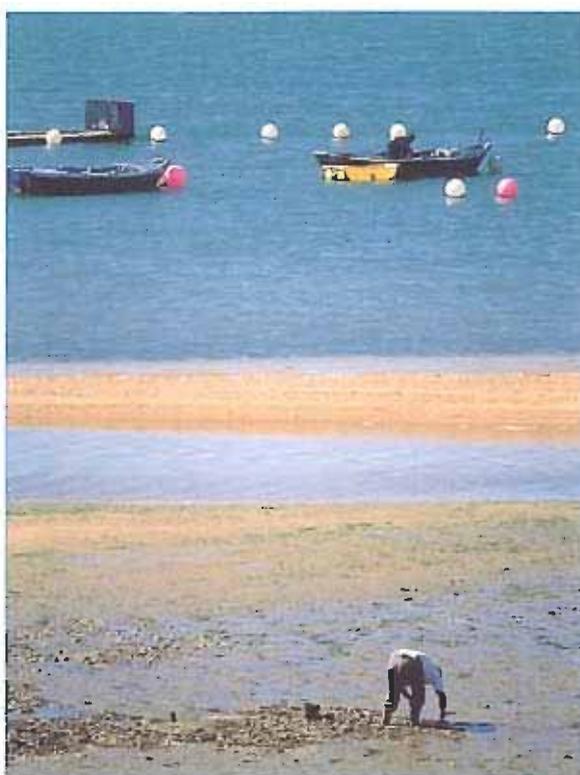
Tanque de mantenimiento de reproductores del CICEM “Agua del Pino”.

realizar diversas experiencias de cultivo como para repoblar los bancos naturales de estas especies en el área próxima al centro. En algunos casos se han proporcionado ciertas cantidades al sector marisquero de la zona.

► CULTIVO DE NUEVAS ESPECIES

▼ Se han realizado experiencias de cultivo en tanque en condiciones controladas con ciertas especies de moluscos bivalvos, concretamente chirla y escupiña. A partir de la observación de algunos parámetros biológicos tales como sus índices de enterramiento, crecimiento y mortalidad, se ha constatado la posibilidad de aplicar técnicas de semicultivo extensivo a la gestión de estos recursos.

▼ En el caso de la escupiña, de los resultados de crecimiento se ha deducido que la talla mínima de captura establecida por la legislación andaluza en la actualidad podría ser excesiva, tanto para la zona de la población natural de estudio como para la rentabilidad de un posible cultivo.



Parque de cultivo del CICEM "Agua del Pino".



Parque de cultivo de almejas en la bahía de Cádiz.

▶ EXPERIENCIAS DE PREENGORDE Y ENGORDE DE SEMILLAS DE MOLUSCOS EN EL EXTERIOR

▼ Se han realizado experiencias de preengorde de almeja fina y japonesa en estanque provisto de flujo continuo de agua. Estas experiencias se han llevado a cabo comparando el cultivo sobre sustrato natural con el realizado sobre un horizonte añadido de arena, utilizando

distintas densidades de cultivo y diferentes tamaños de semilla. Los resultados han permitido establecer el tipo de sustrato y la densidad de siembra más idóneos para el cultivo de ambas especies en estas condiciones.

▼ Se han llevado a cabo diversas experiencias de engorde de almeja fina y japonesa en estanques mareales. Los resultados han mostrado que el crecimiento es mayor que el de cultivos similares realizados en el medio natural, en niveles medios de la zona intermareal.

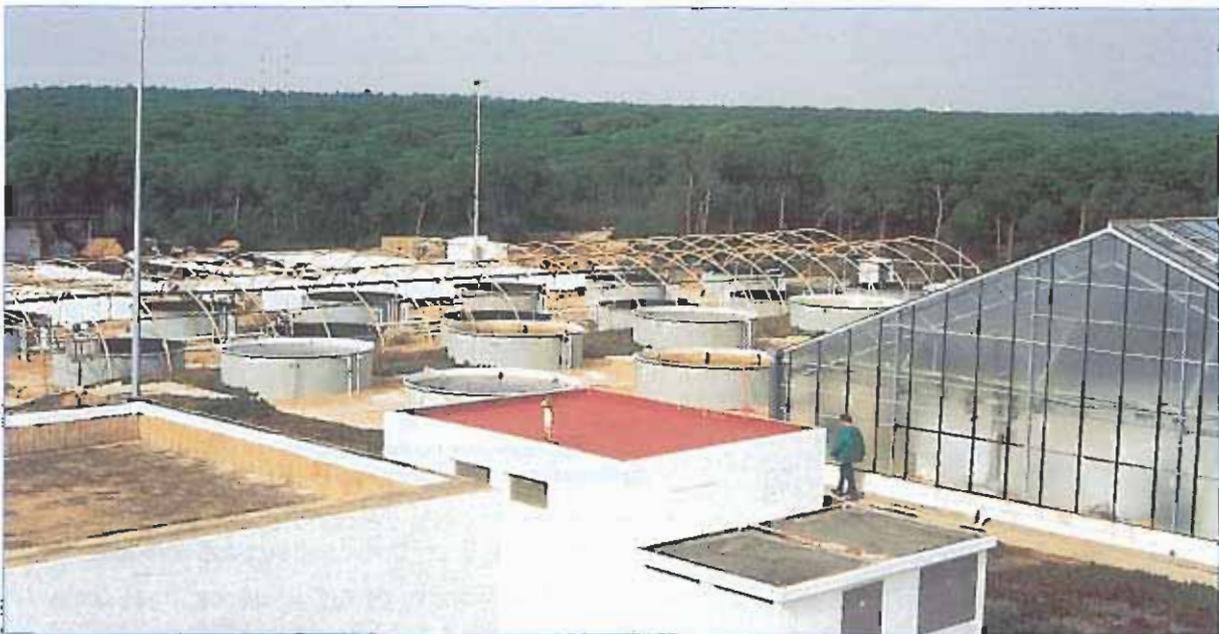
Se han realizado diversos trabajos para comparar los rendimientos entre preengordes de almeja fina y japonesa en elevación sobre mesas en cajoneras tapadas con red y en sacos de malla mosquitera. Aunque los índices de crecimiento y mortalidad que se han obtenido son satisfactorios, se ha observado que en los sacos se produce un elevado número de fijaciones de ascidias y cirripedos, que dificultan tanto el crecimiento como la manipulación, a la vez que inducen a mortalidades.

Las experiencias de preengorde de pectinidos en semilleros flotantes con semillas de vieira (*Pecten maximus*) y zamburiña (*Chlamys varia*) han mostrado la idoneidad del semillero como paso intermedio entre el despegue y el engorde en ambas especies durante el invierno y primavera (y presumiblemente en otoño), descartando el verano en el caso de la vieira.

▶ OPTIMIZACIÓN DE LOS CULTIVOS DE ALMEJA FINA Y JAPONESA EN LA ZONA INTERMAREAL

▼ Una de las principales líneas de investigación del CICEM "Agua del Pino" durante los últimos años ha sido el establecimiento de los parámetros idóneos para el cultivo de almeja fina y japonesa en la zona intermareal del litoral onubense.

▼ Las numerosas experiencias llevadas a cabo han determinado los parámetros de crecimiento de cada especie en función del tamaño de la



Instalaciones exteriores de CICEM "Agua del Pino".

semilla empleada, la densidad y el período de siembra, el grado de cobertura mareal, etc. Los resultados han permitido establecer los valores óptimos para los distintos factores estudiados en cada especie, así como la cuantificación de la rentabilidad económica de los cultivos realizados en estas condiciones.

resultados mostraron un crecimiento excelente de las ostras, excepto en el período estival, momento en que se ralentiza. Asimismo, se ha observado que a partir del tamaño de siembra los cultivos detienen su crecimiento y comienzan a detectarse mortalidades altas e infestación por parásitos.

► APROVECHAMIENTO DE INSTALACIONES PISCÍCOLAS PARA LA CRÍA DE MOLUSCOS

Se han realizado experiencias para evaluar las posibilidades de utilización de los caños de desagüe procedentes de estanques de cultivo de dorada para el engorde de almejas (fina y madreameja). Los resultados mostraron su poca idoneidad debido a la propia dinámica de las explotaciones piscícolas. El vaciado y limpieza periódica de los estanques influyen muy negativamente sobre los moluscos, dando lugar a pérdidas de ejemplares por enterramiento, asfixia, arrastre y excesiva acumulación de materia orgánica.

▼ Se han realizado experiencias de preengorde de ostra en cesta sobre batea flotante utilizando un canal de abastecimiento de una granja de peces con caudal continuo de agua y provisto de un inyector de oxígeno. Los

► CULTIVO DE VIEIRA EN MAR ABIERTO

▼ En colaboración con el I.E.O., se ha llevado a cabo un estudio sobre las posibilidades del cultivo de vieira en mar abierto en la costa de Málaga, que ha cubierto diversos aspectos relacionados tanto con su biología como con las técnicas y posibilidades de cultivo en mar abierto de esta especie. Así, se ha estudiado su biometría y el ciclo reproductor a partir de ejemplares silvestres recogidos en la zona de estudio.

▼ Se han establecido los períodos de fijación de semillas, el tipo de colectores más eficiente y su disposición y la profundidad de colocación adecuada para optimizar su recolección.

▼ Se han determinado para el preengorde y el engorde la talla media de comienzo, la densidad de vieiras por cesta y la profundidad más idónea de las mismas sobre el fondo.

EL CULTIVO DE CEFALÓPODOS

Los cefalópodos son un grupo de animales cuyo cultivo está despertando grandes expectativas. Por un lado, presentan un ciclo de vida sencillo, sin fases larvarias y con altas tasas de crecimiento, habiéndose comprobado en la naturaleza que alcanzan la talla comercial en poco tiempo, menos de un año, período que necesitan para madurar sexualmente. Además, desde el punto de vista alimenticio, presentan una alta composición proteica, así como una alta aceptación en el mercado. En el caso concreto del pulpo, su consumo se ha disparado en España en los últimos años, pasando a ser parte de la dieta habitual en muchas zonas, incluso del interior, tanto en estado fresco como congelado o enlatado. Esta situación, unido al alto valor económico que la especie ha alcanzado en los mercados, le confirma como producto apreciado.



▲ Pulpo mantenido en instalaciones del CICEM "El Toruño"

La creciente valorización del pulpo ha producido un notable aumento de sus pesquerías, cuyas consecuencias están comenzando a dejarse notar. En Andalucía han llegado a darse indicios de sobreexplotación de la especie. Ante esta situación, no es de extrañar que hayan comenzado a realizarse diversas experiencias para conseguir la cría del pulpo. En general, las investigaciones referentes al cultivo integral de cefalópodos se encuentran en una fase inicial, aunque los resultados obtenidos hasta el momento indican que este grupo animal presenta unas características aptas para su cultivo. Sin embargo, existen todavía numerosos problemas por resolver, como el tipo de alimentación, los sistemas de cría y las densidades óptimas para el engorde y reproducción, el cultivo de paralarvas, las tasas de supervivencia, las condiciones físico-químicas del cultivo, etc.

En España existen varias instituciones que han realizado o realizan experiencias de cultivo con cefalópodos. Así, en el Instituto de Ciencias del Mar de Barcelona se ha ensayado la alimentación del calamar y el pulpo con larvas de cangrejo; en Galicia, la Universidad de Santiago de Compostela ha experimentado con el engorde de pulpo en bateas, mientras que el I.E.O. de Vigo ha realizado las primeras experiencias sobre cultivo integral de pulpo a una escala de futura aplicación industrial.

En el caso de Andalucía, el Centro de Investigación y Cultivo de Especies Marinas "El Toruño", dependiente de la Consejería de Agricultura y Pesca, está llevando a cabo un proyecto de cultivo integral de esta especie, así como de la sepia o choco, de la cual se han obtenido los primeros juveniles íntegramente producidos en criadero, con resultados que hacen considerar la explotación en acuicultura de este recurso marisquero.

▼ Se ha comprobado que su cultivo colgadas por la concha en cuerdas da resultados óptimos si se inicia a finales de otoño con semillas de 80 mm, obteniéndose la talla comercial en la siguiente primavera.

▼ Se han determinado los principales competidores (mejillones, ascidias, *Balanus* sp., esponjas y anomias) y predadores (cangrejos) de la vieira, reconociéndose como el parásito más nocivo el poliqueto *Polydora* sp.

▼ Durante la experiencia se sembraron 200.000 unidades de semilla recién despegada, apareciendo posteriormente un importan-

te banco originado muy probablemente a partir de esta semilla.

▶ CULTIVO INTEGRAL DE CEFALÓPODOS

▼ Se han realizado diversas experiencias de engorde y reproducción en cautividad con ejemplares de pulpo capturados. En esas experiencias de engorde se obtuvieron tasas notables de crecimiento. Así, con una alimentación basada en cangrejos, se lograron individuos de 1,5 kg a partir de 0,5 kg de peso medio inicial, y de 3 kg a partir de 1,5 kg de peso inicial; al final de esta fase algunos individuos alcanzaron incluso pesos de hasta 5 kg.

▼ Asimismo, se han conseguido puestas a partir de hembras reproductoras, logrando mantener con vida las paralarvas durante 60 días utilizando como dieta *Artemia* enriquecida. Este desarrollo experimental continúa actualmente.

OTRAS TECNOLOGÍAS ACUÍCOLAS

Dadas las exigencias de los organismos marinos objeto de cultivo, la aportación de alimento vivo (fitoplancton y zooplancton) es, de momento, la única forma de llevar a cabo con éxito la cría de las especies marinas de mayor interés en nuestra región. Las larvas de peces y crustáceos marinos son carnívoras y precisan de presas vivas para su supervivencia, mientras que tanto las larvas como los adultos de moluscos bivalvos se alimentan mediante filtración de fitoplancton. Esto supone una dificultad añadida, pues además de producir los peces o moluscos, hay que producir su alimento.

En los criaderos de moluscos bivalvos este aporte de alimento vivo está constituido por microalgas, que también se utilizan como alimento de los primeros estadios larvarios de crustáceos, así como de ciertas especies de zooplancton, como rotíferos, artemias y copépodos, que a su vez sirven para alimentar los estadios larvarios de peces y los avanzados de crustáceos. Este aporte de fitoplancton y zooplancton tiene que estar perfectamente controlado, de forma que se hace imprescindible su cría en los mismos centros acuícolas. Así, en estas instalaciones se reconstruye un modelo simplificado de la cadena trófica natural marina.

En los comienzos de la acuicultura se empleaban las poblaciones naturales de fitoplancton; sin embargo, hoy en día lo que se utilizan son cultivos de microalgas seleccionadas. Las ventajas son varias: se puede controlar mucho mejor la calidad nutricia de las especies utilizadas (incluido su posible carácter tóxico), la presencia de depredadores, agentes patógenos, etc. De esta

▼ En cuanto a la otra especie de cefalópodo de interés, el choco, muy recientemente se ha conseguido la obtención de juveniles de esta especie, superando la etapa más crítica en su desarrollo.



Instalaciones exteriores de CICEi "Agua del Pino".

forma, en poco tiempo esta técnica se ha relevado como la única alternativa viable para conseguir el cultivo de especies marinas con plenas garantías.

Además de servir como alimento, las microalgas y/o sus derivados también pueden utilizarse para mejorar la apariencia e incluso el sabor de cara a la comercialización de ciertas especies criadas en cautividad, como ocurre con las ostras, langostinos y salmónidos.

Generalmente un solo tipo de microalga no satisface todos los requerimientos nutritivos de la especie a alimentar, utilizándose entonces mezclas de varias especies. Otra cuestión fundamental es mantener el cultivo de microalgas en condiciones de esterilidad, ya que la presencia de organismos patógenos podría dar lugar a infecciones de consecuencias fatales para los

TÉCNICAS DE CULTIVO DE MICROALGAS



En los centros de cultivos marinos, la producción de microalgas para alimentar a los moluscos o bien a las fases larvianas de los peces o al zooplancton del cual se alimentan es un aspecto vital de su funcionamiento.

Generalmente una sola especie de microalga no satisface todos los requerimientos nutritivos de la especie a alimentar, utilizándose entonces mezclas de varias especies que además tienen que cultivarse por separado. Estos cultivos normalmente se obtienen a partir de cepas puras mantenidas en el propio centro, que tiene que disponer de sistemas de mantenimiento de las colecciones de estirpes tipo.

Las microalgas deben ser producidas en condiciones estériles, garantizando las condiciones de asepsia y pureza. Esta cuestión es de gran importancia para asegurar, en las fases posteriores, un rendimiento y una calidad óptimas. Como obtener un gran volumen de microalgas directamente en estas condiciones es económicamente inviable, la metodología de producción de microalgas consiste en empezar por cultivos axénicos (estériles) a pequeña escala e ir aumentando progresivamente el volumen de cultivo. El esquema operativo que se sigue es el siguiente:

- Iniciación de los cultivos a partir de colonias axénicas mantenidas sobre medios sólidos mediante inóculos en tubos de ensayo (1-20 ml) e incubación hasta producir una alta densidad de microalgas ($1-10 \times 10^6$ células/ml)
- Cultivos estériles en recipientes de vidrio pequeños (erlenmeyers, de 100-200 ml)
- Crecimiento en matraces esféricos (5-10 litros); a partir de aquí se considera concluido el cultivo en condiciones estériles
- Cultivos en masa en volúmenes crecientes, en condiciones controladas de luz y temperatura (tubos de metacrilato de 60 litros) o al exterior, en condiciones ambientales (bolsas de 400 litros y tanques de $1-4 \text{ m}^3$)

Los cultivos en el interior se llevan a cabo en cámaras climatizadas y en ellas se cubren las primeras etapas. Los rendimientos en los cilindros de 60 litros son del orden de 50-100 mg de peso seco por litro y día.

En cuanto a las microalgas cultivadas, las estirpes más usadas pertenecen a unas pocas especies de diversa procedencia. Entre las aisladas en regiones templadas destaca *Tetraselmis suecica*, que es la que tiene una más amplia aplicación, y *Chlorella gracilis*, usada para el cultivo de rotíferos. Existe una estirpe de origen tropical de *Isochrysis galbana* que se utiliza básicamente para la cría larvaria de moluscos. *Chaetoceros gracilis* tiene gran importancia para el cultivo de moluscos y crustáceos, mientras que otras especies presentes en nuestras costas, caso de *Nannochloropsis gaditana* y *Chlorella gracilis*, tienen aplicaciones mucho más concretas, en este caso, muy utilizadas en criaderos para la alimentación de rotíferos.

organismos alimentados con estos cultivos, ya de por sí bastante delicados. La esterilidad del cultivo se consigue mediante el uso de antibióticos y un extremo cuidado en cada una de las fases de producción.

El empleo de estas técnicas intensivas obliga a disponer de sistemas de mantenimiento de las colecciones de estirpes tipo de microalgas, y a llevar un especial control del cultivo de inóculos, garantizando las condiciones de asepsia y pureza. Esta cuestión es de gran importancia para asegurar, en las fases posteriores, un rendimiento y una calidad óptimas.

La utilización de las microalgas para la alimentación de las especies objeto de cultivo (bivalvos) o de alguna de las especies zooplancónicas de las que se alimentan sus larvas (crustáceos, peces) tiene un grave problema, y es la dependencia del cultivo de microalgas y su mantenimiento para completar el ciclo de la especie objeto de consumo. Esta dependencia puede suponer graves contratiempos si las necesidades son superiores a la capacidad productora de la instalación.

La forma de solventar este problema es la utilización, en vez de los propios cultivos, de biomasa algal previamente concentrada y conservada convenientemente. Esto tiene varias ventajas. Por un lado, las tareas de trasiego y dispensa se realizan de una forma más sencilla; además, se evita añadir un exceso de nutrientes a los cultivos. Por otra parte, su uso permite segregar en el tiempo las actividades de cría larvaria y producción de algas. Los trabajos en este sentido conseguirán en el futuro la plena diversificación de la industria acuícola.

Para obtener esa biomasa algal concentrada existen diversos métodos: floculación, centrifugación, filtración o sedimentación. La selección de uno u otro sistema se hace en función del uso que se vaya a dar a la microalga, el coste, la eficiencia del proceso, etc.

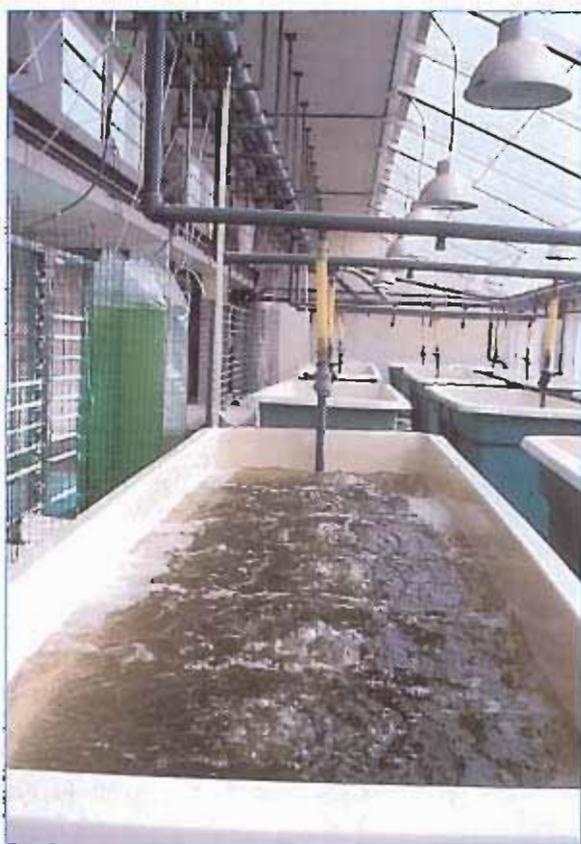
En cuanto al zooplancton, las especies más utilizadas en los centros de acuicultura intensiva



Sala de producción de microalgas del CICEM "El Toriño".



Sala de producción de microalgas del CICEM "Agua del Pino".



Estanque de producción de microalgas del CICEM "Agua del Pino".

son el rotífero *Brachionus plicatilis* y el crustáceo branquiópodo *Artemia salina*. Este último tiene una gran importancia, ya que a diferencia del anterior, puede utilizarse durante toda o gran parte del período larvario. De hecho, la dieta a partir de *Artemia* todavía no ha podido ser superada por ninguna dieta artificial.

Este uso obligado de organismos vivos para la cría de las especies objeto de cultivo es uno de los principales obstáculos que se oponen al definitivo despegue de esta actividad. Debido a ello, uno de los objetivos principales de las investigaciones acuícolas es el desarrollo de alimentos sustitutos, como el caso de la anteriormente comentada biomasa algal.

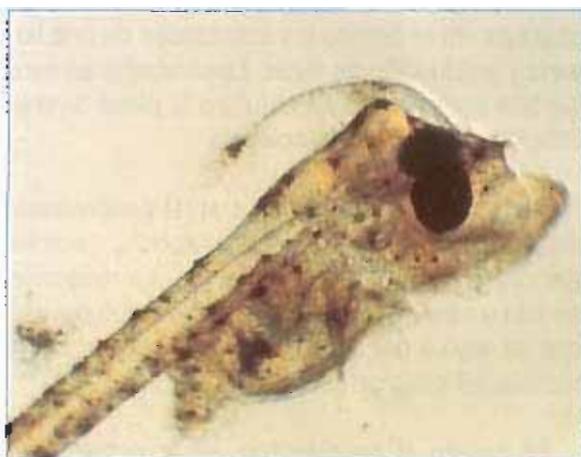
El principal problema se encuentra en la cría de los primeros estados larvarios de peces. Las larvas requieren o bien alimento vivo o, por lo menos, partículas alimenticias muy pequeñas. Sin embargo, la trituración fina del alimento para que pueda ser utilizado por las larvas

hace que éste sea muy fácilmente contaminado por bacterias, con los consiguientes riesgos sanitarios.

La solución a este grave contratiempo parece estar en el desarrollo de alimentos microencapsulados. La microencapsulación es un proceso por el cual los componentes de la dieta, ya sean líquidos o partículas, se encierran en paredes finas, liberándose bajo condiciones macro o microambientales específicas para alimentar a ciertos organismos pequeños y a especies filtradoras.

En la actualidad, técnicamente ya es posible encapsular con membranas artificiales mezclas concretas de sustancias alimenticias adecuadas a las necesidades de los organismos, produciendo partículas de composición y tamaño controlado. Sin embargo, esta técnica no está exenta de problemas, ya que además de requerir un conocimiento muy preciso de los requerimientos nutricionales de las larvas, hay ciertas dificultades para obtener el sabor, densidad, valor nutritivo y estabilidad correctos.

Hasta ahora, convencionalmente se ha considerado a la acuicultura tan sólo como una fuente de alimento. Sin embargo, el desarrollo de la biotecnología está permitiendo el descubrimiento de nuevas aplicaciones hasta hace poco insospechadas. Dentro de estas nuevas posibilidades, los cultivos de microalgas son los que, a priori, parecen atesorar una mayor potencialidad.



Larva de lenguado.

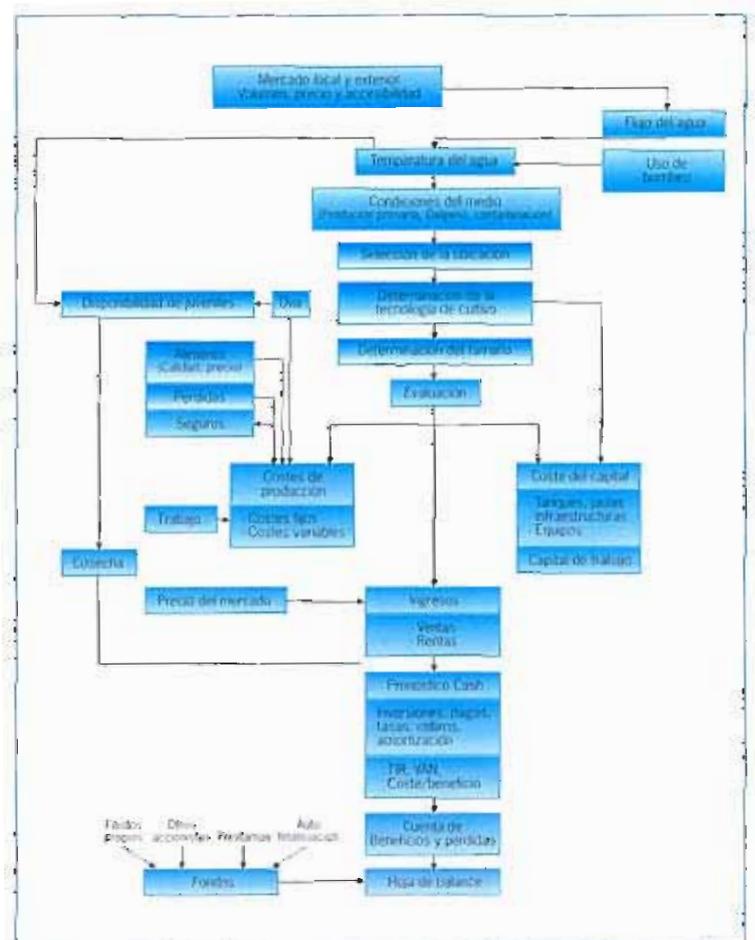


Instalaciones acuícolas sobre antiguas marismas en Ayamonte (Huelva).

La gran capacidad de división de las microalgas permite que puedan producir importantes cantidades de biomasa en un breve espacio de tiempo. Aunque en algunos casos estos desarrollos pueden tener consecuencias negativas para el hombre (eutrofización de las aguas, producción de biotoxinas), esta misma circunstancia puede ser aprovechada en su beneficio; se ha llegado incluso a considerar el cultivo a gran escala de microalgas como una fuente de proteínas alimentarias o incluso de biocombustibles específicos. En los últimos tiempos, la biotecnología de producción y el aprovechamiento de ciertas especies microalgales han experimentado un notable desarrollo, siendo su uso para la obtención de diversos tipos de sustancias naturales el campo que mayor interés despierta en la actualidad.

Uno de los tipos de compuestos obtenidos a partir de microalgas más utilizados son los carotenos. Estos carotenos tienen aplicaciones muy diversas (elaboración de productos farmacéuticos, colorantes alimentarios, piensos, cosméticos, etc.) y su potencial y expectativas de demanda futura son enormes.

Pero las investigaciones en acuicultura no se reducen al desarrollo de las técnicas más idóneas para el cultivo de las diversas especies mari-



Esquema de evaluación de la viabilidad de una instalación acuícola.

CULTIVO DE ARTEMIAS Y ROTÍFEROS

Las larvas de peces y crustáceos marinos son carnívoras y precisan de presas vivas para su supervivencia, de forma que en los centros de cría de estas especies es necesario cultivar zooplancton para alimentarlas.

Las especies de organismos zooplanctónicos que más se utilizan en acuicultura son el crustáceo branquiópodo *Artemia salina* y el rotífero *Brachionus plicatilis*. La *Artemia* es un crustáceo de 8-12 mm de longitud que se encuentra en lagos o salinas donde la salinidad del agua es 3-10 veces superior al agua del mar. En estos medios tan inhóspitos, vive en ausencia de competidores y depredadores, de forma que puede alcanzar elevadas densidades. La *Artemia* se produce a escala industrial a partir de cultivos extensivos en la naturaleza. En estos cultivos lo que se obtiene son sus huevos de resistencia (quistes), que pueden aguantar varios años en estado latente desecados. Esto les convierte en un alimento vivo que además presenta unas condiciones que hacen enormemente sencilla su conservación, transporte y almacenamiento. Los huevos se pueden hacer eclosionar someténdolos a unas condiciones determinadas, obteniendo así las larvas listas para convertirse en artemias adultas o bien para servir ya en ese estado de alimento.

El uso de artemias permite la alimentación durante toda o gran parte del periodo larvario y su importancia es crucial en acuicultura, ya que todavía no ha podido ser superada por ninguna dieta artificial.

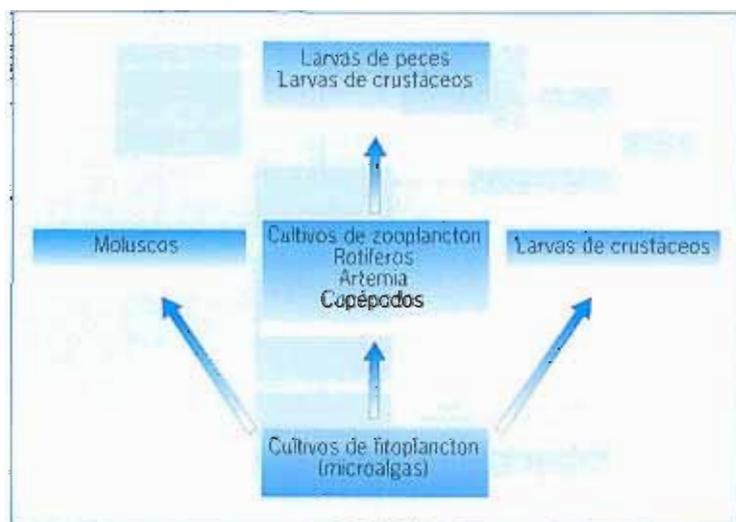
Por su parte, los rotíferos son animales acuáticos de menos de 2 mm de longitud de hábitos filtradores. La especie más utilizada es *Brachionus plicatilis*, que presenta varias ventajas. Por un lado, su pequeño tamaño permite alimentar con él a larvas de peces y crustáceos en estados poco desarrollados. Su alimentación es barata y sencilla, a base de fitoplancton y/o levadura o dietas artificiales. Presenta una elevada tasa de reproducción, siendo bajo determinadas condiciones capaz de duplicar su población en menos de un día. Además, resiste amplias variaciones de salinidad y temperatura, así como altas densidades de cultivo, hasta 1.450 rotíferos/ml. El uso de este pequeño animal ha permitido el cultivo masivo de larvas de dorada y lubina, ya que se puede utilizar durante todo o casi todo el proceso larvario.

nas de interés. Existen otras líneas de actuación necesarias que complementan los estudios de tipo biológico y técnico desarrollados en los anteriores apartados que son igualmente necesarias.

En este sentido, son de gran interés los estudios de índole económica que permiten hacer un

seguimiento de la actividad acuícola, valorando tanto sus rendimientos actuales como su viabilidad futura. Este control es fundamental para conocer cuáles son los sistemas de producción más rentables, las especies con mayor potencial y la evolución del propio sector. A partir de los datos obtenidos se pueden establecer ayudas para la mejora y puesta en marcha de nuevas instalaciones, abordar estudios de mercado, diseñar metodologías que optimicen y mejoren la producción, etc.

Otro de los frentes de investigación y trabajo continuo, quizá nunca suficientemente valorado, es el de la constante innovación técnica para la mejora y perfeccionamiento de las instalaciones acuícolas. El diseño y desarrollo de las instalaciones de reproducción y cría constituye el aspecto más avanzado de la tecnología de cultivo de una especie determinada. Estas instalaciones son complejas y costosas, ya que tienen que abordar numerosos problemas referentes tanto al alimento como a las condiciones generales del cultivo. Además, estas instalaciones tienen que



Esquema de funcionamiento de un centro de cultivos marinos.



Artemia vista al microscopio.



Brachionus plicatilis.

irse adecuando de forma prácticamente ininterrumpida a los nuevos avances que se producen en todos los campos que afectan a los cultivos acuícolas, tanto de tipo biológico como de ingeniería aplicada.

En relación con estos temas se encuentran las investigaciones dirigidas a optimizar al máximo el funcionamiento de este tipo de explotaciones y reducir en la medida de lo posible su impacto sobre el medio ambiente circundante. Esta preocupación está adquiriendo una importancia creciente a medida que el sector va incrementando su actividad y ampliándose la superficie de terreno dedicada al mismo.

En un futuro cercano, la aplicación de los conceptos de sostenibilidad puede obligar a la adopción de nuevos sistemas de explotación que permitan un mayor equilibrio entre seguridad alimentaria y costos de producción, tanto en lo que se refiere al medio ambiente como a los recursos. La tendencia ya iniciada y creciente hacia el ecoetiquetado, es probable que invalide el objetivo principal de obtener determinadas especies a precios competitivos, de forma que éste no baste por sí solo para explotar todas las posibilidades del mercado.

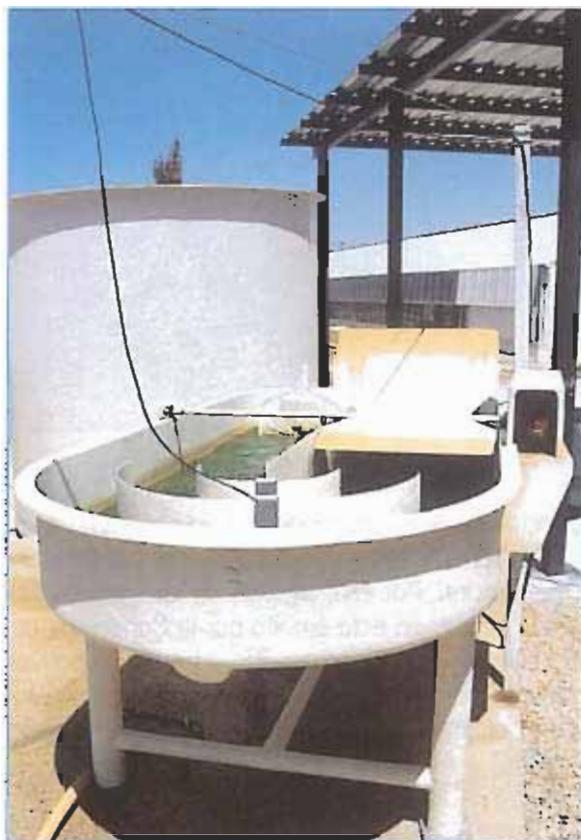
En su conjunto, las investigaciones en esta variedad de campos tan amplios y novedosos, ha supuesto (y suponen) la participación y colaboración de un amplio grupo de especialistas de diversas procedencias. En el caso de la biotecnología, por poner un ejemplo, se requiere de laboratorios

dotados de técnicas modernas y complejas, sólo al alcance de los más importantes centros de investigación. Por ello, algunos de los trabajos llevados a cabo en este ámbito por la Consejería de Agricultura y Pesca lo han sido a través de convenios de colaboración con distintos centros universitarios (universidades de Sevilla, Málaga, Almería y Cádiz) y de investigación (Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía de Cádiz).

Como en otros apartados, la labor de los Centros de Investigación y Cultivo de Especies Marinas de la propia Consejería ha sido muy destacada. Su esfuerzo en el desarrollo de nuevas técnicas acuícolas, una de las labores principales de estos centros, supone el despliegue de una costosa infraestructura (grandes tanques de cultivo, sistemas de captación y renovación de agua, etc.), cuyo sólo mantenimiento supone ya una tarea y una inversión muy importante.

Dentro de todo este heterogéneo conjunto de las otras investigaciones acuícolas que hemos agrupado en este apartado, los trabajos desarrollados en los últimos años se han abordado con los siguientes **objetivos**:

- Mejora y perfeccionamiento de todas las técnicas que giran en torno a la alimentación de las especies acuícolas.
- Desarrollo de una tecnología que permita el aprovechamiento de esteros y salinas para la producción a escala industrial de sustancias a partir de cultivos masivos de microalgas.



Estanque de paletas para la producción de microalgas en el interior.

– Mejora y modernización de las explotaciones acuícolas, tanto desde el punto de vista técnico como de gestión.

– Análisis de los diversos aspectos económicos que rodean a la acuicultura.

Los **proyectos y líneas de investigación** a partir de los cuales se han desarrollado los objetivos anteriormente planteados han sido los siguientes:

Tecnologías de producción de alimento vivo

– Optimización de la producción rutinaria de microalgas para su uso como alimento de moluscos y rotíferos utilizados en la producción de larvas de peces e invertebrados marinos.

– Estudio de las posibilidades de utilización de agua procedente de pozos para el cultivo masivo de las microalgas *Tetraselmis suecica*, *Dunaliella salina* y *Nannochloropsis gaditana*.

Producción y uso de biomasa algal

– Obtención de biomasa concentrada de microalgas marinas para su utilización como alimento de especies marinas y como técnica para la conservación de cepas y cultivos de microalgas.

– Utilización de microalgas liofilizadas en el cultivo de rotíferos y larvas de peces marinos.

Producción de sustancias a partir de microalgas

– Desarrollo y evaluación de la producción de β -caroteno por *Dunaliella salina* en el litoral andaluz.

– Desarrollo de técnicas para el cultivo masivo de la especie *D. salina*.

Mejora y modernización de las explotaciones acuícolas

– Desarrollo de aplicaciones informáticas para la gestión técnico-económica de las explotaciones acuícolas.

– Desarrollo de técnicas para disminuir los impactos de las instalaciones acuícolas en el ambiente circundante.

Análisis económicos

– Análisis estratégico del sector acuícola en Andalucía.

– Evaluación y viabilidad de los proyectos acuícolas.

Los **resultados** más importantes obtenidos en estos proyectos y líneas de investigación a través de las distintas experiencias han sido los siguientes:

▶ TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN DE ALIMENTO VIVO

▼ En los Centros de Investigación y Cultivo de Especies Marinas se han establecido las rutinas de producción y mantenimiento de

PRODUCTOS DE MICROALGAS

Las técnicas de biotecnología aplicadas a la producción de microalgas pueden permitir obtener de éstas una gran variedad de productos con aplicación comercial. Este es un campo que, aunque todavía no está muy desarrollado, se espera tenga una gran expansión a medio y largo plazo.

Como resultado de su metabolismo, las microalgas acumulan en su interior o liberan al medio diferentes compuestos biológicos de interés para la industria química y farmacéutica, tales como hidrocarburos, pigmentos, lípidos, polisacáridos, ficobiliproteínas, compuestos con actividad biológica, etc. Entre los pigmentos destacan los carotenoides, que se utilizan como colorantes naturales en la alimentación, así como en la industria cosmética y farmacéutica. Entre los polisacáridos destacan sustancias con usos tan dispares y extensos como el almidón, el agar, o la goma arábica, y entre los lípidos, ciertos ácidos grasos insaturados. De las microalgas también se pueden extraer ciertos antibióticos y herbicidas, así como agentes antivirales e incluso factores de crecimiento. De hecho, un gran número de las sustancias obtenidas se comercializan ya en forma de alimentos medicinales, tipo cápsulas y pastillas, y de forma creciente empiezan a aparecer en la composición de pastas, bebidas, cosméticos y cereales.

La gran capacidad metabolizadora de las microalgas tiene otras aplicaciones interesantes. Una de ellas es su uso en el tratamiento y depuración de aguas residuales y contaminadas. Se ha comprobado que estos organismos son capaces de retirar del medio metales pesados, contaminantes, macronutrientes, etc. Algunas microalgas se utilizan también con gran éxito en la agricultura. Su capacidad para incorporar nutrientes puede hacer aumentar de forma espectacular los rendimientos agrícolas. Así, se ha comprobado que la inoculación de cianobacterias en campos de arroz puede llegar a incrementar las cosechas en un 10-15%; en la actualidad el 5% de las tierras dedicadas al arroz en la India ya utilizan esta técnica.

microalgas y zooplancton, optimizándose desde el punto de vista económico mediante el aprovechamiento máximo de las condiciones naturales de las zonas en la que se ubican los centros.

▼ Se ha utilizado el agua de pozos salados para producir cultivos masivos de microalgas, evidenciando que para optimizar el crecimiento, puede ser recomendable y/o necesario el ajuste de la salinidad o la inyección de CO₂ al medio, según las especies.

necesario trabajar con caudales menores para obtener retenciones elevadas.

▼ Se han evaluado diversas metodologías para la determinación rápida y fiable de la capacidad de preservación de los concentrados celulares con el tiempo en función del método de almacenamiento, a partir del estado fisiológico y la viabilidad celular de los concentrados algales obtenidos. En este sentido, los sistemas de filtración tangencial han permitido la obtención de hiperconcentrados de

► PRODUCCIÓN Y CONSERVACIÓN DE BIOMASA ALGAL

▼ Se han establecido las técnicas y procedimientos idóneos para obtener biomasa concentrada de microalgas (*T.suecica*, *D. salina* y *N. gaditana*) mediante centrifuga de continuo y filtración tangencial. Estos concentrados han permitido la obtención de pasta de alga lista para resuspender o liofilizar, comprobándose que ambos sistemas no afectan a la viabilidad celular de las especies estudiadas. Con la centrifuga de continuo se ha observado que es



Concentrados de microalgas.



Tanque experimental para el cultivo de *Dunaliella salina*.

algas con factores de concentración celular de hasta 200. Se ha constatado que en esta técnica el volumen final de cultivo influye sobre el grado final de concentración celular.

▼ Se ha podido comprobar que, dependiendo de la especie de microalga, los concentrados de microalgas pierden a los pocos días de almacenamiento su capacidad de regeneración (*D. salina* e *I. galbana*) o la mantienen durante cierto tiempo (hasta 190 días o más en caso de *T. suecica* y *N. gaditana*). Asimismo, se ha observado que ciertas especies de microalgas se pueden conservar en forma de biomasa concentrada y refrigerada a 2°C por periodos de hasta un año, caso de *N. gaditana*. Los concentrados de otras especies, como *I. galbana* y *D. salina*, no han mostrado su viabilidad más allá de las 2 ó 3 semanas después de su almacenamiento. Se ha comprobado que existe una relación inversa entre la viabilidad de los lotes almacenados y el grado de concentración celular de los mismos.

▼ Se ha verificado que la citometría de flujo es una técnica idónea para el análisis de la viabilidad de las poblaciones celulares mediante la utilización de fluorocromos específicos.

► UTILIZACIÓN DE BIOMASA ALGAL EN CULTIVOS MARINOS

▼ Se han realizado cultivos de la estirpe S-1 del rotífero *Brachionus plicatilis* utilizando la microalga *N. gaditana* liofilizada como único alimento, comprobándose que en principio no presenta diferencias significativas en el crecimiento frente al cultivo utilizando células vivas.

▼ Se han realizado experiencias de cultivo de larvas de dorada mediante rotíferos y la microalga *N. gaditana*, comparando las tasas de crecimiento y su influencia en la calidad del agua entre el aporte de la microalga en estado liofilizado y la utilización de las algas vivas previamente concentradas. La mezcla de rotíferos y algas liofilizadas se ha mostrado exitosa para la cría de larvas de dorada, lo que supone una simplificación y mejora del proceso habitual y un avance en el desarrollo de sustitutos industriales que permitan el abaratamiento de los costes de producción de alevines.

► BIOPRODUCCIÓN DE CAROTENOIDES POR MICROALGAS

▼ Las experiencias con la especie *Dunaliella salina* para la producción de carotenoides han sido muy numerosas. Parte de ellas se han plasmado en una monografía editada por la propia Consejería de Agricultura y Pesca, que expone los resultados preliminares. Como resumen del desarrollo tecnológico alcanzado en esta materia, se puede apuntar lo siguiente:

▼ Se han cuantificado en el laboratorio las condiciones óptimas para el crecimiento de *D. salina* y se han puesto a punto diversas metodologías tanto para la evaluación del crecimiento del alga como para la extracción de carotenoides totales.

▼ En una instalación experimental a pequeña escala se han establecido los parámetros óptimos para el cultivo de *Dunaliella* en el exterior, realizándose el seguimiento del crecimiento del alga en condiciones óptimas a lo largo del año y la determinación de las condiciones de producción de β -caroteno. Los resultados obtenidos han mostrado que la máxima producción se alcanza durante los meses de mayo, junio y julio.

▼ Se ha comprobado que la eliminación del nitrógeno en el medio de cultivo es la forma más efectiva de inducir la carotenogénesis.

▼ Se ha ensayado la posible utilización de un fotobiorreactor tubular cerrado para la producción de *D. salina*, determinando el crecimiento y contenido en carotenoides con distintas tasas de dilución y diferentes condiciones de iluminación.

▼ En el CICEM "El Toruño" se ha montado una planta experimental a escala pre-piloto, en la que los resultados preliminares han dado una productividad del mismo orden que la obtenida en los tanques a menor escala. Se han identificado asimismo algunos tipos de protozoos como posibles depredadores de *Dunaliella* en el medio natural, poniéndose a punto la metodología necesaria para evitar que se desarrollen.

► MEJORA Y MODERNIZACIÓN DE LAS EXPLOTACIONES ACUÍCOLAS

▼ Se ha estudiado la viabilidad tanto a escala de laboratorio como industrial de la utilización de filtros biológicos para la implantación de sistemas de recirculación de agua en cultivos de peces marinos. De esta forma se incrementa la eficacia global del engorde a la vez que se disminuye la eutrofización asociada a esta actividad industrial, permitiendo alcanzar cargas máximas en torno a los 10 kg/m³. Se ha comprobado que la reutilización directa de los efluentes de cultivos de peces en otros cultivos, tales como cultivos de microalgas, macroalgas, moluscos y peces, da buenos resultados.



Aplicación informática para el control de las explotaciones acuícolas.

▼ En colaboración con la Universidad de Almería, se ha diseñado una aplicación informática para el Control Integrado de Piscifactorías (rendimientos, estadísticas y seguimiento), de manejo sencillo y que permite al acuicultor manejar los datos diarios de su explotación y obtener los indicadores técnicos más usuales que le permitan evaluar el funcionamiento de la misma.

► ECONOMÍA Y COMERCIALIZACIÓN

▼ Se ha efectuado un análisis estratégico del sector acuícola, con especial referencia a Andalucía, a través de un estudio cuyo objeto de investigación ha sido el conjunto de las empresas que desarrollan esta actividad comercial como principal. Entre los aspectos estudiados se encuentran el coste de las inversiones realizadas, el nivel de endeudamiento, el grado de crecimiento del sector, la proporción de ingresos según el tamaño de la empresa,



Transporte para la comercialización de productos acuícolas.



Labores de despesque en un cultivo de peces en estero.

el grado de capitalización, el grado de eficacia de la gestión financiera, la rentabilidad de la explotación en relación con el volumen de negocios, la proporción de gastos financieros sobre el resultado de la explotación, la solvencia de las empresas, la proporción entre los gastos y los ingresos de explotación, las inversiones realizadas, etc.

▼ Se ha estudiado la evaluación y viabilidad de los proyectos acuícolas, definiendo los principales aspectos que intervienen en su implantación exitosa y estableciendo cuáles deben ser los estudios de viabilidad técnica, legal, organizacional y económico-financiera que deben realizarse para ello.



CONTROL DE LA PRODUCCIÓN Y LA CALIDAD

**Medio marino
Patología y profilaxis
Productos pesqueros y acuícolas**



Puerto pesquero de Barbate (Cádiz).

Introducción

España es un país con una gran tradición de consumo de pescado que se remonta a muchos siglos atrás. Esta tradición dio lugar al desarrollo de una gran flota pesquera, que llegó a ser una de las mayores del mundo, así como a la presencia dentro la economía nacional de una extensa y eficaz red de distribución de pescado.

La gran dimensión de la flota, favorecida por la extensión del litoral, situó a España en el grupo de cabeza de los países productores de pescado durante mucho tiempo. Sin embargo, por diversos motivos, las capturas de la flota española se han ido reduciendo en los últimos decenios. Andalucía no ha permanecido ajena a este descenso; en poca más de veinte años los desembarcos de la flota andaluza han caído desde las 240.000 toneladas a menos de 100.000, lo que supone una bajada de la producción pesquera de más del 50%.

Las causas de esta crisis del sector pesquero español se deben fundamentalmente a razones externas. La mayoría de la producción pesquera

se extraía de caladeros ajenos, donde operaba la parte más importante de la flota. Estos caladeros han sido poco a poco reclamados por los países ribereños al ejercer sus derechos de pesca hasta las 200 millas marinas. La privatización de estas zonas de pesca, hasta ese momento de libre acceso, ha ido mermando progresivamente las posibilidades extractivas de nuestra flota. Si a esto le añadimos el agotamiento progresivo que también han sufrido los caladeros de nuestras costas, tenemos la explicación a esa crisis en la que está sumido todo el sector, con una reducción progresiva tanto en número de embarcaciones como en número de personas dedicadas a la pesca.

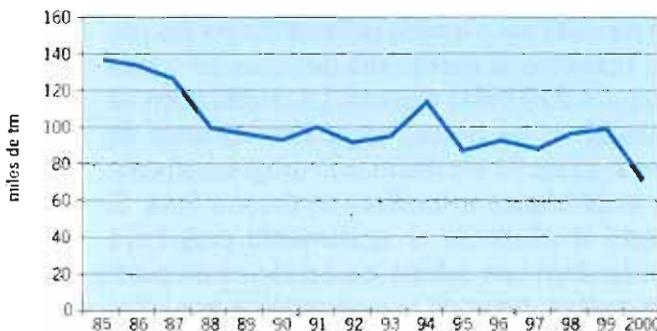
Pero esta reducción de la capacidad pesquera no ha ido acompañada de un descenso en el consumo de pescado; todo lo contrario. El aumento de la renta experimentado por la población española en los últimos años ha producido un incremento en su demanda. En la actualidad, en España se consumen unos 40 kilos de pescado por persona y año, lo que nos sitúa como el segundo país consumidor de la Unión Europea después de Noruega y a la par de Portugal y el

LAS MAREAS ROJAS

Las comúnmente denominadas "mareas rojas" ya fueron descritas por diversas culturas de la Antigüedad, que las interpretaron como manifestaciones sobrenaturales. Este fenómeno fue estudiado científicamente por primera vez por Darwin en 1835. En su viaje a bordo del Beagle a lo largo de la costa chilena, Darwin analizó al microscopio muestras de ciertas "aguas rojas", concluyendo que este fenómeno se debía a ciertos organismos localizados en la capa superficial del mar.

Las llamadas mareas rojas son el resultado de una proliferación intensa de diversos organismos fitoplanctónicos, cuya concentración da a las aguas una coloración que puede variar desde el amarillo al rojo vivo, pasando por tonos ocres, dependiendo de la naturaleza de los microorganismos responsables. Algunos de éstos producen sustancias tóxicas que se pueden transmitir a través de la cadena trófica y llegar hasta el hombre. Estas sustancias son diversas, siendo las más frecuentes las ASP (amnesic shellfish poison), DSP (diarrhetic shellfish poison) y PSP (paralytic shellfish poison), que corresponden a la denominación del efecto amnésico, diarreico o paralizante que producen en el hombre. La mayoría de las especies que producen toxicidad pertenecen a los grupos de los dinoflagelados y las diatomeas, y sus proliferaciones van asociadas a la estratificación de la columna de agua después de una mezcla que la ha provisto de gran cantidad de nutrientes.

Los moluscos, debido a su alimentación y a su carácter filtrante, pueden actuar como agentes acumuladores de estas toxinas. Cada especie de molusco responde de una forma diferente a los distintos episodios de contaminación biotóxica, de manera que tanto el nivel acumulación como el período de detoxificación natural que tiene lugar una vez desaparece la floración son variables. Este tiempo depende del tipo de fitoplancton productor de la sustancia, de la especie de molusco en cuestión y de otros factores ambientales, tales como salinidad, temperatura, concentración de fitoplancton, etc. De todas formas, las floraciones de estas especies tóxicas suelen ser fenómenos de corta duración (unas semanas), tras los cuales los moluscos afectados van perdiendo gradualmente las toxinas.



Evolución de la producción pesquera en Andalucía 1985-2000.

quinto del mundo. Y estamos a la cabeza, junto con Japón, en cuanto a la diversidad de productos pesqueros que consumimos.

Ambos hechos, la reducción de la producción y el aumento del consumo, han provocado un giro total a nuestro papel en el comercio mundial de productos pesqueros. Así, mientras que en los años 60 del pasado siglo éramos exportadores netos, ahora somos uno de los principales países importadores, recurriendo al mercado exterior para cubrir nuestra demanda interna.

Las importaciones de pescado, al igual que el conjunto de las transacciones comerciales, se han impulsado en los últimos tiempos gracias a la progresiva liberalización del comercio mundial, a la disminución de los costes de transporte y a la mejora de los sistemas de conservación. Todo ello ha favorecido que en nuestros mercados hayan podido introducirse grandes cantidades de pescado, tanto en forma de productos transformados como fresco. En numerosas ocasiones son los países dueños de los caladeros donde antes faenaba la flota española los que ahora explotan sus recursos y nos venden sus capturas, ya que en ellos no existe demanda de pescado por no haber tradición de consumo. Así, nuestros mercados no han hecho sino contribuir al desarrollo de la flota pesquera de esos países.

El volumen que alcanzan estas importaciones es muy elevado. En estos momentos superan la producción de nuestra flota, representando alrededor del 60% del pescado que se consume en España. Estas importaciones suponen unas 840.000 toneladas anuales, que en 1995 alcanzaron un valor cercano a los 400.000 millones

PAISES	EXPORTACIONES				IMPORTACIONES			
	Media 1992-1994	1995	1996	1997	Media 1992-1994	1995	1996	1997
Noruega	2.718	3.123	3.416	3.339	322	490	536	562
China	2.320	2.835	2.857	2.937	856	941	1.184	1.183
EE.UU	3.230	3.384	3.148	2.850	7.043	7.141	7.080	8.139
Dinamarca	2.359	2.460	2.699	2.649	1.415	1.574	1.619	1.521
Tailandia	4.190	4.449	4.118	2.350	816	826	818	487
Canadá	2.182	2.314	2.291	2.271	913	1.034	1.159	1.129
Taiwan	1.804	1.698	1.810	1.910	561	590	613	660
Chile	1.304	1.704	1.697	1.782	-	-	-	-
Indonesia	1.583	1.667	1.678	1.621	-	-	-	-
España	1.021	1.191	1.461	1.471	2.797	3.221	3.194	3.062
Países bajos	1.436	1.447	1.470	1.426	1.018	1.192	1.142	1.107
Rep. Corea	1.411	1.565	1.509	1.376	718	825	1.054	1.018
Islandia	1.265	1.343	1.426	1.360	-	-	-	-
Rusia	1.720	1.635	1.686	1.356	254	346	419	403
Perú	980	870	1.120	1.342	-	-	-	-
Reino Unido	1.180	1.195	1.308	1.264	-	-	-	-
India	1.125	1.110	979	1.236	1.880	1.910	2.065	2.142
Ecuador	724	902	925	1.179	-	-	-	-
Francia	910	993	1.003	1.098	-	-	-	-
Argentina	728	918	822	1.034	2.639	3.106	3.135	3.085
Alemania	790	899	1.056	977	-	-	-	-
Austria	758	855	798	949	2.316	2.479	2.543	2.363
Japón	743	713	709	889	16.140	17.853	17.024	15.540
Otros países	10.702	12.323	12.469	12.356	3.733	4.155	4.448	4.636
TOTAL MUNDIAL	47.183	51.593	52.457	51.083	51.068	56.043	56.883	56.011

Volumen del comercio de pescado (en miles de toneladas) entre España y el resto del mundo periodo 1992-1997 (fuente: FAO).

de pesetas, cifra casi cuatro veces superior a la de las importaciones registradas tan sólo una década antes.

Aunque la lista de países que nos vende pescado es muy larga, los principales son Francia, Reino Unido, Argentina, Marruecos y Namibia, que en conjunto nos exportan una tercera parte del total. Estos países nos suministran tanto pescado fresco como congelado. La procedencia del primero es sobre todo Europa y el norte de África, y del segundo, África central y meridional y Sudamérica.

Ese desarrollo económico de la sociedad española al que se ha hecho referencia anteriormente, ha originado no sólo un aumento en la demanda de pescado; también ha supuesto un cambio respecto a las preferencias de esa demanda. Aparte de la mejora económica, se ha

producido un cambio de los hábitos de consumo. Este cambio tiene su máximo exponente en el descenso del consumo de pescado fresco en los hogares.



Laboratorio de control de la contaminación en las zonas de producción.



Toma de muestras de agua de mar para su análisis.

Las familias de la sociedad española actual han cambiado la compra diaria de pescado fresco por la compra semanal o incluso quincenal de productos congelados y elaborados. En 1997 estos productos representaban ya el 33% del consumo total de pescado.

Sin embargo, a pesar de ese descenso en términos globales del consumo de pescado fresco, se ha registrado en el mismo periodo un aumento notable de la demanda de productos pesqueros frescos de calidad. Esta demanda se registra tanto en el ámbito familiar como, sobre todo, por parte del sector hostelero, en continua expansión gracias al imparable auge del turismo, tanto en su vertiente interior como exterior.

AÑOS	CONSUMO HOGARES (Miles Tm)	CONSUMO HOSTELERIA (Miles Tm)	CONSUMO INSTITUCIONES (Miles Tm)	CONSUMO TOTAL (Miles Tm)
1993	1.048,00	167,84	32,05	1.247,89
1994	1.087,87	159,84	32,76	1.280,13
1995	960,70	162,66	31,08	1.154,43
1996	914,06	190,60	33,47	1.138,13
1997	871,70	224,98	38,00	1.134,68

Variación del consumo de pescado en España entre los años 1983 y 1997.

Esta exigencia de calidad se ha ido extendiendo a todos los niveles, alcanzando también al pescado congelado, de forma que cada vez esa calidad tiene una mayor influencia sobre el precio final de venta del pescado.

Ante esta realidad de la producción y del consumo de productos procedentes de la pesca, en los últimos años se ha evidenciado la necesidad de abordar estudios sobre la base de tres objetivos distintos:

a) Control de la calidad de los productos pesqueros propios, tanto los obtenidos directamente del mar, ya sean frescos o elaborados, como los procedentes de la acuicultura.

b) Incremento de la calidad de los productos propios, propiciando su valorización y competitividad frente a los de origen foráneo y potenciando el mercado interno.

c) Aplicación de sistemas que permitan la perfecta identificación de nuestros productos frente a otros similares procedentes de la importación, de forma que sean realmente efectivos esos esfuerzos en favor del aumento de la calidad.

Con estos planteamientos básicos, la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía trabaja intensamente en tres líneas distintas, en las que ha desarrollado una serie de investigaciones con el fin de asegurar ese necesario control de la producción y de la calidad de los productos pesqueros.

Por un lado, la Consejería ha puesto en marcha un ambicioso programa de control del medio marino. Los productos pesqueros se obtienen del mar, ya sea de forma directa, a través de la pesca, o indirecta, caso de la acuicultura. Sólo el estrecho control de las condiciones de las aguas permite garantizar que los productos obtenidos se encuentran en perfectas condiciones higiénico-sanitarias y, por tanto, es posible su comercialización, en cumplimiento de la legislación vigente.

Otro de los grandes campos de investigación de la Consejería es el dirigido al control de las patologías que puedan incidir tanto sobre la pesca como los cultivos marinos. Si bien ocasionalmente estas patologías pueden afectar al hombre, lo más normal es que su incidencia se reduzca a la

especie infectada. Ésta puede quedar mermada la calidad final del producto o incluso originar elevadas mortalidades. Las consecuencias pueden ser nefastas, provocando, en el caso de la pesca, menguas en el recurso, y en el de la acuicultura, importantes pérdidas económicas a las explotaciones acuícolas, poniendo en peligro la continuidad de pesquerías enteras y de sectores plenamente asentados de la acuicultura.

Pero todo el esfuerzo invertido en los apartados anteriores para mejorar y controlar la calidad sería inútil si luego no fuese posible la identificación correcta de aquella pesca procedente tanto de nuestras costas como de nuestras propias instalaciones acuícolas frente a la que, vía importación, compite con ella en nuestros mercados. Para ello, es imprescindible el desarrollo de técnicas que permitan la correcta identificación y caracterización de los productos pesqueros, de forma que el consumidor pueda reconocerlos perfectamente y se evite cualquier confusión con otros procedentes de fuera de nuestras fronteras. Esta es la tercera de las tres grandes líneas de actuación mencionadas al principio y, sin duda, representa el complemento necesario a las otras dos.

MEDIO MARINO

El carácter de sumidero de las sustancias y residuos procedentes de la actividad humana que se otorga a los océanos, incide negativamente en el medio marino. Es una realidad que gran parte de los desechos producidos por nuestra sociedad acaban en los océanos, bien directamente o a través de los ríos, que recogen a su paso sustancias y productos procedentes de las distintas actividades humanas y las vierten en el mar a través de sus desembocaduras.

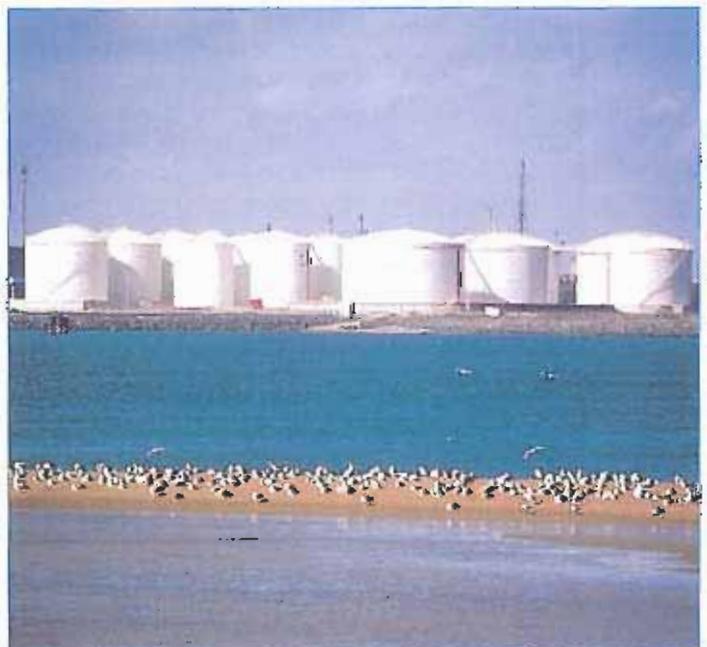
Por fortuna, el enorme poder de dilución de los océanos hace que la mayoría de esas sustancias, algunas muy nocivas, se dispersen y su efecto quede amortiguado.

Sin embargo, en aquellos puntos del litoral con grandes núcleos de población donde se



Caja de carabineros expuesta en lonja para su venta.

En definitiva, el objetivo final de la Consejería no es otro que el de garantizar sanitariamente la producción pesquera y acuícola a los consumidores, y conseguir detener, o incluso invertir, el potencial declive del sector pesquero andaluz. Y todo ello a través de un aumento de la calidad y la promoción de sus productos, dotándose de los recursos necesarios para que puedan ser reconocidos y valorados tanto por el conjunto de los andaluces como por el resto de los españoles.



Uso del litoral para instalaciones industriales.

METALES TÓXICOS

Normalmente, los metales pesados se presentan de forma natural en el medio ambiente en concentraciones muy bajas. Cuando se producen altas concentraciones de ellos en el mar su origen suele estar en los residuos producidos por los complejos industriales o las aguas residuales de la minería, que llegan hasta allí transportados por los ríos, la atmósfera o directamente por vertidos realizados en las costas.

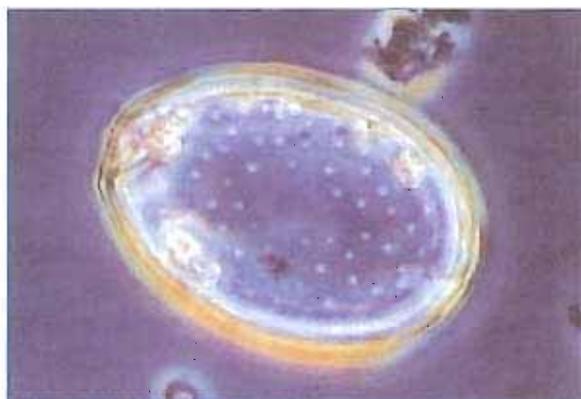
Elementos como el cromo, el cadmio, el mercurio, el plomo, el arsénico, el cinc, el selenio, etc. pueden alcanzar así concentraciones tóxicas para los organismos marinos. Aun cuando la concentración no sea muy elevada, estas sustancias tienden a acumularse en los tejidos de los seres vivos. Esta acumulación da lugar a fenómenos de bioconcentración a través de la cadena trófica, llegando hasta los organismos situados al final de la misma en cantidades que pueden producir efectos perjudiciales a los peces, aves y mamíferos, que se alimentan de otros niveles tróficos más bajos. Los efectos que producen los metales pesados en los organismos vivos son muy variados dependiendo del tipo de metal, su concentración y el tipo de organismo. Al llegar al medio marino, algunos de estos metales pueden sufrir ciertas reacciones químicas, transformándose en otros productos a veces más tóxicos que los originales.

Por todo ello, el control de la presencia de estas sustancias, tanto en el medio como en los seres vivos, es de vital importancia para asegurar la salubridad de los productos que se obtienen del mar. Su detección es uno de los aspectos básicos en todos los programas de control y vigilancia de la contaminación de las aguas marinas, investigándose de manera continua nuevos métodos para perfeccionar esa detección y evaluar con mayor precisión sus posibles efectos.

concentra la industria, o en las desembocaduras de los ríos que atraviesan en su recorrido áreas industriales o agrícolas, se producen concentraciones elevadas de contaminantes. Esta contaminación, además de sus consecuencias directas sobre la calidad del agua, puede influir de forma negativa en la actividad pesquera, originando descensos de producción. En casos extremos, podría suponer un peligro para el



Trabajos en el laboratorio para el control de biotoxinas.



Microalga *Prorocentrum lima*.

hombre, bien por exposición directa, bien por el consumo de productos obtenidos a partir de la pesca en las aguas contaminadas.

Los contaminantes acuáticos más habituales tanto de las aguas como de los sedimentos y biotas marinas son de cuatro tipos: productos químicos, metales pesados, aguas residuales y petróleo y sus derivados.

Los productos químicos llegan al mar procedentes tanto de la industria como de la agricultura. La mayoría de ellos se encuadran dentro de los hidrocarburos halogenados tóxicos, los fertilizantes químicos y los pesticidas. En general, el efecto de estos productos es de larga duración, y contaminan tanto el sedimento como la vida marina misma. Hay otros compuestos, como el dióxido de azufre y el monóxido de carbono, que proceden de la quema de combustibles fósiles y que llegan al mar arrastrados por los vientos.



Área de marisma afectada por vertidos y desechos.

Los metales pesados también llegan procedentes de la minería y la industria, sobre todo por medio de los cursos fluviales. Al igual que en el caso anterior, estos metales (plomo, cromo, cadmio, cinc, mercurio) se acumulan en los organismos marinos.

Las aguas residuales de los grandes núcleos urbanos situados en el litoral o en sus proximidades se vierten al mar en muchas ocasiones sin depurar, si bien a veces se liberan lejos de las costas por medio de largos emisores marinos. En este tipo de aguas son muy abundantes los fosfatos y nitratos, sustancias utilizadas como nutrientes por las algas que pueden inducir proliferaciones masivas, sobre todo en zonas con bajo nivel de renovación de sus aguas (ensenadas, bahías, marismas). La descomposición de aquéllas produce un elevado consumo de oxígeno, que si es excesivo puede ocasionar mortalidades de peces, moluscos y crustáceos.

Otras veces, estas grandes proliferaciones del fitoplancton originan fenómenos de contaminación biológica. Algunas de las especies presentes de forma habitual en el fitoplancton, pertenecientes a los grupos de las diatomeas y dinoflagelados, producen sustancias tóxicas para el hombre. En ocasiones, las proliferaciones de estas algas son tan



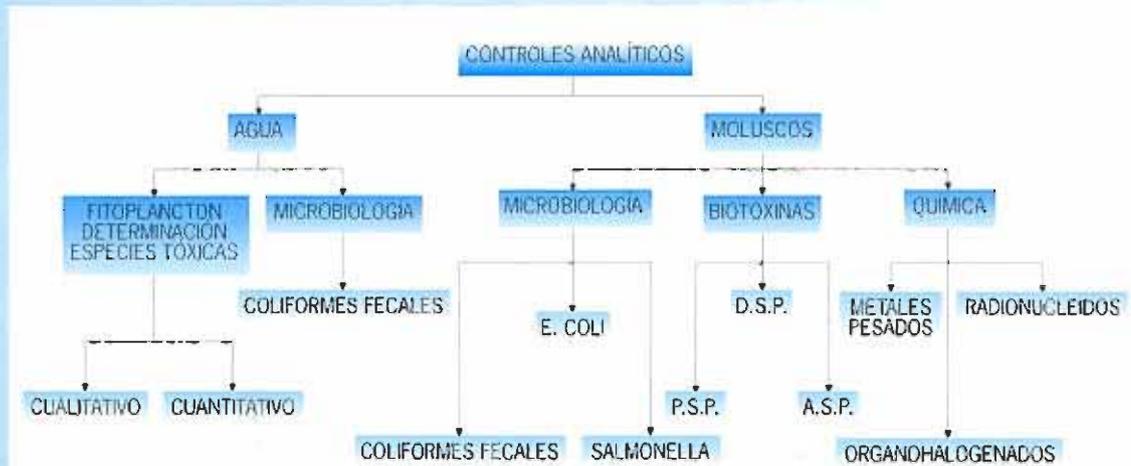
Imagen satélite de medición de temperatura superficial del mar.

masivas que tiñen el agua de color, dando lugar así al fenómeno conocido como "marea roja".

Estas biotoxinas pueden llegar hasta el hombre a través del consumo de moluscos filtradores, que por su alimentación pueden acumular estas toxinas. Por fortuna, los grandes desarrollos masivos de algas que producen estas sustancias no suelen ser muy duraderos.

Las aguas residuales, además de ser otra de las fuentes de aporte de metales pesados, pueden llevar también agentes infecciosos del tipo de virus y bacterias. Al igual que ocurre con las

PROGRAMA DE CONTROL SANITARIO



▲ Esquema de trabajo del laboratorio de control de la contaminación en las zonas de producción de bivalvos

La Consejería de Agricultura y Pesca lleva a cabo desde hace años un Programa de Control y Seguimiento de las condiciones sanitarias en las Zonas de Producción de Moluscos Bivalvos. Este programa de vigilancia consta de un muestreo de control y un muestreo intensivo de las zonas de producción.

El muestreo de control incluye tanto muestreos sobre el agua para vigilar la variación del plancton tóxico y las condiciones oceanográficas en la zona, como sobre los moluscos, en los que se controla la posible contaminación por biotoxinas y otros compuestos.

Para la realización de estos muestreos se encuentran definidos un total de 44 puntos de muestreo en las zonas de producción, los cuales pueden ser modificados en su localización dependiendo de los resultados del muestreo control y la situación de los bancos naturales.

En cada punto de muestreo se extrae una muestra de agua y/o de la especie indicadora con una periodicidad quincenal, mensual o trimestral, dependiendo de la zona. La recogida de moluscos se realiza mediante embarcaciones marisqueras, existiendo cuatro equipos de muestreo que se distribuyen a lo largo de las 44 zonas de producción. El transporte de la muestra hasta el laboratorio se lleva a cabo en cajas especiales refrigeradas, garantizando una adecuada conservación.

En las muestras de agua se analizan diversos parámetros como turbidez, temperatura, salinidad, concentraciones de nutrientes (amonio, nitritos, nitratos, fosfatos y silicatos), fitoplancton tóxico y fitoplancton acompañante. En las muestras de moluscos se analiza la presencia de biotoxinas (PSP, DSP y ASP), de ciertos microorganismos (coliformes, Salmonella), metales pesados, organo-halogenados y radionucleidos.

Cuando en alguno de los muestreos de control se detectan valores de algún parámetro por encima de los niveles admisibles, se lleva a cabo un muestreo intensivo en esa zona, incrementándose las especies de moluscos controladas, así como la frecuencia y el número de puntos de muestreo.

Los resultados de los análisis se transmiten inmediatamente a la Dirección General de Pesca y a las Delegaciones Provinciales de la Consejería de Agricultura y Pesca, que disponen así en tiempo real de toda la información necesaria para conocer la situación sanitaria de las zonas de producción y el estado de los análisis. Cuando los controles analíticos evidencian niveles superiores a los legalmente establecidos en alguno de los parámetros controlados, las Delegaciones Provinciales implicadas proceden al cierre temporal de la zona de producción, si la contaminación es generalizada en todos los moluscos, o bien a la prohibición de la captura de la especie afectada en concreto. Cuando se ha comprobado que la contaminación ha desaparecido, para lo cual deben obtenerse resultados dentro de los límites legales en al menos dos muestreos consecutivos, las zonas cerradas vuelven a abrirse.

biotoxinas, estos organismos patógenos pueden pasar al hombre a través del consumo de organismos marinos filtradores.

En cuanto al petróleo, es uno de los contaminantes más extendidos en el mar. Desde los grandes centros productores de crudo del mundo éste se distribuye por todos los rincones a través de los océanos mediante los enormes superpetroleros. El petróleo que se derrama en el mar (cuya mayor parte procede de las tareas habituales de limpieza y mantenimiento de los buques, y no de los grandes accidentes) es dispersado por las corrientes, y normalmente acaba hundiéndose, incidiendo sobre las comunidades biológicas de los fondos marinos. En el caso de afectar al litoral, sus efectos son mucho más perniciosos, produciendo graves daños en los recursos pesqueros durante largos periodos de tiempo, con el consiguiente perjuicio económico.

Como es lógico, los mares andaluces no escapan a los efectos de la contaminación. En el litoral se asientan grandes ciudades y existen importantes complejos industriales, como los de Huelva o Algeciras. También hay que tener en cuenta que la población andaluza se concentra cada vez más en la franja costera, por otra parte destino de millones de turistas y lugar donde se encuentran algunas de las zonas de agricultura intensiva más desarrollada del país. Además, el estrecho de Gibraltar se encuentra en una de las principales rutas del transporte del petróleo, estimándose que por aquí pasa cada año una quinta parte del total del petróleo que circula por los océanos.

Estas circunstancias obligan a la puesta en marcha de rigurosos planes de control de la contaminación. La Junta de Andalucía tiene plenas competencias sobre ese control, y lo lleva a cabo a través de las Consejerías de Medio Ambiente y de Agricultura y Pesca. Esta última se ocupa del control de las zonas de producción marisqueras y acuícolas, preferentemente de todo lo relacionado con la calidad del agua y el control de los contaminantes que puedan afectar tanto a la explotación de los recursos pesqueros marinos como a su comercialización, al igual que a las condiciones de sanidad animal.

Este programa de actuaciones conlleva una investigación adaptativa, destinada a la puesta a punto de las técnicas analíticas y de control, así como una investigación orientada a la prospección de las actuales condiciones y a estudios prenormativos.

Las actuaciones que lleva a cabo la Consejería de Agricultura y Pesca se dirigen así a la consecución de tres **objetivos** fundamentales:

- Control de la calidad del agua en las zonas de producción pesquera y acuícola
- Control de los contaminantes en los productos pesqueros.
- Estudio de los efectos de los contaminantes sobre los seres vivos.



Laboratorio de control de contaminación en las zonas de producción.

Estos objetivos generales se han ido cumpliendo a través de la puesta en marcha de una serie de **proyectos y líneas de investigación**:

- Control y seguimiento de los niveles de contaminación y biotoxinas en las Zonas de Producción de Moluscos Bivalvos, Gasterópodos y Tunicados del litoral andaluz.
- Estudio de los efectos de los contaminantes sobre los recursos pesqueros del litoral de Andalucía y desarrollo de nuevas metodologías analíticas.

METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE CONTAMINANTES

La contaminación de las aguas costeras es uno de los principales problemas que pueden obstaculizar la explotación de los recursos pesqueros del litoral. Debido a ello, y para prevenir posibles riesgos en la salud de los consumidores, es necesario el establecimiento de planes de vigilancia y seguimiento de los principales contaminantes que aparecen en estas áreas. Hasta el momento, estos planes se basan en la realización de análisis químicos en aguas, sedimentos u organismos, controlando que los niveles hallados de estas sustancias no superen ciertos límites de seguridad establecidos por la legislación vigente.

Sin embargo, en los últimos tiempos está cobrando fuerza la sustitución de estos análisis químicos por el estudio de la toxicidad a nivel ecológico. Estos estudios se basan en la utilización de ciertos organismos residentes como indicadores (bioindicadores) para comprobar la presencia de contaminantes y sus efectos biológicos. En las poblaciones de estos bioindicadores, los tóxicos originan alteraciones de distintos parámetros a nivel molecular, celular, inmunológico o incluso ecológico. Estas alteraciones, medibles en fluidos, células, tejidos u organismos, indican la presencia del contaminante o bien la respuesta del bioindicador a la misma; en su conjunto, esas alteraciones reciben el nombre de biomarcadores. Estos biomarcadores se pueden utilizar para la vigilancia a largo plazo de una zona, la evaluación de riesgos en zonas de liberación frecuente de contaminantes, aplicación de medidas reguladoras y estándares ambientales, y la comprobación de la efectividad de las medidas correctoras tras cualquier contaminación.

La utilización de bioindicadores supera a los análisis químicos tradicionales de organismos, aguas o sedimentos en los estudios de seguimiento de la contaminación. Su ventaja radica en que, aparte de indicar con gran sensibilidad la presencia de contaminantes, los biomarcadores muestran la respuesta a ella, algo imposible con los análisis químicos convencionales. A través de ellos no sólo se puede predecir el efecto de los contaminantes sobre la salud de los organismos bioindicadores, sino que también es posible hacerlo sobre la de los propios ecosistemas en los que viven e incluso en la de los humanos que los ingieren como alimento.

La validación de estos biomarcadores en ecosistemas naturales y en experimentos en condiciones controladas los convierte en herramientas muy útiles y eficaces para la monitorización de la calidad ambiental.

– Participación de los Centros de Cultivos Marinos dependientes de la Consejería en programas de análisis con otros centros de España y Europa.

– Realización de ensayos para la determinación del tratamiento más sencillo y adecuado para la eliminación de la biotoxina PSP (Paralytic Shellfish Poison) en corruocos (*Acanthocardia tuberculata*) y vieiras (*Pecten maximus*).

Estas líneas han proporcionado los siguientes **resultados**:

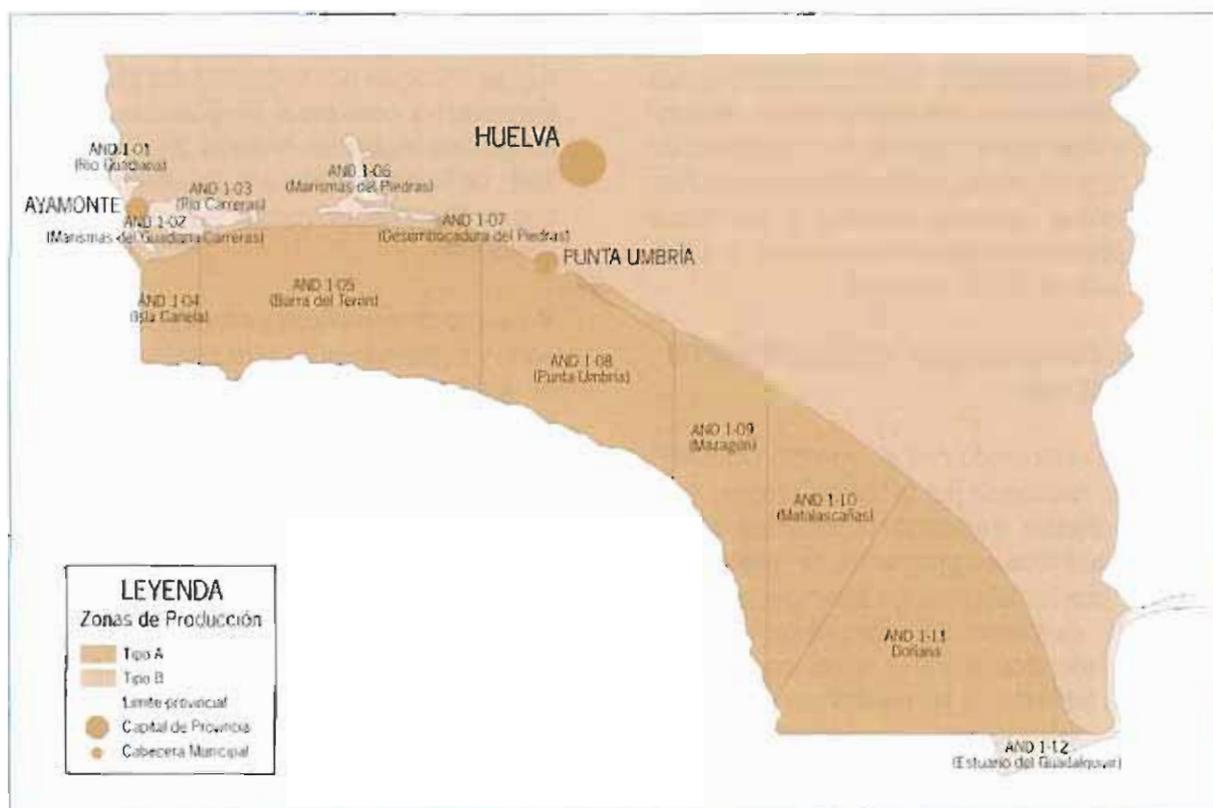
► CONTROL DE LAS ZONAS DE PRODUCCIÓN DE BIVALVOS

▼ Se ha puesto en marcha el Programa de Control de Fitoplancton Tóxico y Biotoxinas en Andalucía. Desde noviembre de 1996 se encuentra habilitado un laboratorio que realiza

el programa de control y seguimiento de las condiciones sanitarias en las zonas de producción de moluscos bivalvos. Este laboratorio se encuentra en el CICEM "Agua del Pino" y la ejecución del programa es llevada a cabo por la Empresa Pública para el Desarrollo Agrario y Pesquero de Andalucía, D.a.p.

▼ El programa de vigilancia consta de un muestreo de control y un muestreo intensivo de las zonas de producción. El muestreo de control incluye, por un lado, análisis del agua marina para vigilar la variación del plancton tóxico y las condiciones oceanográficas en la zona, y por otro, análisis sobre los moluscos, en los que se controla la posible contaminación por biotoxinas (PSP, DSP y ASP), agentes microbianos, metales pesados, organohalogenados y radionucleidos.

▼ En total están definidos 44 puntos de muestreo en las zonas de producción, los cuales



Zona de producción de Moluscos Bivalvos establecidas en la costa onubense.

pueden ser modificados en su localización dependiendo de los resultados del muestreo control y la situación de los bancos naturales.

▶ EFECTO DE LOS CONTAMINANTES SOBRE LOS RECURSOS MARISQUEROS

▼ Los estudios acerca del efecto de los contaminantes sobre los recursos pesqueros del litoral andaluz se basan en el desarrollo de nuevos biomarcadores moleculares y la evaluación de su validez para su uso rutinario.

▼ Los resultados obtenidos hasta la fecha muestran que tanto los biomarcadores químicos antioxidativos como las metalotioneinas (pequeñas proteínas utilizadas como biomarcadores de metales) muestran una correlación con la acumulación de metales, demostrando su validez como señales de alerta temprana a la contaminación ambiental.

▼ Se está trabajando en el aislamiento de secuencias de ADN que codifican metalotione-

inas en distintas especies de bivalvos, chirla (*Chamelea gallina*) y ostión (*Crassostrea angulata*) para su uso como nuevos biomarcadores moleculares de contaminación ambiental.

▼ En relación con los PCBs, se ha comprobado la validez de una nueva técnica de extracción (Extracción Acelerada con Disolventes) para acelerar el procedimiento analítico de su determinación en muestras de seres vivos. Este procedimiento aventaja a otros clásicos en la rapidez y ahorro de disolventes.

▼ Otras experiencias realizadas dentro del marco del proyecto están avanzando en el desarrollo de la metodología de especiación, que permitirá la caracterización de nuevas especies de algunos elementos importantes, como el arsénico. También se ha abordado la especiación de elementos no considerados hasta ahora, como el selenio.

▼ Asimismo, desde abril de 1998, fecha en que se produjo el accidente de Aznalcóllar, se

comenzaron a tomar muestras de interés pesquero semanalmente en las distintas zonas que podían haber sido afectadas por el vertido. En vista que los niveles de contaminación de la mayoría de las zonas no supusieron riesgos para el consumo humano, la frecuencia pasó posteriormente a ser quincenal y, a partir de julio de 2000, mensual.

► COLABORACIÓN CON OTROS CENTROS DE ANÁLISIS

▼ Se ha colaborado con el proyecto QUASIME, que financiado por la Unión Europea, tiene como objetivo garantizar la fiabilidad de los datos obtenidos en programas de "monitoring" marino por los laboratorios participantes, a través de ejercicios de intercalibración entre dichos laboratorios. Estos ejercicios han mostrado la fiabilidad de las mediciones efectuadas en los laboratorios dependientes de la Consejería, además de servir para el ajuste y perfeccionamiento de las técnicas de medición.

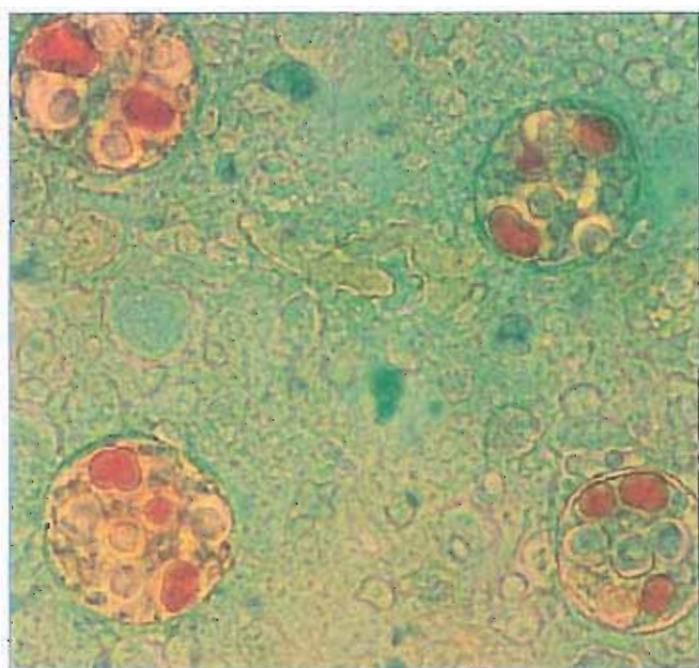
▼ A partir del análisis de los resultados de una encuesta realizada entre los distintos laboratorios analíticos de las zonas de producción

de las distintas Comunidades Autónomas en la que se recogían por secciones los principales elementos a considerar en el análisis de coliformes en moluscos bivalvos por el método NMP, se ha presentado a la JACUMAR una propuesta de protocolo común para el análisis de coliformes.

▼ mínimo de ejemplares y condiciones de transporte y conservación de la muestra, condiciones de apertura y homogeneización de la misma, y los medios y temperaturas más idóneos para realizar los distintos análisis y controles.

► DETOXIFICACIÓN DE MOLUSCOS

▼ En las experiencias realizadas se ha comprobado que tanto en corruco como en vieiras no es efectiva una detoxificación de PSP o ASP, respectivamente, mediante la técnica de someter a los ejemplares a una depuración temporal en medios exentos de las biotoxinas. En consecuencia, parece conveniente ampliar los estudios de influencia de los métodos de refrigeración o congelación en el descenso de la toxicidad para ambas especies, lo cual sería más práctico y viable.



Martellia refringens al microscopio en frotis de glándula digestiva de Ostrea edulis.

PATOLOGÍA Y PROFILAXIS

Los organismos marinos, como los terrestres, están expuestos a sufrir numerosas enfermedades y fenómenos patológicos que los debilitan o incluso provocan la muerte. Desde el punto de vista de su aprovechamiento por parte del hombre, esas enfermedades y patologías diversas pueden producir pérdidas de la calidad o de la producción, tanto en los productos obtenidos en el mar como en los procedentes de los cultivos marinos, dando lugar así a grandes pérdidas económicas. Por otro lado, en ocasiones los organismos marinos son vectores de enfermedades que pueden afectar al hombre si los consume.

En ambos casos se hace necesario un estricto control de los posibles elementos patógenos para prevenir los procesos infecciosos, reduciendo al

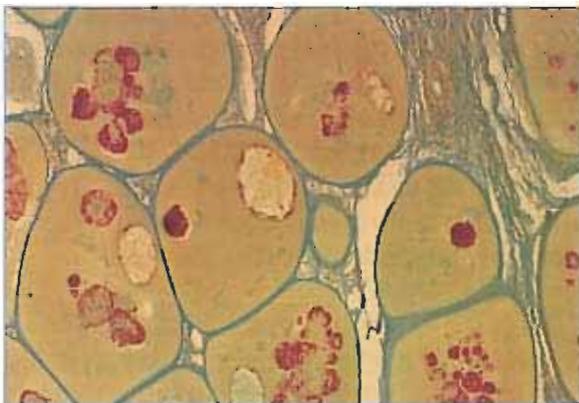
PATOLOGÍAS ASOCIADAS A LA DORADA

El estudio de las distintas patologías que pueden afectar a los cultivos marinos es fundamental para poder ejercer su control y tratamiento con las máximas garantías. En el caso de los peces, los estudios realizados hasta la fecha han sido numerosos, aunque todavía queda mucho por investigar. La dorada, debido a su condición de principal especie acuícola producida en Andalucía, ha sido objeto de especial atención. Así, fruto de un convenio de colaboración entre la Consejería de Agricultura y Pesca y la Universidad de Málaga, se ha desarrollado un estudio cuyo objeto ha sido la identificación de todas las patologías asociadas a esta especie, así como su origen. El estudio ha ofrecido los siguientes resultados:

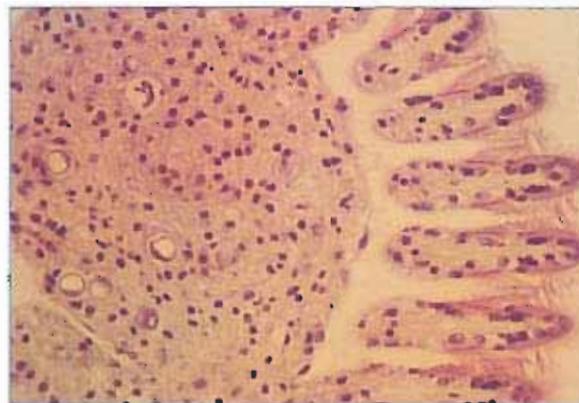


▲ Dorada marcada con marca de plástico

- ▶ **Patologías asociadas a factores físico-químicos.** Los factores que ejercen un mayor control sobre las tasas de supervivencia en doradas son la temperatura, salinidad y concentración de nitritos y oxígeno. Para estos parámetros existe un rango óptimo de cultivo, por debajo o por encima del cual la especie no puede sobrevivir.
- ▶ **Patologías asociadas a deficiencias dietéticas.** Las patologías de este tipo más comunes son el granuloma sistémico, los "hígados grasos" y anomalías en el crecimiento larvario.
- ▶ **Deformaciones.** El principal problema de este tipo lo constituyen las malformaciones esqueléticas, que han resultado ser muy frecuentes.
- ▶ **Patologías infecciosas debidas a parásitos.** En general, no se han encontrado muchos patógenos en los peces cultivados. Entre ellos destacan: *Trichodina* sp., *Fumestia echeneis*, *Pleistophora senegalensis*, *Amyloodinium ocellatum*, *Cryptocaryon irritans*, *Haemogregarina* sp., *Kudoa* sp., etc.
- ▶ **Patologías infecciosas debidas a virus.** Aunque son numerosas las enfermedades de etiología vírica descritas en otras especies cultivadas, en la dorada los estudios están poco desarrollados todavía. De todas formas, los resultados de los análisis virológicos han sido negativos, con la salvedad de algunos cuadros de linfocistis.
- ▶ **Patologías infecciosas debidas a bacterias.** Se ha observado una mayor incidencia de este tipo de patologías en doradas que las provocadas por cualquier otro agente etiológico. Los grupos bacterianos más importantes desde este punto de vista son *Vibrio* sp., *Photobacterium damsela* subsp. *piscicida*, *Pseudomonas* sp., *Mycobacterias* (géneros *Cytophaga* y *Flexibacter*), *Aeromonas* sp. y *Rickettsia* / *Chlamydia*.



Vista al microscopio de tejidos de dorada infectados por linfocistis.



Perkinsus atlanticus en glandula digestiva de almeja fina.



Trabajos en el laboratorio de patología de CICESM "El Toruño".

máximo su incidencia y asegurando el perfecto estado sanitario de los productos pesqueros.

Una norma común a todos los procesos patógenos es que se ven favorecidos cuando las especies afectadas se encuentran en elevadas densidades de población. En consecuencia, este problema afecta de forma más grave a la acuicultura. Además, la gran capacidad del agua para transportar y difundir todo tipo de partículas en suspensión o sustancias disueltas, hacen de la acuicultura una actividad en la que es necesario extremar los controles higiénicos y sanitarios .

En Andalucía, tanto los cultivos marinos de peces como los de moluscos son afectados por distintas patologías, cuya prevención y control son preocupaciones fundamentales para la Administración pesquera y de sanidad animal.



Laboratorio de patología del CICESM "El Toruño".

Entre las numerosas enfermedades conocidas que afectan a los moluscos bivalvos cultivados en nuestro país, destacan por su incidencia e importancia, las provocadas por los protozoos *Marteilia refringens*, *Bonamia ostrea* y *Perkinsus atlanticus*, y por la bacteria *Vibrio tapetis*.

Perkinsus es un género de protozoos asociado históricamente a mortalidades masivas de moluscos bivalvos. Se han descubierto especies de *Perkinsus* en al menos 67 especies de moluscos y su presencia es conocida prácticamente en todas las aguas cálidas del mundo. La especie *P. atlanticus* puede considerarse el principal patógeno conocido en las almejas del litoral andaluz. Este parásito se introdujo en España a través de almejas importadas de Italia y, posiblemente, de Portugal.

P. atlanticus llega a producir elevadas mortalidades en depuradoras de moluscos y parques de cultivo, casi siempre cuando la densidad de moluscos es alta, las temperaturas elevadas o se producen desequilibrios bruscos en los factores ambientales. Hoy en día no se conoce ningún tratamiento que permita atajar los brotes de *Perkinsus*, por lo que es necesario disponer de técnicas adecuadas que permitan identificar y diagnosticar a los agentes patógenos de forma fiable y rápida.

Otra grave afección entre los moluscos cultivados es el denominado "anillo marrón", enfermedad consistente en la aparición de depósitos orgánicos de color marrón o negruzco sobre la cara interna de las valvas de ciertas especies de moluscos. Estos depósitos son debidos a la acumulación anormal de material orgánico segregado por el manto en la superficie interna de las valvas. Cuando los animales se ven afectados por esta patología, los ejemplares moribundos afloran a la superficie del sedimento. Las mortalidades producidas por este parásito pueden alcanzar a casi el 70% de la población del cultivo afectado.

La única forma de prevenir esta afección es a través del control estricto de los lotes de semillas, la reducción de la carga de siembra y la planificación de las fases de cultivo para

evitar el periodo de máxima incidencia de la enfermedad.

El fenómeno del "anillo marrón" fue descrito por primera vez en 1987 en la Bretaña francesa, asociado a mortandades masivas en distintos parques de cultivo de almejas. Desconocido el origen al principio, desde 1990 se conoce que el anillo marrón está relacionado con la presencia de una bacteria del género *Vibrio*. En España la enfermedad se registró por primera vez en 1989 en diversos parques venerícolas de cultivo intermareal de la bahía de Cádiz, asociada a elevadas mortalidades de almeja japonesa (*Ruditapes philippinarum*)

Otra de las enfermedades que mayor incidencia tiene sobre los cultivos de moluscos es la enfermedad de los Abers o enfermedad de la glándula digestiva. Se conoce desde que en 1968 provocó grandes mortalidades en ostras planas cultivadas en la Bretaña francesa. Sin embargo, el parásito que la provoca, el protozoo *Marteilia refringens*, no fue descubierto hasta 1974. En este mismo año el parásito apareció en Galicia, donde provocó importantes mortalidades de ostra plana de procedencia francesa, confirmando la rápida dispersión de la enfermedad.

En Andalucía, aunque los datos son escasos, la presencia de *Marteilia* no se confirmó fielmente hasta 1997, cuando se aisló en reproductores procedentes de los ríos Carreras y Piedras. Los datos actuales reflejan una elevada incidencia y prevalencia.

El diagnóstico de las patologías representaba hasta hace poco un trabajo arduo y difícil, pues llevaba consigo, aparte de la muerte de los ejemplares analizados, una serie de técnicas de fijación y tinción bastante laboriosas. Sin embargo, la aplicación de las técnicas de amplificación de ADN está revolucionando actualmente el diagnóstico de enfermedades infecciosas en acuicultura. La sensibilidad y rapidez son las cualidades más notables de esta nueva técnica, que ya ha permitido el diseño de varios marcadores para el diagnóstico por PCR de varias especies, entre las que se encuentra *Perkinsus marinus*, que afecta a la ostra americana.



Proceso de tinción de muestras de tejido.

Son pocos los estudios que se han realizado sobre las patologías que afectan a los peces. Aunque se conocen numerosas enfermedades que afectan a una gran variedad de especies que se pescan en nuestras costas, los estudios se han centrado en aquellas especies que se producen en acuicultura. Las especiales condiciones en que se encuentran los peces en los cultivos acuícolas (medio más o menos confinado, con renovación menor de la natural, y elevadas densidades de población), favorecen la aparición y el desarrollo de los episodios infecciosos, que pueden producir grandes pérdidas o, en casos extremos, la quiebra de la empresa.



Extracción de muestras de moluscos para su análisis.

LAS TÉCNICAS BASADAS EN EL ADN Y SU APLICACIÓN

La aparición en los últimos años de la técnica de la PCR (acrónimo en inglés de la reacción en cadena de la polimerasa), que permite realizar millones de copias de un fragmento determinado de ADN, ha desatado una auténtica revolución en el campo de la Biología Molecular. Pero aparte de sus consecuencias puramente científicas, esta técnica se ha convertido en una herramienta valiosísima gracias a sus aplicaciones en el diagnóstico genético y en la genética forense, ya que por medio de ella se puede descubrir la existencia de una particularidad o de una anomalía de un individuo concreto o, incluso, la presencia de un agente infeccioso a través de la presencia de su ADN. En este último caso, la PCR permite el diseño de sondas moleculares capaces

de detectar la presencia de un parásito, por ejemplo, entre las muestras de tejidos de un organismo hospedador. Cuando un animal está afectado por algún parásito, si se realiza una extracción de ADN de sus tejidos, junto con su ADN se obtendrá ADN del parásito. Evidentemente, para detectar este ADN del parásito y comprobar así su presencia, previamente hay que conocer el genoma del mismo y diseñar un método que permita amplificar un fragmento de su ADN que sea específico del parásito y no se encuentre en el genoma de la especie infectada.

La capacidad de detectar fragmentos de ADN específicos para una especie concreta permite realizar unas identificaciones precisas y exactas en el caso de ejemplares de especies que guarden un gran parecido morfológico o incluso a partir de porciones del cuerpo, sin necesidad de tener que disponer del animal completo. En el caso de los productos pesqueros, con el desarrollo de la metodología adecuada es posible identificar correctamente no sólo las especies que se comercializan en lonjas y pescaderías (y por lo tanto su procedencia) sino también los productos elaborados a partir de ellas, ya que los distintos tratamientos no destruyen totalmente el ADN de las células.



Los estudios patológicos también son muy importantes en la fase previa de investigación antes del cultivo, pues puede ocurrir que, de forma natural, la especie en cuestión desarrolle con facilidad enfermedades en condiciones de cautividad que hagan inviable su cría comercial sin antes resolver este problema.

En los peces, los procesos patológicos más importantes son los de tipo infeccioso, medioambientales, nutricionales, tumorales y las malformaciones. Las patologías infecciosas más frecuentes son las producidas por virus, bacterias y/o parásitos. Se ha comprobado que la calidad del agua tiene un papel fundamental en el desarrollo de las enfermedades infecciosas y los procesos toxicológicos, de manera que el control de su calidad, tanto en el interior de las instalaciones como en el medio circundante donde se toma el agua, es de vital importancia.

En el desarrollo de las patologías también son muy importantes las condiciones en que se encuentran los peces en los cultivos. Condiciones de estrés y traumatismos, que se producen con relativa frecuencia durante el cultivo y manipulación de los animales, pueden estar en el origen de muchos procesos infecciosos. Otros factores que influyen son la nutrición (existen patologías asociadas a deficiencias dietéticas), y aquellos propios de los ejemplares: predisposición hereditaria, tamaño, edad, etapa del ciclo reproductor, etc. Los ejemplares jóvenes son más sensibles que los adultos, y éstos, en la fase de madurez sexual, son más proclives a sufrir enfermedades.

Un aspecto muy importante en los estudios patológicos es el de su prevención. El estado sanitario de los ejemplares reproductores, así como el perfecto control de la calidad del agua

que se utiliza en los cultivos marinos, se han mostrado como las dos medidas más eficaces para prevenir la aparición y el desarrollo de enfermedades. Aquí vuelve a ser destacable la larga experiencia acumulada por los dos Centros de Investigación y Cultivo de Especies Marinas, en este caso por medio de sus respectivos laboratorios de patología.

Además de su participación directa en la investigación de las patologías más importantes que afectan a la acuicultura andaluza, estos laboratorios han desarrollado medidas profilácticas que se han mostrado como altamente eficaces para el control de las patologías en los centros acuícolas. Una de sus tareas rutinarias, la vigilancia de los sistemas de filtración y esterilización de los respectivos Centros de Cultivos Marinos, ha permitido el progresivo perfeccionamiento de estos sistemas, trabajo que, aunque poco aparente y reconocido, ha contribuido decisivamente al buen desarrollo de los trabajos e investigaciones realizados en todos estos años.

Entre las enfermedades transmitidas por peces que pueden afectar al hombre, aunque se conocen varias, la única que ha recibido cierta atención, por su potencial incidencia, es la anisakidosis. Esta enfermedad está originada por un gusano nemátodo, parásito de peces, del género *Anisakis*. La enfermedad la ocasionan sus pequeñas larvas y la infestación se produce a través del consumo de pescado crudo parasitado.

Si bien el reconocimiento de esta patología parasitaria es relativamente reciente (desde mediados del siglo XX), la anisakidosis presenta una distribución mundial, constituyendo un cierto problema de salud pública en países en los que es frecuente el consumo de pescado crudo, ahumado, salado o poco cocinado. Dado el carácter del problema, el mejor método de prevención de esta patología es evitar el consumo de pescado crudo o poco cocinado. En los países donde se consume el pescado cocido o frito la anisakidosis prácticamente no existe.

Las investigaciones abordadas por la Consejería de Agricultura y Pesca en las anterior-



Trabajos en el laboratorio de patología del CiCEM "Agua del Pino".

res materias han intentado cubrir las principales vertientes y problemáticas de las patologías que afectan a las explotaciones acuícolas y al consumo de pescado, marcándose los siguientes **objetivos** generales:

- Estudio y seguimiento de las patologías que afectan a los moluscos bivalvos de mayor interés pesquero y acuícola.
- Estudio de las patologías de los peces producidos en acuicultura.
- Análisis de la potencial incidencia de patologías humanas transmitidas por el pescado en Andalucía.

Estos objetivos se han llevado a cabo a través de los siguientes **proyectos y líneas de investigación**:

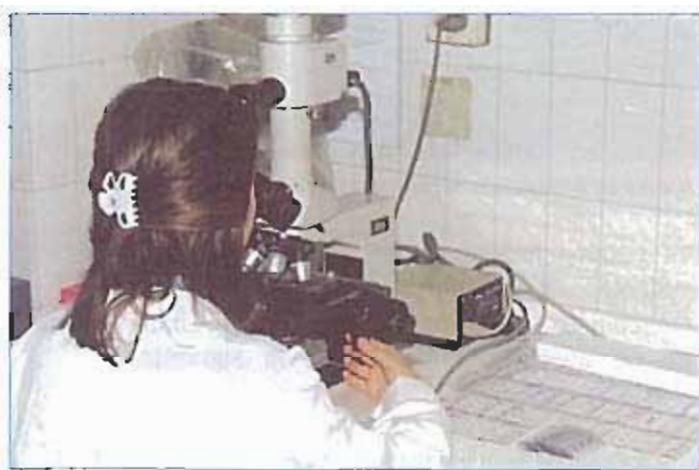
Patologías de moluscos

- Estudio integral de la enfermedad del anillo marrón en almejas cultivadas (en colaboración con la Universidad de Málaga).
- Estudio sobre la evolución temporal de la enfermedad del anillo marrón en la almeja fina

(*Ruditapes decussatus*) en el litoral onubense (en colaboración con la Universidad de Málaga).

– Estudios sobre la evolución temporal, progresión de la enfermedad y mecanismos de defensa implicados en la infección de la almeja fina por *Perkinsus atlanticus*.

– Desarrollo de un método de diagnóstico molecular para la detección de *P. atlanticus* (en colaboración con la Universidad de Granada).



Estudio de muestras obtenidas.

– Estudio de la progresión de la infección por *P. atlanticus* en la almeja fina en las costas andaluzas.

– Evaluación de la presencia de *Marteilia refringens* en *Ostrea edulis* en el litoral onubense.

– Desarrollo de un método de diagnóstico molecular para *M. refringens*, (en colaboración con la Universidad de Granada).

Patologías de peces

– Estudio de las patologías que afectan al cultivo de dorada en Andalucía (en colaboración con la Universidad de Málaga).

– Desarrollo de las técnicas de diagnóstico de enfermedades de peces de interés acuícola.

Patologías humanas transmitidas por el pescado

– Revisión bibliográfica y estudio de la presencia de *Anisakis* spp. en boquerones capturados en el caladero marroquí y en el golfo de Cádiz.

– Todo este conjunto de experiencias ha dado lugar a una larga lista de **resultados**, que se podrían resumir de la forma siguiente:

▶ ANILLO MARRÓN

▼ Los estudios epizooticos sobre la enfermedad del anillo marrón en almejas cultivadas han conseguido establecer la época de máxima incidencia de la enfermedad, y la influencia de la densidad de siembra y el tipo de sustrato sobre el desarrollo de la patología en el litoral suratlántico andaluz.

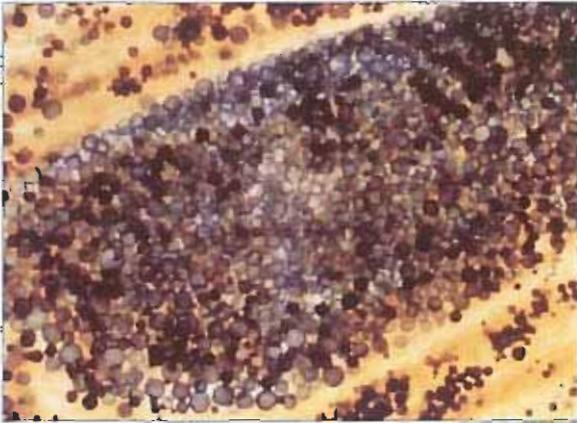
▼ Se ha comprobado que la enfermedad supone una alteración del mecanismo de síntesis de la concha de estos bivalvos, si bien la infección bacteriana queda restringida al borde del manto, no extendiéndose a otros tejidos del hospedador.

▼ Se ha caracterizado desde el punto de vista bioquímico y antigénico al agente etiológico de esta enfermedad, concluyéndose que las cepas de este patógeno bacteriano, coincidentes con las halladas en otros lugares, constituyen una nueva especie, a la que se ha denominado *Vibrio tapetis*.

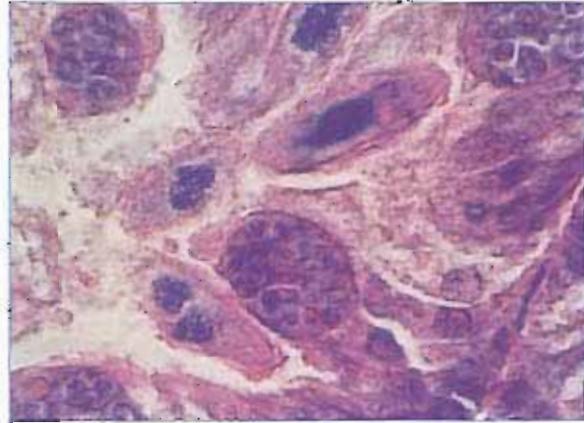
▼ Se ha comprobado que este patógeno se comporta de forma oportunista, pues puede producir infecciones en almejas sin causar enfermedad.

▶ PERKINSUS ATLANTICUS

▼ En el marco de los trabajos técnicos correspondientes a los Planes Nacionales de Cultivos Marinos, el CICEM "Agua del Pino" ha procedido a la elaboración de un mapa de *Perkinsus* en el litoral andaluz con la evolución de la prevalencia (en %) y la incidencia ponde-



Perkinsus atlanticus en almeja fina.



Marteilia refringens y *Ancistocroma* en glándula digestiva de ostra.

rada. La realización de este mapa ha supuesto el análisis de 11.500 ejemplares pertenecientes a 11 especies de bivalvos recogidos en 15 puntos distintos, agrupados en 6 grandes zonas, a lo largo de todo el litoral andaluz.

▼ Se ha comprobado que *P. atlanticus* está presente en almejas de los ríos Guadiana, Carreras, Piedras, Guadalquivir (desembocadura) en la costa de Huelva, y en el río San Pedro, en el saco de la bahía de Cádiz, caño de Sancti Petri, río Barbate y río Palmones, en el litoral gaditano.

▼ Se ha estudiado la evolución temporal de los distintos fenómenos patológicos de la almeja fina del litoral onubense, en especial *P. atlanticus*, caracterizando la patología producida por ésta y otras especies de parásitos, estimando sus respectivas épocas de infección y realizando investigaciones sobre las relaciones huésped-parásito, vías de infección y mecanismos de defensa del bivalvo.

▼ En el caso de *P. atlanticus*, el análisis de los datos por estaciones ha mostrado diferencias significativas entre verano (estación de máxima prevalencia) y otoño (estación de mínima). En verano se incrementan las infecciones leves, mientras que descienden las severas en verano y otoño, lo que podría corresponder a mortalidades tras la puesta. En definitiva, parece deducirse que *Perkinsus* puede infectar durante todas las estaciones del año.

▼ Se ha desarrollado la tecnología necesaria para la evaluación de los mecanismos de defensa de la almeja fina ante ésta y otras infecciones patológicas: análisis de proteínas y lípidos totales en suero, estimación de la actividad lisozima y otras enzimas relacionadas con los mecanismos de defensa y evaluación de la quimiotaxis y la actividad fagocítica de los hemocitos frente a determinados estímulos.

▼ Se ha diseñado un marcador genético a partir de un fragmento del ADN del genoma de *P. atlanticus*, obteniendo un test de diagnóstico sencillo, rápido y sensible que detecta la presencia de este parásito e incluso el grado de infección en las almejas. Como consecuencia de este trabajo, se ha aclarado además la posición taxonómica de *P. atlanticus* y su pariente *P. marinus*, encuadrándolos en un grupo distinto al que tradicionalmente estaban adscritos.

► MARTEILIA REFRINGENS

▼ Las distintas experiencias realizadas sobre la presencia de esta patología en ostras del litoral onubense han puesto de manifiesto la necesidad de abordar planes de control y erradicación de éste y otros parásitos si se desea potenciar el cultivo de ostra plana.

▼ Se ha estudiado la incidencia de *Marteilia refringens* a partir del análisis de ostras de un año cultivadas en el río Piedras (Huelva), observándose que la prevalencia es mayor en



Laboratorio de patología CICESM "El Toruño".

los ejemplares que muestran una menor tasa de crecimiento y viceversa. Los diversos experimentos de infección inducida realizados parecen apoyar la hipótesis sobre una transmisión horizontal entre adultos y larvas.

▼ Se ha podido comprobar que las medidas profilácticas establecidas, en especial en lo referente a la selección de los reproductores y aislamiento de los lotes de producción son útiles y válidas para obtener semillas de ostra plana libres de *M. refringens*.

▼ Actualmente se encuentra en desarrollo un proyecto para el diseño de un marcador genético que permita la elaboración de un test de diagnóstico de la enfermedad de forma más sencilla y precisa que los métodos tradicionales.

▶ **PATOLOGÍAS DE DORADA**

▼ En el amplio estudio realizado sobre las diversas patologías que afectan al cultivo de la dorada en Andalucía, las sintomatologías observadas en los especímenes analizados

han incluido úlceras, hemorragias externas, exoftalmia, hemorragias oculares, pigmentación oscura, descamación, hinchazón abdominal y nódulos blanquecinos de aspecto tumoral en la piel y las aletas, con la típica apariencia de la enfermedad de linfocitosos. A escala interna, se han observado hígados hemorrágicos, riñones pálidos, tubérculos en bazo y esplenomegalia. Generalmente, los especímenes afectados presentaban un retraso en su crecimiento.

▼ El estudio de esas patologías ha determinado que los organismos patógenos más frecuentes son cepas bacterianas pertenecientes al género *Vibrio*, habiéndose establecido las más comunes, así como su resistencia a diversos antibióticos. Los resultados de los análisis virológicos han sido negativos, con la excepción de algunos cuadros de linfocistis.

▶ **DESARROLLO DE TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO**

▼ A través de análisis hematológicos, microbiológicos e histológicos se han mantenido controles de patologías de doradas, lubinas, lenguados y meros cultivados en las instalaciones del CICESM "El Toruño", diagnosticándose casos aislados de enfermedades producidas por *Vibrio* y *Pseudomonas*.

▼ Se ha analizado el estado de maduración de los reproductores afectados mediante observación de gónadas y posterior estudio histológico, efectuándose distintos tratamientos de las enfermedades producidas y poniéndose a punto una serie de técnicas hematológicas, microbiológicas e histológicas que permiten el diagnóstico eficaz de diversas enfermedades que afectan a los peces.

▶ **PRESENCIA DE ANISÁKIDOS EN BOQUERONES**

▼ Se ha estudiado la presencia de anisákidos en boquerones capturados en el golfo de Cádiz y en el caladero de Marruecos, revelando que en este último están más parasitados y que el porcentaje de infección, en ambos

casos, es superior en los ejemplares de mayor tamaño. Dado el sistema de infestación que tiene el parásito, así como la forma habitual de consumo del boquerón, se ha constatado que la incidencia de la patología

en la Comunidad de Andalucía debe ser muy baja. Como conclusión final del estudio, se han propuesto una serie de medidas para controlar la posible incidencia de la anisakidosis.

PRODUCTOS PESQUEROS Y ACUÍCOLAS

La liberación de aranceles y la mundialización del mercado de los productos pesqueros acaecida en los últimos años, ha supuesto para el consumidor la aparición en el mercado de una variedad de productos antes desconocidos y difíciles de identificar para el no versado. Así, en las pescaderías españolas se pueden encontrar numerosas especies diferentes de merluza, peces planos, calamares, langostinos, etc., de manera que en grandes mercados pueden comercializarse hasta unas 350 especies diferentes. Además, los precios llegan a ser muy dispares entre especies similares.

Al ya problemático reconocimiento de especies, se une el que la mayoría de ellas son elaboradas (descabezadas, fileteadas en rodajas, anillas, etc.) a bordo de los barcos pesqueros e incluso procesadas (cocidas, ahumadas, precocinadas, etc.) antes de su puesta en el mercado, lo que lógicamente imposibilita el reconocimiento de la especie. Este problema es especialmente importante en el caso de las conservas, particularmente en las de túnidos, donde se pueden encontrar más de 30 especies, siendo en la práctica casi imposible su identificación.

Estos factores, al suscitar ciertos errores o incluso irregularidades, pueden provocar una indudable confusión en el control y la comercialización de los productos pesqueros, especialmente en productos procesados y conservas.

El Real Decreto 331/1999 de 26 de febrero (BOE de 18 de marzo de 1999) del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, de normalización y tipificación de los productos de la pesca, frescos, refrigerados o cocidos, contempla la obligatoriedad



Subasta de pescado en lonja.

de reflejar, entre otros datos, el nombre científico de las especies en el etiquetado de los productos pesqueros. Sin embargo, pueden darse errores en la identificación. Además, los congelados y conservas, que representaron más del 50% de las importaciones realizadas por España en 1998, no están recogidos dentro de este Real Decreto.

A esta problemática situación cabe añadir la condición de España como gran consumidor de pescado, frontera sur de la UE y paso obligado de las importaciones del norte de África y los acuerdos de la OCM sobre los países incluidos en el Sistema Preferencial Generalizado.

Además, la creciente importancia comercial de los alimentos transformados en los hábitos alimentarios de los consumidores, ha determinado la necesidad de desarrollar técnicas que garanticen un correcto cumplimiento de las normativas de etiquetado y, por lo tanto, una precisa información al consumidor, al que le resulta imposible identificar morfológicamente una gran parte de las especies de productos alimentarios hoy en día a su disposición.

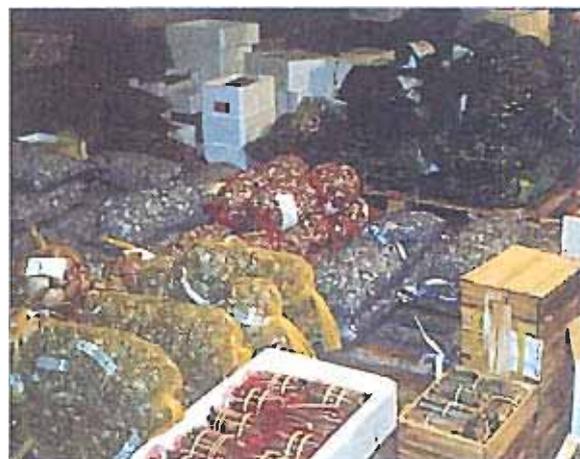


Desembarco de atún.

El sector transformador de productos de la pesca no es ajeno a las nuevas situaciones del mercado, y dada la gran variedad de presentaciones comerciales que ofrece en sus productos, necesita disponer de técnicas que garanticen una identificación unívoca de cada una de las especies comerciales para garantizar la confianza del consumidor y evitar posibles fraudes comerciales.

Los estudios realizados para buscar métodos que aseguren un perfecto control e identificación tanto de los productos frescos como elaborados han concluido que la utilización de las técnicas basadas en el ADN es la más idónea. Otras metodologías tradicionalmente empleadas basadas en otras moléculas, como las proteínas, no son siempre válidas para productos que hayan sido sometidos a procesos de elaboración (conservas, precocinados, alimentos infantiles, etc.), sobre todo si han sido tratados a temperaturas elevadas que desnaturalizan las proteínas.

Los avances conseguidos durante los últimos 20 años en el ámbito de la Biología Molecular y,



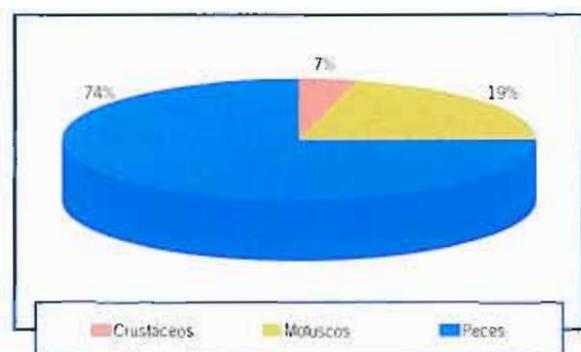
Marisco preparado para su venta en lonja.

concretamente, el desarrollo de técnicas de PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa) permiten la identificación de un pequeño fragmento del DNA posibilitando la perfecta caracterización de las diferentes especies comerciales mediante el estudio de las secuencias de nucleótidos de dicho fragmento una vez amplificado. Esta técnica es en realidad, a pesar de su aparente complejidad, sensible, rápida y sencilla, y ya ha sido utilizada en la identificación de conservas de atún, de productos del cerdo tratados en autoclave y otros muchos productos alimenticios.

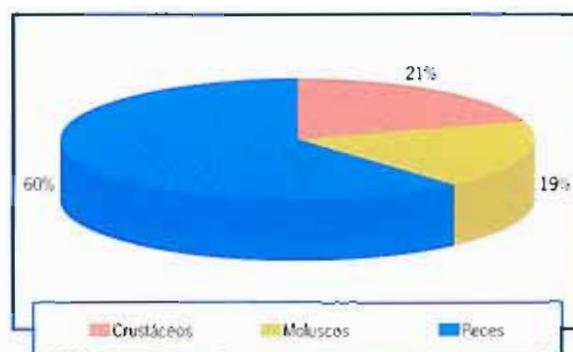
La aplicación de estas técnicas va a permitir en un futuro muy cercano no sólo la perfecta identificación de las especies comercializadas y de los productos elaborados con ellas, sino también la diferenciación de las especies autóctonas frente a las importadas. Esto va a favorecer enormemente su comercialización y se convertirá con el tiempo en un elemento dinamizador del sector pesquero andaluz.

También es importante, con vistas a una mejor valorización económica de los productos pesqueros, el desarrollo de nuevos procesos que mejoren las actuales técnicas de conservación.

Debido al carácter altamente perecedero de los productos pesqueros frescos, su correcta conservación a lo largo de la cadena de distribución es una cuestión fundamental. Una mala conservación redundará en un peor aspecto y una peor calidad del producto, con la consiguiente



Proporción de los tipos de pesca respecto de las capturas (año 2000).



Importancia de los tipos de pesca respecto de las ventas (año 2000).

pérdida del valor económico y, lo que puede llegar a ser peor, con la identificación por parte del consumidor de un determinado origen con una calidad mediocre.

Uno de los campos con mayor importancia en el mercado de los productos frescos es el del marisco. Su captura y comercialización es una de las actividades económicas más rentables de Andalucía, debido a la gran aceptación por parte de los consumidores y al elevado precio que adquiere en el mercado.

En el caso particular de los crustáceos, su conservación en fresco presenta un inconveniente adicional, la aparición de melanosis. Este es un fenómeno natural motivado por la acumulación de melanina y puesta de manifiesto por la aparición de unas manchas oscuras a lo largo de todo el cuerpo, de forma parecida a lo que ocurre en ciertas frutas y verduras. El fenómeno, intrínseco a la fisiología de estos animales, produce una marcada depreciación comercial, no tanto por la pérdida de la calidad higiénico-sanitaria, a la que no afecta, sino a causa de la alteración de su aspecto.

La solución buscada para paliar este efecto es el uso de conservantes. La prohibición del ácido bórico, la sustancia que hasta hace poco se empleaba de forma generalizada, ha obligado al desarrollo de nuevos tipos de conservantes específicos para mariscos frescos y congelados, con una efectividad variable entre unos y otros.

Debido a los inconvenientes que suponen estos dos problemas en la comercialización de

los productos pesqueros en Andalucía, la Consejería de Agricultura y Pesca ha emprendido una serie de estudios con dos **objetivos** claramente diferenciados:

- Desarrollo de un sistema que permita la perfecta identificación y caracterización de todos los productos pesqueros.
- Evaluación de los agentes conservantes utilizados en pesquería de crustáceos pesqueros y acuícolas y búsqueda de sustitutos eficaces para las sustancias cuyo uso ha sido limitado.

Estos dos objetivos se han llevado a cabo a través de dos **líneas de actuación**:

- Dotación a la administración autonómica de un laboratorio de identificación de los productos pesqueros y acuícolas, transformados o no, incluyendo la formación de los técnicos encargados de su mantenimiento (en colaboración con la Universidad de Córdoba).



Doradas y lubina de crianza.



Lonja de Carboneras (Almería).

– En colaboración con la Universidad de Almería y el Instituto del Frio (C.S.I.C.), se han iniciado dos estudios sobre el proceso de aparición y desarrollo de melanosis en crustáceos, así como la evaluación de distintos conservantes antimelanósicos, orientados a la búsqueda de un producto antimelanósico eficaz.

Los **resultados** en uno y otro caso han sido los siguientes:

► LABORATORIO DE ADN

▼ El laboratorio de ADN, operativo a partir del segundo semestre de 2001, nace con cuatro metas principales:

- a) Analizar y controlar las diferencias y calidades de los productos autóctonos con vistas a su defensa en los mercados.
- b) Promover la identificación y la calidad de nuestros productos frente a las importaciones de otras zonas de la UE y de terceros países.
- c) Aumentar la confianza del consumidor en el etiquetado de los productos.

d) Disminuir el fraude en los productos pesqueros/acuícolas tanto frescos como procesados o en conserva.

► PRODUCTOS ANTIMELANÓSICOS

▼ En los trabajos llevados a cabo por el Instituto del Frio se está procediendo a la caracterización en la gamba blanca de la enzima polifenol-oxidasa (PPO) de sustancia responsable de la aparición de melanosis en crustáceos.

▼ Las investigaciones en curso están dedicadas al estudio electroforético y de isoelectroenfoco, para determinar con exactitud pesos



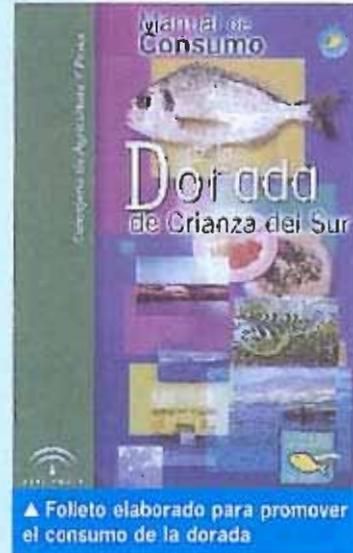
Gambas con principio de melanosis.

COMERCIALIZACIÓN DE LOS PRODUCTOS PROCEDENTES DE LA ACUICULTURA

A pesar de que mediante la acuicultura se obtienen productos que de forma tradicional ofrece la pesca, su sistema de comercialización es muy distinto. Esto es debido a las ventajas que los productos acuícolas presentan respecto a los pesqueros: productos exclusivamente frescos, en cantidad y tamaño que pueden determinarse previamente, con una calidad controlada, a precios predecibles y en el momento solicitado.

Debido a ello, las empresas acuícolas organizan su producción en función de los requerimientos del mercado. Normalmente, el cliente realiza un pedido solicitando una cierta cantidad, momento en el que la empresa inicia la operación de pesca. En ésta, tras identificar el lote correspondiente, se procede a la preparación de las labores de extracción y posteriormente a la pesca del lote. A continuación, el pescado se manipula y envasa, quedando listo para su transporte y comercialización. Todo este proceso, desde que se realiza la petición hasta que el pescado llega al comprador, tiene lugar en un lapso de tiempo corto, que puede oscilar entre 1 y 5 horas para el mercado local y regional y entre 10-20 horas para el mercado nacional.

La comercialización de los productos piscícolas se realiza en Andalucía por medio de tres modalidades distintas: mayoristas (mayoristas propiamente dichos, mercados centrales e hipermercados), minoristas (hostelería-restauración, minoristas propiamente dichos o directamente al público) y directamente, a través de los propios departamentos comerciales de las empresas. Esta última es la modalidad preferida por las grandes empresas, que son además las que concentran la gran mayoría de la producción acuícola andaluza. En cuanto al destino de la producción, alrededor de la mitad se comercializa en Andalucía, poco más de un tercio en el resto de España y el porcentaje restante se exporta a países del resto de Europa.



moleculares y puntos isoeléctricos, que contribuyan a la caracterización molecular del complejo enzimático, y poder establecer si se trata de una o varias isoenzimas, que puedan variar en función de su localización.

▼ El Instituto está asimismo desarrollando un sistema que permita objetivamente una evaluación de melanosis por medio de cuantificación de manchas a través de la captura digital de imágenes e integración de los resultados mediante un software de análisis de imagen.

▼ Por otra parte, en la Universidad de Almería se ha realizado una descripción del proceso de melanosis post-mortem en gamba blanca y langostino japonés.

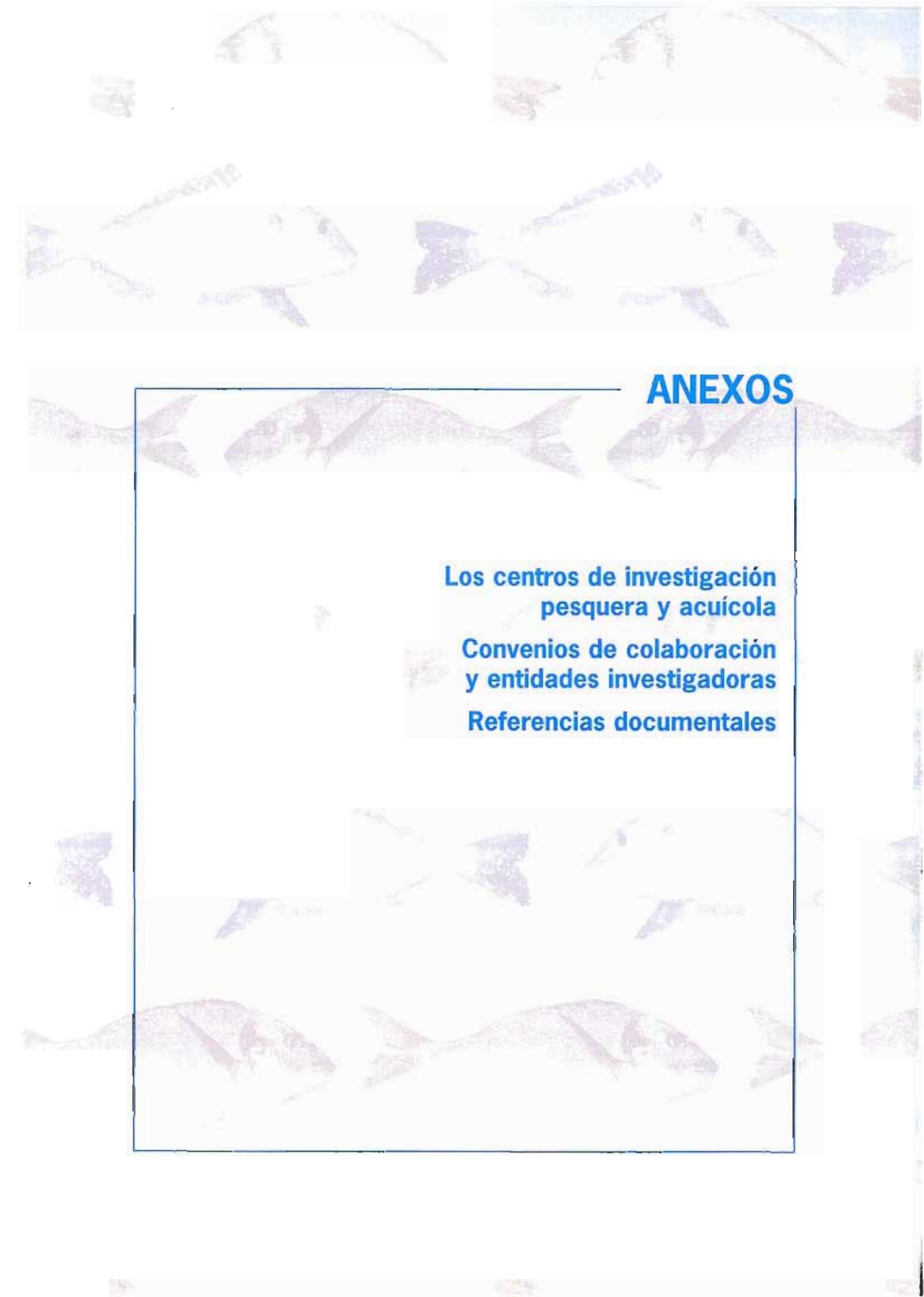
▼ Se ha comprobado que el proceso de melanosis, si bien es similar en ambos casos, presenta pautas diferentes, de lo que se deduce la necesidad de estudios individualizados para

buscar los productos y tratamientos conservantes más eficaces.

▼ Se ha procedido a la caracterización de las proteasas digestivas en gamba blanca y langostino japonés, evaluando el efecto inhibitorio de distintas sustancias conservantes.

▼ En ambos estudios se han ensayado distintos tratamientos de la melanosis en las dos especies anteriormente indicadas con varios productos comerciales. Los resultados iniciales son muy prometedores respecto a la utilidad del hexil-resorcinol como conservante para la prevención de la melanosis, solo o en combinación con bisulfitos.

▼ No obstante, se requieren posteriores estudios orientados a una aplicación industrial de estos compuestos en condiciones reales de producción (pesca de arrastre litoral y de altura, congeladores, cocederos...).



ANEXOS

**Los centros de investigación
pesquera y acuícola**

**Convenios de colaboración
y entidades investigadoras**

Referencias documentales

Centros de investigación marina y acuícola



CICEM "El Toruño". El Puerto de Santa María (Cádiz).

La investigación en Andalucía

La investigación científica y técnica en Andalucía se lleva a cabo de forma coordinada a través del Plan Andaluz de Investigación (PAI). Este Plan, creado por la Junta de Andalucía, establece las líneas generales de las actividades científicas y de desarrollo tecnológico de los Centros de Investigación dependientes del gobierno regional andaluz, así como las actuaciones concretas a realizar con las universidades y otros centros investigadores ubicados en Andalucía.

En el desarrollo del Plan participan todos los centros públicos existentes en la comunidad autónoma, invitándose además a los centros privados a integrarse en él. Los recursos públicos que coordina el Plan proceden de las universidades andaluzas, los centros del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (C.S.I.C.), los centros de Investigación y Desarrollo Agrario (CIDA) y de Investigación y Cultivo de Especies Marinas (CICEM), ambos de la Consejería de Agricultura y Pesca.

Entre los objetivos específicos del Plan Andaluz de Investigación se encuentran incrementar la participación de Andalucía en los programas de investigación españoles y comunitarios; mejorar la coordinación de las actuaciones

de fomento de la I+D entre los distintos organismos públicos (administración autonómica, regional, universidades, etc.); aumentar la colaboración entre los Centros Públicos de Investigación y las Empresas; suministrar una financiación básica a los investigadores andaluces que les permita mejorar su competitividad en los programas Nacionales e Internacionales.

Dentro del Plan, están consideradas como áreas prioritarias de investigación, entre otras, la Acuicultura Marina, el desarrollo de una Actividad Pesquera Sostenible y el estudio y aplicación de Tecnologías Marinas. Esto obliga al desarrollo de una serie de programas de investigación pesquera y acuícola por parte de la Consejería de Agricultura y Pesca, en los cuales los dos Centros de Investigación y Cultivo de Especies Marinas dependientes de la propia Consejería ocupan un lugar muy destacado.

Estos centros se crearon a mediados de la pasada década de los 80, con el objetivo de constituirse en una referencia básica para el fomento, ordenación y mejora de la pesca, el marisqueo y la acuicultura marina.

Las tareas de investigación se encuentran repartidas entre los dos centros, de manera que



Joven de choco obtenido en el CICESM "El Toruño".



Larvas de *Venus verrucosa* obtenidas en el CICESM "Agua del Pino".

el CICESM "El Toruño", situado en plena bahía de Cádiz, centra sus actividades en el cultivo de peces. Por su parte, el CICESM "Agua del Pino", ubicado en la desembocadura del río Piedras, en Cartaya (Huelva), se dedica preferentemente al desarrollo de la cría de moluscos y crustáceos. Aparte de ello se realizan estudios sobre las pesquerías de importancia local y regional.

Además de los trabajos relacionados con la investigación propiamente dicha, la labor de estos centros también ha sido y es muy destacada en aspectos como el asesoramiento técnico a empresas del sector, formación y capacitación, apoyo a cooperativas, realización de planes de ordenación acuícola, estudios de bancos naturales, análisis ambientales, etc.

Aunque la estructura y funcionamiento de ambos centros es similar, el tipo y diseño de sus respectivas instalaciones difiere debido a los distintos requerimientos de las investigaciones que centran la actividad de cada uno de ellos.

CICESM "Agua del Pino"

El CICESM "Agua del Pino" está dotado de un edificio principal, dedicado a funciones de investigación y administrativas, donde se sitúan las oficinas, los despachos y los laboratorios, así como la biblioteca, la sala de juntas y un salón de actos con capacidad para 50 personas.

Adosado a este edificio principal se encuentra el criadero, en el que se desarrollan los trabajos de producción e investigación acuícola. Este

criadero posee sus propios laboratorios de control, y está dotado de una cámara de cultivo y sala de producción de microalgas, sala de acondicionamiento de reproductores de moluscos, sala de cría larvaria y postlarvaria y sala de cultivo de semillas. Asimismo, existe una sala de máquinas donde se controla el perfecto funcionamiento de todas estas instalaciones.

Además del edificio central y el criadero, el centro cuenta con una serie de instalaciones externas, dedicadas a trabajos de apoyo a la producción, investigación a escala industrial y tratamiento de agua. Se dispone de tres invernaderos para la producción de fitoplancton, intensificación de cultivos y cría de crustáceos, un área exterior para cultivos en masa de microalgas y moluscos, crustáceos y peces, además de decantadores y una planta para el tratamiento de agua.

Entre el equipamiento del que está provisto el centro, destacan el conjunto de instalaciones de bombeo y de tratamiento y filtración de agua del mar, las salas de cultivo y los laboratorios.

La instalación de bombeo está situada en el límite de la zona marítimo-terrestre en la margen izquierda del río Piedras, con una capacidad de 150 m³/h. La estación de tratamiento y filtración de agua de mar, con filtros de arena con capacidad para tratar 150 m³/h, presenta además una instalación para el tratamiento térmico del agua, compuesta por dos bombas de calor con una capacidad de 250.000 kcal/h y todo un sistema de intercambiadores de calor agua dulce-agua salada. El conjunto de la instalación de filtración,



CICEM "Agua del Pino", Cartaya (Huelva).

esterilización y distribución de agua de mar, desde los puntos de toma de agua a los de consumo, reúne más de 3 km de tuberías.

Las salas de cultivo están dotadas con circuitos dobles de aportes de agua salada de diferentes calidades, tanques de cultivo, red de desagüe y tratamiento de efluentes y los correspondientes elementos para el control de la temperatura, conductividad, etc.

Existen asimismo varios laboratorios, destinados al control de la producción, análisis físico-químicos, análisis de sedimentos, patología, microbiología, ordenación, criopreservación y preparación de medios de cultivo.

Por último, el centro cuenta con una serie de instalaciones auxiliares, donde se preparan medios de cultivo y piensos, provistas de cámara frigorífica de congelación a -18°C y cámara frigorífica de conservación a -4°C ; así como unos talleres eléctrico, mecánico y de carpintería, para el mantenimiento de las instalaciones.

Fuera de lo que es el perímetro del centro, el CICEM "Agua del Pino" cuenta además con un polígono de cultivos situado en el río Piedras, frente a las instalaciones, donde se mantiene un mínimo stock de reproductores. Allí existen tam-

bién una serie de semilleros exteriores consistentes en diversos sistemas de cultivo abiertos que aprovechan el alimento disponible y el flujo mareal (long-line, flupsy y batea), donde se realizan experiencias de preengorde de moluscos y mantenimiento de reproductores.

CICEM "EL Toruño"

El CICEM "El Toruño" se encuentra en El Puerto de Santa María (Cádiz). Adjuntos al edificio principal, de similares características al del otro centro, se encuentran el criadero, provisto de instalaciones para reproductores, cría larvaria, postlarvaria y cultivos auxiliares (fitoplancton y zooplancton), y el semillero, donde se realiza el preengorde de alevines de peces y semillas de moluscos. Ambos se encuentran complementados con una serie de instalaciones anexas, que sirven de apoyo a los trabajos de producción e investigación: estación de bombeo, decantación y filtración, centro transformador, grupo electrógeno, invernadero con tanques fotoperíodo y tanques exteriores para cultivos auxiliares, taller mecánico y almacén.

El centro cuenta además con una granja marina provista de ocho tanques para preengorde y cultivos intensivos, y 30 estanques en tierra con dos balsas de reserva, que ocupan una superficie total de 33 ha.



Tanques de alevinaje en el CICEM "El Toruño".



Cubetas de alevinaje en el CICEM "El Toruño".

El equipamiento del centro es similar al del anterior, aunque con ciertas particularidades debidas a su diferente actividad.

Presenta una instalación de bombeo para los terrenos de la granja, con una bomba de 3.000 m³/h y dos de 1.000 m³/h de capacidad de bombeo, y otra que cubre las necesidades de producción e investigación en edificios, con dos bombas de 150 m³/h.

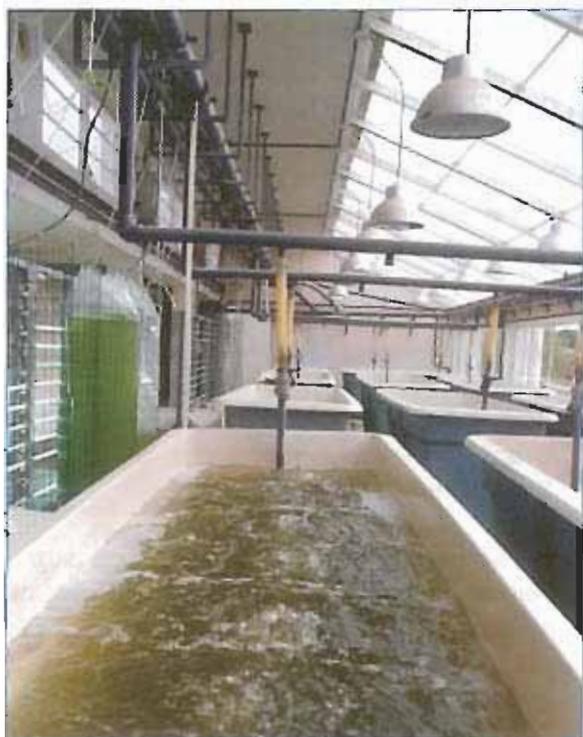
Las instalaciones de tratamiento y filtración de agua de mar, incluyen batería de filtros de arena con capacidad para tratar 100 m³/h; filtros de car-

tucho para filtración a 25, a 10 y a 3 mm; bomba de calor con compresores con una capacidad de 250.000 kcal/h; y sistemas de intercambiadores de calor agua dulce-agua salada para tratamiento térmico. En conjunto, las instalaciones de filtración, esterilización y distribución de agua de mar reúnen más de 3 km de tuberías que conducen el agua hasta los puntos de consumo.

Las salas de cultivo están dotadas de circuitos dobles de aportes de agua salada de diferentes calidades, tanques de cultivo, red de desagüe y tratamiento de efluentes y sistemas de control de la temperatura, conductividad, etc.



CICEM "Agua del Pino", Cartaya (Huelva).

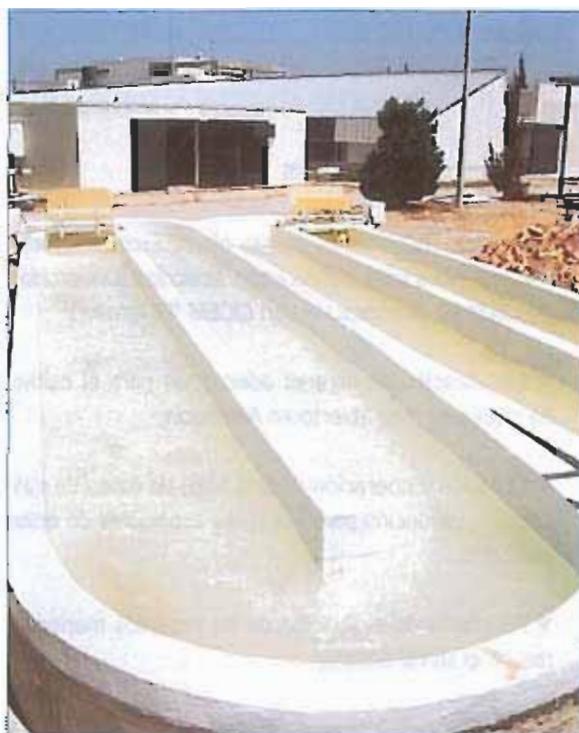


Producción de microalgas en el CICEM "Agua del Pino".

Hay distintos laboratorios, destinados al control de la producción, análisis fisicoquímicos y de sedimentos, patología, microbiología, ordenación, criopreservación y preparación de medios de cultivo.

Al igual que el CICEM "Agua del Pino", también existen unas instalaciones auxiliares, donde se preparan medios de cultivo y piensos, provistas de cámaras frigoríficas de congelación y conservación, así como una serie de talleres de mantenimiento.

Los proyectos y líneas de trabajo sobre investigación y desarrollo técnico que se llevan a cabo en estos centros se enmarcan dentro de las tres grandes áreas de actuación presentadas: Ecosistemas Marinos, Acuicultura y Control de la Producción y Calidad. En todas ellas, la labor de los dos centros es muy destacada, trabajando tanto de forma individual como en cooperación con entidades científicas e industriales, y participando de forma activa en diversos estudios sobre mejora en los procesos productivos en acuicultura, estudio de nuevas especies y técnicas de cultivo, trabajos de producción experimental, seguimiento tecnológico de explotaciones,



Estanques de paletas para microalgas en el CICEM "El Toruño".

tecnología de instalaciones, gestión de los recursos marinos, control medioambiental, etc. Además, en ambos centros se realizan labores de divulgación y formación de técnicos en estas materias, organizándose periódicamente jornadas de puertas abiertas, visitas guiadas de centros educativos, reuniones con las administraciones locales, etc.

La dirección y el teléfono de contacto de ambos centros es la siguiente:

**Centro de Investigación
y Cultivo de Especies Marinas
"El Toruño"**

Apdo. 16
11500 El Puerto de Santa María (Cádiz)
Tel: 956 56 23 40 / 42 / 47

**Centro de Investigación
y Cultivo de Especies Marinas
"Agua del Pino"**

Apdo. 104
21450 Cartaya (Huelva)
Tel: 959 39 91 04

Los proyectos que han llevado a cabo ambos centros, o en los que han participado, se relacionan en el apartado que se expone a continuación.

RELACIÓN DE PROYECTOS, ASISTENCIAS TÉCNICAS Y CONVENIOS DE COLABORACIÓN SUSCRITOS POR LA CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y PESCA CON ENTIDADES INVESTIGADORAS Y DIRECTORIO DE LOS CENTROS PARTICIPANTES

► RECURSOS PESQUEROS

. Bahía de Cádiz: protección de los recursos pesqueros y aplicaciones para instalaciones acuícolas (*Universidad de Cádiz en colaboración con CICESM "El Toruño"*)

Localización de lugares adecuados para el cultivo de peces en mar abierto en Andalucía.

▼ Creación y operación de una base de datos de calibración, validación para sensores espaciales de color oceánico.

▼ Programa de evaluación de los recursos marisqueros en el litoral andaluz.

▼ Desarrollo de un Sistema de Información Estadística Pesquera (S.I.E.P.) en Andalucía (*Universidad de Huelva y Universidad de Málaga*).

▼ Análisis Bioeconómico y Estadístico de Pesquerías Andaluzas. Caladeros de Conil y de Tarifa (*Universidad de Huelva*).

▼ Programa de desarrollo seguimiento de arrecifes artificiales del litoral andaluz.

▼ Producción y repoblación de peces en litoral gaditano.

▼ Proyecto de recuperación del caladero artesanal de la costa suratlántica de Cádiz: Repoblaciones y Diversificación en la Acuicultura (especies autóctonas)

► ACUICULTURA

▼ Alimentación y manejo de doradas en estanque.

▼ Mejoras prácticas en el preengorde de dorada: cultivo en jaulas.

▼ Optimización y mejora del cultivo semintensivo de dorada (*Sparus aurata*) en granjas marinas de San Fernando (Cádiz) (*Universidad de Cádiz en colaboración con CICESM "El Toruño"*).

▼ Evaluación de dietas inertes microencapsuladas para el cultivo larvario de peces marinos (dorada y lenguado) (*Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía*)

▼ Proyecto coordinado para el desarrollo del cultivo integral del lenguado (*Solea senegalensis*).

▼ La viabilidad del cultivo en esteros. El desarrollo de la acuicultura rentable y compatible con el medio ambiente en Andalucía.

▼ Mejora del nivel productivo a través de la progresión en la tecnología de explotación y del cultivo de nuevas especies marinas.

▼ Formación y mantenimiento de bancos de reproductores de peces marinos.

Aclimatación y engorde de pulpo (*Octopus vulgaris*) y sepia (*Sepia officinalis*) en distintas condiciones de cultivo. Obtención de puestas y producción de parvalarvas.

▼ Engorde de pulpo en distintas condiciones y sistemas de cultivo. Producción y alimentación de postlarvas.

▼ Estudios genéticos en el besugo (*Pagellus bogaraveo*).

▼ Creación de un banco de reproductores selectos de besugo (*Pagellus bogaraveo*).

▼ Reproducción controlada del atún rojo (*Thunnus thynnus*). (*Estación de Biología Pesquera, Centro Oceanográfico de Málaga, Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía y Universidad de Cádiz, en colaboración con CICESM "El Toruño"*)

▼ Evaluación de las posibilidades de producción de la corvina (*Argyrosomus regius*).

. Domesticación de la hurta, *Pagrus auriga*. Crecimiento y reproducción (1ª y 2ª fase).

▼ Desarrollo de técnicas para el cultivo masivo de larvas de pargo (*Pagrus pagrus*) y dentón (*Dentex dentex*).

▼ Programa para el desarrollo y realización de experiencias pilotos de jaulas para mar abierto.

▼ Incorporación de probióticos a microdietas para larvas de peces marinos.

▼ La adaptación al medio marino del esturión (*Acipenser naccarii*). (Universidad de Cádiz y Universidad de Granada en colaboración con CICESM "El Toruño").

▼ Estudio para el cultivo experimental de especies marinas en el litoral granadino.

▼ Biología y cultivo de la vieira en Málaga (Centro Oceanográfico de A Coruña).

▼ Conservación de la colección de cepas de microalgas y rotíferos

▼ Obtención de biomasa concentrada de microalgas marinas para su utilización como alimento larvario de especies marinas (Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía en colaboración con CICESM "El Toruño").

▼ Biotecnología del cultivo de *Dunaliella salina* en el litoral andaluz (Instituto de Bioquímica Vegetal y Fotosíntesis de Sevilla).

▼ Evaluación de la producción de caroteno por *Dunaliella salina* en el litoral andaluz.

▼ Análisis estratégico del sector acuícola: especial referencia a Andalucía (Universidad de Málaga).

· Evaluación y viabilidad de los proyectos acuícolas (Universidad de Málaga).

· Desarrollo e implementación de aplicación informática para gestión técnico-económica en explotaciones acuícolas de engorde (Universidad de Almería).

► CONTROL DE PRODUCCIÓN Y CALIDAD

▼ Estudios de caracterización e información cartografiada sobre el sistema de control y vigilancia de la calidad de las aguas marinas y la incidencia de las algas tóxicas en zonas de producción del litoral andaluz.

▼ Elaboración de un sistema de información para la caracterización y cartografiado de la calidad de las aguas marinas y de las patologías de moluscos en el litoral onubense.

▼ Efectos de los contaminantes sobre los recursos pesqueros del litoral de Andalucía: desarrollo de nuevas metodologías analíticas (Universidad de Córdoba y Universidad de Huelva).

▼ Ensayos de detoxificación de moluscos bivalvos.

▼ Elaboración de un mapa zoonosológico de patologías que afectan al cultivo de dorada en la Comunidad Autónoma (Universidad de Málaga).

▼ La enfermedad del anillo marrón en almejas cultivadas (Universidad de Málaga).

· Elaboración de un mapa zoonosológico de *Perkinsus* spp. en el litoral andaluz.

▼ Desarrollo de un método de diagnóstico molecular para *Perkinsus atlanticus* (Universidad de Granada en colaboración con CICESM "Água del Pino").

▼ Desarrollo de un método de diagnóstico molecular para *Marteilia refringens* (Universidad de Granada en colaboración con CICESM "Água del Pino").

▼ Desarrollo de un laboratorio de identificación de los productos de la pesca y la acuicultura mediante técnicas de análisis de ADN (Universidad de Córdoba).

▼ Estudio de inhibidores de la melanosis en crustáceos (Instituto del Frio en colaboración con CICESM "El Toruño").

▼ Evaluación de agentes conservantes en pesquerías de crustáceos (Universidad de Almería).

CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y PESCA

Dirección General de Investigación y Formación Agraria y Pesquera

Dirección General de Pesca y Acuicultura

C/ Tabladilla s/n
41071 Sevilla
Tel: 955 032 000
www.cap.junta-andalucia.es

DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA APLICADA

Facultad de Ciencias Experimentales

Universidad de Almería

Carretera Sacramento s/n
La Cañada de San Urbano
04120 Almería
Tel: 950 21 51 11
www.ual.es

DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA ANIMAL, BIOLOGÍA VEGETAL Y ECOLOGÍA

Facultad de Ciencias del Mar

Universidad de Cádiz

Polígono río San Pedro s/n
11510 Puerto Real (Cádiz)
Tel: 956 016 018
www.uca.es

DEPARTAMENTO DE BIOQUÍMICA Y BIOLOGÍA MOLECULAR

Facultad de Veterinaria

Universidad de Córdoba

Avenida de Medina Azahara 9
14071 Córdoba
Tel: 957 21 86 86
www.uco.es

DEPARTAMENTO DE GENÉTICA

Facultad de Ciencias Biológicas

Universidad de Granada

Avenida Fuerteventura s/n
18071 Granada
Tel: 958 248 924
www.ugr.es

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA Y CIENCIA DE LOS MATERIALES

Escuela Politécnica Superior

Universidad de Huelva

Ctra. Palos de la Frontera s/n
Tel: 959 017 829
www.uhu.es

DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA GENERAL Y ESTADÍSTICA

Facultad de Ciencias Empresariales

Universidad de Huelva

Plaza de la Merced 11
21002 Huelva
Tel: 959 017 829
www.uhu.es

DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA Y ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS

Facultad de Económicas

Universidad de Málaga

El Ejido s/n
29071 Málaga
Tel: 952 13 11 50

DEPARTAMENTO DE MICROBIOLOGÍA

Universidad de Málaga

Facultad de Ciencias

Campus de Teatinos s/n
29071 Málaga
Tel: 952 13 18 99
www.uma.es

INSTITUTO DE BIOQUÍMICA VEGETAL Y FOTOSÍNTESIS

Centro de Investigaciones Científicas Isla de La Cartuja

C.S.I.C.-Universidad de Sevilla

C/Américo Vespucio s/n, Isla de la Cartuja
41092 Sevilla
Tel: 954 48 95 01
www.ibvf.cartuja.csic.es

ESTACIÓN DE BIOLOGÍA PESQUERA

(dependiente del Centro Oceanográfico de Málaga)

Muelle de Levante (Puerto Pesquero)

Aula del Mar, Apdo. 2609

11106 Cádiz

Tel: 956 261 333

www.ieo.es/centros.html

CENTRO OCEANOGRÁFICO DE MÁLAGA

Instituto Español de Oceanografía (I.E.O.)

Puerto Pesquero s/n

Apdo. 285

29640 Fuengirola (Málaga)

Tel: 952 476 955

www.ieo.es/centros.html

INSTITUTO DE CIENCIAS MARINAS DE ANDALUCÍA (I.C.M.A.)

Campus río San Pedro

11510 Puerto Real (Cádiz)

Tel: 956 83 26 12

www.icman.csic.es

INSTITUTO DEL FRÍO (I.C.F.)

C/ Ramiro de Maeztu s/n

Ciudad Universitaria

28040 Madrid

Tel: 91 544 56 07

www.if.csic.es

CENTRO OCEANOGRÁFICO DE A CORUÑA

Instituto Español de Oceanografía (I.E.O.)

Muelle de las Ánimas, s/n

Apdo. 130

15001 A Coruña

Tel: 981 205 362

www.ieo.es/centros.html

► REFERENCIAS DOCUMENTALES

- BORREGO, J.J.; CASTRO, D.; BALEBONA, M.C.; GARCÍA-ROSADO, M.E. y LÓPEZ-CORTÉS, L. (2001). *Patologías que afectan al cultivo de la dorada (Sparus aurata) en la comunidad andaluza*. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca.
- CABALLOS, M.; MORALES, J. LAVENDER, S.; MOORE, G y MAMAN, L. (2000). A satellite remote sensing analysis of a dinoflagellate algal bloom in the southwestern coastal region of Spain. CD-Rom *Proceedings Ocean Optics 15*. Monaco, october 2000.
- CACHORRO, V. E.; VERGAZ, R.; BERJÓN, A. y DE FRUTOS, A. M. (2000). Developing and testing of an atmospheric correction model for water leaving radiance in the area of the Gulf of Cadiz based on experimental measurements. *Remote Sensing in the 21st. Century: Economic and Environmental Applications*. Casanova (ed). Balkema, Róterdam.
- CACHORRO, V.E.; VERGAZ, R.; DE FRUTOS, A.M.y MORALES, J. (1999). Developing and testing of an atmospheric correction model for water leaving radiance retrieval in the area of the Gulf of Cadiz based on experimental measurements. *Proceedings of the 19 th EARSEL Symposium: Remote Sensing in the 21th century: Economic and Environmental Applications*. Valladolid, 1999.
- CAÑAVATE, J.P. y FERNANDEZ-DIAZ, C. (2001). Pilot evaluation of freeze-dried microalgae in the mass rearing of gilthead seabream (*Sparus aurata*) larvae. *Aquaculture* 193: 257-269.
- CAÑAVATE, J.P. y FERNANDEZ-DIAZ, C. (1999). Influence of co-feeding larvae with live and inert diets on weaning the sole *Solea senegalensis* onto commercial dry feeds. *Aquaculture* 174: 255-263.
- CAÑAVATE J.P. y L.M. LUBIÁN, (1997). Effects of culture age on cryopreservation of marine microalgae. *European Journal of Phycology*, 32: 87-90.
- CAÑAVATE J.P. y LUBIÁN, L.M. (1997). Effects of slow and rapid warming on the cryopreservation of marine microalgae. *Cryobiology*, 35: 143-149.
- CÁRDENAS, S. y CAÑAVATE, J.P. (1998). Recirculación de agua a través de filtros biológicos en cultivos de peces marinos. *Aquatic 2* (<http://aquatic.unizar.es/N1/art206/Recirc.htm>).
- CÁRDENAS, S., (1997). First record of *Fistularia petimba* Lacepède, 1803 (Pisces, Fistulariidae) off the coast of Cadiz (southern Iberian Peninsula). *Bol. Esp. Oceanog.* 13 (1 y 2): 83-86.
- CÁRDENAS S. (1997). Reproducción de la hurta en el Golfo de Cádiz. VI Congreso Nacional de Acuicultura. Cartagena (Murcia), julio 1997.
- CASIMIRO-SORIGUER, M.; HERNANDO, J.A.; VALLESPÍN, C. y ZABALA, C. (2001). *Estudios sobre el cultivo semi-intensivo de la dorada en granjas marinas*. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca.
- CASTRO, D.; SANTAMARÍA, J.A.; LUQUE, A.; MARTÍNEZ-MANZANARES y BORREGO, J.J. (1997). *La enfermedad del anillo marrón en almejas cultivadas*. Biología. Estudios y ensayos. Universidad de Málaga.
- COUSINOU, M.; NAVAS, J.I; NILSEN, B.M.; LÓPEZ-BAREA, J. y DORADO, G. (1998). Environmental Pollution Monitoring with Molecular Biomarkers: Use of cytochrome P450IA1 and Metallothionein for Assessing Organic Contaminants and Transition Metals. Cuadernos de Investigación Biológica (Bilbao), 20: 295. 2º Congreso Ibérico de Contaminación y Toxicología Ambientales, Bilbao, junio 1998.
- CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y PESCA DE LA JUNTA DE ANDALUCÍA (2001). Investigación acuícola y pesquera en Andalucía (CD-Rom interactivo con los resúmenes de los proyectos y líneas de investigación desarrollados por la Dirección General de Investigación Agraria y Pesquera durante el periodo 1997-2000).
- CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y PESCA DE LA JUNTA DE ANDALUCÍA (2000). Memoria anual de actividades. Servicio de Publicaciones de la C.A.P.
- CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y PESCA DE LA JUNTA DE ANDALUCÍA (1999). Memoria anual de actividades. Servicio de Publicaciones de la C.A.P.
- CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y PESCA DE LA JUNTA DE ANDALUCÍA (1998). Memoria anual de actividades. Servicio de Publicaciones de la C.A.P.

- CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y PESCA DE LA JUNTA DE ANDALUCÍA (1997). Memoria anual de actividades. Servicio de Publicaciones de la C.A.P.
- DE LA HERRÁN, R.; GARRIDO-RAMOS, M.A.; NAVAS, J.I.; RUIZ REJÓN, C. y RUIZ REJÓN, M. (2000) Molecular characterization of the ribosomal rRNA gene region of *Perkinsus atlanticus*: its use in phylogenetic analysis and as a target for a molecular diagnosis. *Parasitology* 120: 345-353.
- FERNÁNDEZ-DÍAZ, C.; CAÑAVATE, J.P.; YÚFERA, M.; MOYANO, J.F. y ALARCÓN, M. (2001). Metamorphosis in the Senegal Sole (*Solea senegalensis*) reared in the laboratory. *Journal of Fish Biology* 58.
- FERNÁNDEZ-DÍAZ, C.; CAÑAVATE, J.P. y YÚFERA, M. (1999). Pattern of metamorphosis in *Solea senegalensis* reared in the laboratory. En: "Environment, development and growth of fishes". *Book of Abstracts of the Annual International Symposium of the Fisheries Society of the British Isles*. St. Andrews (Escocia), July 1999.
- FERNÁNDEZ-DÍAZ, C.; MARCO, J.J.; MORENO, O. y SANTAMARÍA, M. (1999). Ensayos de desintoxicación de ASP en vieiras (*Pecten spp.*). *Actas de la 6ª Reunión Ibérica de Fitoplancton Tóxico y Biotoxinas*: 175-182. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Sevilla.
- GARCÍA-GONZÁLEZ, M.; MANZANO, J.C.; MORENO, J. y GUERRERO, M.G. (2000). Biotecnología del cultivo de *Dunaliella salina* en el litoral andaluz. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca.
- JIMÉNEZ GARCÍA, C.; LÓPEZ LÓPEZ, J.A.; PACHECO GUTIÉRREZ, M. y VICENTE PICÓN, J.L. (1998). Evolución de salinidad-temperatura en la Ría del Carreras (Huelva-España). *Acta del Ist. Interdisciplinary Symposium on Estuarine Processes*.
- LÓPEZ-CORTES, M. L.; CASTRO, D.; NAVAS, J.I. y BORREGO, J.J. (1999). Phagocytic and chemotactic response of Manila and carpet shell clam haemocytes against *Vibrio tapetis*, the causative agent of brown ring disease. *Fish & Shellfish Immunology* 9 (7): 543-555.
- LUBIÁN, L.M. y CAÑAVATE, J.P. (2001). *Obtención de biomasa concentrada de microalgas marinas para su utilización como alimento larvario de especies marinas*. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca.
- MAMÁN, L.; FERNÁNDEZ, L.; OCAÑA, J.; MARCO, J.J.; MORALES, J.; CABALLOS, M.; MÁRQUEZ, I. y ÁGUILAR, M. (1999). Seguimiento de fitoplancton tóxico en la costa de Andalucía. Incidencias durante los años 1997 y 1998. *Actas de la 6ª Reunión Ibérica de Fitoplancton Tóxico y Biotoxinas*: 41-50. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Sevilla.
- MARCO, J.J.; FERNÁNDEZ, L.; MÁRQUEZ, I. y ÁGUILAR, M. (1999). Estudio comparativo de protocolos para cuantificación de ácido domoico. *Actas de la 6ª Reunión Ibérica de Fitoplancton Tóxico y Biotoxinas*: 183-188. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Sevilla.
- MÁRQUEZ, I.; ÁGUILAR, M.; MARCO, J.J.; MAMÁN, L.; FERNÁNDEZ y A. OCAÑA (1999). Programa de control de fitoplancton tóxico y biotoxinas en Andalucía. *Actas de la 6ª Reunión Ibérica de Fitoplancton Tóxico y Biotoxinas*: 17-28. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Sevilla.
- MARTÍNEZ-MANZANARES, E.; CASTRO, D.; NAVAS, J.I.; LÓPEZ-CORTES, M.L. y BORREGO, J.J. (1998). Transmission routes and treatment of brown ring disease affecting Manila clams (*Tapes philippinarum*). *Journal of Shellfish Research*, 17(4).
- MORALES, J.; GUTIÉRREZ, J.M.; DÍAZ, M.L.; MAMÁN, L. y MORILLO, M. (1998). Programa operativo de seguimiento a mesoescala del color oceánico en las aguas costeras de Huelva (SW-España). *Acta del Ist. Interdisciplinary Symposium On Estuarine Processes* 143-144.
- MORALES, J.; GUTIÉRREZ, J.M.; DÍAZ, M.L.; MAMÁN, L. y MORILLO, M. (1998). Spatio-Temporal variations of the phytoplankton absorption coefficient along the Huelva coast (SW-España). *Comunicación en acta al Second International Workshop on MOS-IRS an Ocean Color*. Berlin, June 10-12, 1998. Institute of Space Sensor Technology.. DLR.
- MORALES, J.; GUTIÉRREZ, J.M.; DÍAZ, M.L. y MAMÁN, L. (1997). A MOS-supported Scientific Program in the Atlantic-Mediterranean Interface Region. *Proceedings of the First International Workshop on MOS-IRS an Ocean Color*. Berlin, April 28-30, 1997. Institute of Space Sensor Technology. DLR.
- MORENO-GARRIDO, I. y CAÑAVATE, J.P. (2001). Assessing chemical compounds for controlling predator ciliates in outdoor mass cultures of the green algae *Dunaliella salina*. *Aquacultural Engineering* 24: 107-114.

- OCAÑA, A.; MORENO, O.; SANTAMARÍA, M. y MAMÁN, L. (1999). Ensayos de desintoxicación de PSP en el corruco (*Acanthocardia tuberculata*). *Actas de la 6ª Reunión Ibérica de Fitoplancton Tóxico y Biotoxinas*: 119-126. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Sevilla.
- ROMÁN, G.; CANO, J.; CAMPOS, J. y LÓPEZ-LINARES, J.I. (2001). *Biología y cultivo de la vieira en Málaga*. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca.
- ROMERO, M.Z.; PATRÓN, A.M.; MUÑOZ, J.L.; SÁNCHEZ-LAMADRID, A. y CÁRDENAS, S. (1997) Relaciones talla-peso en 15 especies de peces del Golfo de Cádiz. *II Simposio sobre el Margen Continental Ibérico Atlántico*. Cádiz, septiembre 1997.
- ROYO, A. y CARMONA, M. P. (1998). Evaluación del cultivo en estanque de los descartes de la pesca de la chirla (*Chamelea gallina* L.) (Bivalvia, Veneridae). *Nova Acta Científica Compostelana*, (Biología), 9: 313-319.
- ROYO, A.; QUINTERO, D.; HURTADO-BURGOS, M. y HURTADO CANCELO, M. (1999). Primeros datos sobre el cultivo (engorde) de la almeja japonesa (*Ruditapes philippinarum* Adams & Reeve, 1850) en la zona intermareal de la provincia de Huelva. *Actas del VII Congreso Nacional de Acuicultura*. Las Palmas de Gran Canaria, abril 1999.
- ROYO, A.; QUINTERO, D.; HURTADO-BURGOS, M. y HURTADO CANCELO, M. (1999). Comparación del rendimiento de los cultivos a altas densidades de siembra de las almejas fina (*Ruditapes decussatus* L. 1758) y japonesa (*Ruditapes philippinarum* Adams & Reeve, 1850), en la zona intermareal. *Actas del VII Congreso Nacional de Acuicultura*. Las Palmas de Gran Canaria, abril 1999.
- ROYO, A.; QUINTERO, D.; HURTADO-BURGOS, M. y HURTADO CANCELO, M. (1999). Cultivo de la almeja fina (*Ruditapes decussatus* L. 1758) a altas densidades; en niveles superiores de bajamar; en la zona intermareal. *Actas del VII Congreso Nacional de Acuicultura*. Las Palmas de Gran Canaria; abril 1999.
- ROYO, A.; QUINTERO, D.; HURTADO-CANCELO, M. y HURTADO-BURGOS, M. (1999). Crecimiento y mortalidad en cultivos de almejas fina (*Ruditapes decussatus* L. 1758) y japonesa, (*Ruditapes philippinarum* Adams & Reeve, 1850) a diferentes niveles de cobertura mareal. *Actas del VII Congreso Nacional de Acuicultura*. Las Palmas de Gran Canaria, abril 1999.
- SÁNCHEZ DE LAMADRID REY, A. (2001). Effectiveness of four methods for tagging juveniles of farm-reared gilthead sea-bream, *Sparus aurata*. *Fisheries Management and Ecology* 8(3): 271-278.
- SÁNCHEZ DE LAMADRID REY, A. (2001). The use of alizarin complexone for immersion marking of otoliths of larvae of gilthead sea bream, *Sparus aurata* L. *Fisheries Management and Ecology* 8(3): 279.
- SÁNCHEZ DE LA MADRID REY, A.; GARCIA-GALLEGO, M.; SANZ, A.; MUÑOZ, J.L.; DOMEZAIN, J.; SORIGUER, M.C.; DOMEZAIN, A. y HERNANDO, J.A. (2000). Acclimation of the sturgeon *Acipenser naccarii* Bonaparte 1836 to saltwater: effect of age and weight. *Options Méditerranéennes* 47: 337-342.
- SÁNCHEZ DE LAMADRID REY, A. (1998). Assesment of season, fish size and place of release of reared Gilthead sea bream, destined to stocking at sea. *1988 ICES Annual Science Conference*. Cascais.
- SÁNCHEZ DE LAMADRID REY, A. (1998). Repoblación de peces en el Mar. En: *Encuentro Medioambiental Almeriense, en busca de soluciones*, pp 89-102. Universidad de Almería.
- SANCHEZ DE LAMADRID REY, A. (1997). Efectividad de cinco métodos de marcaje de larvas y juveniles de dorada cultivada (*Sparus aurata*, L.) para su liberación al mar. *Actas del VI Congreso Nacional de Acuicultura*. Cartagena.
- SANCHEZ DE LAMADRID REY, A; ZARAGOZA, V. y VIOQUE, J.E. (1997). Influence of Diet and Experience in Predator Efficiency in gilthead Sea Bream *Sparus aurata*. *Actas del VI Congreso Nacional de Acuicultura*. Cartagena.
- SÁNCHEZ MOLINA, A.; LÓPEZ LINARES, J.I. y MÁRQUEZ PASCUAL, I. (2001). *Posibilidades pesqueras del bivalvo Venus nux en Málaga y Granada*. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca.
- YÚFERA, M.; FERNÁNDEZ-DÍAZ, C.; CAÑAVATE, J.P. y PASCUAL, E. (2001). *Evaluación de dietas inertes microencapsuladas para el cultivo larvario de peces marinos (Dorada y Lenguado)*. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca.

POLÍTICA, ECONOMÍA Y SOCIOLOGÍA AGRARIAS

CONGRESOS Y JORNADAS

FORMACIÓN AGRARIA

AGRICULTURA

GANADERÍA

PESCA Y ACUICULTURA

R.A.E.A.



JUNTA DE ANDALUCÍA

Consejería de Agricultura y Pesca