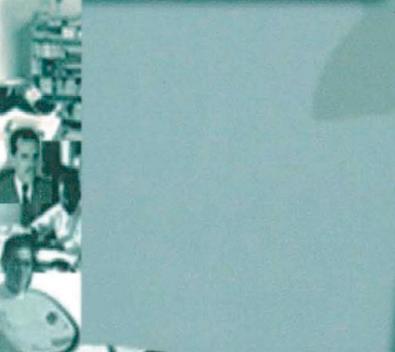


INSTITUTO DE CIENCIAS MARINAS DE ANDALUCÍA

1955 - 2005



*Años  
de investigación en  
Biología Marina,  
Acuicultura y  
Oceanografía en Cádiz*

Alberto M. Arias García

**CSIC**

Consejo Superior de Investigaciones Científicas





**EL INSTITUTO DE CIENCIAS MARINAS DE ANDALUCÍA  
50 años de investigación en Biología Marina,  
Acuicultura y Oceanografía en Cádiz**



ALBERTO MANUEL ARIAS GARCÍA

**EL INSTITUTO DE CIENCIAS MARINAS DE ANDALUCÍA  
50 años de investigación en Biología Marina,  
Acuicultura y Oceanografía en Cádiz**



CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS  
INSTITUTO DE CIENCIAS MARINAS DE ANDALUCÍA  
MADRID, 2006

Reservados todos los derechos por la legislación en materia de Propiedad Intelectual. Ni la totalidad ni parte de este libro, incluido el diseño de la cubierta, puede reproducirse, almacenarse o transmitirse en manera alguna por medio ya sea electrónico, químico, mecánico, óptico, informático, de grabación o de fotocopia, sin permiso previo por escrito de la editorial.

Las noticias, asertos y opiniones contenidos en esta obra son de la exclusiva responsabilidad del autor o autores. La editorial, por su parte, sólo se hace responsable del interés científico de sus publicaciones.

Aportaron fotografías para este trabajo: Angélica Castro Vázquez, Concepción González Vaello, Miguel Massutí Oliver, Fernando Cervigón Marcos, Juan Antonio Seoane Camba, María del Carmen Monge Delgado, Francisco Castelló Orvay, Manuel Gutiérrez Rodríguez, Mariana Espigares Buitrago, Emilio Pascual Vázquez, José María Espigares Buitrago, Antonio Rodríguez Martín, Pedro Herrera Rodríguez, Luis María Lubián Chaichío, Manuel Yúfera Ginés, Carlos García García, Familia Sánchez Esteve, María del Carmen Sarasquete Reiriz, Abelardo Gómez Parra, Catalina Fernández Díaz, Inmaculada López de la Rosa, Isabel Emma Huertas Cabilla, Susana Rodríguez Gálvez, Juan Ignacio González Gordillo, José Antonio Cuesta Mariscal, Christoph D. Schubart, Gonzalo Martínez Rodríguez, Javier López Santiago, Gabriel Navarro Almendros, Francisco Herrera Rodríguez y Alberto Manuel Arias García



Catálogo general de publicaciones oficiales

<http://publicaciones.administracion.es>

© CSIC

© Alberto Manuel Arias García

NIPO: 653-06-104-8

ISBN: 84-00-08487-X

Depósito Legal: M.50.362-2006

Imprime: Sociedad Anónima de Fotocomposición. Talisio, 9 - 28027 Madrid

Impreso en España – *Printed in Spain*

*La más larga caminata  
comienza con un paso*

Proverbio hindú



*A todo el Personal  
del ICMAN*

# AGRADECIMIENTOS

Me he sentido muy honrado por el encargo de redactar esta síntesis de los primeros 50 años de historia del Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía. Por ello, vaya por delante mi más sincero agradecimiento a María del Carmen Sarasquete Reiriz, directora del Instituto, y a Emilio Pascual Vázquez, Antonio Rodríguez Martín, Luis María Lubián Chaichío, Manuel Yúfera Ginés, María del Pilar Drake Moyano, Julián Blasco Moreno, Gonzalo Martínez Rodríguez y Javier Tomás Ruiz Segura, compañeros del Claustro Científico, por la confianza que depositaron en mí para esta tarea y por sus sugerencias y revisión crítica del manuscrito. En este último aspecto, también contribuyeron eficazmente los siguientes científicos del Instituto: José Antonio Cuesta Mariscal, Ignacio Moreno Garrido, Isabel Emma Huertas Cabilla, Gabriel Navarro Almendros, Susana Rodríguez Gálvez y Catalina Fernández Díaz.

Quiero también dejar constancia de mi profundo agradecimiento y reconocimiento a los pioneros del Instituto con los que he podido entrar en contacto: Angélica Castro Vázquez (viuda de Rodríguez-Roda), Antonio Figueras Montfort, Miguel Massutí Oliver, Fernando Cervigón Marcos, Manuel Durán Ordyniana, Juan Antonio Seoane Camba, María del Carmen Monge Delgado, Concepción González Vaello (viuda de Establier), María del Carmen Oneto García, Álvaro Cardona Bendito, Francisco Castelló Orvay y Manuel Gutiérrez Rodríguez, que accedieron gustosamente a ser entrevistados (algunos repetidas veces) para recuperar sus vivencias y aportaron valiosos escritos y fotografías, ayudándome de forma decisiva a reconstruir los primeros años del Instituto. En este sentido, expreso igualmente mi agradecimiento a Víctor Restrepo, que puso a mi disposición la "Documentación Rodríguez-Roda" depositada en la sede de la ICCAT en Madrid, a Antonio Sánchez (hijo), que facilitó una fotografía de su padre, arquitecto del primer edificio del Laboratorio de Cádiz del Instituto de Investigaciones Pesqueras, a Crisanto Gutiérrez Armenta, que envió fotos del microscopio de 1875 utilizado por su padre (M. Gutiérrez), y a Francisco Herrera Rodríguez, profesor de la UCA, que aportó fotos de M. Gutiérrez en el Ateneo de Cádiz tomadas por Carmen Fedriani.

Un agradecimiento especial para Mariana Espigares Buitrago, decana del Instituto y memoria viva de la historia del ICMAN. Nuestras frecuentes charlas sobre "los tiempos antiguos" han sido una valiosa fuente de recuerdos y anécdotas de cómo era la investigación y sus personajes cuando no había calculadoras, las gráficas se hacían en papel milimetrado, o a los boquerones se les colocaba "un dorsal" numerado para estudiarlos. Asimismo, agradezco a José María Espigares Buitrago su eficaz ayuda detectivesca para encontrar direcciones, categorías, fechas, teléfonos y correos electrónicos de muchos antiguos miembros del ICMAN.

Y mil gracias al resto de compañeros del Instituto. Cada uno en su especialidad contribuyó con documentos, fotografías, interpretaciones de resultados, aclaraciones técnicas, detalles, anécdotas... y con algo fundamental en estos casos: buen humor.

Todos ellos son también autores de este libro.

Gracias a todos

Alberto M. Arias García  
*Febrero de 2006*



# ÍNDICE

---

<b>PRÓLOGO</b> .....	15
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	19
<b>PRIMERA PARTE</b>	
<b>Historia del Instituto</b>	
• Fundación y primeros años (1955-1959) .....	25
• Crecimiento y consolidación y (1960-1978) .....	41
• Autonomía, nuevo edificio y nuevo nombre (1978-1989) ....	59
• Dimensión actual (1990-2005) .....	77
<b>SEGUNDA PARTE</b>	
<b>Aportaciones a las Ciencias Marinas</b>	
• Introducción .....	91
• Pesquerías .....	95
• Fitoplancton e hidrografía .....	109
• Composición química de especies de interés pesquero .....	117
• Algas marinas superiores .....	123
• Contaminación marina y Ecotoxicología .....	131
• Histología e Histoquímica .....	143
• Acuicultura .....	153
• Comunidades acuáticas .....	185
• Oceanografía interdisciplinar .....	199
<b>ANEXOS</b>	
<b>Listado de Personal</b> .....	209
<b>Tesis Doctorales realizadas en el ICMAN</b> .....	215



# Prólogo



El presente volumen recoge una síntesis de los 50 años de historia del Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía (ICMAN-CSIC). Constituye una revisión histórica de la investigación en Biología Marina, Acuicultura y Oceanografía en Cádiz que ofrece una completa recopilación de las aportaciones científicas más relevantes de este Instituto, muchas de las cuales han contribuido al desarrollo industrial y a la protección de ecosistemas litorales del Golfo de Cádiz.

Es para mí una satisfacción como Directora de este Instituto decir que el ICMAN realiza una actividad científica de prestigio, cuyos resultados se publican en las mejores revistas científicas internacionales. Nuestra capacidad de formación de nuevos investigadores es igualmente considerable, sobre todo en los últimos 15 años, en los que la proximidad física de nuestro edificio a la Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales de la Universidad de Cádiz ha potenciado la creación de líneas y Unidades Asociadas de Investigación en respuesta a las demandas actuales.

Considero que nuestra misión futura como científicos es continuar esta tarea al más alto nivel posible, haciendo investigación en Ecología Marina, Oceanografía, Calidad Ambiental y Acuicultura, para que el conocimiento científico sea aplicable a la conservación racional de los ecosistemas marinos de nuestro entorno y al desarrollo de las actividades económicas a ellos asociadas.

La próxima ampliación del edificio, financiada con fondos FEDER y del CSIC, con la construcción de un ala de tres plantas con más laboratorios y despachos, prevista para nada más empezar el segundo cincuentenario, y la continua llegada de investigadores jóvenes y de personal de apoyo abren un futuro optimista para nuestro Instituto, que espera seguir siendo un centro plenamente preparado para afrontar con éxito los nuevos retos planteados en nuestro entorno en el ámbito de las Ciencias Marinas.

Al conmemorar ahora el 50 aniversario de la fundación del Instituto queremos rendir homenaje a todo el personal que formó parte de él en estas cinco primeras décadas. Todos contribuyeron a darle y a mantener el reconocido prestigio que hoy tiene. De modo muy especial expresamos nuestro reconocimiento y gratitud a los pioneros que, con escasísimos medios pero con extraordinaria laboriosidad y entrega, se esforzaron en sacarlo adelante, algo que para algunos fue mucho más que una mera obligación profesional.

¿Y qué mejor forma de rendirles homenaje que dejar constancia escrita e ilustrada de nuestra historia común? Para llevar a cabo esta tarea difícil y laboriosa el Claustro Científico del ICMAN acordó que el Dr. Alberto M. Arias, uno de los científicos con más antigüedad en el ICMAN y dispuesto a asumir el reto, se hiciera cargo de la edición del libro que ahora presentamos. Con gran empeño y dedicación, rastreando todas las pistas posibles, entrevistando a los pioneros del ICMAN ya jubilados y a familiares de los desaparecidos, y revisando nuestra abundante producción científica, el Dr. Arias ha desarrollado un trabajo de gran mérito y ha sacado a la luz hechos que la mayoría de los miembros en activo desconocíamos y que nos ayudan a entender nuestra trayectoria científica. Con rigor y objetividad, y con algunas anécdotas

entrañables, este libro recoge aspectos importantes y emotivos para todos los que formamos parte de esta historia, nuestros pioneros, nuestra gente y nuestras contribuciones al desarrollo socioeconómico del entorno próximo, como el lanzamiento de la industria de la acuicultura o el seguimiento de la contaminación, entre otros.

Cuando era pequeña y acompañaba por las tardes a mi padre a la Lonja pesquera de Santa Uxia de Ribeira, en La Coruña, oía muy a lo lejos, casi desde la Isla de Ons, las sirenas de los barcos que llegaban y las gaviotas revoloteando a su alrededor. Después, asistíamos a la subasta de las cajas de cigalas, nécoras, merluzas, sardinas, fanecas..., y siempre pensaba en que quería ser pescadera. Más tarde admiré a Rodríguez de la Fuente y a Cousteau... Hoy pienso que ser un investigador marino del CSIC es un privilegio, y haber tenido una experiencia en su gestión una satisfacción.

Mi felicitación y gratitud al autor, investigador del CSIC, artista y científico naturalista, que hago extensiva a todos los compañeros y amigos que le han ayudado. Estoy convencida de que las nuevas generaciones de científicos y de personal de apoyo que pasarán por el ICMAN en los años venideros sacarán provecho de este libro, escrito, me consta, con gran cariño por el Instituto.

GRACIAS A TODOS

María del Carmen Sarasquete Reiriz

*Puerto Real, a 20 de febrero de 2006*

# **Introducción**



El Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía (ICMAN), perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), celebra en 2005 el cincuenta aniversario de su creación, un acontecimiento que, por diversas circunstancias, pasó desapercibido en su época, pero que con el tiempo ha adquirido suficiente importancia como para que ahora estemos obligados a recordarlo y a dejar constancia de la labor realizada en este medio siglo de historia.

Con este motivo, en una Reunión Informativa del Claustro Científico del ICMAN celebrada el 3 de marzo de 2005, se acordó que me hiciera cargo de la edición de una Memoria Conmemorativa que recogiera de una manera sencilla y divulgativa, pero ordenada y rigurosa, una visión general de nuestra trayectoria y de las principales aportaciones científicas en las distintas líneas de investigación en las que hemos trabajado.

Ahora, a la vista del trabajo realizado, puedo decir que la información utilizada para poner en pie esta historia procede de las cuatro fuentes siguientes:

1) Producción científica y documentación del ICMAN. El contenido de esta Memoria se basa en gran medida en las publicaciones de los distintos investigadores que han trabajado en el Instituto en estos 50 años. Una lectura con la profundidad suficiente de “casi todos” sus artículos en revistas especializadas, libros, comunicaciones a congresos, informes, tesis doctorales y tesinas de licenciatura, cursos y conferencias me ha permitido apreciar con detalle -y valorar aún más- los logros científicos de mis compañeros. Asimismo, la posibilidad de analizar sus currículos y de leer detenidamente los objetivos perseguidos en sus carreras investigadoras, ha sido una gran ayuda para obtener más fácilmente una visión de conjunto de nuestra trayectoria y logros científicos.

Por otra parte, la documentación del ICMAN sobre expedientes del personal ha sido esencial para conocer fechas de ingreso, periodos de estancia en el Instituto, etc., así como para situar y conocer detalles de hechos y acontecimientos diversos que jalonan nuestra historia. En este sentido, fue fundamental el haber podido estudiar la “Documentación Rodríguez-Roda”, depositada en la sede de la ICCAT (Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico) en Madrid. Allí encontré valiosos documentos sobre los programas de investigación que trazó J. Rodríguez-Roda, el fundador del Instituto y director durante 24 años, imprescindibles para comprender, entre otras cosas, el arranque del Instituto, las enormes dificultades iniciales y los programas de investigación previstos.

Igualmente, el libro “*El Instituto de Investigaciones Pesqueras. Tres décadas de historia de la investigación marina en España*”, de Ángel Guerra y Ricardo Prego, publicado en 2003 por el CSIC en la serie “Estudios sobre la Ciencia”, ha sido un complemento de gran utilidad para situar algunos acontecimientos en el contexto adecuado.

2) Entrevistas, conversaciones telefónicas, correos electrónicos, textos redactados para la ocasión y fotografías de la época, obtenidos de la

amabilidad de casi todos los antiguos miembros del ICMAN y de familiares de los ya desaparecidos, han sido una valiosa fuente de información para poner en pie los primeros años de nuestra historia. Numerosas personas han colaborado proporcionándonos este entrañable material. Sus recuerdos complementan la escasa información histórica escrita sobre nuestro Instituto.

3) Los miembros actuales del ICMAN, que han desempolvado sus recuerdos, han puesto a mi disposición sus currículos, han respondido a cuantas cuestiones y dudas les he planteado sobre sus líneas de investigación o sobre distintos aspectos de su trabajo, han suministrado abundante material fotográfico y aportado valiosos comentarios y sugerencias al texto original.

4) Recuerdos y material fotográfico propios de 36 años en “la empresa”, en los que he sido espectador activo de esta historia, a caballo entre los pioneros del Instituto y las nuevas generaciones, lo que me ha permitido encajar las piezas de este variado y disperso puzzle de información científica y de trayectorias profesionales.

Con todo ello, esta revisión de la investigación en Biología Marina, Acuicultura y Oceanografía en Cádiz ofrece una recopilación suficientemente amplia de la historia del ICMAN y de sus logros en el ámbito de las Ciencias Marinas, muchos de los cuales han contribuido al desarrollo industrial de la Bahía de Cádiz y a la protección de los ecosistemas litorales del Golfo de Cádiz.

Para una mejor comprensión de la información recopilada, el libro tiene dos partes bien diferenciadas. La primera, dividida en cuatro periodos, se ocupa en describir el ámbito general de nuestra historia. Los periodos están establecidos en función de acontecimientos relevantes, como la fundación, el crecimiento, la autonomía y el nuevo edificio, y la situación actual. La segunda repasa nuestras principales aportaciones científicas en el campo de las Ciencias Marinas, agrupadas en nueve grandes bloques temáticos: pesquerías, fitoplancton e hidrografía, composición química, algas marinas superiores, contaminación, histología, acuicultura, comunidades acuáticas y oceanografía, expuestos siguiendo un orden cronológico.

El libro incluye dos anexos. El primero es el listado de todo el personal que ha estado vinculado contractualmente al ICMAN durante estos 50 años, ordenado por fecha de ingreso. El nombre de cada miembro va acompañado del puesto de trabajo desempeñado y del periodo de tiempo de la vinculación. Para el personal en activo, la denominación del puesto de trabajo está actualizada a 2006. El segundo anexo, recoge la relación cronológica de todas las tesis realizadas en el ICMAN (o dirigidas por algún científico del Instituto a doctorandos de otras Instituciones), trabajos que en una Memoria de esta naturaleza son un buen indicador de la actividad científica desarrollada.

# Primera parte

## Historia del Instituto

- Fundación y primeros años (1955-1959)
- Crecimiento y consolidación (1960-1978)
- Autonomía, nuevo edificio y nuevo nombre (1978-1989)
- Dimensión actual (1990-2005)



# FUNDACIÓN Y PRIMEROS AÑOS

1955 – 1959





## Fundación y primeros años (1955-1959)

La fundación del Laboratorio de Cádiz del Instituto de Investigaciones Pesqueras fue un hecho peculiar, por cuanto que ocurrió en un espacio de tiempo bastante dilatado y en una curiosa secuencia de escenarios geográficos.



Julio Rodríguez-Roda, en la Reunión de la ICCAT en Roma en 1969. Foto cedida por Angélica Castro

El fundador de este centro pionero de investigación en Biología Marina en Cádiz fue el Dr. Julio Rodríguez-Roda Compaired, Profesor de Investigación del CSIC. Nacido en Madrid el 2 de octubre de 1913, J. Rodríguez-Roda estudió el bachillerato en Castellón de La Plana, en Las Palmas de Gran Canaria y en Barcelona, ciudad esta última en la que vivió desde 1930. Allí estudió la carrera de Ciencias Naturales, terminando la licenciatura universitaria en 1942. Antes de dedicarse a la investigación estuvo unos años de profesor en Igualada. Después volvió a Barcelona y, sin dejar del todo la enseñanza, empezó a asistir al Laboratorio de Zoología de la Universidad barcelonesa. En este Laboratorio, que a partir del 10 de abril de 1943 sería la sede del Instituto de Biología

Aplicada, organismo perteneciente al CSIC dentro del Patronato Juan de la Cierva de Investigación Científica y Técnica, era director el Dr. Francisco García del Cid y Arias y allí trabajaba como investigador el Dr. Buenaventura Andreu Morera, que sería gran amigo de J. Rodríguez-Roda en lo sucesivo.

Desde 1946 hasta 1949 J. Rodríguez-Roda estuvo como becario en este Instituto y empezó a investigar sobre Tardígrados (animales microscópicos, apenas estudiados hasta entonces y curiosamente el polo opuesto en tamaño al de los que años más tarde acapararían su atención investigadora: los atunes). Sobre este grupo zoológico publicó seis trabajos, en uno de los cuales citó a *Echiniscus pooensis*, una especie nueva para la Ciencia que descubrió examinando muestras de arena que le suministraron desde Fernando Póo. Su tesis doctoral, leída en Madrid el 14 de abril de 1950, también versó sobre Tardígrados.

En el libro de Guerra y Prego (2003) se indica que en el Instituto de Biología Aplicada, el 18 de febrero de 1949, el Patronato Juan de la Cierva creó la Sección de Biología Marina, integrada por un reducido grupo de trabajo. Poco después, el 15 de marzo del mismo año, esta Sección organizó el curso de especialización titulado “Introducción a la Investigación Pesquera”, que se impartió en Barcelona y en Blanes hasta septiembre, y en el que fue profesor, entre otros, el Dr. Ramón Margalef López. J. Rodríguez-Roda se matriculó y asistió a este curso y, a su término, quedó adscrito a la Sección de Biología Marina con la categoría de Colaborador Científico del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Finalizado el curso, el 5 de noviembre de 1949, fue destinado al Laboratorio Costero del Grao de Castellón, del que B. Andreu sería el primer director.



Blanes, verano de 1949. Integrantes del Curso “Introducción a la Investigación Pesquera”. De izquierda a derecha, detrás: Pedro Arté, Ramón Margalef, Miguel Massutí y Julio Rodríguez-Roda; delante, Buenaventura Andreu, Miguel Durán; Manuel Gómez Larrañeta, el Sr. Faust y José María Camps. Foto enviada por M. Massutí.



1950. Primer equipo de Biología marina del Laboratorio del Grao de Castellón a la entrada del edificio. De izq. a dcha, M. Gómez Larrañeta, Maruja (su esposa), A. Figueras, J. Rodríguez-Roda y M. Massutí. Foto enviada por M. Massutí.

Dos años más tarde, el 3 de octubre de 1951, la Junta de Gobierno del CSIC acordó que la Sección de Biología Marina pasase a llamarse “Instituto de Investigaciones Pesqueras” (IIP), que seguiría teniendo su sede en Barcelona y continuaría bajo la dirección de F. García del Cid. De este recién creado IIP dependían entonces los laboratorios costeros de Castellón, Vinaroz y Blanes. En abril de 1951 B. Andreu se trasladó a Vigo para crear el primer Laboratorio del IIP en la costa atlántica, del que fue nombrado director el 12 de julio de ese mismo año, y que quedó inaugurado el 23 de septiembre de 1952. Con la marcha de Andreu a Vigo, el 5 de julio de 1951 Rodríguez-Roda fue nombrado

director del Laboratorio de Castellón. En este Centro, J. Rodríguez-Roda, que había empezado estudiando el plancton del litoral de Blanes, se inició pronto en el estudio de pesquerías del Levante español, en colaboración con B. Andreu y con M. Gómez Larrañeta, abordando aspectos de la biología de diversas especies de importancia comercial, como el besugo (*Pagellus acarne*), la caballa (*Scomber scombrus*) y, sobre todo, la sardina (*Sardina pilchardus*). También estudiaron las condiciones climáticas del mar en Castellón y su relación con la pesca, publicando varios artículos científicos que tuvieron gran repercusión en la gestión de las pesquerías levantinas.

La importancia de las pesquerías suratlánticas españolas no estudiadas hasta entonces, justificaba la necesidad de ubicar un centro de investigación en el Golfo de Cádiz. Con la sólida formación y experiencia en biología pesquera adquirida durante sus años en el Laboratorio de Castellón, J. Rodríguez-Roda recibe de F. García del Cid el ofrecimiento de desplazarse a Cádiz y crear allí un Laboratorio, del que sería su director. En un artículo que publicó en 1957 en *Industrias Pesqueras*, dando a conocer la existencia en Cádiz de un nuevo Laboratorio del Instituto de Investigaciones Pesqueras, J. Rodríguez-Roda decía lo siguiente: “Dada la carencia en estas costas suratlánticas de un laboratorio dedicado a los seres marinos, del estudio de las causas de las crisis pesqueras, de la evolución de la pesca en el transcurso de los años y, en una palabra, de todo lo concerniente con el mar, sus moradores y su explotación, se pensó en la conveniencia de que el Instituto de Investigaciones Pesqueras, instalado ya en Barcelona, Blanes, Castellón y Vigo, ampliase su radio de acción y fundase un nuevo laboratorio en estos mares.”

J. Rodríguez-Roda acepta la propuesta y cesa como Director de Castellón el 9 de julio de 1954. Al día siguiente (10 de julio de 1954) y antes de viajar a Cádiz, contrae matrimonio en esta ciudad con Angélica Castro Vázquez. Tras una corta estancia en Barcelona, se trasladan a Vigo, con la intención de permanecer allí un mes para conocer el nuevo Laboratorio del IIP y adquirir ideas para la nueva fundación en Cádiz. Sin embargo, la estancia en Vigo se prolonga seis meses más, en los que J. Rodríguez-Roda trabajaba con



J. Rodríguez-Roda en el Laboratorio de Vigo del Instituto de Investigaciones Pesqueras, el 3 de diciembre de 1954. Foto cedida por Angélica Castro.

B. Andreu (entonces director de Vigo, como ya quedó dicho) en los estudios de la sardina, al tiempo que hacía alguna visita a Cádiz para revisar con el arquitecto gaditano Antonio Sánchez Esteve el proyecto de construcción del nuevo Laboratorio del IIP en la capital gaditana, cuyos planos estuvieron finalizados en diciembre de 1954.



El número 20 de la calle Bolsa, en Sanlúcar de Barrameda. Foto A. M. Arias (septiembre 05).

A finales de enero (o principios de febrero, según otras versiones) de 1955 ya sí se trasladó con su esposa a Cádiz. No obstante, como ella estaba próxima a dar a luz a su primer hijo (que nació el 5 de marzo de 1955), se instalaron provisionalmente en Sanlúcar de Barrameda en la casa de unos amigos (calle Bolsa, 20).

No existe fecha de la fundación del Instituto, ni tampoco ningún documento ni nota de prensa que lo acredite. J. Rodríguez-Roda, en el texto de una conferencia que pronunció en Cádiz en 1978 (23 años después), decía: "...nuestro Laboratorio de Cádiz fue fundado en febrero de 1955". Debía referirse a la intención de fundarlo o al hecho de trasladarse ya a Cádiz para fundarlo, porque, en realidad, en esa fecha el Laboratorio era aún "virtual", sólo un proyecto, unos planos.

Poco después, el 26 de marzo de 1955 (y probablemente a petición propia), recibió un escrito oficial firmado por García del Cid, director del Instituto de Investigaciones Pesqueras, en el que éste certifica que J. Rodríguez-Roda "desempeña el cargo de Director del Laboratorio del mismo [Instituto] en Cádiz". A falta de otros testimonios, este documento y la fecha en que está datado debemos considerarlos como el acto fundacional de nuestro Instituto, que, sin embargo, aún no contaba con una sede construida.



Certificado del 26 de marzo de 1955 que acredita que J. Rodríguez-Roda era el Director del Laboratorio de Cádiz (Documentación ICMAN).

La estancia en Sanlúcar de Barrameda, que iba a ser por unos quince días, se prolongó nueve meses más. En este tiempo J. Rodríguez-Roda viajaba con frecuencia a Cádiz para realizar las gestiones sobre los terrenos y las obras del nuevo Laboratorio, así como para empezar a conocer el estado de las pesquerías de la región suratlántica española, sobre las que ya, en septiembre de ese mismo año 1955, presentó una comunicación en la II Reunión sobre Productividad y Pesquerías, celebrada en Vigo, citando las principales modalidades de pesca, las especies capturadas y las cantidades desembarcadas en los distintos puertos, desde Ayamonte hasta Algeciras.

En noviembre (o septiembre, según otros escritos suyos) de 1955 se traslada definitivamente con su familia a vivir a Cádiz capital. Alquiló un piso en el barrio de San Severiano, en el que utilizó una habitación como “despacho-laboratorio”. Allí tenía “libros, mapas y una máquina de escribir”, según Angélica Castro, su esposa, y allí trabajó, desde el 4 febrero de 1956, Antonio Figueras Montfort, el primer científico compañero de J. Rodríguez-Roda. Por lo tanto, debemos considerar también que esta habitación fue la “primera sede” del Laboratorio de Cádiz del Instituto de Investigaciones Pesqueras.

A. Figueras se había desplazado a Cádiz por vía marítima desde Barcelona. Vino a Cádiz para recoger otolitos de algunas especies de peces, pero de vez en cuando acompañaba a J. Rodríguez-Roda a Barbate al estudio de los atunes, y también hizo algunas prospecciones en las playas de Cádiz para localizar especies de moluscos bivalvos y conocer las posibilidades de la bahía para instalar viveros de engorde de ostra y mejillón.



Dos vistas de la habitación del domicilio de J. Rodríguez-Roda en Cádiz, en marzo de 1956. Esta fue la primera “sede” del Laboratorio de Cádiz. La Lexicon-80 ocupaba un lugar preeminente. En las estanterías se observan un pequeño botijo y un reloj-despertador, precursor de los actuales relojes de fichar. Fotos enviadas por A.



En la foto de la izquierda, J. Rodríguez-Roda con su esposa Angélica, su hijo Julio y Antonio Figueras en el domicilio del matrimonio en San Severiano, en 1956. Foto enviada por A. Figueras. A la derecha, vista actual de la fachada del edificio de San Severiano. Las tres ventanas centrales de encima del balcón corresponden al domicilio de J. Rodríguez-Roda, una de cuyas habitaciones fue la primera “sede” del Laboratorio de Cádiz, del IIP. Foto: A. M. Arias, marzo de 2005.

Figueras, que actualmente tiene 87 años, escribió lo siguiente cuando le solicitamos sus recuerdos para incorporarlos al libro: “El Laboratorio consistía en una más bien pequeña habitación del piso donde vivía el Dr. Rodríguez-Roda, en la que había una mesa, una máquina de escribir y una

estantería para libros y alguna carpeta”. La máquina, según recuerda Mariana Espigares Buitrago -Ayudante de Investigación de J. Rodríguez-Roda durante los últimos 16 años de la vida laboral de éste-, era una “Lexicon-80, lo último en tecnología por aquel entonces”.

Así estuvieron hasta mayo de 1956, cuando J. Rodríguez-Roda alquiló unos bajos en un refino-mercería en la Plaza Viudas, la que durante un año sería la “segunda sede” del Laboratorio de Cádiz del IIP. En este local, de unos 6 metros de largo y 4 m de ancho, había, según recuerda Angélica, “tres o cuatro mesas, una máquina de escribir, algún microscopio, estanterías y un cuarto de baño sin puerta, con una cortina”. En su artículo de *Industrias Pesqueras*, J. Rodríguez-Roda escribió acerca de este local: “Accidentalmente, y mientras dura la construcción, el Instituto alquiló un pequeño local en Cádiz, desde el cual se pudieron verificar algunos pequeños trabajos y toma de datos.”



Año 1956. Arriba, a la izquierda, interior del local utilizado en la Plaza Viudas, segunda “sede” del Laboratorio de Cádiz. La Lexicon-80 aparece enfundada y destaca la abundante bibliografía en los estantes. A la derecha, la Plaza Viudas vista desde la puerta del “Instituto”. Fotos: enviadas por A. Figueras y M. Massutí, respectivamente. Debajo, puerta y ventana del local alquilado en la Plaza Viudas, “segunda sede” del Laboratorio de Cádiz del IIP (marzo de 2005), y A. Figueras con su vespa en la Plaza de Mina de Cádiz, año 1956. Fotos: A. M. Arias y enviada por A. Figueras, respectivamente.

A. Figueras recuerda también que allí se dedicaban “principalmente a leer bibliografía para planear el futuro trabajo, y a visitar las almadrabas cercanas (Sancti Petri y Barbate), con el fin de ver las posibilidades de estudiar la biología de los atunes”, y que estos viajes los hacían en una moto Vespa que él había comprado de segunda mano a la familia Montes de Oca, en la que llevaba de “paquete” a J. Rodríguez-Roda, no sin esfuerzo la primera vez, ya que “por más que intentaba arrancar se me calaba el artefacto; hasta que lo aceleré a su medida”. Los viajes más largos, como a Sanlúcar de Barrameda o Barbate, los hacían en “coche de línea”. Manuel Gutiérrez y Mariana Espigares recuerdan que J. Rodríguez-Roda contaba que a la puerta de este local, que había sido antes una mercería, alguna señora entraba confundida a comprar, y que los chiquillos que jugaban en la calle se asomaban a curiosear y, bromeando, alguno más lanzado se atrevía a preguntar: “Oiga, ¿tienen hilo?”, y salían disparados corriendo.

En las modestísimas condiciones del local alquilado en la Plaza Viudas, J. Rodríguez-Roda empezó a trabajar en el estudio de las pesquerías de atún de las almadrabas suratlánticas. Entre el 1 de junio y el 27 de julio de 1956 tomó medidas biológicas de 300 atunes en Barbate. Fueron los primeros muestreos de campo de esta recién creada línea de investigación. Para ir a Barbate cogía el autobús. Según recuerda Angélica, J. Rodríguez-Roda permanecía en Barbate toda la semana, de lunes a viernes por la tarde. En el año 1961 adquirió su primer coche, un “seita”, con el que ya tuvo más libertad de movimientos y disponibilidad de tiempo, lo que le permitió ir y volver a Barbate en el día, aunque durante la temporada del atún (mayo a julio) iba casi todos los días. Trabajador incansable, una vez terminada la temporada del atún del año 1956, empezó inmediatamente a estudiar la biología de la sardina procedente de caladeros suratlánticos, examinando los primeros lotes de ejemplares el 3 de septiembre de ese mismo año.

En el local de la Plaza Viudas estuvieron trabajando un año. En mayo de 1957 se trasladaron al nuevo edificio que se construía en el puerto pesquero de Cádiz, cuyas obras habían empezado en mayo de 1956, pero que aún no estaba terminado.

La decisión de construir un nuevo Laboratorio del IIP en Cádiz se debió en gran medida al impulso de Manuel Lora Tamayo y de Juan Antonio Suances, Secretario General y Presidente del Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, respectivamente, y también al del entonces alcalde de Cádiz, José León de Carranza Gómez-Pablo.

A. Figueras en sus recuerdos cuenta que asistió con J. Rodríguez Roda al acto oficial de adjudicación de la obra del nuevo Laboratorio, que se hizo en la Alcaldía gaditana y a la que asistieron F. García del Cid y M. Lora Tamayo, que ya entonces había sido nombrado Ministro de Educación y Ciencia. Como Figueras era el único de los presentes que sabía escribir a máquina, mecanografió, al dictado de Rodríguez-Roda, la concesión de la obra. Para celebrar el acontecimiento, almorzaron en el restaurante El Anteojo, todo un símbolo del lujo gaditano de la época.





Cuatro vistas de las obras del edificio del Laboratorio de Cádiz. De arriba a abajo y de izquierda a derecha, primavera de 1956, finales de 1956, mayo de 1957 con Massutí delante del edificio casi terminado, y agosto de 1967. Fotos: 1, Figueras; 3, Massutí; 2 y 4, Rodríguez-Roda.



Vista de la fachada principal del edificio del Laboratorio de Cádiz del Instituto de Investigaciones Pesqueras a mediados de los años 60. A la derecha se observa el hueco de la azotea. Sobre el suelo y la acera se proyecta la sombra de la pared que delimita el recinto portuario. Foto: J. Rodríguez-Roda.

En el verano de 1957 terminan las obras del nuevo edificio, con lo que podemos considerar este como el último acto de la dilatada fase preparatoria y constructiva del “Laboratorio de Cádiz del Instituto de Investigaciones Pesqueras”. Sin embargo, en ningún documento consta que hubiera inauguración ni fecha de la misma. Asimismo, ninguno de los entrevistados que vivieron aquella época recuerda haber asistido a acto oficial alguno con tal motivo. De hecho, el acontecimiento no tuvo repercusión “mediática” alguna, pues, revisadas todas las ediciones del periódico local *Diario de Cádiz* de mayo a octubre de 1957, no aparece ninguna nota de prensa alusiva. En esto influyó, probablemente, el carácter de J. Rodríguez-Roda, poco dado a exhibiciones de cara al público.

En este punto cabe mencionar una anécdota que J. Rodríguez-Roda contaba, uno por uno, a cada becario que en años sucesivos nos incorporábamos al Instituto en la primera entrevista que teníamos con él. Cuando se publicaron los primeros artículos de investigación realizados en el nuevo Instituto, J. Rodríguez-Roda envió al alcalde Carranza algunas separatas de estos trabajos como acto de agradecimiento a su apoyo en la construcción del Instituto. El alcalde respondió poco después con un escrito oficial agradeciendo a su vez el envío de los “panfletos”. Tal epíteto dedicado a unos trabajos científicos que tanto esfuerzo había costado obtener sulfuró a J. Rodríguez-Roda, que no entendía la escasa sensibilidad científica de la máxima autoridad local. Sin embargo, la cosa no fue más allá de su típico “¡caray!”, exclamación que J. Rodríguez-Roda solía soltar cuando algo le sorprendía o contrariaba.

La existencia del nuevo Laboratorio quedó recogida únicamente en el artículo que J. Rodríguez-Roda publicó en 1957 en la revista *Industrias Pesqueras*, ya mencionado, en el que reproducía los planos de las dos plantas del edificio (parecidos a los originales que aquí mostramos) y, como única y remota referencia a la fecha de inauguración, decía “Actualmente [posiblemente, agosto de 1957] las obras han dado ya a su fin, faltando tan solo algún pequeño detalle en su interior, y se tiene la esperanza de que dentro de pocos días podrá funcionar el nuevo laboratorio.”



F. Montes

De hecho, la primera incorporación de personal auxiliar se produjo el 1 de septiembre de 1957, cuando entró Francisco Montes Jiménez, quién con la categoría de “mozo” ejercía diversas funciones de apoyo.

El nuevo edificio, de 375 m<sup>2</sup>, constaba de dos plantas, era muy espacioso y tenía una cómoda distribución de dependencias y laboratorios. En la planta baja había siete laboratorios de Biología Marina, el despacho de dirección y un amplio espacio para salón de actos y museo. El despacho de dirección y los dos laboratorios anejos se construyeron después en el lado opuesto al que se indicaba en el plano original. En la planta alta estaban, a la izquierda, los laboratorios de Química y de Plancton, y a la derecha, hacia la calle, una amplia habitación utilizada en principio como Biblioteca, y detrás una gran

azotea. En su artículo, J. Rodríguez-Roda lo describía así: “A la vista de la fotografía y planos del edificio se aprecia que, sin grandes ambiciones, se ha construido un laboratorio capaz de llevar a cabo la misión encomendada. Se compone de dos plantas, de las cuales la baja acondicionará la mayoría de los servicios de biología, museo y biblioteca, y la planta alta la sección de química, fotografía y sala de coloquios.”

Recién instalado en el nuevo edificio del puerto pesquero de Cádiz, pero ya con cierta experiencia sobre “los numerosos problemas que plantea el estudio de la pesca con base en la región Sudatlántica” -aspectos sobre los que venía trabajando desde que se instaló en Sanlúcar de Barrameda-, y con una notable carencia de medios para investigar y desplazarse a las zonas de estudio, el 7 de diciembre de 1955 J. Rodríguez-Roda redacta un documento de 14 folios en el que explica (¿a García del Cid?) el plan de trabajo a seguir en los próximos cinco años, y qué “especialidades le es posible abarcar” al flamante Laboratorio de Cádiz en sus investigaciones.

En este documento, titulado “PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN A DESARROLLAR, EN UN PERIODO DE CINCO AÑOS, POR EL LABORATORIO DE CÁDIZ” (del que existe una copia en la Documentación del ICMAN), y que, utilizando la terminología actual, podría considerarse como el “primer Plan Estratégico” del Instituto, J. Rodríguez-Roda explica con todo detalle las actividades globales por grupos de materias que tenía pensado abordar.

Consciente de que, según sus palabras, “ninguna de las investigaciones que estamos actualmente en condiciones de emprender puede apuntar seriamente a la resolución de problemas concretos”, y pese a que “La actual indigencia de medios de trabajo nos obliga a limitarnos a hacer un plan que no puede ser más que de entretenimiento.”, y a “la excesiva carga que pesa sobre el actual personal investigador”, traza un amplio programa de investigación dividido en tres grandes bloques de actividades: “Hidrografía y Fitoplancton”, “Plan de Estudios de Moluscos” y “Sección de Química”. Dependiendo de si podrían disponer de embarcación propia o no, planteaba cuál sería el alcance de los trabajos a realizar y de los resultados obtenidos.

En el primer bloque consideraba que “la labor del Laboratorio de Cádiz deberá proyectarse sobre las pesquerías del Mar de España y de las costas del Sahara Español y Mauritania, dando prioridad al esclarecimiento de las condiciones hidrográficas de la región comprendida entre los litorales ibérico y marroquí, entre Cabo San Vicente y Cabo Cantín”, áreas “cuyo estudio entra por completo dentro del Laboratorio de Cádiz”.

Para ello planteó un “estudio taxonómico del fito y zooplancton de la Costa Marroquí entre Larache y Sale-Rabat”, una “exploración de las condiciones planctológicas de las aguas de los caladeros saharianos” y un “estudio de las capturas de los trawlers para una exploración preliminar de la bionomía de los caladeros”. Estos trabajos comprendían cuatro expediciones de un mes de duración, que llevarían a cabo biólogos del Laboratorio a bordo de barcos arrastreros de Cádiz. En estas campañas se daría preferencia al

estudio de dos especies objetivo, la gamba (*Parapenaeus longirostris*) y la langosta ("*Palinurus mauritanicus*") en las "costas de Río de Oro", donde tenía previsto la "confección de una carta de pesca".

Con todo, preveía, sin embargo, que los resultados hidrográficos que podría obtener serían de "alcance muy limitado, porque todo trabajo hidrográfico presupone la perturbación de las labores pesqueras al exigir la paralización total de las mismas durante la toma de datos". Ante estas dificultades, pensaba que "en el mejor de los casos, la labor realizada se reducirá al registro de temperaturas entre 0 y 50 m de profundidad, con el aparato Thermistor de que dispone el laboratorio, y a la toma de muestras para salinidad a dos o a lo sumo tres profundidades".

Por otra parte, le interesaba mucho conocer la hidrografía y el fitoplancton del Golfo de Cádiz porque podría resolver lo que entonces creía "supuestas migraciones" del atún a través del Estrecho de Gibraltar y "dilucidar la existencia o no de un área de reproducción de dicha especie". Para conocer estos aspectos, y en el supuesto de que el Laboratorio dispusiera de embarcación propia, planteó estudiar las corrientes marinas y la composición faunística y florística del plancton y sus variaciones anuales.

En caso de no tener embarcación, planteaba seguir con el estudio de la biología del atún a partir de los desembarcos de la almadraba de Barbate -que, recordemos, venía haciendo incluso sin tener laboratorio (en su casa y en el local de Plaza Viudas)-, para conocer distintos aspectos de la biología de esta especie y determinar "si las poblaciones atlánticas y mediterráneas son la misma o diferentes". Un estudio biológico similar planteaba también hacer con la sardina, comparando las poblaciones del Golfo de Cádiz y de Marruecos. Para estos estudios consideraba "indispensable la posesión de un vehículo propio para obtener un máximo rendimiento y libertad de movimientos, ya que la supeditación a los coches de línea trae consigo grandes pérdidas de tiempo y poca precisión en el estudio."

También pensaba estudiar en los primeros cinco años del Instituto el langostino de Sanlúcar de Barrameda, a cuyos caladeros "podría intentarse el desplazamiento inclusive con la pequeña lancha para la bahía", es decir, con "la pequeña embarcación que nos presta amablemente el Ingeniero Director del Puerto de St<sup>a</sup> María, una vez por semana".

Dentro del "Plan de estudio de Moluscos", estimaba que el laboratorio de Cádiz podría revalorizar el ostión ("*Gryphaea angulata*") de la zona de Sanlúcar y el mejillón ("*Mytilus aedulis*") de la Bahía de Cádiz, el primero usado sólo como "conchilla" para abono y el segundo desaparecido por falta de protección. Con ello, pensaba, "se introduciría su explotación comercial con evidente beneficio para la economía de esta región".

Planteó hacer primero un estudio sistemático y ecológico de todas las especies de bivalvos litorales y de marisma y sus condiciones ambientales (fondos, hidrografía, biología), empezando por la bahía y ampliando luego a Sanlúcar, Huelva y Sancti Petri. Después, "para 1959 o 1960", se podrían

implantar viveros experimentales de mejillón en la bahía y parques de engorde para el ostión en Sanlúcar. Para estos trabajos consideraba importante “la adquisición de un vehículo que permita el acceso a las playas incomunicadas por los medios ordinarios de transporte, y la existencia de una estación de enlace en los lugares alejados, como Sanlúcar y Lepe”.

Finalmente, en su Programa tenía previsto que la “Sección de Química” llevara a cabo la “resolución de los problemas de la salinidad, fosfatos, oxígeno, nitratos y sílice y el estudio cuantitativo del fitoplancton”, tanto de aguas oceánicas de los caladeros marroquíes como de la Bahía de Cádiz, y que en 1958 emprendiera el “estudio sistemático de la composición de la gamba y los procedimientos más económicos y menos tóxicos para evitar el ennegrecimiento a bordo de las embarcaciones”, y, “si los medios lo permiten, se hará un estudio lo más completo posible, bajo el punto de vista químico, del ostión y de algunos peces comerciales característicos de estas pesquerías”.

Para llevar a cabo este amplio Programa de Investigación, J. Rodríguez-Roda contaba con Miguel Massutí Oliver, biólogo mallorquín, que ingresó en el mes de abril de 1957; Felipe Muñoz Sardón, químico castellanense, incorporado al Instituto en junio del mismo año; el ya citado Francisco Montes Jiménez, mozo, cordobés, desde septiembre, Fernando Cervigón Marcos, biólogo, y Miguel Durán Ordyniana, biólogo mallorquín, incorporados ambos en octubre.



M. Massutí



F. Muñoz



F. Cervigón



M. Durán

Fotos: 1, enviada por Massutí; 2 y 4, del libro de Guerra y Prego, 2003; 3, enviada por Cervigón

Este personal era insuficiente para tanto trabajo, por lo que en el documento reclama como indispensable la presencia de otro biólogo, como mínimo, y la de otro químico, porque los anteriores aspiraban a volver pronto a sus provincias de origen. También reclamaba personal auxiliar, como “dos laborantes más, con dominio de la mecanografía y conocimientos matemáticos y de idiomas, y la presencia de un mozo-patrón de enlace con las embarcaciones de pesca para obtener muestras”.

La escasez de medios era, sin duda, una característica de aquellos primeros años de nuestro Instituto. J. Rodríguez-Roda lo deja ver claramente varias veces en su Programa de investigación, al final del cual incluye una lista de “material de laboratorio indispensable”. En el primer lugar de la lista aparecía “una calculadora divisuma, ya que actualmente carecemos de ella”, algo que hoy, cincuenta años después, puede parecer increíble. En segundo

lugar figuraba un microscopio binocular, porque “el actual existente está asignado a un planctólogo que puede ser trasladado llevándoselo consigo”.



J. A. Seoane  
Foto cedida por J. A. Seoane

El 5 de diciembre de 1958 se incorpora al Instituto Juan Antonio Seoane Camba, biólogo gallego, con la categoría de Colaborador Científico. En principio estaba previsto que Seoane ayudaría en los estudios sobre peces, especialmente atún, pero su gran experiencia como algólogo y el mucho campo por investigar en esta especialidad en nuestras costas aconsejaron que se dedicase de lleno a los estudios de algas.

El 1 de junio de 1959 se incorpora María del Carmen Monge Delgado, con la categoría de “laboranta”, la primera mujer que trabajó en el Instituto, que ayudaba a J. Rodríguez-Roda en el examen de muestras y en labores de secretaría.



M. C. Monge  
Foto cedida por M. C. Monge

En el repaso de las principales líneas de trabajo desarrolladas en estos 50 años de investigación, que compone la segunda parte de este libro, se ve claramente que en el arranque del Instituto se siguió con bastante aproximación el Programa trazado por J. Rodríguez-Roda. Con la perspectiva que da el tiempo transcurrido, llama la atención, sin embargo, que no hubiera en este programa ninguna mención a estudios relacionados con cultivos marinos en las salinas de Cádiz, pese a que ya, unos 8 años antes, en 1949, en el documento de fundación del Instituto de Investigaciones Pesqueras, Andreu había previsto que el futuro Laboratorio que se construiría en Cádiz se encargaría de instalar “un parque de piscicultura en los esteros”, campo que, curiosamente, tanto ha marcado después los esfuerzos investigadores de las tres cuartas partes de la existencia de nuestro Instituto.

# CRECIMIENTO Y CONSOLIDACIÓN

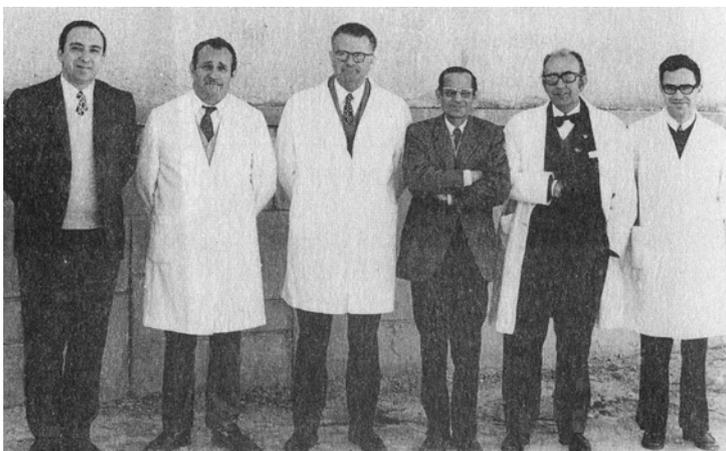
1960 – 1978





## Crecimiento y consolidación (1960-1978)

En la siguiente década, la de los años 60, se produjo la incorporación de tres científicos de procedencia ajena al CSIC, con vocación de “quedarse en Cádiz”, quienes, junto a J. Rodríguez-Roda, constituyeron los pilares que consolidaron al Instituto: Rafael Establier Torregrosa, químico, incorporado en 1960, que se encargó de continuar los estudios de hidrografía y fitoplancton de la Bahía de Cádiz; Manuel Gutiérrez Rodríguez, médico e histólogo, que ingresó en 1965 y empezó trabajando en la hematología del atún, y Emilio Pascual Vázquez, biólogo, incorporado en 1967, que inició los trabajos en acuicultura estudiando el ostión.



Con bata, de izquierda a derecha, Establier, Rodríguez-Roda, Gutiérrez y Pascual en el patio del Laboratorio de Cádiz, en 1970, durante una visita de Andreu y Fernández, Director y Secretario del Instituto de Investigaciones Pesqueras, cuarto y primero por la izquierda, respectivamente. Foto tomada del libro de Guerra y Prego, 2003.

En esta etapa hicieron una corta estancia como becarios los biólogos Álvaro Cardona Bendito (mayo 62 a abril 63) y Francisco Castelló Orvay (julio 64 a septiembre 65), procedentes de la Universidad de Barcelona.

Como personal de apoyo, en estos años se produjo la incorporación de nueve personas: las laborantas Carmen Velázquez Mellado (1961), María Paz Ferrari Varela (1962), María del Carmen Oneto García (1962), Braulia Pérez Calvo (1965) y Mariana Espigares Buitrago (1967); las limpiadoras Josefa Arriete Ortiz (196?), María Isabel Dhivert Torres (1962, fallecida en accidente de tráfico el 25 de mayo de 1969) y Josefa Dhivert Torres (1969), y el patrón de embarcación Antonio Vidal Jiménez (1966).



F. Castelló



M. C. Oneto



A. Vidal



M. Espigares

De ellos, M. C. Oneto y A. Vidal, han estado vinculados al Instituto hasta su jubilación hace pocos años; mientras que M. Espigares, ayudante de investigación, continúa en activo y es la decana del Instituto. Las seis restantes personas estuvieron trabajando en el Instituto cortos periodos.

M. Espigares recuerda, como así consta en algunos documentos oficiales de la época, que entonces se hacía “jornada prolongada” de 45 horas semanales. De lunes a viernes el horario era de 9 a 14 y de 16 a 19 horas, y ¡los sábados! de 9 a 14. Todo el personal trabajaba con dedicación exclusiva, para lo cual firmaba una declaración jurada en la que se comprometía “a no ejercer ninguna otra actividad, retribuida o no, fuera del Instituto de Investigaciones Pesqueras, salvo cuando se trate de cometidos o funciones expresamente encargados por la Superioridad” (extraído de una solicitud de M. C. Monge).

Hasta el año 1971, en el que se incorporó José María Espigares, el primer Auxiliar administrativo, la Administración corría a cargo de J. Rodríguez-Roda y de M. Espigares. J. Rodríguez-Roda se encargaba personalmente de ir al Banco, con “un maletín”, a recoger el dinero para pagar los sueldos del personal de plantilla y de los contratados. Una vez en el Instituto, preparaban las cantidades correspondientes a cada miembro del personal y las introducían en un sobre (“el sobre”). A continuación, en riguroso orden de categorías laborales y de antigüedad en el escalafón, J. Rodríguez-Roda iba llamándonos uno a uno a su despacho. Nos sentaba a su mesa, nos daba el sobre y decía: “Cuenta usted, cuenta usted, que yo puedo haberme equivocado”. Sacábamos el dinero y comprobábamos en su presencia que estaba todo correcto, hasta el último céntimo.



Los hermanos Espigares, Mariana y José María, en la “oficina” de Administración, en 1972.  
Foto: J. M. Espigares.

En 1976 empezó la buena costumbre de celebrar “la comida de Navidad”, un acto de confraternización relajado y divertido, complemento perfecto que luego siempre ha beneficiado a nuestra actividad científica. Antonio Vidal, con su caudal inagotable de historias marineras, de neologismos inverosímiles y de sentencias doctrinales (“si el pescado no pica el anzuelo es que tiene metido el tiempo atmosférico en la cabeza”), podía decir las mayores barbaridades sin inmutarse, y acababa convirtiéndose en el maestro de ceremonias de todas las comidas y en su principal atracción. Sus chistes eran sonados, pero sólo se sabía tres o cuatro y los repetía cada año, con lo que en sucesivas ediciones navideñas se convirtieron en parte del programa de actos. Y si Antonio no los contaba, el público se los pedía a gritos: ¡Antonio, “el de la cara ancha...”!; ¡Antonio, “el de la ermita...”!

A. Vidal fue todo un “personaje” en el instituto, un atractivo añadido a los muestreos en la bahía o en los despesques o a donde quiera que fuera; una caja de sorpresas continua. Igual que los bolsillos de su mono de trabajo, en los que guardaba de todo, lo más insospechado: cuerdas y alambres de variados tipos, alfileres de la ropa, navajas, mecheros, trapos grasientos, bolsas de plástico, la cartera de bolsillo, repleta de innumerables carnés y títulos, y hasta un taquito de exquisita mojama de atún de Barbate, de la que cortaba finas lonjas y ofrecía a los “muy amigos”.

Y si hablamos de A. Vidal hay que hablar a la fuerza de Saturnino González Ureba, “*Satu*”, Titulado Técnico Especializado, el *álter ego* de Antonio; su “apoderado” y “mozo de espadas” a la vez. Saturnino conoce al dedillo todas las “historias de Antonio Vidal” y las cuenta igual que las contaba Antonio, de forma que, jubilado Antonio, *Satu* las rememora incansablemente, con gran regocijo de los incondicionales de A. Vidal.

En los años 80 la comida de Navidad se complementaba con actividades lúdicas previas, como campeonatos de ping-pong, de dardos o de captura de anguilas vivas con las manos, y se entregaban los trofeos correspondientes a

los ganadores en un improvisado podio con tanques de cultivo de larvas de langostino. Después de la comida se celebraba un baile, con ritmos variados de la época interpretados por un radio-casete traído ex profeso al Laboratorio.

El final de la década de los años 60 y, principalmente, toda la década de los años 70 constituyen una época caracterizada por ser la del gran impulso de los estudios en acuicultura, promovidos por la fuerte demanda del sector salinero gaditano para transformar las salinas en granjas marinas como mejor alternativa de uso, de lo que “los técnicos del Instituto podrían encargarse”, como decían los salineros. J. Rodríguez-Roda, director del Instituto, asistió a varias reuniones con representantes del sector y de los sindicatos y ante este nuevo reto para el Instituto, y como ya ocurriera en sus primeros años de andadura, redactó, en febrero de 1969, un “Programa previo” para “Estudios de los esteros y salinas de Cádiz”. Este Programa dio un giro a la trayectoria científica del Instituto para los años siguientes y marcó la carrera investigadora de la mayoría de los jóvenes científicos que se incorporaron en esa época. Por ello, merece la pena transcribir aquí este documento.

### **“ESTUDIOS DE LOS ESTEROS Y SALINAS DE CÁDIZ**

1. Se localizará en un mapa el curso actual de las salinas y esteros en explotación y sin explotar.
  - 1.1 Cálculo de la superficie y la profundidad, configuración y mecanismo del funcionamiento de ellos.
  - 1.2 Tipo de explotación dedicados actualmente y su rendimiento.
  
- 2.- Una vez efectuados los trabajos correspondientes al apartado 1, se escogerán dos salinas con sus correspondientes esteros que se consideran.
  - 2.1 En la elección de estos, se tendrá en cuenta principalmente su situación con respecto al mar.
  - 2.2 Una vez hecha la elección de las salinas piloto, se llenarán al máximo, aprovechando una marea de coeficiente alto, y se efectuarán en ellas determinaciones periódicas (2 o 3 veces por mes), de temperaturas, salinidad y fitoplancton, durante un ciclo de un año, al objeto de ver las variaciones existentes y poder determinar si el intervalo de fluctuación es apropiado para el cultivo de algunas especies de peces, moluscos y crustáceos.
  - 2.3 Asimismo se efectuarán determinaciones periódicas de salinidad (en marea alta) en la parte exterior de las compuertas de admisión de agua a los esteros, al objeto de que en el caso de que la salinidad subiera (en verano) o bajara demasiado (época de lluvias), se pudiera efectuar una regulación, intercambiando agua de la salina, con la de los correspondientes caños de alimentación.
  
- 3.- Estudio biológico de los peces, crustáceos y moluscos que pueblan dicho hábitat durante un ciclo anual.
  - 3.1.- Después de conocer qué especies comerciales existen en los esteros, se hará un estudio biométrico a lo largo del año, de las principales, con objeto de deducir la talla, peso, crecimiento y tasa de mortalidad.
  - 3.2.- Se atenderá también al estudio macroscópico y microscópico de las gónadas durante un ciclo sexual y se concretarán las épocas de reproducción y su repercusión en el engrasamiento, que, en consecuencia, es lo que las valoriza comercialmente.
  - 3.3.- Se estabulará unos cuantos miles de ostiones, en los esteros piloto, al objeto de apreciar su adaptabilidad al medio. Asimismo, se intentará para las almejas.

4.- A la vista de los resultados obtenidos en los apartados 2 y 3, se intentaría adaptar el cultivo de las especies más idóneas de esta región para su explotación industrial.”

Para llevar a cabo este Programa, J. Rodríguez-Roda intenta comprar una “salina-piloto” en la que realizar las experiencias, así como construir en ella “un nuevo edificio” del instituto, “inicialmente pensado en la costa próxima al Coto Doñana, por sus aguas incontaminadas, pero la idea fue desechada por las malas comunicaciones”. En el verano de 1971 visita seis salinas candidatas a compra (San Félix, San Miguel, Sagrado Corazón, San Cayetano, Santa Magdalena y El Pilar Nuevo). Por su parte, B. Andreu intenta que la Diputación ayude “facilitándonos un solar”, siguiendo los pasos de lo que había hecho la Diputación de Castellón para construir el nuevo edificio en Torre la Sal.



Agosto de 1971. Visita a la salina “El Pilar Nuevo”, propiedad de Santiago Grosso (de espaldas), que la vendía al Instituto. De izquierda a derecha, E. Pascual (gorra de almirante), J. Rodríguez-Roda, R. Establier, el capataz de la salina, (casi tapado), C. Calderón Iruegas y A. M. Arias. Foto: J. Rodríguez-Roda, cedida por la ICCAT-Madrid.

La compra de una salina no cuaja, por el excesivo precio que pedían, pero J. Rodríguez-Roda no cesa en el empeño y durante bastante tiempo continua buscando fincas. Así, ya en 1973, escribía a la dueña de Salina “Roqueta” el siguiente y clarificador párrafo:

“últimamente hemos emprendido el estudio de los cultivos marinos con objeto de revalorizar las salinas de Cádiz y de aprovecharlas para su producción en masa de langostinos, almejas y diversos peces. Como sea que se nos ha quedado pequeño el laboratorio, debido al aumento del personal científico, tenemos el proyecto de construir otro mucho mayor, de unos 2.000 m<sup>2</sup> aproximadamente, en el cual tengan cabida los tanques de experimentación de cultivos marinos y los diferentes laboratorios de investigación marina en general. Además del edificio hemos de comprar una salina de pequeñas dimensiones que nos sirva de salina-estero piloto para nuestras experiencias y tener así autonomía en las investigaciones científicas. Estamos tratando de buscar terreno apto para el nuevo laboratorio que estando cerca de las salinas lo esté asimismo de la Bahía para los estudios propios de la pesca marítima.”

Con todo ello y con la salida de las primeras promociones de biólogos de la cercana Universidad de Sevilla, se produce durante estos años una entrada “masiva” de científicos en el Instituto: 15 becarios, 1 colaborador científico y 1 investigador científico, en orden cronológico. Lo mismo ocurrió con el personal de apoyo, del que entraron 13 nuevos miembros.

En los veranos de 1970 y 1971, las becas del Patronato Juan de La Cierva de Investigación Técnica, de tres meses (julio, agosto y septiembre) de prácticas para estudiantes de Biología y con una dotación de 5.000 pesetas (30 €) mensuales, contribuyeron al inicio de la formación científica de Alberto Manuel Arias García, Carlos Calderón Iruegas y María del Carmen Drake Moyano, que fue la primera mujer que se inició en tareas científicas en el Instituto, aunque ella y C. Calderón no continuaron al año siguiente.



Becarios del Patronato Juan de la Cierva en prácticas de verano. A la izquierda, en primer término, C. Calderón y A. M. Arias (con gafas), en una levantada de atunes en la almadraba de Barbate (1970). A la derecha, M. C. Drake, entre A. Vidal y A. Rodríguez, en la embarcación *Atuarro* (1971). Fotos: A. M. Arias.

En 1972 cristalizan las intensas gestiones que J. Rodríguez-Roda, con el apoyo de Rafael Barceló, alcalde de San Fernando, llevaba a cabo desde hacía unos meses con la Diputación Provincial de Cádiz para conseguir que esta concediera dos becas al Instituto que contribuyesen a la formación de científicos en cultivos marinos, dentro del Programa de Estudios en salinas que perseguía con ahínco desde 1969.

El 5 de enero de 1972 presentó una Memoria de los trabajos a desarrollar “interesado en la obtención de dos becas con objeto de que nos ayuden en el Programa de Cultivos marinos que vamos a emprender este año en los esteros de la Provincia de Cádiz”, becas de investigación que, a los pocos días, fueron concedidas.

Por su trascendencia para la trayectoria del Instituto en los años siguientes, considero de gran interés reproducir aquí el texto de esta Memoria. Este documento muestra, con cierta solemnidad, los planteamientos de investigación del Instituto en aquella época y hacia dónde deberían ir

encaminados los futuros trabajos. Ahora, con la perspectiva de los más de 30 años transcurridos, podemos decir que este documento -cargado de entusiasmo, por investigar en una actividad nueva; de ingenuidad, por creer que las salinas estaban a nuestra entera disposición, y de osadía, por lo poco que en realidad sabíamos sobre cómo abordar los problemas-, era perfectamente válido, pues luego, en gran medida, las cosas han ido por los derroteros que allí se apuntaban.

**“Memoria de los trabajos a desarrollar en la investigación del cultivo de peces, moluscos y crustáceos en los esteros de la provincia de Cádiz, por el Laboratorio de Cádiz del Instituto de Investigaciones Pesqueras.**

Debido a la baja productividad actual de las salinas de la provincia de Cádiz y al interés demostrado por muchos de sus propietarios, el Laboratorio de Cádiz del Instituto de Investigaciones Pesqueras cree llegado el momento de iniciar el estudio del aprovechamiento de los numerosos esteros para el cultivo de peces, moluscos y crustáceos.

Ante todo es indispensable disponer de esteros pilotos propios, o cedidos momentáneamente por las empresas interesadas, para estudiar durante un ciclo anual las características físico-químicas de los esteros, es decir, temperatura, salinidad y fitoplancton, al objeto de ver las variaciones existentes y poder determinar si el intervalo de fluctuación es apropiado para el cultivo de determinadas especies. También se estudiarán la naturaleza de los fondos para ver si son los apropiados para los distintos cultivos que se ensayen y, en caso negativo, sustituirlos por otros más apropiados.

Después de escoger las especies comerciales existentes en los esteros, se estudiarán aquellas que se consideran más adaptables a las condiciones del medio y que a su vez sean de mayor interés comercial. A las especies cultivables se les llevará un control biológico (talla, peso, estado sexual, engrasamiento, alimentación, reproducción, mortalidad, etc.). Una vez efectuados los estudios previos de las especies nativas, y vistos los resultados obtenidos, se intentaría adaptar especies exóticas de crecimiento rápido y gran rendimiento económico.

En cuanto a los moluscos, previa adaptación de los fondos, se efectuaría el cultivo de la almeja fina (*Tapes decussatus*) y el engorde y afinamiento del ostión (*Crassostrea angulata*). También se estudiará la disminución del contenido en cobre de ostiones fuertemente cobreados (tóxicos) procedentes de zonas contaminadas.

Respecto a los crustáceos, y habiendo ya iniciado este Instituto el cultivo del langostino (*Penaeus kerathurus*), se intentará ver las posibilidades de adaptar este tipo de cultivo a los esteros, previa realización de los acondicionamientos pertinentes.

Se estudiará la parasitología que puede afectar a las especies cultivadas. También será objeto de atención el estudio de la gusana, cuya importancia como cebo vivo en la pesca deportiva es bien conocida, cotizándose a altos precios.

Antes de iniciar los estudios anteriormente mencionados y dada la gran superficie y poca profundidad de los esteros favoreciendo la evaporación en verano, y, por tanto, el aumento de la salinidad y el descenso brusco de ésta en invierno, en la estación de las lluvias, es necesario un adecuamiento previo de los esteros, dándoles mayor profundidad y estudiar la posibilidad de renovar el agua por medio de bombeo o compuertas accesorias, al objeto de mantener las aguas dentro de los límites de salinidad más adecuados para cada especie.

Cádiz, 5 de enero de 1972  
El Director del Laboratorio  
Dr. Julio Rodríguez-Roda Compaired”

Con estos planteamientos, desde 1972 hasta 1984, todos los nuevos becarios que se fueron incorporando al Instituto empezaron dedicándose a aspectos relacionados con la transformación de las salinas en piscifactorías.

A los pocos días, el 11 de enero, el Presidente de la Diputación de Cádiz, Antonio Barbadillo y García de Velasco, contesta por carta a Rodríguez-Roda comunicándole: “me es grato participarle que ya he dado las órdenes oportunas a fin de que en el Presupuesto de 1972 (...) se tenga en cuenta la inclusión de dos Becas de 120.000 pts [720 €] anuales cada una, para ayuda al Programa de Cultivos marinos que va a emprender”.

Ante este logro tan deseado, todo un hito para el Instituto, J. Rodríguez-Roda escribe inmediatamente, el 15 de enero, a B. Andreu, comunicándole la buena nueva, a lo que este, el 18 de enero, le contesta manifestándole su “gran alegría” por la concesión de las dos becas.

Los dos primeros biólogos en disfrutar de estas becas fueron Antonio Rodríguez Martín (enero-1972 a mayo-1973), para dedicarse al cultivo de langostino, y Juan de Mata Sancho Blanes (febrero-1972 a septiembre-1973), encargado del cultivo de peces. En años sucesivos nuevos becarios fueron accediendo a estas dos becas a medida que los anteriores mejoraban su situación laboral con contratos o con el acceso a la plantilla del Centro. De esta manera la Diputación Provincial de Cádiz contribuyó a la formación científica en distintas especialidades de los siguientes biólogos y químicos:

- A. M. Arias (nov-72/ago-75), biología y cultivo de la dorada;
- Modesto Pozuelo Meño (jun-73/may-77), cultivo de rotíferos,
- Salvador Cárdenas Rojas (sep-75/may-78), biología y cultivo del lenguado,
- Luis María Lubián Chaichío (jun-77/ago-78), cultivo de fitoplancton,
- Manuel Yúfera Ginés (jun-78/oct-82), cultivo de rotíferos,
- Ramón Bartolomé Rodríguez Martínez (sep-78/dic-84), cultivo de lenguado,
- Elena Bravo Bravo (oct-78/jul-81), bioquímica y patología de peces,
- Julián Blasco Moreno (ene-82/feb-84), físicoquímica de esteros,
- José María Román Guerrero (may-85/ jun-86), cultivo de artemia, y
- Miguel de Frutos Reyes (may-85/nov-88), bioquímica marina.



Año 1975.- De izquierda a derecha, de pie, J. L. Marengo, S. Cárdenas, L. M. Lubián, A. M. Arias y M. Pozuelo; sentados, A. Perojo y A. Rodríguez. Foto A. M. Arias.

El enorme empeño del Instituto por conservar estas dos becas dio lugar a un abundante intercambio de correspondencia entre los Directores del Instituto y los Presidentes de la Diputación.

Al tiempo que el Instituto presentaba las obligadas Memorias anuales de los resultados obtenidos, solicitaba reiteradamente justificados aumentos de la dotación económica de las becas, para equipararlas con las becas similares de otros Organismos, bastante mejor dotadas.

Durante muchos años, la dotación de estas becas no pasó de 14.000 pts [90 €], mientras el salario mínimo era ya de 19.000 pts. En 1979 R. Establier, nuevo Director del Instituto entonces, escribió a la Diputación argumentando que “los becarios han estado sometidos a una dedicación total cumpliendo 40 horas de trabajo semanales por entender que era la forma más idónea de llegar a formar profesionales competentes”, y que “Esta cantidad resulta en la actualidad totalmente insuficiente para que los beneficiarios puedan dedicarse plenamente a su trabajo, lo cual va en menoscabo de su formación y, en definitiva, de la labor social que deben desempeñar estas becas”. A raíz de este escrito, en 1980 la dotación aumentó a 16.500 pts [99 €] mensuales. Después, en 1982, subieron a 25.000 pts [150 €] mensuales.

Respecto a las Memorias anuales que entregábamos a la Diputación, releídas ahora al cabo de 20 y 30 años, puede apreciarse mejor los excelentes documentos científicos que eran, pues constituían, en muchos casos, trabajos perfectamente publicables. Prueba de ello, y del empeño puesto por el Instituto, es que la Diputación mantuvo las dos becas durante diecisiete años consecutivos.

Las becas de la Diputación se cobraban personalmente en la ventanilla de pagaduría del Palacio de la Diputación, al cual había que ir en horario de trabajo, previa autorización del Director del Instituto para abandonar el Centro.

A propósito de esto, los que fuimos becarios entonces recordamos que en los años 70, a las 10 de la mañana, había un descanso de media hora, para el café. Los científicos (J. Rodríguez-Roda, R. Establier, M. Gutiérrez y E.



M. Yúfera en su época de becario de la Diputación de Cádiz, preparando el desayuno con el tostador de amianto. Foto: L. M. Lubián.

Pascual y algún becario) se reunían arriba, en el laboratorio de R. Establier, donde éste preparaba un sucedáneo de café y se hablaba de las noticias de la tele. El personal auxiliar se reunía abajo, en una especie de sala de personal donde había un fregadero y una poyata. Después, los jóvenes empezamos a reunirnos en una tertulia aparte, en el laboratorio de cualquiera de nosotros. Manuel Yúfera “*et al.*” tostaban pan

para el desayuno sobre una placa de amianto (tóxico, claro) colocada encima de un mechero bunsen. Al poco, durante la “media hora de bocadillo”, empezamos con la costumbre de salir a tomar café al bar de la Casa del Mar, a unos 300 m del Instituto. Con el tiempo fuimos probando nuevas cafeterías, la del Hotel Carlos III, a unos 500 m del Instituto, o La Camelia, a más de 1 km. Esto hacía que la media hora de descanso se convirtiera en 45 o 50 minutos, lo cual exasperaba a J. Rodríguez-Roda, que se colocaba en la puerta del Instituto para esperarnos mirando su reloj y echarnos el rapapolvo.

En los años 70 hubo también biólogos con becas de otras Instituciones. De septiembre de 1973 a octubre de 1974, José Pettenghi Lachambre y Eugenio Mas Lacave se iniciaron en la investigación con becas del Ministerio de Educación y Ciencia y del Patronato Juan de la Cierva, respectivamente. José Pettenghi empezó a estudiar la biología del camarón, *Palaemon serratus*, y Eugenio Mas el cultivo de fitoplancton, pero pronto descubrieron ambos que la investigación científica no era lo suyo, y a los pocos meses renunciaron a las becas, dedicándose el primero a la enseñanza y el segundo a su vocación religiosa en los Carmelitas Descalzos.



Manuel Calderón Reina

En enero de 1972, Manuel Calderón Reina, químico, especialista en análisis y síntesis de moléculas lipídicas, formado en la Universidad de Sevilla, gana una plaza de Colaborador científico con destino en nuestro Instituto y empezó a trabajar en contaminación marina por hidrocarburos. Su repentino fallecimiento el 5 de octubre de 1980, a la edad de 42 años, interrumpió una fructífera carrera investigadora.

Cabe mencionar aquí que Silvia Zanuy Doste, actual Profesora de investigación del CSIC con destino en el Instituto de Acuicultura de Torre la Sal, en Castellón, fue la primera científica que obtuvo una plaza de Colaborador científico con destino en nuestro Instituto, en la especialidad de “Inducción de la puesta en peces”, y de la cual se publicó en el BOE el nombramiento oficial el 23 de enero de 1973. Sin embargo, S. Zanuy no llegó a tomar posesión en Cádiz sino en Castellón.



M. P. Drake

M. C. Sarasquete

R. B. Rodríguez

E. Bravo

G. Alonso

Más tarde, en 1978, se incorporaron María del Pilar Drake Moyano, con una beca de la Caja de Ahorros de Cádiz, y empezó dedicándose al estudio de la biología de los mugílidos de estero, y María del Carmen Sarasquete Reiriz, becaria de la Caja de Ahorros de Galicia, que empezó estudiando los quistes de artemia. Ambas fueron las dos primeras doctoras formadas en el Instituto que obtuvieron plaza de Científico Titular (1986) y continuaron su carrera

investigadora en el mismo. A finales de la década se incorpora al Instituto Gregorio Alonso Cortiguera, Doctor en Ciencias Químicas y Licenciado en Farmacia e Investigador Científico del CSIC, procedente del Instituto de Química Médica de Madrid. Con su brillante currículum, en el que destacaban, entre otros méritos, 27 artículos científicos en revistas, 11 patentes de invención para la obtención de fármacos y la dirección de 7 tesis doctorales, Alonso empieza aplicando su amplia experiencia en bioquímica al estudio de la influencia de las condiciones ambientales sobre las actividades amilásica y quitinásica del tracto digestivo del pez sapo, *Halobatrachus didactylus*, de la Bahía de Cádiz.

Durante esta etapa, a cada investigador nuevo que llegaba al Laboratorio le era asignado por la Dirección un tema obligado de investigación, que debía ocupar la casi totalidad de su jornada; luego, por propia iniciativa y siempre dentro de los objetivos generales perseguidos, podría estudiar algún aspecto de libre elección. Todo el personal científico del Instituto tenía que cumplir 40 horas de trabajo a la semana (ya no se trabajaba los sábados).

A finales de estos años 70 empezó a exigirse el doctorado para acceder a las plazas de Colaborador Científico del CSIC. J. Rodríguez-Roda, R. Establier, M. Gutiérrez, M. Calderón y G. Alonso eran ya doctores antes de ingresar en el Instituto. J. A. Seoane, que la leyó en 1964 en Barcelona, basada en gran parte en material biológico recogido en las costas de Cádiz, y E. Pascual, doctorado en 1973 en la Universidad de Sevilla, eran ya Colaboradores Científicos antes de ser doctores. Sin embargo, los becarios que ya estaban en el Centro trabajaban hasta entonces sin esta obligación de hacer la tesis, e incluso completamente ajenos a esta circunstancia. Ante tal exigencia, intentaron (a escondidas, en algunos casos) dar formato de tesis a sus trabajos ya publicados y a los resultados de sus investigaciones. Este fue el caso de A. M. Arias, cuya tesis doctoral, leída el 14 de marzo de 1979, fue la primera escrita ex profeso, de A. Rodríguez (1981), L. M. Lubián (1981) y M. Yúfera (1982). Más tarde, sin tener aún becas predoctorales propiamente dichas, a los últimos becarios que entraron en los años finales de los 70, ya les fue asignado un tema concreto de investigación para hacer el doctorado, como ocurrió con M. P. Drake, a la que se le encargó estudiar los mugilidos de los esteros, M. C. Sarasquete encargada de la hematología de peces, y R. B. Rodríguez, encargado de estudiar la biología del congrio. Curiosamente, la incorporación de R. B. Rodríguez coincidió con la reestructuración del Instituto en 1979, y la nueva dirección le encomendó dedicarse a la biología y cultivo del lenguado de estero, estudio que después constituyó su tesis doctoral.

La escritura de las tesis doctorales constituía entonces una tarea muy laboriosa, inimaginable ahora en la era de la informática, a base de papel de calco por dupli o triplicado, varias veces hasta tener la seis copias reglamentarias. Se escribía siempre por una sola cara del papel y los errores se rascaban con cuchilla de afeitar o se tapaban con "typex". La construcción de gráficas era pura artesanía. Se dibujaban primero a lápiz en papel milimetrado y luego se pasaban a tinta china con rotring (¡qué gran adelanto!) sobre papel vegetal. Luego se rotulaban a mano. Más adelante llegaron las plantillas de letras adhesivas, otro gran adelanto, y ya la cosa quedaba mejor

presentada. Las fotos se pegaban directamente sobre los folios; en algunos casos sobre un papel especial, algo más grueso, con lo que los tomos de tesis, ya gordos de por sí, adquirirían la categoría de “tochos”.

La Bibliografía se consultaba entonces principalmente en “las rotaciones”, un envío de revistas científicas que procedente de Barcelona circulaba (rotaba) por los tres laboratorios costeros IIP (Vigo, Cádiz, Castellón, en este orden). Había dos rotaciones al mes; cada una estaba unos 15 días en el Laboratorio. En nuestro Instituto, el montón de revistas se colocaba encima de la enorme y estupenda mesa que tenía la Biblioteca y allí acudíamos a leerlas en los ratos libres, sobre todo por la tarde. Los artículos que interesaban a cada científico se fotocopiaban con cargo al presupuesto del Instituto, siempre que estuvieran dentro de la especialidad del interesado. Los no relacionados con su trabajo se los costeaba cada uno. Muchos artículos se pedían directamente al autor por correo (postal, ojo), lo cual nos daba un puntito de orgullo por “codearnos” con científicos consagrados.

Leíamos con fruición e interés aquellas “rotaciones”; eran nuestro contacto con el mundo científico exterior y lejano, pero también, a veces, una prolongación de las tertulias de la mañana. Dedicábamos mucho tiempo y espacio a rellenar fichas de los trabajos que nos interesaban, para luego incluirlos en las referencias de nuestros propios artículos. Un fichero bien repleto y ordenado era una herramienta fundamental para escribir un artículo en condiciones, y, por ello, uno de nuestros más preciados tesoros. Los becarios actuales lo tienen mucho más fácil con Internet y no pueden ni imaginar el valor y la utilidad de estas colecciones inmensas de fichas que hacíamos, a mano, cada uno de los investigadores de aquella época.



Año 1977.- La Biblioteca, con una de las “rotaciones” sobre la mesa y A. Rodríguez consultándola.  
Foto: A. M. Arias.

En cuanto al personal de apoyo a la investigación, 13 personas más se incorporaron al Instituto en estos años: José María Espigares Buitrago (1971) José Miguel López Sestelo (1972, fallecido en 1994) y Pedro Herrera Rodríguez (1973), Ayudantes de investigación; Jesús Correa Carrera, Maximino Bárcenas Gómez y Ambrosio Aragón Bolaños, Subalternos; Milagros García Franquesa y Saturnino González Ureba, Titulados técnicos especializados (todos en 1973); María García Álvarez (1974), Limpiadora; Isabel Viaña Conejero, Auxiliar Administrativo; Francisco Marrero Prieto, Auxiliar de investigación; José Luis Marengo Sierra, Ayudante de investigación (1975); Isabel Fernández Ferrer (1978), Ayudante de investigación.



J. M. Espigares



J. M. López



J. Correa



P. Herrera



M. García



S. González



F. Marrero



J. L. Marengo



M. García



I. Viaña



I. Fernández

Cabe mencionar aquí el accidente ocurrido el 2 marzo de 1978, a las once de la mañana, en el laboratorio de M. Calderón. Un escape de éter produjo una acumulación de este gas a ras de suelo que pasó desapercibida. La caída fortuita de un erlenmeyer caliente ocasionó una fuerte explosión e incendio que, además de destrozar el laboratorio, causó serios daños físicos a Milagros García Franquesa, que en aquel momento hacía determinaciones de hidrocarburos de petróleo en agua de mar.

En el año 1969, 14 años más tarde de la inauguración del Instituto, se acometió un Proyecto de ampliación y reforma del edificio, construyéndose sobre la azotea nuevos laboratorios. Con esta ampliación, que costó 542.429,39 pesetas (3.260 euros), el edificio adquirió ya un aspecto exterior simétrico por sus cuatro caras.

Poco después, a principios de 1970, y “para ampliar los servicios del Instituto y evitar la pérdida del terreno concedido por la Junta de Obras de Puerto”, según consta en una carta de J. Rodríguez-Roda al arquitecto Sr. Sánchez Esteve, en la parte trasera (patio) del edificio, una parcela de 545 m<sup>2</sup>, se construyó un “laboratorio de clasificación de especies y un almacén de clasificación de material marino”, consistente en una nave de 17 m de longitud por 7,5 m de anchura, cubierta con chapa de fibrocemento, cuya construcción costó 409.106 pesetas (2.469 €).

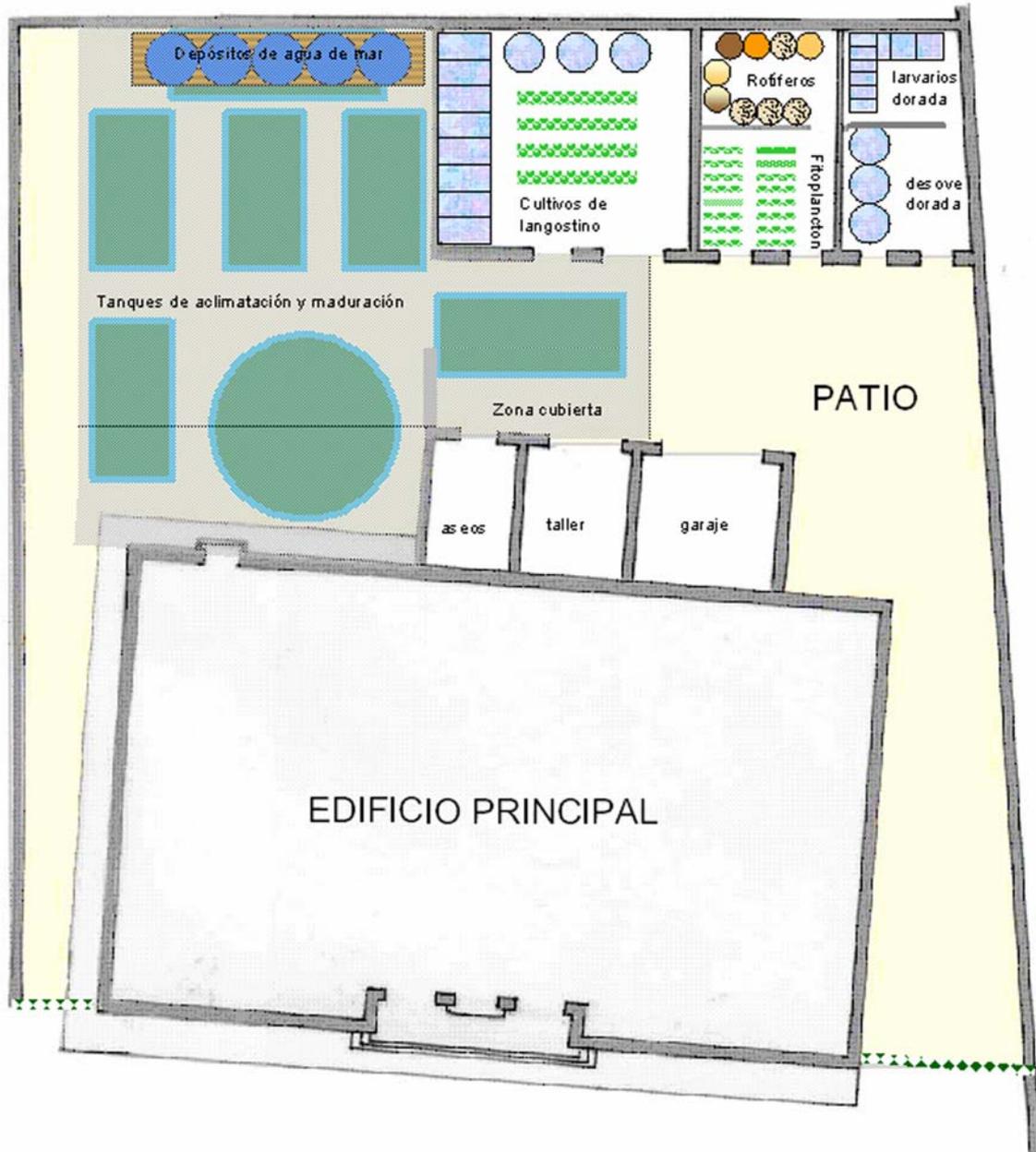
Con motivo de la creciente dedicación del Instituto a la acuicultura, en este almacén se fueron instalando laboratorios húmedos y tanques de agua de mar para las investigaciones en acuicultura. Después empieza a acondicionarse el patio, construyéndose una zona húmeda bajo techo, con siete tanques de mampostería para mantenimiento y desove de peces, crustáceos y moluscos. Seis de ellos eran rectangulares, de 5 m de longitud, 2 m de anchura y 1 m de altura, y uno circular, de 5 metros de diámetro y una capacidad de 19.600 litros, pensado inicialmente por J. Rodríguez-Roda para aclimatar atunes, con idea de facilitar los movimientos de estos grandes



Almacén de clasificación de especies y material marino en 1974, una vez acondicionado para ensayos de acuicultura. Foto: A. M. Arias.

nadadores. Los tanques funcionaban en circuito abierto con agua de mar procedente de una cercana dársena del puerto pesquero, habitualmente contaminada con aceites y gasoil de los barcos. Antes de caer a los tanques el agua pasaba por un filtro de arena y perlón, como los empleados en las piscinas, y se almacenaba en 5 depósitos de 1,5 m<sup>3</sup>, situados en una plataforma elevada.

Con la creciente dedicación de nuestro Centro a la acuicultura, tuvo gran trascendencia un convenio de investigación firmado por el Instituto con la empresa Salinera Española S.A., que permitió dar el salto desde la escala de laboratorio, en precarias condiciones, a la escala piloto, en una planta de cultivos marinos diseñada y puesta en funcionamiento por E. Pascual y A. M. Arias en instalaciones de procesado de sal de dicha empresa en San Fernando, en 1977 (ver apartado de acuicultura). Esto hizo que varios biólogos extranjeros se interesaran en realizar estancias de prácticas en nuestro Instituto. Así, dentro de lo que entonces se denominó "Aprendizaje de Técnicas de Acuicultura", se formaron el nicaragüense Salvador Alcides Ortega Urroz (sep-78/jun-79), los mejicanos Carlos Parés Sierra y María del Socorro Orozco Zavala (ambos de nov-78/ene-79), y el costarricense Wilber Gerardo Sibaja Castillo (ene y feb-79).



Distribución aproximada de las instalaciones de acuicultura en el patio del Instituto de Investigaciones Pesqueras de Cádiz en 1975. Dibujo: A. M. Arias.



Tanques de aclimatación y maduración de reproductores en el patio del Instituto. En la primera foto se ven los depósitos elevados de almacenamiento y distribución del agua de mar. En la última, F. J. Arias prepara la ración de alimento para los reproductores de lenguado. Fotos: A. M. Arias.

AUTONOMÍA,  
NUEVO EDIFICIO  
Y NUEVO NOMBRE

1978 – 1989





## Autonomía, nuevo edificio y nuevo nombre (1978 -1989)

En el año 1978 se produce un hecho trascendental para el Laboratorio de Cádiz y para los otros Laboratorios costeros del Instituto de Investigaciones Pesqueras: dejan de ser centros vinculados a “Barcelona” y pasan a ser Institutos autónomos directamente dependientes del CSIC de Madrid.

En el Instituto de Investigaciones Pesqueras se planteó por aquella época la necesidad de cambiar el modelo de gestión de la investigación seguido hasta entonces. B. Andreu, Director del Instituto, convocó un Claustro Ampliado en Barcelona el 20 de junio de 1978, abierto a miembros de los cuatro Laboratorios y de todas las escalas, incluidos contratados y becarios. Por parte del Laboratorio de Cádiz a este Claustro asistieron los siguientes nueve miembros: Julio Rodríguez-Roda, Rafael Establier, Manuel Gutiérrez, Emilio Pascual, Manuel Calderón, Antonio Rodríguez, José María Espigares, Jesús Correa y Alberto M. Arias.

A propósito de este Claustro Ampliado, Guerra y Prego, en su libro publicado sobre el IIP en 2003, escriben: “El tema principal de este acontecimiento fue la independencia de cada Laboratorio del IIP; es decir, dejar de depender de Barcelona pasando a ser Institutos autónomos directamente supeditados a las autoridades del CSIC de Madrid. [...] El Claustro se inclinó mayoritariamente por la independencia, como lo recogen sus actas...”. Se pensó que B. Andreu sería un obstáculo insalvable pero ocurrió todo lo contrario, pues no sólo aceptó democráticamente el resultado votado por la mayoría sino que colaboró a que el cambio fuera lo más fácil posible.

El 22 de febrero de 1979, en virtud del Real Decreto 3450/77 de 30 de diciembre de 1977, que incluye el Reglamento Orgánico del CSIC, la Junta de Gobierno de este Organismo aprueba la reestructuración del Instituto de Investigaciones Pesqueras en cuatro Institutos independientes (IIP de Barcelona, de Vigo, de Castellón y de Cádiz), pero agrupados en un nuevo ente, el Centro Nacional de Investigaciones Pesqueras, o CENIP.

Atendiendo a esta reestructuración del IIP, el Laboratorio de Cádiz se constituyó en INSTITUTO DE INVESTIGACIONES PESQUERAS DE CÁDIZ, como ente independiente y con personalidad propia y definida dentro del CSIC. Con ello, en lo sucesivo y cada cuatro años, habría elección democrática de directores de Instituto. Asimismo, la gestión interna de cada Instituto se haría en “Junta de Instituto”, con la participación de representantes de las distintas categorías del personal, igualmente elegidos. En el Manual de Organización del CSIC, por la Norma PRO/INT/001 de 1979 se comunica a cada Instituto que en el plazo de un mes a partir de la fecha de la misma “deberá iniciar ese Instituto la aplicación del punto 8.2 de la Norma A LEG/EST/011 de 12.12.78”, que se refería a la elección de directores.

Así, el 15 de marzo de 1979, se celebró en nuestro Instituto un Claustro Científico para la elección de nuevo Director. Los participantes en este Claustro fueron: Julio Rodríguez-Roda, Rafael Establier, Manuel Gutiérrez, Emilio Pascual, Manuel Calderón, Antonio Rodríguez y Alberto M. Arias. Por mayoría absoluta se decidió que el nuevo director del Instituto fuera el Dr. Rafael Establier Torregrosa, Profesor de investigación del CSIC, que aceptó el cargo y tomó posesión el 20 de abril de 1979.



Rafael Establier Torregrosa  
Profesor de Investigación y Director del  
Instituto de Investigaciones Pesqueras de  
Cádiz desde el 20 de abril de 1979 al 26 de  
abril de 1987. Foto: C. González Vaello.

En años posteriores el CENIP pasó a denominarse CENCIMAR, o Centro Nacional de Investigaciones Marinas, debido a que las líneas de investigación de los Institutos abarcaban otros muchos campos científicos además de las pesquerías. Con el tiempo, aumentó la capacidad de gestión de

cada Instituto para negociar sus propios asuntos directamente con el CSIC, lo que hizo innecesaria la existencia del CENCIMAR, que se disolvió en 1987.



En el centro, Carlos Bas, Presidente del CENIP, con los directores de los cuatro nuevos Institutos de Investigaciones Pesqueras. De izquierda a derecha, J. M. Sanfeliú, (Castellón), J. M. Gallardo (Vigo), B. Andreu (Barcelona) y R. Establier (Cádiz). Foto: de Guerra y Prego (2003), modificada.

Al aplicarse el nuevo Reglamento Orgánico del CSIC y “en atención a la labor desarrollada por el personal del Instituto y a las necesidades reales del sector pesquero de Andalucía” (según se recoge en la Memoria Anual de 1979), el Instituto se organizó en dos Unidades Estructurales de Investigación, tres Equipos de investigación y una Unidad de Servicios Generales. Los nombres de las Unidades y Equipos de Investigación eran:

#### Unidad Estructural de Investigación “Oceanografía”

Equipo de investigación “Oceanografía Química y Contaminación marina”

Equipo de investigación “Bioquímica e Histoquímica de enzimas en animales marinos”

#### Unidad Estructural de Investigación “Biología Marina y Recursos Pesqueros”

Equipo de investigación “Acuicultura”

#### Composición de los primeros Órganos de Gobierno democráticos del Instituto de Investigaciones Pesqueras de Cádiz (1979)

Director: Rafael Establier Torregrosa  
Vicedirector: Manuel Gutiérrez Rodríguez  
Secretario: Emilio Pascual Vázquez

##### Junta de Instituto

Presidente: Rafael Establier Torregrosa  
Secretario: Emilio Pascual Vázquez  
Vocales: Manuel Gutiérrez Rodríguez  
Antonio Rodríguez Martín  
José María Espigares Buitrago  
Isabel Viaña Conejero

##### Claustro Científico

Presidente: Rafael Establier Torregrosa  
Secretario: Emilio Pascual Vázquez  
Miembros: Julio Rodríguez-Roda Compaired  
Manuel Gutiérrez Rodríguez  
Gregorio Alonso Cortiguera  
Manuel Calderón Reina  
Antonio Rodríguez Martín  
Alberto Manuel Arias García

Con esta nueva estructura se pretendía proseguir la labor investigadora desarrollada hasta entonces, al tiempo que atender a las demandas de nuestro entorno socioeconómico. Así, poco después, el 15 de enero de 1980, el Claustro Científico se define en el sentido de que “todos los trabajos que se realicen tendrán un interés para las necesidades de investigación del entorno económico-social”, pero, “desgraciadamente los recursos, tanto de personal como materiales, resultan muy escasos para poder cubrir las necesidades de investigación que existen en la actualidad y que deben ser abordadas con urgencia.” En esta época nuestro Instituto contaba con un total de 25 personas, de las que 19 eran de plantilla (8 científicos y 11 auxiliares de investigación) y 6 eran becarios.

Desde el principio de la reestructuración del Instituto empezó a plantearse la necesidad de disponer de un nuevo edificio. Las instalaciones se habían quedado pequeñas para desarrollar las líneas de investigación en curso y dar cabida a nuevos becarios predoctorales. En el Acta de la sesión de la Junta de Instituto de 27 de abril de 1979 se recoge que el recién nombrado director, Rafael Establier, informa a los miembros de la Junta de que “expuso al Secretario General [del CSIC] la necesidad de construir un nuevo edificio para el Instituto, ya que el actual no reúne las condiciones necesarias para los trabajos que se realizan en la actualidad”. Sobre este aspecto, en la Memoria Anual correspondiente a 1982, R. Establier decía además: “... en la actual ubicación del Instituto, cada vez se hace más difícil –casi imposible– el abordar cualquier investigación dentro del campo de la acuicultura y de la contaminación experimental debido a la contaminación de las aguas [de la Bahía de Cádiz].”

Sus contactos y amistad con destacados miembros de la Facultad de Ciencias de Cádiz (entonces dependiente de la Universidad de Sevilla, en la que él había estudiado) le hicieron ver la posibilidad de conseguir una parcela en los terrenos que esta Universidad poseía en el Campus Universitario de Puerto Real, a 10 km de Cádiz. El 8 de febrero de 1980 el Claustro Científico debate y aprueba la ubicación del nuevo Instituto en estos terrenos de la Universidad de Cádiz. Sin embargo, el asunto no era tan fácil como parecía, pues habrían de pasar cinco años de intensas gestiones hasta conseguirlo, como demuestra la abundante correspondencia intercambiada entre la Dirección del Instituto y los distintos organismos oficiales implicados. De la lectura de estos documentos considero que tiene interés reflejar aquí los siguientes hechos relevantes.

El 27 de febrero de 1980, R. Establier escribe al Decano de la Facultad de Ciencias Químicas, Juan A. Pérez Bustamante, pidiéndole un informe favorable de dicha Facultad para la instalación del Instituto de Investigaciones Pesqueras de Cádiz en dichos terrenos, “en la creencia de que la proximidad de ambos centros redundaría en beneficio del desarrollo de las actividades científicas que los dos organismos llevan a cabo.”

El 17 de marzo de 1980, R. Establier escribe al Presidente de la Comisión Gestora de la Universidad de Cádiz (UCA), Felipe Garrido, diciéndole que el CSIC está interesado en la construcción de un nuevo Centro para el

Instituto de Investigaciones Pesqueras de Cádiz, “ya que el que actualmente tenemos no resulta adecuado para las necesidades actuales y futuras ni por su situación ni por la extensión del mismo”, y le ruega que le indique si es factible que por la Comisión Gestora le sean concedidos al CSIC “unos 6.000 m<sup>2</sup>.”

La cosa queda en suspenso durante casi dos años, pues no es hasta el 10 de diciembre de 1981 cuando la Junta de Gobierno de la Universidad de Cádiz, siendo Presidente de la Comisión Gestora Manuel Antonio Caballero López Lendínez, acuerda “prestar su conformidad a la instalación del Instituto de Investigaciones Pesqueras en una parcela de 4.500 m<sup>2</sup> en los terrenos universitarios de Puerto Real”, a la espera de determinar de mutuo acuerdo la forma legal de realizar la cesión. Para ello, el 25 de enero de 1982, el Ministerio de Educación y Ciencia autoriza a la Universidad de Cádiz a ceder al CSIC una parcela para la instalación del IIP de Cádiz, tras lo que la Junta Rectora acuerda proceder a la constitución del derecho de superficie sobre dicha parcela.

Las negociaciones son lentas y hasta algo más de un año después, el 17 de marzo de 1983, no se logra por unanimidad ceder al CSIC para la instalación del Instituto de Investigaciones Pesqueras de Cádiz una parcela de 4.500 m<sup>2</sup> en el Campus Universitario del Río San Pedro. Esta cesión se hace efectiva el 23 de febrero de 1984, cuando en Puerto Real y ante el Notario del Ilustre Colegio de Sevilla, Rafael González de Lara y Alférez, se firma la escritura de “segregación y constitución de derecho de superficie” de la UCA al CSIC, en cuyo texto se describe la parcela como “parcela en este término [Puerto Real], en el lugar conocido por Algaida Norte, de cabida cuatro mil quinientos metros cuadrados”. El notario describía escuetamente las características del edificio a construir y el coste de las obras, “que oscilará entre los cien y los ciento veinte millones de pesetas” [600.000 y 720.000 €], “debiendo finalizarse las mismas entes del día 31 de diciembre de 1988.”

Mientras tanto (es preciso volver atrás), R. Establier ya había empezado a hacer bocetos de los planos del nuevo Instituto. Inspirándose en la composición y distribución del Laboratorio del muelle pesquero, diseñado por J. Rodríguez-Roda y el arquitecto Antonio Sánchez Esteve, dibuja esquemáticamente los planos de las tres plantas del futuro edificio. En la planta baja crea un gran espacio para “Cultivos”, la primera planta la destina a “Pesquerías” y la segunda a “Oceanografía”. A partir de aquí, pero con modificaciones sustanciales acordadas por la Junta de Instituto el 17 de junio de 1982, el arquitecto del CSIC, Guillermo Sánchez Gil, presenta en septiembre de ese año unos planos muy aproximados a la realidad del edificio actual.

El 30 de septiembre de 1983, R. Establier solicita al Ayuntamiento de Puerto Real la licencia de obras para empezar la construcción. El 6 de octubre siguiente el alcalde contesta que “no existe inconveniente por esta Alcaldía para que se inicien las obras de preparación del terreno, replanteo y ejecución”, pero advierte que “el Programa de Actuación y Plan Parcial del Polígono Universitario del ACTUR <<Río San Pedro>> se encuentra en Información Pública.”

En este sentido, el 25 de octubre de 1983 la Comisión Municipal Permanente del Ayuntamiento de Puerto Real, después de leer el informe del Arquitecto Municipal, Fernando Jiménez Fornell, que decía: “Que actualmente no puede accederse a lo solicitado ya que el Polígono Universidad donde se encuentra la parcela se encuentra clasificado como Suelo Urbanizable NO Programado y pendiente de la aprobación definitiva del Programa de Actuación y Plan Parcial, así como el Proyecto de Urbanización y la realización de las obras que en él se definan. Estimándose, por tanto, que la solicitud y el proyecto deberán quedar en suspenso hasta tanto no se cumplan las condiciones señaladas anteriormente”, acuerda por unanimidad, “en función de la importancia social que representa para Puerto Real la actividad digo la actuación que se pretende por parte del Instituto de Investigaciones Pesqueras de implantar en el Polígono Universidad”, solicitar informe favorable a la Comisión Provincial de Urbanismo, “a fin de poder autorizar provisionalmente para que él mismo realizase las obras correspondientes.”



Secuencia fotográfica de la construcción del nuevo edificio del Instituto de Investigaciones Pesqueras de Cádiz, en el Campus Universitario de Puerto Real. Fotos: A. M. Arias.

Para ello, el 11 de enero de 1984, el Ayuntamiento de Puerto Real envía a dicha Comisión Provincial un informe del arquitecto municipal en el que señala que las instalaciones previstas entran dentro de lo que la ley define como “edificaciones e instalaciones de utilidad pública que hayan de emplazarse en medio rural”, y una copia del proyecto de construcción, en cuya Justificación de la Solicitud se destaca que “se pone de manifiesto que el Proyecto que se presenta está por su propia finalidad estrechamente ligado a las actividades del sector primario (acuicultura y pesca) y precisa la utilización de suelo con ciertas características, como proximidad a las salinas, toma sencilla de agua de mar, con unos requisitos de contaminación muy estrictos. Por otro lado, la naturaleza científica del Proyecto que se presenta no puede hacer pensar que el mismo pueda dar origen a núcleo de población”. Asimismo, se resalta que el impacto ambiental se considera aceptable (0,5 m<sup>2</sup> construidos por cada m<sup>2</sup> de parcela), y que la finalidad científica del Instituto hace aconsejable su ubicación en el polígono ACTUR Río San Pedro.

El 17 de enero de 1984 el Director General de Urbanismo, Emilio Molina Lamothe, informa a Establier de la resolución de la Consejería de Política territorial y Energía de la Junta de Andalucía, firmada por el Consejero, Jaime Montaner Roselló, de “avocar la competencia de la Comisión Provincial de Urbanismo de Cádiz y aprobar previamente el proyecto referenciado y proceder al trámite de exposición pública”, “considerando que se trata de un expediente cuya tramitación ha sido estimado como urgente por esta Consejería de Política Territorial y Energía”, resolución que se publica el 20 de enero de 1984 en el Boletín Oficial de la Provincia (BOP) de Cádiz.

El 8 de febrero de 1984, sin que se haya presentado alegación alguna en el Ayuntamiento de Puerto Real ni en la Consejería, y considerando que “ha de valorarse positivamente (*sic*) la utilidad pública de la actividad que se pretende, así como la edificación proyectada y la necesidad del emplazamiento en los terrenos previstos”, el Consejero resuelve aprobar definitivamente el proyecto de edificio para el Instituto de Investigaciones Pesqueras de Cádiz (lo que se publica el 13 de febrero de 1984 en el BOP de Cádiz). Al día siguiente, 9 de febrero de 1984, la Comisión Municipal Permanente del Ayuntamiento de Puerto Real concede la Licencia de Obras, previo pago de las tasas correspondientes.

En el mes de marzo de 1984 comienzan las obras y en agosto del año siguiente ya están prácticamente terminadas. Para tareas de vigilancia del edificio, situado en pleno campo, a más de 2 km de distancia de Puerto Real, se crea el puesto de conserje, que ocuparía una vivienda específica ubicada en el interior de la parcela del Instituto. El cargo de Conserje lo desempeñó desde 1985 Florencio Javier Arias García. En octubre de 2002 se instalaron sistemas electrónicos de alarma y se contrataron los servicios de vigilancia de la empresa de seguridad del Campus Universitario, y esta vivienda se destinó a despachos y almacén de material diverso.

El 23 de mayo de 1985 el Claustro Científico debate un nuevo nombre para el Instituto en su nueva ubicación, proponiéndose el de “Instituto de Ciencias del Mar de Cádiz”, propuesta que es elevada al CSIC. Sin embargo, en Junta de Instituto celebrada el 3 de octubre de 1985, el Director comunica que el CSIC ha decidido que en lo sucesivo el Instituto se llamará:

### **INSTITUTO DE CIENCIAS MARINAS DE ANDALUCÍA (ICMAN–CSIC).**



Personal del Instituto de Investigaciones Pesqueras de Cádiz a la entrada del Centro en diciembre de 1985, poco antes del traslado al nuevo Instituto. De izquierda a derecha, de pie, J. Navarro, M. R. Cartiel, J. Blasco, M. López, I. Viaña, A. Ruiz, R. Establier, J. M. Espigares, M. Gutiérrez, S. González; en medio, agachado, A. M. Arias; sentados, M. Yúfera, M. C. Sarasquete, I. Fernández, A. Rodríguez, M. Gómez, M. P. Drake, M. Espigares, E. Pascual y A. Vidal. Faltan: R. B. Rodríguez, M. A. Sanz, J. Correa, F. J. Arias, J. M. Román y M. de Frutos. Foto: IIP-Cádiz.

Durante los primeros días de enero de 1986 se hace el traslado de mobiliario y equipos desde el IIP de Cádiz al nuevo edificio. El 20 de marzo de ese año se inaugura oficialmente. A todos los que conocimos a R. Establier nos consta que este fue uno de los días más felices de su vida, pues pudo ver hecho realidad un proyecto en el que puso especial empeño desde que se hizo cargo de la Dirección, hacía ya siete años. Asistieron a la inauguración el Presidente de la Junta de Andalucía, José Rodríguez de la Borbolla y Camoyán, el Secretario de Estado de Universidades e Investigación, Juan Manuel Rojo Alaminos, el Presidente del CSIC, Enrique Trillas Ruiz, el Rector de la Universidad de Cádiz, Mariano Peñalver Simó, y el alcalde de Puerto Real, José Antonio Barroso.

Esta vez el acontecimiento sí tuvo repercusión en los medios de comunicación. Diversos periódicos y revistas (*Diario de Cádiz*, *Diario de Jerez*, *ABC*, *YA*, *El Correo Catalán*, *El PAÍS*, *Mundo Científico* y *Hoja del Mar*) recogieron ampliamente la noticia. La tónica general de estas crónicas fue resaltar que la parcela era una cesión de la Universidad de Cádiz al CSIC, que la construcción y dotación del Instituto había costado 150 millones de pesetas (900.000 euros), y que una de las principales líneas de investigación que desarrollábamos tenía por objetivo transformar las salinas en piscifactorías.



Inauguración del edificio del Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía el 20 de marzo de 1986. A la izquierda, el Presidente de la Junta de Andalucía, J. Rodríguez de la Borbolla (centro), el Secretario de Estado de Universidades e Investigación, J. Rojo (izq.) y el Presidente del CSIC, E. Trillas. A la derecha, R. Establier leyendo su discurso en el Salón de Actos del nuevo edificio. Foto: ICMAN.

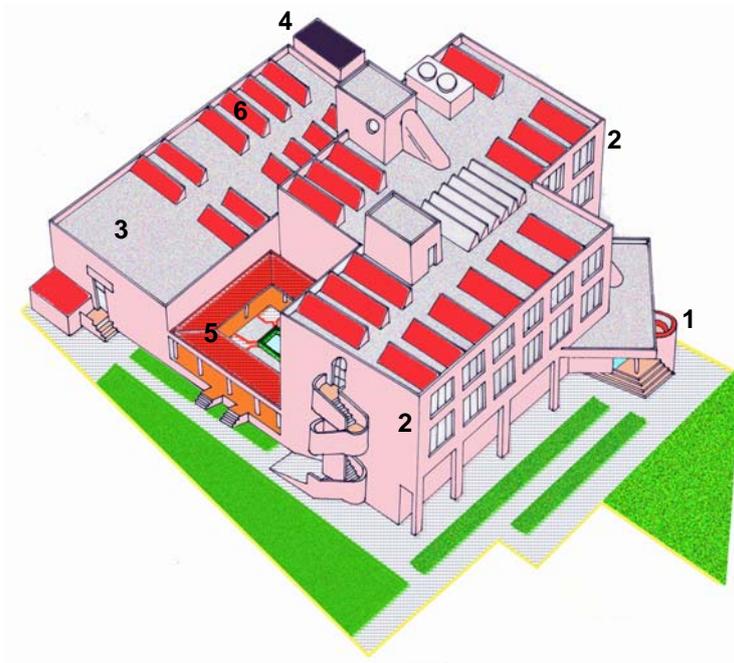


Fachada principal del Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía en 2005. Foto: A. M. Arias

La nueva sede del Instituto recién estrenada consistía (y consiste) en un edificio de tres plantas, de las que las dos superiores albergan a la zona específica de investigación y la planta baja a la Dirección y a las dependencias de los distintos servicios generales (Administración, Biblioteca, Salón de Actos, Sala de Personal y Talleres).

Independizada arquitectónicamente del resto existe una nave de cultivos, dividida en tres grandes espacios, uno para grandes tanques de mantenimiento y desove de reproductores, otro para distintos usos según las necesidades de investigación, y un tercero subdividido en tres laboratorios húmedos de experimentación y una cámara de mantenimiento de cepas y cultivo de fitoplancton.

El agua de mar para esta planta de cultivos se tomaba inicialmente desde el caño Río San Pedro, a unos 500 m del Instituto, en cuya orilla se construyó un robusto pantalán con una caseta que albergaba el equipo de bombeo para la traída de agua hasta el Centro. Al no tener vigilancia la instalación era objeto de frecuentes destrozos, incendios y robos, por lo que al cabo de los años se desistió de seguir manteniéndola y en 1997 se desmontó. Actualmente el agua de mar para la planta de cultivos se toma de la capa freática, mediante dos pozos a 45 y a 12 m de profundidad, de los que se obtiene agua a 33-35 por mil de salinidad y a una temperatura constante de 19-



Perspectiva del edificio del Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía. 1, entrada; 2, zona de investigación o edificio principal, de dos cuerpos; 3, zona de acuicultura; 4, depósito de agua; 5 patio; 6, lucernarios. Dibujo A. M. Arias.

20 °C. En la misma línea de lo ocurrido en la instalación de bombeo, el barco del Instituto (el *Río San Pedro*), fondeado junto al pantalán, era, sobre todo en verano, centro de diversión y gamberradas de algunos bañistas, que llegaron incluso a prender fuego a las bengalas de señales del barco y a soltar amarras, de tal "suerte" que una mañana de 1991 el barco apareció varado en la orilla, a unos 2 km de su fondeadero. Tras estos hechos se optó por atracar el barco en un lugar seguro, primero en el Club Náutico de Sancti Petri (Chiclana), luego en Puerto Sherry (El Puerto de Santa María) y actualmente (el barco nuevo, el *Antonio Vidal*), en el Puerto de Cádiz.



Fachada oeste



Salón de Actos



Biblioteca



Laboratorio de Biología Marina



Laboratorio de Oceanografía



Tanque de aclimatación y desove de reproductores.



Cultivos de rotíferos



Cultivos de microalgas



Tanques de experimentación con larvas

Instalaciones del Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía. Fotos: A. M. Arias.

Desde la reestructuración del Instituto de Investigaciones Pesqueras (1979) hasta finales de los años 80, con la implantación de Programas de Investigación en el CSIC, nuestra actividad científica se hizo más sistemática y racional, integrando los recursos humanos, materiales y económicos y rompiendo los viejos compartimentos de trabajo individuales. La investigación que hacíamos empezó a ser cosa de equipos humanos y no de individuos aislados, empezó a ser moderna.

Los Programas de la CAICYT (Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica) titulados “Estudios para la transformación de las salinas en piscifactorías” y “Estudios para el desarrollo integral de la acuicultura marina”, que fueron los primeros conseguidos por el Instituto (antes de ser ICMAN, recordemos que estamos en un periodo a caballo entre dos denominaciones) dieron un enorme impulso a la investigación en cultivos marinos, que había empezado con muy limitados recursos en los primeros años de la década de los 70. En estos Programas trabajaron conjuntamente los tres Equipos de Investigación del Instituto, aportando cada uno su experiencia al conocimiento científico de los factores implicados en la producción de peces en las salinas de Cádiz, como biología de peces de importancia comercial en los esteros, condiciones físicoquímicas y producción primaria, regeneración de nutrientes, estudio de enzimas digestivas y patología comparada, entre otros, como se explica más extensamente en el apartado de resultados de la investigación.

Los logros de estos estudios, junto con los que ya estábamos obteniendo con la puesta a punto de técnicas de producción de alevines a escala piloto en colaboración con la empresa Salinera Española S. L. desde 1977, pronto se tradujeron en el desarrollo a escala industrial de esta actividad en algunas salinas de nuestra zona.

Un claro exponente de la intensa actividad investigadora de nuestro Instituto en estos primeros años tras la reestructuración fue la lectura de ocho tesis doctorales entre los años 1981 y 1985, todas ellas relacionadas con la acuicultura en las salinas de Cádiz.

En cuanto al personal, en los primeros 6 años desde la reestructuración del Instituto (1979) el flujo de incorporaciones fue constante, con un total de 11 personas más: en orden de ingreso, Magdalena Juan Rijo (becaria del CSIC), Julián Blasco Moreno, Miguel de Frutos Reyes, José María Román Guerrero [hoy alcalde de Chiclana] (becarios de la Diputación Provincial de Cádiz), María Dolores Amores Villena, María Gómez Gutiérrez, Juan Navarro Gómez (Auxiliares Administrativos), Florencio Javier Arias García (Vigilante, luego Conserje), María Antonia Ruiz Leal (Limpiadora, luego Telefonista), María Rosa Cartiel Almirall (primera Bibliotecaria) y Miguel Ángel Sanz Fernández (Ayudantes de Investigación).

En los cuatro años siguientes a la puesta en marcha del nuevo edificio el aumento de la plantilla fue una de las notas más significativas, pues hasta 1989 hubo nada menos que 26 nuevos ingresos. Como científicos de plantilla ingresaron Francisco Javier Niell Castanera (el 1 de marzo de 1989 tomó posesión en nuestro Instituto como Profesor de Investigación, pero solicitó la excedencia en el CSIC y al día siguiente, el 2 de marzo, estaba en situación de activo como Catedrático de Ecología en la Universidad de Málaga) y Abelardo Gómez Parra, Investigador Científico (hoy Catedrático de Química Física en la Universidad de Cádiz). Como becarios predoctorales ingresaron en el Instituto en estos cuatro años: Aurora Vilches Molina, Jaime Puppó Lama, Ana Polo Díez, Nuria Navarro Andrés y Silvia Gimeno. En 1987 se incorporan al Servicio de Mantenimiento (que se había creado en 1983 y del que J. M. Espigares fue el primer jefe) Ángel Manuel Molina Rivas y luego por Ramón Hervías Sánchez (Jefe actual), en el que han trabajado además Manuel Lucía Macías, Rafael Mesa Guerrero, Rafael Bermúdez Chávez y Juan Carlos Chaves Rovina. Pablo Jesús Vidal Ostenero se incorpora como marinero; José Luis Coello Rodríguez, Rosa Marcos Alfonso e Inmaculada Frías Márquez, como auxiliares de laboratorio; y Miguel Juanco Ortenbach y María Francisca Osta Fort, como ayudantes de investigación. Además ingresaron Manuel Arjonilla Medina (Titulado Técnico Especializado), que puso en marcha el Servicio de Análisis del Instituto, Olimpio Montero Domínguez (Ayudante de Investigación, hoy Científico Titular en el Instituto de Biología y Genética Molecular de Valladolid), Rafaela Prada Carrasco (actual Gerente), José Luis Conde Postigo, María Isabel Navarro Jiménez (Auxiliares Administrativos), Rosa María Malavé Romero y Pedro del Valle Jiménez (Vigilantes).



Enero de 1988. Personal del ICMAN en el homenaje a M. Gutiérrez en su jubilación. 1, R. Hervías; 2, J. M. López; 3, A. Rodríguez; 4, M. Gutiérrez; 5, R. Establier; 6, J. Blasco; 7, A. Vidal; 8, S. González; 9, A. M. Molina; 10, A. M. Arias; 11, J. M. Espigares; 12, I. Fernández; 13, M. C. Sarasquete; 14, M. F. Osta; 15, A. Gómez; 16, M. Pascual; 17, M. Yúfera; 18, M.C. Oneto; 19, J. Correa; 20, M. Juanco; 21, M. A. Sanz; 22, M. Gómez; 23, M. De Frutos; 24, M. P. Drake; 25, L. M. Lubián; 26, A. M. Ruiz; 27, A. Polo; 28, I. Viaña; 29, P. Vidal; 30, F. J. Arias; 31, J. Coello; 32, M. Espigares; 33, G. Mourente. Foto: ICMAN.



J. M. Román



J. Puppo



N. Navarro



M. Arjonilla



O. Montero



S. Gimeno



R. Prada



J. L. Conde

Algunos miembros del personal que se incorporaron al ICMAN en este tercer periodo considerado y que no aparecen en las dos fotos anteriores de grupo. Fotos A. M. Arias, excepto la de J. M. Román, tomada de la página web del Ayuntamiento de Chiclana (Cádiz).

Con ello el Instituto empezó a ser un Centro grande. De 27 personas que componíamos la plantilla total cuando la reestructuración de 1979, diez años después éramos ya 44 personas. Durante los primeros años en la nueva ubicación de Puerto Real se terminan los proyectos ya iniciados en el Centro viejo y se abordan nuevos temas y proyectos en acuicultura, entre los que cabe destacar los estudios sobre ecofisiología del cultivo de almejas en salinas, de los factores que afectan al desarrollo larvario de la dorada, del metabolismo del fósforo orgánico y fisiología del crecimiento en cultivos de microalgas marinas y de la reproducción controlada del lenguado de estero para la obtención de huevos y larvas con vistas a su aplicación a escala industrial.

En abril de 1987, tras dos mandatos consecutivos de R. Establier, hay nuevas elecciones a Director del Instituto y es elegido por mayoría absoluta el Dr. Emilio Pascual Vázquez, Profesor de Investigación del CSIC. E. Pascual fue miembro de la Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica desde 1982 a 1987 y luego miembro de la Junta de Gobierno del CSIC desde 1996 a 2000.



Emilio Pascual Vázquez  
Profesor de Investigación y Director del Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía desde el 17 de julio de 1987 al 13 de noviembre de 1991.

Foto: A. M. Arias.

A la vista de los proyectos concedidos se crean nuevos grupos y líneas de trabajo y la estructura de Unidades y Equipos de Investigación queda como sigue:

### **Unidad de Biología Marina y Recursos Pesqueros**

Equipo de Acuicultura  
Equipo de Ecología de esteros y zonas intermareales

### **Unidad de Oceanografía**

Equipo de Contaminación marina y sus efectos biológicos y químicos  
Equipo de Bioquímica y Fisiología de organismos marinos y su interrelación con el medio

Como aspectos significativos complementarios de la actividad investigadora en el nuevo edificio, hay que mencionar, en primer lugar, la gran ventaja que supuso contar con una Sala de Personal habilitada como comedor y espacio de descanso y actos sociales. El hecho de trasladar el Centro a un término municipal distinto al de residencia de la mayoría del personal (Cádiz) modificó notablemente nuestros horarios y hábitos de trabajo. El Instituto ya no estaba tan cerca de nuestros domicilios como ocurría en Cádiz y para el personal que debía hacer “jornada partida” era un engorro y una pérdida de tiempo y dinero ir a casa a comer y volver por la tarde a trabajar. En este sentido, la Sala de Personal, con su cocina, nevera y microondas, solucionó la cuestión a los que para comer optamos por la modalidad de “la fiambreira” (hoy “tapergüer”).

La Sala de Personal, uno de los grandes logros del nuevo edificio, se usa también para festejar las lecturas de tesis doctorales, la obtención de plazas, contratos y proyectos, y, en la Comida de Navidad, José Luis Coello, en su calidad de “cuidador del animalario”, se encarga de adornarla con luces y guirnaldas y la transforma en una pista de baile.

Un hecho curioso de hacer notar es el efecto que ha tenido el traslado a Puerto Real sobre la composición del personal en cuanto a la ciudad de residencia. Cuando se produjo el traslado (1986), sólo 3 personas (11%) de las 26 que componíamos la plantilla vivían fuera de Cádiz capital (Puerto Real, San Fernando, Chiclana). Al final de este tercer periodo considerado (1989), apenas tres años después, 21 personas (41%) de las 51 que éramos se desplazaban al Instituto desde poblaciones próximas. En 2005, fin del cuarto periodo, la mayoría del personal (67%) no vive en Cádiz. En esto han influido sin duda la carestía de la vivienda en Cádiz y los habituales atascos de tráfico en el Puente José León de Carranza, cuello de botella que comunica Cádiz con Puerto Real.



DIMENSIÓN  
ACTUAL

1990 – 2005





## Dimensión actual (1990-2005)

Hay varios aspectos importantes que caracterizan estos últimos quince años de la historia del ICMAN, pero tal vez el más significativo y que define por sí mismo a esta época es el hecho de las grandes ventajas que ha supuesto la ubicación del Instituto en el Campus Universitario de Puerto Real, junto a la Facultad de Ciencias y a la Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales. Ya lo intuía Establier, como quedó dicho en el apartado anterior, cuando en 1980 escribió al Decano de la Facultad de Ciencias solicitando un informe favorable para la instalación del Instituto en dicha zona, “en la creencia de que la proximidad de ambos centros redundaría en beneficio del desarrollo de las actividades científicas que los dos organismos llevan a cabo”.

Y así ha sido, en efecto. El flujo continuo de alumnos y de graduados en estas especialidades hacia nuestro Instituto ha representado y representa un filón inagotable de “materia prima” con el que abordar más proyectos de investigación, leer más tesis doctorales, publicar más trabajos y, en definitiva, enriquecer la experiencia y los currículos científicos de nuestros investigadores, que así pueden optar con garantías a más proyectos de investigación y obtener la financiación necesaria para los estudios que actualmente demanda la sociedad y nuestro entorno.

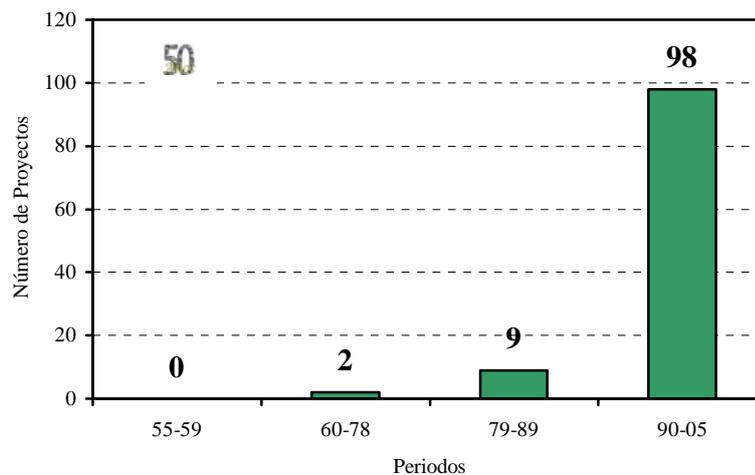
La proximidad física ha favorecido también la estrecha relación de los grupos de investigación del ICMAN con diversos Departamentos de dichas Facultades, y así, varios de nuestros investigadores organizan y participan en cursos de postgrado y especialización o imparten asignaturas universitarias y cursos de doctorado.



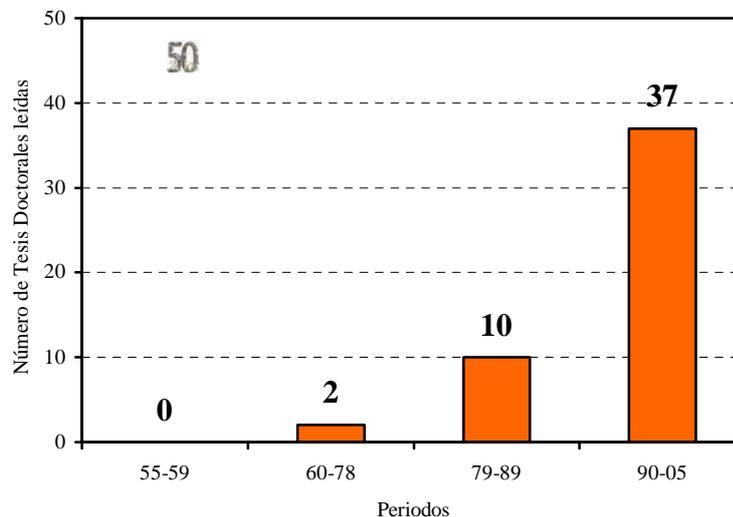
El campus universitario de Puerto Real en junio de 2004. 1, ICMAN; 2, Facultad de Ciencias; 3, Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales y Facultad de Ciencias Náuticas; 4, Facultad de Ciencias de la Educación. Foto: C. García.

Esta colaboración mutua ha propiciado, como recoge el Reglamento Orgánico del CSIC, la creación de Unidades Asociadas de Investigación y Desarrollo, que tienen la consideración de Unidades Asociadas al CSIC sin perder su pertenencia a la Universidad. Estas Unidades Asociadas constituyen una sólida plataforma para la colaboración entre diferentes grupos de la UCA y del ICMAN con objetivos comunes en distintos campos de las Ciencias Marinas. En la actualidad, y desde el año 2002, existen dos Unidades Asociadas entre la UCA y el ICMAN-CSIC, una denominada “Oceanografía Interdisciplinar”, dirigida por J. T. Ruiz (ICMAN) y Fidel Echevarría (UCA), y otra, denominada “Calidad ambiental y Patología”, dirigida por M. C. Sarasquete (ICMAN) y Tomás Ángel del Valls Casillas (UCA).

Esta fructífera relación, unida a la puesta en marcha en 1990 del Plan Andaluz de Investigación (PAI), en el que actualmente se integran tres equipos de investigación del ICMAN (“Biología Marina y Acuicultura”, “Ecología de Esteros y Zonas Intermareales” y “Ecotoxicología y Ecofisiología de Sistemas Marinos”), junto a la consecución de proyectos coordinados, acciones integradas y convenios con empresas, entre otros, se han traducido en un aumento espectacular de los proyectos de investigación desarrollados en el ICMAN y de tesis doctorales leídas en este último periodo, como muestran los dos siguientes gráficos.



Evolución del número de Proyectos de Investigación concedidos a los Equipos del ICMAN en los periodos anuales considerados.



Evolución del número de tesis doctorales realizadas en el ICMAN en los periodos anuales considerados.

En estos años nuestra actividad investigadora se ha hecho, por lo tanto, cada vez más abierta y participativa. Los equipos de investigación se han convertido en los auténticos motores de la investigación del ICMAN, encargados de obtener financiación para sus proyectos en distintas fuentes: convocatorias nacionales e internacionales, Ayudas a Grupos de Investigación dentro del Plan Andaluz de Investigación, y convenios y contratos con empresas privadas.

Por otra parte, en 1993, con la aplicación del nuevo Reglamento del CSIC, las Unidades Estructurales de Investigación pasan a organizarse en Departamentos de Investigación, con el fin de agrupar equipos y líneas de temática parecida. Dada la reducida masa crítica de científicos de plantilla de nuestro Instituto, la nueva organización apenas cambia lo que ya teníamos, que funcionaba muy bien. Debatido primero en el Claustro Científico y luego aprobado por la Junta de Instituto, la actividad investigadora del ICMAN quedó

estructurada en dos Departamentos de Investigación: “Oceanografía” y “Biología Marina” y en ocho Equipos de investigación, como recoge el diagrama de la página siguiente.

Los equipos de investigación integrados en el primer Departamento se ocupan de estudiar, entre otros, aspectos oceanográficos (biológicos, químicos y físicos) de la franja costera; la contaminación inorgánica y orgánica en ecosistemas marinos (sedimento, agua, biota), mediante test de toxicidad y biomarcadores de calidad ambiental; la fisiología de microalgas marinas y su relación con el ciclo del carbono y el cambio climático; y del desarrollo de sistemas autónomos de medida del tamaño de partículas oceánicas en el rango de 20 a 500 micras. En este periodo hay que destacar un hecho que marcó una etapa de especial dedicación del ICMAN al estudio de la contaminación ambiental: la denominada “Emergencia ecológica ocurrida en la zona de influencia de Doñana”, acaecida en abril de 1998. Como explico con más amplitud en el apartado correspondiente, el ICMAN, con su amplia experiencia e infraestructura en materia de contaminación marina, afrontó este reto sin escatimar esfuerzos durante tres años seguidos, determinando el impacto de este suceso en el estuario del río Guadalquivir y emitiendo informes técnicos que permitieron al CSIC asesorar a las administraciones en la toma de decisiones para paliar las consecuencias del vertido de la mina de Aznalcóllar.

En el Departamento de Biología Marina, dentro del campo de la Acuicultura, se estudian aspectos de Genética, Biología Molecular, Bioquímica y Fisiología Molecular relacionados con la reproducción, con el desarrollo larvario y con la nutrición en peces de interés comercial, así como de Histofisiología e Histopatología Clásica y Molecular de especies marinas. Desde el punto de vista aplicado, numerosas han sido las colaboraciones del ICMAN con el sector empresarial, lo que ha dado lugar la producción de algunas patentes. Por otro lado, en el campo de la Ecología Clásica, se estudian la estructura y dinámica poblacional de comunidades acuáticas que habitan espacios costeros de especial interés, como los estuarios de los ríos Guadalquivir, Guadalete y Barbate y marismas de la Bahía de Cádiz, por su aplicación al uso y conservación de estos ecosistemas. Por último, en Taxonomía y Ecología Clásica y Molecular se realizan estudios de morfología y ecología larvaria de crustáceos decápodos en distintos ecosistemas acuáticos del mundo.

El aumento de Proyectos y tesis doctorales es uno de los rasgos significativos de esta época, impulsado por el continuo incremento del “capital humano” del Instituto, hasta el punto de que ya en 2003 se planteó seriamente la necesidad de “agrandar” el edificio para dar cabida a nuevos científicos y dependencias. De hecho, a primeros de 2006 comienza la construcción de un “ala” de tres plantas, cuya imagen aparece al final de este apartado.

## ORGANIGRAMA DEL INSTITUTO DE CIENCIAS MARINAS DE ANDALUCÍA - 2005

### CLAUSTRO CIENTÍFICO

Presidente: María C. Sarasquete Reiriz  
Secretario: Gonzalo Martínez Rodríguez  
Miembros: Emilio Pascual Vázquez  
Antonio Rodríguez Martín  
Luis M. Lubián Chaichío  
Manuel Yúfera Ginés  
María del Pilar Drake Moyano  
Julián Blasco Moreno  
Javier T. Ruiz Segura  
Alberto M. Arias García

### DIRECCIÓN

María del Carmen Sarasquete Reiriz

### JUNTA DE INSTITUTO

Presidente: María C. Sarasquete Reiriz  
Secretario: Rafaela Prada Carrasco  
Miembros: Emilio Pascual Vázquez  
Manuel Yúfera Ginés  
Julián Blasco Moreno  
José María Espigares Buitrago  
Manuel Arjonilla Medina

### VICEDIRECCIÓN

Manuel Yúfera Ginés

### GERENCIA

Rafaela Prada Carrasco

### DEPARTAMENTO de **BIOLOGÍA MARINA**

Jefe: Emilio Pascual Vázquez

#### Equipo "Ecología de esteros y Zonas intermareales"

Responsable: Alberto M. Arias García  
Componentes: María del Pilar Drake Moyano, Antonio Rodríguez Martín, José A. Cuesta Mariscal, César Vilas Fernández, Enrique González Ortegón, Javier López Santiago, Mariana Espigares Buitrago

#### Equipo "Biología Marina y Acuicultura"

Responsable: Emilio Pascual Vázquez  
Componentes: José María Espigares Buitrago

#### Equipo "Fisiología larvaria"

Responsable: Manuel Yúfera Ginés  
Componentes: Catalina Fernández Díaz, José A. Miquel Carreto, María José Darías Cáceres, Esmeralda Ramos-García Neto, María Isabel Sánchez Amaya

#### Equipo "Histopatología"

Responsable: María del Carmen Sarasquete Reiriz  
Componentes: Isabel Viaña Conejero, Juan Bosco Ortiz Delgado, José Luis Palazón Fernández, Eduardo Cargnin Ferreira, Juana M. Arellano López

#### Equipo "Reproducción, Genética y Biología Molecular"

Responsable: Gonzalo Martínez Rodríguez  
Componentes: María Francisca Osta Fort, Antonio Astola González, Ángel M. García López

### DEPARTAMENTO de **OCEANOGRAFÍA**

Jefe: Julián Blasco Moreno

#### Equipo "Contaminación y ecotoxicología"

Responsable: Julián Blasco Moreno  
Componentes: Isabel Fernández Ferrer, Miriam Hampel, Dayanara Macías Mayorga, Olivia Campana

#### Equipo "Fisiología de microalgas marinas"

Responsable: Luis M. Lubián Chaichío  
Componentes: Ignacio Moreno Garrido, Carmen Lama Muñoz, Blanca Puig Solsona

#### Equipo "Oceanografía de ecosistemas"

Responsable: Javier T. Ruiz Segura  
Componentes: Isabel Emma Huertas Cabilla, Gabriel Navarro Almendros, Laura Prieto Gálvez, Susana Rodríguez Gálvez, Francisco J. Gutiérrez Royo, María Ferrer Marco, Elena Acero Sánchez

### UNIDADES DE APOYO

Gestión económica: Guillermina Muriel Moreno, María de los Ángeles Pérez Rodríguez

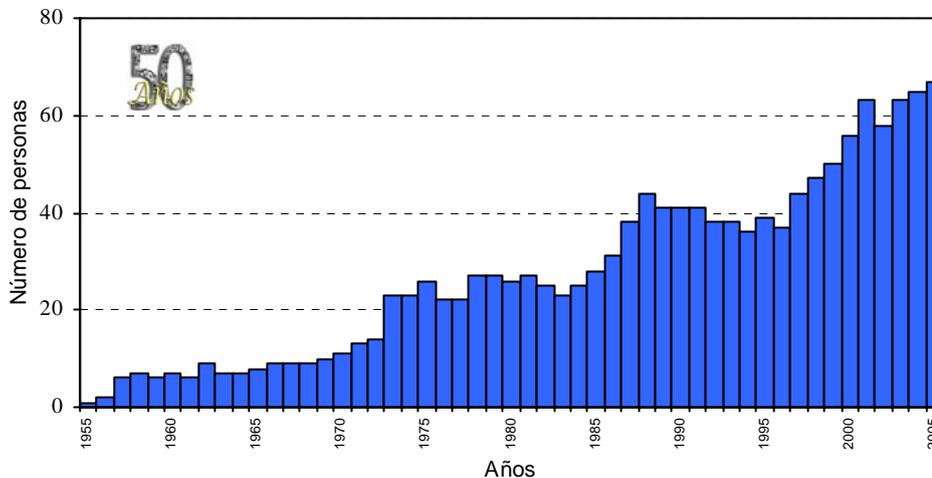
Biblioteca: Enrique Wulff Barreiro

Análisis químico: Manuel Arjonilla Medina, María Carmen Agulló Cornejo

Mantenimiento: Ramón Hervías Sánchez, Joaquín A. Rodríguez Balestra, Pablo J. Vidal Ostenero, José Rodríguez Santana, José Luis Coello Rodríguez

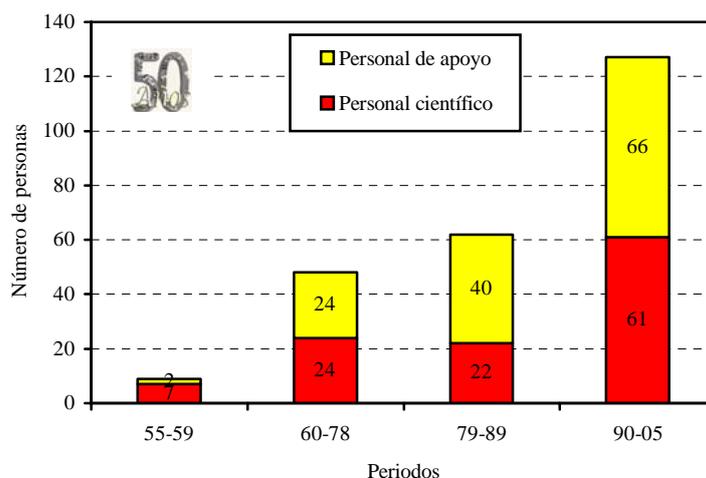
Conserjería: Florencio J. Arias García, María Antonia Ruiz Leal, Rafael Nevado Escobar

Desde su creación en el año 1955, un total de 180 personas han estado vinculadas contractualmente al Instituto, de las cuales 91 lo han hecho en estos últimos quince años considerados. Igualmente, desde la fundación el número neto de personas ha pasado de 1 (J. Rodríguez-Roda) a 66 en 2005.



Número neto de personas vinculadas contractualmente al Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía en sus 50 años de historia.

Por escalas, si bien en los primeros años el personal científico era mayoritario frente al personal de apoyo, en las tres décadas siguientes se invierte claramente esta composición, llegando a finales de los ochenta a doblar al personal científico. Sin embargo, en los años 90 y en los primeros “dos mil” el aumento espectacular del personal científico es la nota característica, llegando a casi igualar de nuevo al personal de apoyo, en lo que ha influido la incorporación de muchos graduados de la vecina Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales.



Evolución de la composición del personal del ICMAN por escalas en los distintos periodos anuales considerados durante sus primeros 50 años de historia.

Personalizando este somero análisis, Gonzalo Martínez Rodríguez, Montserrat Solé Rovira y José Antonio Cuesta Mariscal (Científicos Titulares) y Javier Tomás Ruiz Segura (investigador científico), se incorporaron a la plantilla en estos años. También obtuvo plaza de Científico Titular en nuestro Instituto, en 1998, Julio Camargo Benjumeda, pero pidió la excedencia y no llegó a tomar posesión de la misma. Por otra parte, Ignacio Moreno Garrido, Isabel Emma Huertas Cabilla, Laura Prieto Gálvez, Inmaculada Riba López y Juan Bosco Ortiz Delgado, pasaron a la categoría de investigadores contratados. Como becarios predoctorales, durante estos años empezaron, además de los seis anteriores: Amalia Grau Jofre, África García García, Inmaculada López de la Rosa, Manuel Antonio González del Valle, Juana María Arellano López, María Gema Parra Anguita, Juan Ignacio González Gordillo, Cristina Sobrino García, Ana María Peciña López, Verónica Sáez Aurrecochea, Francisco de Asís Baldó Martínez, María Zhora Marín Estrella, María del Carmen Piñuela López, César Vilas Fernández, María José Darías Cáceres, Carmen Lama Muñoz, Javier López Santiago, Ángel María García López, Enrique González Ortegón, Natalia Jiménez Tenorio, Susana Gálvez Rodríguez, Elena Acero Sánchez, Carmen Morales Caselles, María Isabel Sánchez Amaya, María Ferrer Marco y Alegría Cabrera Mesa. A estos hay que sumar los siguientes becarios predoctorales extranjeros: José Luis Palazón Fernández (Venezuela), Eduardo Cargnin Ferreira (Brasil), Miriam Hampel (Alemania), Olivia Campana (Italia) y Dayanara Macías Mayorga (Panamá). Como Titulados Superiores Especializados contratados con cargo a Proyectos prestaron sus servicios en el Instituto: Susana Bartolomé Sanz, Silvia Martín Benítez, Rosario Sánchez Maestre, Catalina Fernández Díaz (Titulado Superior Laboral desde el año 2000), María de los Reyes Sánchez García, Rebeca González Pascual, Antonio Astola González, Laura María Martín Rivas, Gabriel Navarro Almendros y Francisco Javier Gutiérrez Royo.



Personal de plantilla incorporado al ICMAN entre 1990 y 2005. De izquierda a derecha: J. A. Cuesta, G. Martínez, M. Solé, J. T. Ruiz (científicos), E. Wulff (bibliotecario), J. A. Miquel, R. Nevado (ayudantes de investigación), G. Muriel, M. A. Pérez (administrativos), J. A. R. Balestra (mantenimiento) y J. R. Santana (patrón de embarcación). Fotos: A. M. Arias.

Por lo que respecta al personal de apoyo, ingresaron en la plantilla del Instituto José Antonio Miquel Carreto, Enrique Wulff Barreiro, Rafael Nevado Escobar, María del Carmen Agulló Cornejo (todos ellos Ayudantes de Investigación), Joaquín Alberto Rodríguez Balestra, José Rodríguez Santana (Técnicos de Mantenimiento), Guillermina Muriel Moreno (Habilitada Pagadora) y María de los Ángeles Pérez Rodríguez (Administrativa). Han permanecido temporalmente en el centro, dentro de los convenios CSIC-INEM, CSIC-Junta de Andalucía y para realización de prácticas para estudiantes de Formación Profesional y de Universidad, las siguientes personas: Cristina Velasco Bernal, María Antonia Muñoz Ríos, Bartolomé Gil Martínez, Blas del Valle Jiménez, Margarita Aguilar Rodríguez, Rafael Navajas Muñoz, Teresa González Alba, Julio Heredia González, Visitación Martínez Morales, Rosa María Martínez Álvarez, Manuel Rodríguez Paula, Francisco González Lería, Lourdes Jiménez

Taracido, Mercedes Ligeró Benítez, Lina Isabel Alves Vieira, Lourdes Bordonado Romano, María del Mar Fernández Bastón, María Jesús Gómez-Villalba Benítez, Antonio Moreno Muñoz, Esmeralda Ramos-García Neto, Alfonso Vidal Agarrado, Rafael Mariano Acuña Ortega, Carmen María Álvarez Torres, María de los Ángeles Bernal Climat, Jesús Federico Ivars, Francisco de Paula López Martínez, José Luis Rivero Ruiz, Elena Castañeda Gordillo, Rosa Bueno Neva y Blanca Puig Solsona.

Además de todos ellos, realizaron estancias en el instituto los siguientes graduados extranjeros: Daniel Lemos (Brasil), Chiara Trombini (Italia), Griselda Parés Sierra, Marcelo Ulises García Guerrero y Normalidia Oliva Méndez (Méjico), Thomas Ramsome (Australia), y los portugueses Dinora Sobral Capeta da Silva, Paulo Jorge Gavaia, Laura Ribeiro, Florbela Soares, Elsa Cabrita, Dina Vieitez y Sofia Engrola.

### BECARIOS y CONTRATADOS PRE Y POSTDOCTORALES



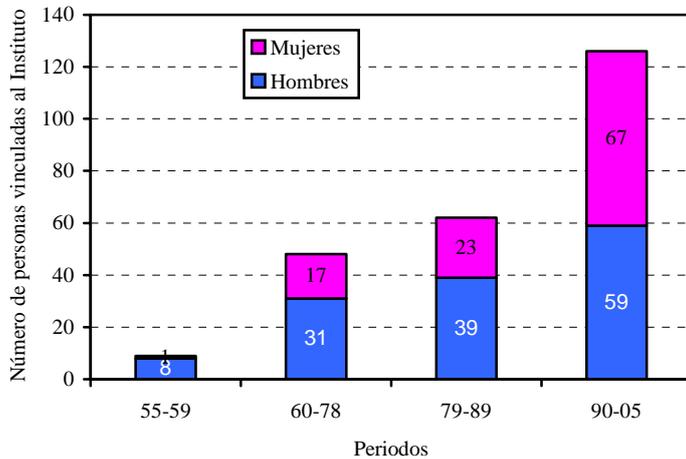
De izquierda a derecha y de arriba abajo: A. Grau, C. Fernández, A. García, I. López, F. A. González, I. Moreno, J. M. Arellano, I. E. Huertas, M. G. Parra, J. I. González, C. Sobrino, G. Parés, P. Gavaia, S. Engrola, D. Lemos, A. Peciña, J. L. Palazón, V. Sáenz, F. A. Baldó, M. Hampel, J. B. Ortiz, C. Piñuelas, N. Jiménez, O. Campana, C. Vilas, M. J. Darias, E. Cargin, E. González, Á. M. López, A. Acero, C. Morales, L. Prieto, D. Macías, M. J. Salamanca, J. Kalman, M. Ferrer, M. I. Sánchez. Fotos: A. M. Arias, excepto la de G. Parés, que es de L. M. Lubián.

### TITULADOS SUPERIORES Y TITULADOS TÉCNICOS DE INVESTIGACIÓN



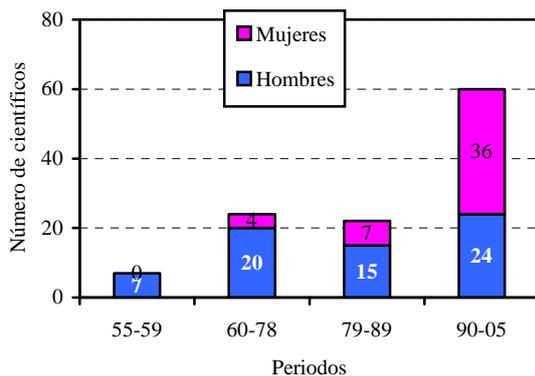
De izquierda a derecha y de arriba abajo: M. S. Marín, V. Martínez, R. Sánchez, F. González, L. Jiménez, L. Bordonado, M. M. Fernández, A. Moreno, E. Ramos-García, T. Ransome, M. R. Sánchez, J. L. Rivero, R. M. Acuña, C. Lama, J. López, R. González, C. M. Álvarez, S. Rodríguez, A. Astola, I. Riba, C. Trombini, M. C. Agulló, B. Puig, G. Navarro y F. J. Gutiérrez. Fotos: A. M. Arias.

Con apenas un vistazo superficial a esta relación y a las fotos precedentes, puede apreciarse otro hecho caracterizador de estos últimos quince años de la historia del ICMAN: el predominio de mujeres en la composición del personal. El gráfico siguiente cuantifica este aspecto, que es un reflejo de lo que ocurre hoy día en otros muchos colectivos de la sociedad española.

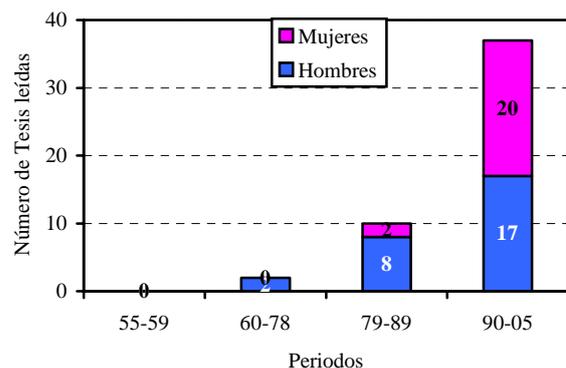


Evolución de la composición por sexos del personal del ICMA en los cuatro periodos considerados en sus 50 años de historia.

Igualmente, como muestran los dos siguientes gráficos, el mismo fenómeno se observa al analizar la composición por sexos sólo entre el personal científico y en el número de tesis doctorales leídas en cada periodo considerado para esta Memoria.



Evolución de la composición por sexos del personal científico del ICMA (arriba) y del número de tesis doctorales leídas (derecha) en los cuatro periodos considerados en sus 50 años de historia.



En estos 15 años la Dirección del Instituto ha estado a cargo de los siguientes investigadores: Luis María Lubián Chaichío, Emilio Pascual Vázquez y María del Carmen Sarasquete Reiriz, actual Directora.



Luis María Lubián Chaichío  
Investigador Científico y Director del  
ICMAN desde el 1-11-91 al 31-01-98



Emilio Pascual Vázquez  
Profesor de Investigación y Director del  
ICMAN desde 01-02-98 al 23-1-02



María del Carmen Sarasquete Reiriz  
Investigadora Científica y Directora del  
ICMAN desde el 04-04-02  
Fotos: A. M. Arias.

En este cuarto periodo considerado se instalaron las redes informáticas local y exterior, tarea de la que se encargó Emilio Pascual, nuestro “informático de guardia” durante muchos años e incluso en la actualidad.

El Servicio de Gerencia y Administración, en el que participó también José María Espigares, se ha fortalecido recientemente con la incorporación de Guillermina Muriel, Habilitada Pagadora, y María de los Ángeles Pérez, Administrativa, que gestionan eficazmente la creciente actividad económica y el cada vez más abundante papeleo que genera la ejecución de los proyectos de investigación.

Como fruto de la labor investigadora desarrollada por el ICMAN, así como por su destacada contribución a la formación de investigadores, el Instituto recibió en octubre de 2004 una Placa de Honor de la Universidad de Cádiz, motivo por el cual la Directora recibió el reconocimiento y la felicitación del CSIC, momentos que recogen las dos fotografías de debajo.



Manuel Yúfera, Vicedirector del ICMAN, recoge una placa conmemorativa de manos del Rector de la Universidad de Cádiz, Diego Sales, en presencia del Presidente de la Junta de Andalucía, Manuel Chaves, en octubre de 2004. A la derecha, M. C. Sarasquete, Directora del ICMAN, recibe la felicitación del Presidente del CSIC, Carlos Martínez, y del Secretario de Estado de Universidades e Investigación, Salvador Ordóñez, en el acto de reconocimiento del CSIC a los Centros que han sido distinguidos por otros Organismos, en mayo de 2005. Fotos: ICMAN.

Como aspecto significativo complementario a la actividad investigadora, en este cuarto periodo de nuestra historia se ha institucionalizado “la excursión”, o Convivencia Anual del personal del Instituto. José María Espigares, Delegado de Acción Social del CSIC, se encarga de organizar visitas a lugares de interés cultural o naturalístico de la provincia de Cádiz, resultando agradables jornadas de confraternización del personal.

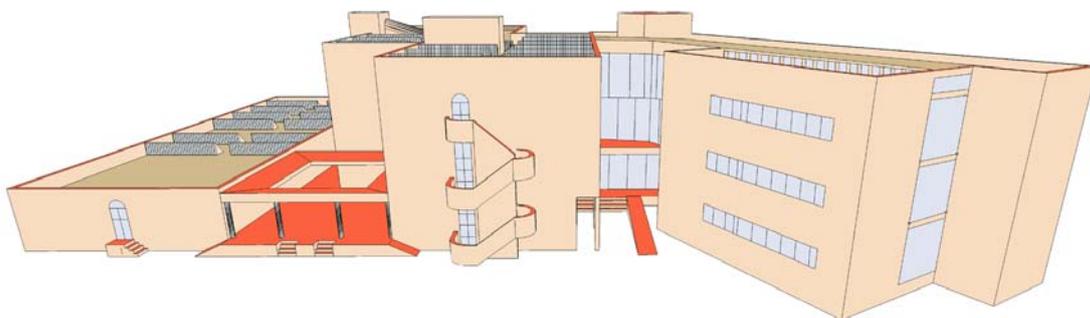


Dos de las excursiones anuales del ICMAN. Arriba, a las ruinas de Baelo Claudia en Bolonia (Tarifa, Cádiz), en 2004. Derecha, a Arroyo de la Miel (Algeciras, Cádiz), en 2005. Fotos: A. M. Arias.



Nuestro Instituto es un Centro pequeño que ha cambiado mucho en estos 50 años. De una persona que empezó esta historia en 1955 a las 66 que la continuamos en la actualidad, incluyendo a las casi doscientas que han prestado aquí sus servicios; de un presupuesto exiguo, a los aproximadamente 140.000 euros/año actuales; de “un laboratorio capaz de cumplir la misión encomendada”, a un centro moderno de investigación científica abierto a la sociedad; de una investigación individual, a equipos de investigación y Unidades Asociadas.

Para dar respuesta al continuo crecimiento de nuestro capital humano, el edificio actual va a ser ampliado en los próximos dos años con un ala de tres plantas con más laboratorios y despachos. El dibujo siguiente es una perspectiva a escala de la construcción prevista.



Perspectiva del ICMAN con la ampliación prevista, el “ala” derecha de tres plantas que se empezará a construir en 2006. Dibujo: Ángel Caballero Sebastián.

# Segunda parte

## Aportaciones a las Ciencias Marinas

- Introducción
- Pesquerías
- Fitoplancton e Hidrografía
- Composición química de especies de interés pesquero
- Algas marinas superiores
- Contaminación marina
- Histología e Histoquímica
- Acuicultura
- Comunidades acuáticas
- Oceanografía interdisciplinar



## Introducción

Los siguientes apartados constituyen un repaso cronológico de las principales líneas de trabajo desarrolladas en estos 50 años de investigación en el Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía. En la mayoría de los casos se ve claramente que su puesta en marcha se corresponde con bastante aproximación al contenido del Programa de Investigación trazado por J. Rodríguez-Roda en diciembre de 1957, que ya comentamos al principio de la primera parte del libro. Durante mucho tiempo, al menos en sus primeros 20 años, el Instituto funcionó con estas directrices.

Con la perspectiva que da el tiempo transcurrido llama la atención, sin embargo, que no hubiera en este programa ninguna mención a estudios relacionados con cultivos marinos en las salinas de Cádiz, pese a que ya, en 1949, unos 8 años antes, como se explica en el apartado correspondiente, B. Andreu indicaba que el futuro Laboratorio que se construiría en Cádiz se encargaría de instalar “un parque de piscicultura en los esteros”. No obstante, una vez que llegó el boom de los estudios de transformación de las salinas de Cádiz en piscifactorías, nuestro Instituto puso en ello todo su empeño y la mayor parte de los esfuerzos investigadores de las últimas tres cuartas partes de su existencia han estado centrados en aspectos relacionados con la Acuicultura. Más recientemente, con la especialización progresiva de los investigadores, el aumento de personal científico y la creación de Equipos de investigación y Unidades Asociadas de Investigación, asistimos a una diversificación de las disciplinas científicas cultivadas, como la Ecotoxicología o la Oceanografía.



Pesquerías

---





## Pesquerías

Los estudios en Biología Pesquera constituyeron la primera línea de investigación que J. Rodríguez-Roda puso en marcha en el Laboratorio de Cádiz del Instituto de Investigaciones Pesqueras. Para ello, una vez instalado en Sanlúcar de Barrameda en febrero de 1955, lo primero que hizo fue empezar a familiarizarse con las pesquerías de los principales puertos pesqueros gaditanos. Recordemos que entonces no existía el Instituto (el vino a Cádiz a fundarlo) y que se desplazaba en “coche de línea”. Esto no era obstáculo para su firme determinación de llevar a cabo “la misión encomendada”. Hizo algunas visitas a las lonjas de Sanlúcar de Barrameda, El Puerto de Santa María, Cádiz, Barbate, Tarifa, Algeciras y La Línea de la Concepción, y ya, en septiembre de ese año (1955), en la II Reunión de Productividad y Pesquerías celebrada en Vigo, presentó un trabajo titulado “Avance sobre el estado de las pesquerías en la costa sudoeste de España”, en el que describía someramente las modalidades de pesca y las principales capturas desembarcadas en cada puerto.

En 1957, al poco de inaugurarse el nuevo edificio, J. Rodríguez-Roda indicaba en *Industrias Pesqueras* las especies que centrarían la actividad del Instituto: “En los estudios emprendidos se dará preferencia a las especies que forman la base económica de estas costas, como son la sardina, el atún, la caballa, la merluza, la gamba, el langostino y la “almeja” (sic, por almeja entrecomillada, cuyo significado ignoramos)”.

Sin embargo, desde el año anterior ya venía dedicándose con ahínco a conocer los principales aspectos de la biología del atún (*Thunnus thynnus*), la especie más importante de las citadas. En las primeras prospecciones del año 1955 estableció contactos para estudiar el atún de las almadrabas de Barbate y

Tarifa y cuando se instaló definitivamente en Cádiz, y, recordemos, utilizando como laboratorio primero su domicilio y luego el local de la mercería, en la campaña atunera de 1956 consiguió estudiar sus primeros 300 atunes, con la finalidad de conocer el crecimiento relativo y esclarecer la existencia de una o varias poblaciones atlánticas y mediterráneas de atún con características propias, lo que consideraba de gran interés para que la Administración dictara leyes protectoras de las pesquerías. Desde el 6 de junio al 27 de julio examinó 15 lotes de ejemplares e hizo un minucioso estudio biométrico, en el que midió un total de 6.000 caracteres biológicos (20 a cada atún). Un auténtico “maratón”, si pensamos que trabajaba solo, sin apenas ayuda, en medio de la vorágine de la fábrica del Consorcio Nacional Almadrabeto en Barbate. Él mismo lo dice en su primer trabajo: “Debido al ritmo de la fábrica, el trabajo para el investigador se hace penoso e incluso peligroso, máxime si, como en el presente trabajo, se quiso trabajar con ejemplares frescos y recién capturados”. Con los datos así obtenidos, y ya utilizando el Laboratorio de Cádiz recién terminado, presentó un avance de resultados en la II Reunión de Productividad y Pesquerías celebrada en Castellón en septiembre de 1957, y, poco después, apareció el primer artículo científico que salía del nuevo edificio, con el que llegó a la conclusión de que los atunes que se desplazaban por el Atlántico y el Mediterráneo pertenecían a la misma población.



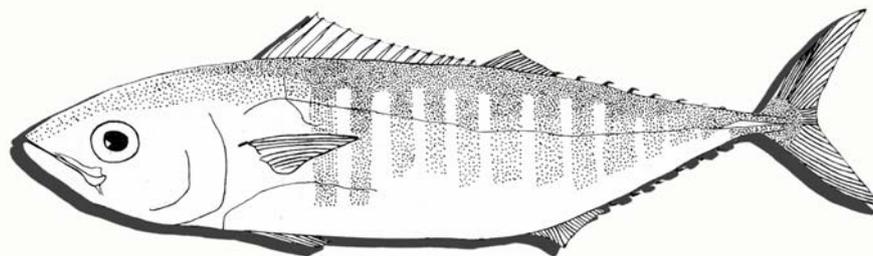
J. Rodríguez-Roda midiendo atunes con su calibrador de madera en la fábrica del Consorcio Nacional Almadrabeto en Barbate, el 4 de agosto de 1959. Foto cedida por Angélica Castro.

Con una laboriosidad y constancia inagotables, desde 1956 a 1982 acudió cada temporada a Barbate a medir atunes en las dependencias del Consorcio Nacional Almadrabeto, una vez descargados desde las barcas que los traían de la almadraba y antes de que fueran descuartizados y procesados. En los 27 años de estudio continuado del atún J. Rodríguez-Roda midió 11.869 atunes y pesó a 8.961 de ellos. En 491 atunes estudió la edad mediante la lectura de los anillos de crecimiento en las vértebras, todo un delicado proceso desde la obtención y preparación del material adecuado hasta la interpretación de los resultados. Los 25 primeros atunes los midió con una cinta métrica, lo cual no le convenció porque la diferente gordura de cada animal introducía errores en la longitud total. Para evitarlo diseñó un calibrador de madera de proporciones adecuadas a la longitud de los grandes peces que tenía que medir, que usaría durante varios años. Más tarde, en 1964, mejoró

considerablemente este calibrador diseñando uno desmontable, muy ligero y resistente, hecho, según sus palabras, de “hidronalio, una aleación de aluminio no corrosible”.

El uso de estos dispositivos un tanto aparatosos entre el ritmo febril de trabajo de la fábrica, no exento de riesgos físicos, producía cierta inquietud en los ronqueadores del atún, quienes blandiendo sus grandes cuchillos debían concentrarse sólo en descargar certeros golpes para descabezar y abrir a los atunes lo más rápidamente posible -ya que su jornal dependía del número de atunes que ronqueaban-, y no en estar pendientes de esquivar o facilitar la labor del científico midiendo atunes por allí en medio. Esto, unido a la presencia habitual de J. Rodríguez-Roda en el Consorcio firmemente decidido a tomar medidas a los atunes y a hacer un trabajo riguroso pese a todas las dificultades, hizo que entre los operarios de la fábrica conservera de Barbate fuese conocido cariñosamente por “El sastre de los atunes”.

Como fruto de sus estudios, calculó con exactitud las tallas y pesos que alcanza el atún en cada año de vida. Estudió su fecundidad, mediante el número de huevos de las hembras maduras, y llegó a determinar la talla mínima a la que éstas desovan por primera vez. Esto le permitió recomendar a la Administración pesquera que para conservar la población no se capturaran atunes de menos de 3 años de edad, es decir, atunes menores de 1,15 metros de longitud y 35 kilos de peso. Por otra parte, con sus meticulosos análisis del rendimiento de las almadrabas año tras año, pudo confirmar la existencia de fluctuaciones de abundancia cada siete años.



Dibujo de un atún joven, de 25 cm de longitud, realizado por J. Rodríguez-Roda en 1958.

Entre 1960 y 1965 se ocupó también de estudiar los movimientos migratorios del atún en sus desplazamientos reproductivos desde el Atlántico al Mediterráneo y viceversa. Para ello, con financiación de la Dirección General de Pesca Marítima, llevó a cabo un programa de marcación de atunes, nunca antes intentado en nuestras aguas. Utilizando marcas basadas en un modelo noruego, un arpón de invención propia para insertarlas en el lomo de los atunes, una plataforma basculante en la borda de una de las embarcaciones que rodean el copo de la almadraba (graduada en decímetros para obtener una medida aproximada de los ejemplares), y la ayuda de dos pescadores que colocaban cada atún en la plataforma y una vez marcado lo liberaban al mar, llegó a marcar a 262 ejemplares adultos.

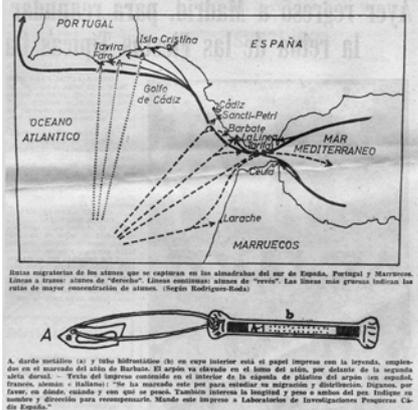


J. Rodríguez-Roda en la embarcación testa de la almadraba de Barbate preparando el arpón de marcar atunes; detrás de él está M. Gutiérrez, para recoger muestras de sangre (ver Histología). Derecha, dos pescadores colocan un atún en la rampa basculante para el marcado. En el centro de la foto se observa el arpón de marcaje clavado en el dorso. Fotos: J.Rguez-Roda.

### Plan de Marcación del atún en el Golfo de Cádiz y Costa Sudatlántica de España

El Dr. Rodríguez-Roda del Instituto de Investigaciones Pesqueras lleva a cabo este trabajo

Por M. L. B.



Recorte de *Diario de Cádiz* que recogía la noticia del Plan de Marcación de atunes emprendido por J. Rodríguez-Roda en 1963. Cedido por Angélica Castro.

Este programa, su interés y la necesidad de colaboración del sector pesquero, fue recogido en un extenso artículo publicado en *Diario de Cádiz* el 23 de mayo de 1963. Pese a la dificultad y el elevado costo del proyecto (por aquella época un atún valía unas 10.000 pesetas, 60 €, con lo que liberar 262 ejemplares supuso un gasto considerable), J. Rodríguez-Roda tuvo cierto éxito en las recapturas de atunes marcados y pudo avanzar algunas hipótesis sobre los movimientos migratorios de esta especie.

En las campañas almadraberas de los años 1967 y 1968 realizó un estudio exhaustivo de la temperatura y la transparencia del agua del mar para tratar de encontrar su relación con las capturas de atún. De mayo a agosto, con un

batitermógrafo, hizo determinaciones diarias de la temperatura del agua cada dos metros, desde la superficie hasta unos 40 metros de profundidad, casi siempre a la misma hora; en ocasiones dos veces el mismo día, una al amanecer y otra al atardecer.

En 1972, J. Rodríguez-Roda emprendió un estudio para localizar áreas de puesta del atún a ambos lados del Estrecho de Gibraltar. A bordo del buque oceanográfico *Cornide de Saavedra* fue el jefe de la expedición científica *Maroc-Iberia I*, en la que llevó a cabo un completo programa de muestreos de ictioplancton que abarcó amplias zonas del Atlántico y del Mediterráneo. Pese a que la campaña se hizo en plena época de desove del atún y al enorme esfuerzo realizado, no se recolectó ninguna larva de la especie objetivo. Con posterioridad otros autores han determinado que la zona de puesta está situada en las aguas de Cerdeña y Sicilia, algo más al oeste de donde se hicieron las prospecciones. En esta campaña oceanográfica también participaron otros científicos del Laboratorio de Cádiz, como R. Establier, que se ocupaba de los registros de las condiciones físicoquímicas del agua, y A. M.

Arias, por entonces becario en prácticas, encargado de la recogida de muestras de huevos y larvas con las mangas de plancton.



De izquierda a derecha, de pie, F. G. Moretón, R. Establier, E. Arias, J. Martínez, J. Rucabado, P. Rubiés y P. Andreu; sentados, M. Lambouef, F. Vives, P. Suau, J. Rodríguez-Roda, A. M. Arias, A. Vázquez, F. Fraga, J. Lima, C. Mouriño y M. Alcaraz en la cubierta del *Cornide de Saavedra* durante la campaña oceanográfica Maroc-Iberia I, en abril de 1972. Foto: Rodríguez-Roda.



J. Rodríguez-Roda y A. M. Arias en el *Cornide de Saavedra* durante la campaña Maroc-Iberia I, con una de las mangas de recogida de plancton. Foto: Rodríguez-Roda.

Dado su conocimiento de la biología del atún, J. Rodríguez-Roda fue un miembro destacado de varios grupos de trabajo sobre túnidos pertenecientes a diversas organizaciones internacionales, como la FAO (Food and Agricultural Organization), el ICES (International Committee for Exploration of the Sea) y la ICCAT (International Commission for the Conservation of the Atlantic Tuna). Asimismo, este conocimiento quedó reflejado en una abundante producción científica de artículos en revistas especializadas, comunicaciones a congresos, informes técnicos, trabajos de divulgación y conferencias.



J. Rodríguez-Roda, a la derecha, en una reunión del ICCAT en Lisboa, el 3 de abril de 1971. Foto cedida por Angélica Castro.

Sin solución de continuidad, y siguiendo al pie de la letra su “Programa de Investigación” trazado en diciembre de 1957, otras especies de peces comerciales de nuestras costas fueron, simultáneamente a los estudios del atún, objeto de la infatigable labor científica de J. Rodríguez-Roda. La primera de ellas la sardina (*Sardina pilchardus*), de tal manera que, si el 27 de julio de 1956 estudió el último de sus 15 primeros lotes de atunes, un mes después, el 3 de septiembre siguiente, ya estaba estudiando el primer lote de sardinas de Barbate y Larache.

Igualmente, en años sucesivos, el crecimiento, la reproducción y las migraciones de bacoreta (*Euthynnus alletteratus*), bonito (*Sarda sarda*), melva (*Auxis rochei*), caballa (*Scomber japonicus*), estornino (*Scomber scombrus*), y boquerón (*Engraulis encrasicolus*), fueron estudiados a partir de muestras procedentes de caladeros suratlánticos españoles y marroquíes y sus resultados publicados en numerosos artículos científicos y de divulgación. También hizo estudios biológicos de la albacora (*Thunnus alalunga*) de las pesquerías del atlántico norte en colaboración con otros autores.

Durante los años 1959 a 1964 J. Rodríguez-Roda contó con la eficaz ayuda de María del Carmen Monge Delgado, su primera ayudante de investigación (categoría que entonces se denominaba laboranta), y de 1967 a 1983 con la no menos eficaz de Mariana Espigares Buitrago, encargadas ambas de todo el procesado de las muestras de sardina y boquerón para el estudio de la biología, de los cálculos, construcción de gráficas y mapas y el mecanografiado de los manuscritos de casi todas sus publicaciones, además de ejercer labores de secretarías y de ocuparse de la cada vez mayor atención que precisaba la gestión de la Biblioteca del Instituto.



Mariana Espigares en 1970 y Julio Rodríguez-Roda en 1977 en los laboratorios de Pesquerías.  
Fotos cedidas por M. Espigares y Angélica Castro, respectivamente.

Otras especies de peces que por diversas circunstancias cayeron en manos de J. Rodríguez-Roda también fueron objeto de algún artículo científico, como *Harriotta raleighana*, un pez de raro aspecto perteneciente a la familia de las Quimeras que se había capturado en aguas africanas; *Phetherichthys lineatus*, una rémora o pejepega, que apareció al bajar la marea en una poza cerca de la Barriada de La Paz en Cádiz; e *Istiophorus albidus*, un pez vela del Estrecho de Gibraltar, sobre el que publicó un trabajo en la prestigiosa revista

*Nature*. Asimismo, en su inquietud por conocer a fondo los recursos pesqueros de las costas de Cádiz, durante las visitas que hacía a los puertos pesqueros se ocupaba de ir recopilando los nombres locales que daban los pescadores a las principales especies de interés pesquero. En 1960 publicó un trabajo que recogía los nombres comunes de 111 especies de peces en los puertos de Sanlúcar de Barrameda, Cádiz, Barbate y Algeciras, que constituyó la primera lista de nombres vernáculos de nuestras costas confeccionada con rigor científico. Cuatro años después hizo un trabajo similar sobre los crustáceos comerciales. Hasta su jubilación en octubre de 1983, J. Rodríguez-Roda estuvo trabajando al mismo ritmo de siempre, consiguiendo ver publicado su último trabajo sobre el atún, que apareció en septiembre de ese año, y el último sobre la melva, en diciembre también del mismo año.

Otros importantes trabajos en pesquerías se realizaron también en los primeros años del Laboratorio de Cádiz, siguiendo las directrices del Programa de J. Rodríguez-Roda. Para ello, además de Antonio Figueras Montfort, que ya estaba aquí desde 1956, en el mismo año de la inauguración del nuevo edificio (1957) se incorporaron cuatro científicos procedentes de otros Laboratorios del IIP, que empezaron a desarrollar otros trabajos en pesquerías.

En los primeros meses del año 1957 se incorpora como becario Miguel Massutí Oliver, que empezó a trabajar con la gamba (*Parapenaeus longirostris*) y ya en la III Reunión de Productividad y Pesquerías, celebrada en Castellón del 10 al 14 de septiembre de 1957, presentó un avance de sus resultados. Por aquella época la pesquería de la gamba en el Golfo de Cádiz y de Marruecos no había sido aún estudiada. A bordo de barcos pesqueros, M. Massutí se ocupó de analizar las capturas de esta especie, estudiando no sólo sus principales características biométricas y volumen de capturas, sino también los tipos de fondos existentes en los distintos caladeros donde se pescaba, aportando valiosos listados faunísticos de especies acompañantes a distintas profundidades y su relación con el volumen de captura de gamba. Los resultados de estas investigaciones se recogieron en dos trabajos publicados en 1959 en la revista *Investigación Pesquera*.

En octubre de 1957 ingresan en el Instituto Fernando Cervigón Marcos y Miguel Durán Ordyniana. F. Cervigón se trasladó desde Castellón a Valencia en moto –una *Montesa*, según recuerda-. Allí entró en contacto con M. Durán y viajaron juntos en tren hasta Córdoba, y desde allí hasta Cádiz en la moto. Es posible que estos científicos no estuvieran informados al detalle del Programa de Investigación de J. Rodríguez-Roda, pues F. Cervigón recuerda que éste “se dedicaba al estudio de los atunes, viajaba con cierta frecuencia a Barbate y no se comunicaba con nosotros sobre sus trabajos, objetivos, etc. En esto era un solitario”. Sin embargo, esto contrasta con lo que M. Massutí recuerda del Laboratorio de Cádiz, “dirigido por el buen investigador y buen amigo Julio Rodríguez-Roda (con -) [*sic*] que junto a Fernando Cervigón y Miguel Durán formaron el grupo de biólogos más afines en sus trabajos y asimismo también en las horas de tiempo libre, ya sea comiendo en casa de Julio con largas sobremesas, o escuchando música en casa de Fernando entre largas tertulias con el fondo del *Concierto de Brandemburgo*, en la, por entonces, novedad de los LP”.



Miguel Massutí durante los muestreos en barcos arrastreros por las costas occidentales africanas. Las dos fotos de arriba, en el 2ª *María* y midiendo gambas en 1957. Las cuatro fotos restantes en el *Costa Canaria* en 1958. Fotografías cedidas por M. Massutí.

A modo de anécdota de la época, M. Massutí recuerda también: “Las comidas diarias, para subsistir, las realizábamos con Durán en un pequeño y modesto restaurante en una calleja cuyo nombre no recuerdo [probablemente la calle San Fernando, frente al Ayuntamiento, por la que hemos pasado muchos antiguos becarios para “sobrevivir”], donde el menú diario era Sopa A o Sopa B, evidentemente de distinta “calidad”, y un “bistec alemán” (hoy hamburguesa) y algún postre. Los restaurantes del Paseo Apodaca, El Faro y otros de igual categoría, eran un “misterio” inalcanzable a nuestro bolsillo de “químicos””.

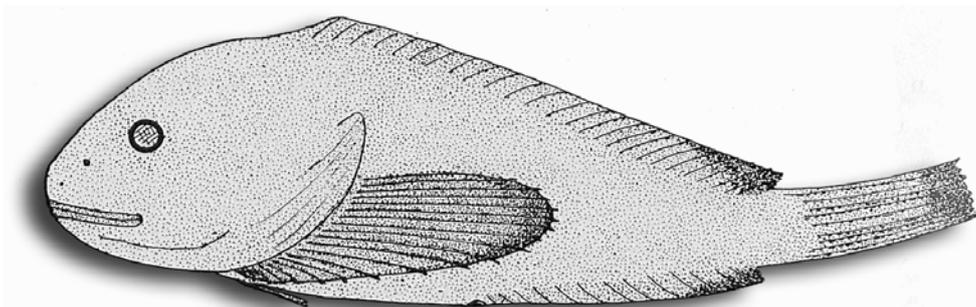
Estos nuevos científicos que se iban incorporando tenían bastante libertad para dedicarse a especies o grupos zoológicos en los que ya tenían experiencia. M. Durán estaba interesado en seguir con los copépodos y F. Cervigón en la posibilidad de hacer su tesis doctoral sobre zooplancton, comenzando con los sifonóforos, pero en los pasos que iban dando y en las facilidades que recibían de J. Rodríguez-Roda subyacían los objetivos de su ya repetido Programa de Investigación para los cinco primeros años del Instituto. Buena muestra de ello es el siguiente párrafo extraído de dicho documento y cómo coincide con lo que F. Cervigón recuerda después (¡en 2005!):

“c) Exploración de las condiciones planctológicas de las aguas de los caladeros saharianos.- Se tiene en proyecto realizar durante el próximo año [1958] un plan de cuatro expediciones de un mes de duración cada una, a dichos caladeros a bordo de “trawls” con base en Cádiz, a cuyo efecto se han iniciado ya las oportunas gestiones con las autoridades de marina y armadores. La finalidad de este plan no se circunscribe a la hidrografía y al plancton, sino que apunta principalmente hacia el estudio de las capturas de los trawlers y exploración preliminar de la bionomía de los caladeros.”

Y por ello F. Cervigón recuerda: “En estas circunstancias, decidimos embarcarnos en uno de los pequeños arrastreros que trabajaban frente a las costas de Marruecos. Primero Massutí y yo hicimos dos campañas; duraban una semana más o menos. Era horroroso. En muchos arrastres el agua entraba por popa e inundaba el camarote. La pared de mi litera era negra; noté que algo se movía en ella y descubrí que estaba materialmente tapizada de cucarachas. No aguantamos, no se podía trabajar.” “De vuelta a Cádiz, -continúa recordando F. Cervigón- la ausencia de perspectivas de futuro hizo que ese mismo año viajara a Casablanca para pedir trabajo en el laboratorio que los franceses tenían allí, pero con la reciente independencia de Marruecos los franceses se lo llevaron todo y cerraron. Decidimos entonces buscar un barco grande que nos admitiera. Rodríguez-Roda hizo la gestión y se consiguió que nos aceptara el *Costa Canaria*. Rodríguez-Roda nos compró colchones de goma y el armador construyó unas literas de madera. Hicimos cuatro expediciones. En la primera salimos Massutí, Durán y yo. Las expediciones duraban entre 20 y 25 días, tres de ellos de travesía entre Cádiz y Canarias. Miguel Durán no aguantó. Desde el primer día hasta el último lo pasó en la cama mareado. No volvió más. Seguimos Massutí y yo, pero la última expedición ya la hice solo. Esta “heroica” forma de buscar trabajo fue muy bien recibida en todo el Instituto”.

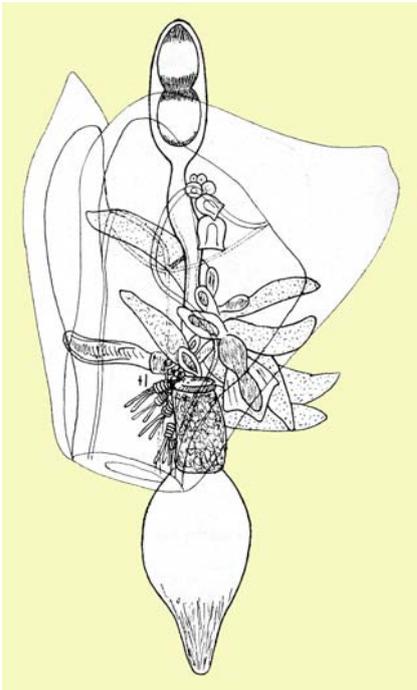
Estas expediciones a las que se refiere F. Cervigón en sus recuerdos las hizo entre abril de 1958 y octubre de 1959 por la costa occidental africana, desde Cabo Juby hasta Cabo Verde, zona de gran interés pesquero para España en aquella época, pues era activamente explotada por una numerosa flota de barcos arrastreros con base en Cádiz y Huelva que faenaban en los bancos de merluza y langosta. Sobre ellas F. Cervigón continúa recordando: “Yo tenía dos objetivos: hacer el muestreo de plancton para mi tesis doctoral y tratar de diferenciar la distribución de la merluza blanca (*Merluccius merluccius*) y la merluza negra (*Merluccius senegalensis*), que entonces era un tema de mucho interés. Me dediqué pues a medir merluzas y a hacer pescas de plancton, pero, como me sobraba tiempo, decidí aprovechar para estudiar los peces, de los cuales no sabía nada. Como ictiólogo, soy absolutamente autodidacta. Nuestro camarote daba -pared de hierro por medio- con la maquina de levar las redes y, como se trabajaba sin descanso las 24 horas del día, estábamos seguros de que no se nos escapaba ninguna calada. El ruido era infernal. Eran unas expediciones fabulosas. El capitán ganaba 10.000 pesetas; el patrón de pesca, un gallego de película, llevaba el 10 por ciento de la pesca, aproximadamente 100.000 pts por campaña; nosotros ganábamos unas 9.000 pts como becarios.”

Después de tres meses y medio en el mar, en los que analizaron las capturas de 186 pescas de arrastre y de 128 pescas de plancton, obtuvieron un valioso material faunístico, cuyas muestras de peces sirvieron para iniciar una rica colección biológica de referencia en el Laboratorio de Cádiz, parte de la cual aún se conserva en el actual Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía. Hay que destacar que uno de los resultados relevantes de las prospecciones pesqueras llevadas a cabo por F. Cervigón y M. Massutí en la costa africana fue el descubrimiento en 1961 de *Cottunculus costae-canariae* Cervigón, 1961, un pez de raro aspecto, que constituyó la primera aportación en el campo de la Taxonomía que se hacía desde el Instituto de Cádiz.



*Cottunculus costae-canariae* Cervigón, 1961. Dibujo de Fernando Cervigón.

Asimismo, F. Cervigón hizo importantes contribuciones al conocimiento científico de los Sifonóforos de la costa africana, un grupo de organismos planctónicos escasamente estudiados hasta entonces pero que se consideraban de interés como indicadores de las características físicoquímicas de las masas de agua oceánicas.



Dibujo del sifonóforo *Agalma* sp.,  
realizado por F. Cervigón.

La estancia en Cádiz de M. Massutí, M. Durán y F. Cervigón fue corta. M. Massutí y M. Durán deseaban irse a su tierra, Mallorca, cuanto antes. El primero, aprovechando la estancia en Cádiz del buque *Xauen* obtuvo una plaza de oceanógrafo en el Instituto Español de Oceanografía (IEO). Durán, a los 9 meses de estar en Cádiz, emigró a su Mallorca natal y también trabajó como científico en el IEO. F. Cervigón se trasladó a Venezuela, donde actualmente es Vicerrector en la Universidad de Oriente (Isla Margarita). Según recuerda, se llevó sus datos de plancton para hacer allí la tesis, pero tuvo que desechar la idea porque el contrato de trabajo que firmó era para hacer un catálogo de los peces marinos de Venezuela. En el año 1963 R. Margalef viaja a Isla Margarita; ve el trabajo de F. Cervigón en peces y le dice que aquello podría servir de tesis. Le propuso hablar con F. García del Cid para que le dirigiera; aceptó y la presentó finalmente en 1964. A propósito de esto, F. Cervigón recuerda: “Hice la tesis sin saber que hacía la tesis, cuando ya había renunciado a ella y al doctorado.”

Después, otros investigadores hicieron algunas incursiones en pesquerías durante su etapa de formación como becarios. Así, Álvaro Cardona Bendito, becario menorquín, que realizó una breve estancia en el Instituto entre 1962 y 1963, estudió el chorizo rojo (*Plesopenaeus edwardsianus*) de Marruecos y, en colaboración con R. Margalef, las agregaciones de la sardina del Golfo de Cádiz.

Un poco más tarde, durante algo más de un año, entre 1964 y 1965, Francisco Castelló Orvay, mallorquín, recién licenciado en Ciencias Biológicas por la Universidad de Barcelona se trasladó a Cádiz por recomendación de F. García del Cid, su mentor, para completar su formación como biólogo marino, que había empezado con el prestigioso carcinólogo español Ricardo Zariquiey Álvarez, ordenando y reclasificando “su espléndida colección de Crustáceos Decápodos”. F. Castelló recuerda ahora, en un texto redactado para nosotros, que el quería dedicarse a la Acuicultura marina, animado por los trabajos de García del Cid en bivalvos y de José María San Feliú Lozano con langostino en el Laboratorio de Castellón. Sin embargo, J. Rodríguez-Roda le encargó primero estudiar los decápodos de la costa gaditana y hacer una colección para el museo del Instituto, y luego estudiar la frecuencia de especies capturadas por las embarcaciones de bajura y desembarcadas en la Lonja de Cádiz. Estos trabajos quedaron interrumpidos a finales del verano de 1965 por el repentino fallecimiento de F. García del Cid, que precipitó el regreso de F. Castelló a Barcelona. Allí aceptó una plaza de Profesor Adjunto de Zoología. En 1979

consiguió su sueño de dedicarse a la acuicultura al lograr impartir la asignatura de Piscicultura Marina en la Universidad. Ahora, al ver la espectacular situación de este sector en España, a la que él ha contribuido, no se considera “un iluminado” por querer cultivar el mar, como pensaba en su etapa de becario hace 40 años.

De su época en Cádiz, F. Castelló recuerda también que quedó impresionado de un encuentro con R. Margalef en uno de los viajes que éste hizo a nuestro Instituto. F. Castelló, que ya lo conocía en su faceta de profesor, pues fue alumno suyo en la Facultad de Biología de la Universidad de Barcelona, descubrió, según sus palabras, a “todo un señor Catedrático y figura científica reverenciada por todos los estudiantes, sentado en el suelo, en pantalón corto y alpargatas, rodeado de cuerdas, alambre, hierros y montando sus aparatos para su próxima campaña marina. Aprendí más en dos días sentado en el suelo con él y charlando de diferentes temas sobre biología marina, que en todo el curso”.

En los años siguientes los estudios de pesquerías en el Laboratorio de Cádiz se centraron sólo en la labor de J. Rodríguez-Roda, dedicado al estudio de la biología de la caballa y la melva.

Al cumplirse este primer cincuentenario no existe en el ICMAN ninguna línea de investigación en pesquerías propiamente dicha. No obstante, los resultados de algunos proyectos desarrollados por el Equipo de investigación “Ecología de esteros y zonas intermareales” (M. P. Drake, C. Fernández, C. Vilas, E. González, J. A. Cuesta, J. López, Arnolf Rodríguez y A. M. Arias) en el estuario del Guadalquivir desde 1997, aunque tienen un marcado enfoque ecológico encierran también un fuerte componente “pesquero”, por cuanto permiten conocer el reclutamiento de numerosas especies de peces de elevado interés económico en el Golfo de Cádiz, como la sardina, el boquerón y la corvina (*Argyrosomus regius*), entre otros.

# Fitoplancton e Hidrografía

---





## Fitoplancton e hidrografía

En junio de 1957 se incorpora al Laboratorio de Cádiz Felipe Muñoz Sardón, químico, procedente de Castellón. En los dos años y medio que estuvo en Cádiz, F. Muñoz puso en marcha los estudios hidrográficos y de fitoplancton en aguas de Cádiz, dentro del Programa de J. Rodríguez-Roda para conocer las condiciones físicoquímicas del medio para la implantación de viveros ostrícolas. Por una parte, en la ciudad situó estaciones de muestreo en La Caleta y en el Puerto Pesquero, en las que desde el 26 de septiembre de 1957 al 3 de junio de 1960 hizo determinaciones periódicas de temperatura del agua y concentración de pigmentos fotosintéticos. Por otra parte, a partir de muestras de agua de mar recogidas en superficie durante casi 30 meses consecutivos, a una distancia de entre 10 y 30 millas de la costa, que le traían armadores y patrones de la flota pesquera gaditana, empezó también a estudiar la evolución anual de la producción fitoplanctónica y su relación con los vientos reinantes en la zona.

Todos estos datos constituyeron la primera información de este tipo obtenida en la zona, y el arranque de una de las líneas de investigación de más arraigo en este Laboratorio, que luego proporcionó series históricas de datos hidrográficos y fitoplanctónicos de gran valor para otros estudios biológicos.

F. Muñoz se trasladó de nuevo a Castellón en enero de 1960 y la continuación de la toma sistemática de datos hidrográficos y fitoplanctónicos en distintas zonas costeras de Cádiz que él había iniciado la emprendió R. Establier el 1 de julio de 1960, nuevo becario del Laboratorio desde el 1 de mayo de ese mismo año.

R. Establier era entonces profesor ayudante de Química Técnica en la Universidad de Sevilla. Desde que terminó la carrera de Químicas en 1954, empezó a labrarse su extenso currículum como investigador. Becado por el Gobierno italiano, durante cinco meses (noviembre de 1955 a marzo de 1956) de estancia en Milán trabajando con el Premio Nobel, Profesor Giulio Natta, se especializó en el estudio de las altas presiones aplicadas a la hidrogenación de las grasas. En 1958 leyó su tesis doctoral sobre la transformación de grasas a presión, y el 1959 tenía publicados ya siete trabajos.



Laboratorio de Química en el Laboratorio de Cádiz del Instituto de Investigaciones Pesqueras, en 1968. Foto: J. Rodríguez-Roda.

Con este currículum se ofreció al Instituto de Investigaciones Pesqueras para trabajar en el Laboratorio de Cádiz. El Director del Instituto, F. García del Cid, argumentando que “entre las necesidades imperiosas de este Instituto figura la de formar personal químico competente, con vocación hacia los problemas del mar, capacitado para los trabajos analíticos que se realizan sistemáticamente en las numerosas muestras de agua de mar, plancton y sedimentos marinos aportados por las continuas salidas de nuestras embarcaciones y con iniciativas propias para investigar en estos dominios”, perfil que encajaba a la perfección con R. Establier, escribe, el 15 de marzo de 1960, a J. Lora Tamayo, Secretario General del Patronato Juan de la Cierva, proponiendo su nombramiento como becario adscrito al Laboratorio de Cádiz, beca que le es concedida pocos días después, el 28 de marzo de 1960.

Desde su incorporación al Laboratorio, R. Establier trabajó a un ritmo imparable, sólo detenido 30 años después por la enfermedad que acabó con su vida el 19 de marzo de 1990. Hasta ese día había desarrollado una carrera

científica meteórica, pasando rápidamente por todas las categorías laborales del CSIC, para llegar, en poco más de 10 años, el 21 de junio de 1971, a Profesor de Investigación, la categoría máxima del escalafón.

Recién incorporado al Laboratorio de Cádiz y ante la marcha de F. Muñoz a Castellón, R. Establier se hizo cargo de la toma periódica de datos hidrográficos y fitoplanctónicos en aguas del contorno de la ciudad de Cádiz. Amplió el estudio a 4 estaciones más, pues había iniciado un estudio de las variaciones de la composición química del ostión (*Crassostrea angulata*) en relación con estos parámetros del medio y le interesaba tener una información lo más amplia posible. De hecho, el conocimiento de estos parámetros y sus variaciones era considerado entonces de gran interés para el establecimiento de parques ostrícolas en la Bahía de Cádiz y para la incipiente intención de transformar las salinas en piscifactorías, así como para detectar alteraciones producidas por episodios de contaminación y obras de rellenos.

En el año 1961, simultáneamente a las determinaciones en las aguas del contorno de la ciudad de Cádiz, y como complemento a los estudios que J. Rodríguez-Roda realizaba en la biología del atún, R. Establier, en colaboración con R. Margalef, emprendió un estudio preliminar de las condiciones hidrográficas de la zona en la que se calaba la almadraba de Barbate, en la que hizo, durante algo más de un ciclo anual, determinaciones periódicas de temperatura del agua, salinidad, transparencia, contenido en nutrientes y en pigmentos del fitoplancton y composición de especies fitoplanctónicas. Además de la importancia intrínseca del conocimiento de estos resultados por su relación con la explotación pesquera, este estudio detectó la presencia de algunas especies de microalgas que por entonces no habían sido citadas para aguas españolas.

Pero volvamos a las determinaciones en las aguas periféricas de Cádiz. Esta serie de muestreos, que se hacían en la orilla del mar, se prolongó hasta el 18 de marzo de 1965. A partir de octubre de 1966 el Laboratorio de Cádiz pudo contar con una embarcación propia, el "Atuarro" (bautizado así por J. Rodríguez-Roda en honor de los atunes jóvenes, que reciben ese nombre en



A. Vidal en la embarcación *Atuarro*, en el muelle pesquero de Cádiz (1967). Foto: J. Rodríguez-Roda.

Barbate), pequeño buque de casco de madera construido en Talleres Atlántico de Cádiz y que llevaba por motor uno traído del Instituto de Investigaciones Pesqueras de Barcelona, donde se usaba para bombear agua al acuario de exhibición.

A modo de anécdota inolvidable para todos los que éramos becarios en aquella época, la maniobra de arranque de aquel artefacto era poco menos que de la edad de piedra, pues -con pocas variantes-, yesca, eslabón y pedernal componían el utillaje que empleaba Antonio Vidal, el patrón del barco y ayudante de investigación, para ponerlo en marcha. Antonio prendía con una cerilla una mecha de mechero, de aquellos que llevaban nuestros abuelos. Cuando no tenía mecha la improvisaba, con estopa o con un trapo empapado en gasoil, la enroscaba en el cárter (?), presionaba con la mano izquierda en la culata, encajonaba todo el cuerpo detrás del motor, en un reducido espacio que le oprimía el hombro causándole rozaduras, así firmemente la manivela con la mano derecha y la giraba con todas sus fuerzas hasta ponerlo en marcha. Cuando el motor empezaba su toc-toc-toc característico, Antonio daba un brinco para apartarse y no recibir golpes en la cara de la manivela girando a toda velocidad. Con frecuencia bastaban uno o dos intentos para arrancar la máquina, pero, en no pocas ocasiones, sobre todo cuando hacía frío o humedad y el barco ya tenía unos años, aquello era una tarea que parecía imposible. Sin embargo, a fuerza de intentos, resoplidos, sudores y muchas maldiciones, el motor arrancaba.



A. Vidal mostrando su pericia al timón del *Atuarro* en muestreos en la Bahía de Cádiz. Obsérvense los cuatro cabos en la popa del barco, correspondientes a un arrastre simultáneo de dos mangas de plancton, en superficie, y de una red para peces, por el fondo. Foto: L. M. Lubián, 1977.

Con este barco R. Establier amplió la toma sistemática de datos hidrográficos y fitoplanctónicos a aguas abiertas de la Bahía de Cádiz, para controlar periódicamente las condiciones físicoquímicas y la concentración de pigmentos fotosintéticos del agua en 7 estaciones de muestreo estratégicamente distribuidas. Al principio, para estudiar el fitoplancton, R. Establier utilizaba unos patrones colorimétricos de acetona con los que analizaba visualmente las muestras. Después llegaron los espectrofotómetros y la tarea fue más sencilla y rápida.

En los años siguientes y hasta 1988 continuó la serie ininterrumpida de datos hidrográficos y fitoplanctónicos, en la que colaboraron a partir de entonces los nuevos científicos que se iban incorporando al Instituto, como L. M. Lubián, J. Blasco

y A. Gómez, que introdujeron una nueva visión a estas determinaciones, ampliaron el abanico de variables estudiadas a pH, nitratos, amonio, fosfatos,

silicatos y feopigmentos, y actualizaron la metodología con el fin de mejorar la información y su gestión. A partir de 1984 el Instituto contaba para la toma de muestras con un barco más moderno, el “Río San Pedro” (llamado así en homenaje al caño de marea próximo a la nueva ubicación del Instituto en Puerto Real).

La serie se interrumpió en diciembre de 1988, al cabo de 31 años seguidos de muestreos, lo que constituye uno de los registros temporales de este tipo más largos obtenidos en España. Este seguimiento rutinario de la hidrografía, los nutrientes y el fitoplancton de la Bahía de Cádiz ha permitido disponer de una información de gran utilidad para predecir el impacto de acontecimientos naturales o de la actividad humana sobre el litoral. Por ello, en la actualidad, el Instituto se está planteando la necesidad de continuar esta serie de determinaciones de rutina.



A. Vidal y la embarcación *Río San Pedro* en su lugar de atraque en el Club Náutico de Sancti Petri (Chiclana), en 1995. Foto A. M. Arias.

R. Establier amplió las determinaciones hidrográficas y fitoplanctónicas a las aguas de los esteros y caños de alimentación de las salinas colindantes con la Bahía de Cádiz, que en aquella época habían empezado a tener un papel relevante en el desarrollo de la acuicultura marina en la zona. Desde agosto de 1971 hasta diciembre de 1976, en los esteros y caños de alimentación de cinco de estas salinas, estudió la temperatura del agua, la salinidad,

la concentración de oxígeno disuelto y de nitritos, así como el contenido en clorofilas y carotenoides. Unos años más tarde, en 1981, realizó, en colaboración con L. M. Lubián, J. Blasco y A. Gómez, un seguimiento durante dos años en distintas zonas de los esteros de tres salinas diferentes dedicadas al engorde extensivo de peces marinos, y estudió, además de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto, otros factores de importancia en el medio acuático de estos cultivos, como el contenido en nitritos, sulfuros, amonio y materia orgánica.

Un resultado importante de estos trabajos fueron las aportaciones al conocimiento de la flora planctónica de los caños y salinas de la Bahía de Cádiz, únicas desde trabajos pioneros de Pedro González Guerrero en los años 40 del siglo XX.

En todos estos trabajos de seguimiento en la Bahía de Cádiz y en las salinas marítimas, además de la de A. Vidal, fue esencial la colaboración de M. C. Oneto, ayudante de investigación de R. Establier desde mayo de 1962, de J. M. Espigares y F. Marrero en las salidas al mar en la primera época, y de I. Fernández y M. F. Osta, también ayudantes de investigación de R. Establier, que ingresaron en enero de 1981 y 1988, respectivamente.



# Composición química

---





## Composición química de especies de interés pesquero

Los estudios para conocer la composición química de especies marinas de interés comercial fueron otra de las líneas de investigación que arrancó en los primeros años del Laboratorio de Cádiz. Felipe Muñoz se interesa por encontrar diferencias químicas entre la merluza blanca (*Merluccius merluccius*) y la negra (*M. senegalensis*), que, además de ayudar a distinguir a ambas especies, explicasen la distinta textura de su carne, más blanda y pastosa en la merluza negra. Para ello, entre febrero de 1959 y mayo de 1960 estudia muestras de estas dos especies procedentes de caladeros africanos que adquiría periódicamente en la lonja de Cádiz.

En mayo de 1960 la incorporación de R. Establier al Laboratorio imprime un ritmo frenético a estos estudios. Coincidiendo su llegada con el comienzo de la campaña del atún de Barbate, y en la línea de conocer lo más posible los aspectos relacionados con la explotación comercial de esta importante especie hasta entonces no estudiados en nuestras aguas, R. Establier empieza a obtener datos de su composición química. Durante dos años toma muestras de tejido en el morrillo, ventresca y descargamento de 32 ejemplares de ambos sexos, encontrando notables diferencias según que los atunes sean de derecho (sin desovar) o de revés (desovados), principalmente en el contenido en grasa.



Fotografía de un atún descuartizado tomada por R. Establier en la fábrica de Barbate del Consorcio Nacional Almadradero en 1961, en la que señaló las zonas en las que tomaba muestras de tejido: el morrillo (D), la ventresca (L), el descargamento (X) y el hígado (S).

En mayo de 1961 aplica sus conocimientos en tratamientos de grasa a presión a la obtención de jabones a partir de los aceites de pescado, ya que esto supondría una fuerte revalorización de los subproductos de la pesca. Empleando aceites de atún y sardina, obtiene jabones en los que desaparecía el olor a pescado. Luego hizo mezclas con aceite de orujo y también consiguió buenos resultados.

En 1962 estudia el bofe, o ciegos pilóricos del atún, en un intento de encontrar aplicación industrial a la única parte de este animal que no se aprovecha, de la que estima que cada año se desperdician unas 50 toneladas. En el bofe estudia la vitamina A, grasa, proteínas y humedad, y consigue obtener fácilmente aceites de las mismas características que los que se utilizan industrialmente procedentes de los procesos de fabricación de productos del atún. En años sucesivos estudia las variaciones de Cu, Fe, Mn y Zn en varios órganos del atún, tratando de relacionar el contenido de estos metales con las fases de la migración genética de esta especie. En este sentido, el año 1968 estudia el contenido de estos cationes esenciales para el metabolismo de los tejidos en los ovarios de atún, bacoreta, bonito y melva de las almadrabas de Barbate, hasta entonces no conocidos, y observa que en las huevas de estos peces se encuentran en mayores cantidades que en su carne.

Sus análisis químicos abarcaron también a otras especies de interés, de cuya composición química poco o nada se sabía en nuestra zona. Los contenidos en vitamina A, grasas, proteínas y carotenoides de la gamba (*Parapenaeus longirostris*) y el chorizo rojo (*Plesopenaeus edwardsianus*) del Golfo de Cádiz y de Marruecos, y de la chirla (*Chamelea gallina*) de las costas de Huelva y su relación con la maduración sexual, entre otros aspectos, son objeto de sus investigaciones durante los años 60.

En los años 1964 y 1965, R. Establier realiza simultáneamente un interesante estudio aplicado a la conservación industrial de crustáceos y a la prevención del ennegrecimiento. Hasta entonces se usaba el ácido bórico para estas cuestiones, pero él probó a escala piloto el empleo de metabisulfito potásico. En una ambiciosa experiencia, en la que implicó a armadores, pescadores y embarcaciones pesqueras, realizó 17 ensayos de conservación de 90 cajas de gambas y chorizo rojo, desde que eran capturadas hasta que se desembarcaban en lonja, lo que duraba entre 3 y 15 días, añadiendo unos 1.000 g de metabisulfito potásico por caja. Los resultados de olor, sabor y ausencia de ennegrecimiento fueron excelentes en casi todos los casos.

El éxito de estos estudios llevó a algunos armadores de buques de pesca de Cádiz y Huelva a proponer al Instituto nuevas investigaciones, encaminadas esta vez a poner a punto un tratamiento para la prevención de la melanosis en crustáceos congelados y ensayar nuevos tratamientos para aumentar el tiempo de conservación de estos productos almacenados en hielo. En estas nuevas experiencias colaboraron además de los armadores, las Jefaturas Provinciales de Sanidad Veterinaria de Cádiz y Huelva. Durante 1966 y 1967 R. Establier realizó 28 nuevos ensayos de conservación de las capturas de gamba y chorizo rojo obtenidas por cinco barcos pesqueros comparando diversos productos químicos. El conservante que mejores resultados dio fue también el metabisulfito potásico. Poco después, en el año 1968, varios barcos congeladores emplearon a gran escala los métodos de conservación diseñados por R. Establier. Partidas considerables de gamba, chorizo rojo y chorizo blanco, unos 120.000 kg en total, llegaron a puerto en perfectas condiciones tras períodos de conservación de hasta tres meses, y fueron comercializadas normalmente, con incluso mayor aceptación entre los consumidores por su mejor color.

En 1972, R. Establier y M. Gutiérrez iniciaron estudios bioquímicos e histológicos del tejido muscular del boquerón (*Engraulis encrasicolus*) para determinar la actividad enzimática proteolítica durante el proceso de anchoización, es decir, el proceso de curado en salmuera que lo convierte en anchoa. Estos estudios demostraron que la temperatura óptima a la que actúan las enzimas proteolíticas es algo superior a aquella en la que se trabaja a escala industrial (25 °C). Así, en ensayos a 28-30 °C obtuvieron productos perfectamente anchoizados en la mitad de tiempo que en las fábricas. Posteriormente, en estos trabajos participaron también M. Calderón, químico, Colaborador Científico, y E. Bravo, bióloga, becaria, que estudiaron las actividades enzimáticas de pepsinas, tripsinas y fosfatasas ácida y alcalina a temperatura ambiente y a 30° C, complementadas con estudios de alteraciones histológicas del músculo durante el proceso de anchoización.



# Algas marinas superiores

---





## Algas marinas superiores

Las algas marinas superiores fueron objeto de estudio por Juan Antonio Seoane Camba en los primeros años de existencia del Laboratorio de Cádiz. Seoane, biólogo gallego y hoy catedrático de Botánica y Profesor emérito de la Universidad de Barcelona, cuenta en un escrito de recuerdos redactado con motivo de la publicación de esta Memoria, que estuvo de becario en el Laboratorio de Vigo mientras estudiaba la carrera de Biología, y que en 1958, recién graduado y ya con algunos trabajos publicados sobre las algas de las rías gallegas, fue promovido por F. García del Cid a Colaborador Científico del Instituto de Investigaciones Pesqueras con destino en el Laboratorio de Cádiz, al que se incorporó en diciembre de 1958.

Sin embargo, J. A. Seoane dice en este escrito (que transcribo resumido y con algunos retoques): “Debo confesar que no era ese el destino que yo esperaba, pero el panorama que se me abría como algólogo era de lo más esperanzador. Por una parte, el Estrecho de Gibraltar y zonas próximas tenían un alto interés científico como zonas de contacto o transición entre dos dominios acuáticos y terrestres bien distintos (Atlántico y Mediterráneo; Europa y África). Aquí se realizó el primer estudio y la primera publicación sobre la Algología española: el famoso <<Ensayo sobre las variedades de la vid común que vegetan en Andalucía con un índice etimológico y tres listas de plantas en que se caracterizan varias especies nuevas>>, de Simón de Rojas Clemente y Rubio, aparecido en 1807, en el que el ilustre botánico dedica la tercera y última lista a las algas de las costas andaluzas, sobre todo de las localidades

gaditanas de Rota, El Puerto de Santa María, Puerto Real, San Fernando, Cádiz, Sancti Petri, Conil, Tarifa y Algeciras. En este trabajo Clemente describe algunas especies y variedades nuevas, muchas de ellas admitidas actualmente por la Ciencia aunque atribuidas a otros géneros. También trabajaron en estas costas L. Bellon de Uriarte, M. Colmeiro, C. Sauvageau, P. Lemoine, J. Feldmann y otros; siendo digna de mención la obra clásica de C. A. Agardh, de 1821-1828 (*Species algarum...*), que, aunque no es un trabajo sobre las costas de Cádiz, estudia y menciona a un gran número de especies de esta costa comunicadas principalmente por Clemente, Cabrera, Heredia y Haenseler.

Por otra, y una vez instalado en Cádiz, aunque en principio se había pensado en mi participación en el grupo de investigación en peces, especialmente del atún, cuyo investigador responsable era el Dr. D. Julio Rodríguez Roda, se vino en considerar que la continuación del estudio de las algas superiores en las costas españolas era de interés. Su industrialización se estaba desarrollando a buen ritmo y los conocimientos sobre las especies existentes, biología, especies de interés, biomasa disponible, crecimiento, recuperación de poblaciones en explotación, etc., eran escasos o inexistentes.

Así pues, con la aquiescencia de Rodríguez-Roda y el encargo de García del Cid, redacté un proyecto de investigación que incluía: a) un estudio sumario de las características del litoral -geográficas, geológicas, hidrográficas, oceanográficas y climáticas-; b) un estudio de la energía luminosa como factor ecológico en el metabolismo de *Gelidium sesquipedale*; c) un estudio de las algas y algunos animales de la zona litoral de la costa, con su distribución vertical, horizontal y temporal de las especies; d) un estudio sobre la interrelación de las algas con ciertos peces; y e) una evaluación de las cantidades de algunas especies importantes industrialmente.

Este proyecto de investigación fue presentado a la Universidad de Barcelona como tema de mi tesis doctoral, bajo la dirección del Profesor D. Francisco García del Cid. Los resultados fueron publicados en 1965 en la revista del Instituto, *Investigación Pesquera*, con el título <<Estudios sobre las algas bentónicas en la costa sur de la Península Ibérica (litoral de Cádiz)>>”.



J. A. Seoane en el Laboratorio de Cádiz, en 1959. Foto enviada por J. A. Seoane.

Contando con la ayuda de F. Cervigón en algunos trabajos de campo, Seoane emprendió estos estudios cualitativos y cuantitativos de las algas marinas en las costas de Cádiz y, ya en la IV Reunión de Productividad y Pesquerías celebrada en Barcelona del 10 al 14 de octubre de 1960, presentó un primer avance de resultados.

Simultáneamente, J. A. Seoane estudió y publicó un trabajo sobre las algas de aguas profundas de Mauritania recogidas por F. Cervigón en sus campañas de prospección pesquera en el barco arrastrero *Costa Canaria*, de las que hablamos en el apartado dedicado a las Pesquerías.

En los años 1961 y 1962 continuó con los estudios algológicos en las costas de Cádiz y completó un ciclo anual de muestreos sistemáticos mensuales en Cádiz y en Tarifa, y muestreos estacionales en Chipiona y Barbate. Estos estudios acabarían siendo el fundamento de su tesis doctoral, leída en Barcelona en 1964, y luego, en el año 1965, dieron lugar a la completa y extensa publicación a que se refería antes J. A. Seoane, considerada como una obra de referencia obligada.



J. A. Seoane en los muestreos de algas en Tarifa. 1960.  
Foto enviada por J. A. Seoane.

Así, la sistemática, distribución geográfica, ecología y abundancia de las algas de nuestras costas fueron estudiadas en relación con las condiciones hidrográficas, geológicas, oceanográficas y climáticas del medio. Una de las principales contribuciones de este trabajo fue el confeccionar un corpus sistemático y descriptivo de las 193 especies recogidas, de las que 103 eran citadas por primera vez para las costas de Cádiz, 10 para las costas españolas

y 4 para las costas europeas. A modo de curiosidad, es reseñable además que su dedicación al conocimiento de las algas le llevó a rebuscar en el estómago de muchos peces, que el mismo pescaba o compraba en el mercado, para analizar qué y cuantas algas habían comido. Por otra parte, es de destacar asimismo la importante colección de dibujos de las principales especies de algas que ilustran este trabajo, obras de J. A. Seoane, de las que hasta ahora desconocíamos que él era el autor, una muestra de las cuales incluyo a continuación.

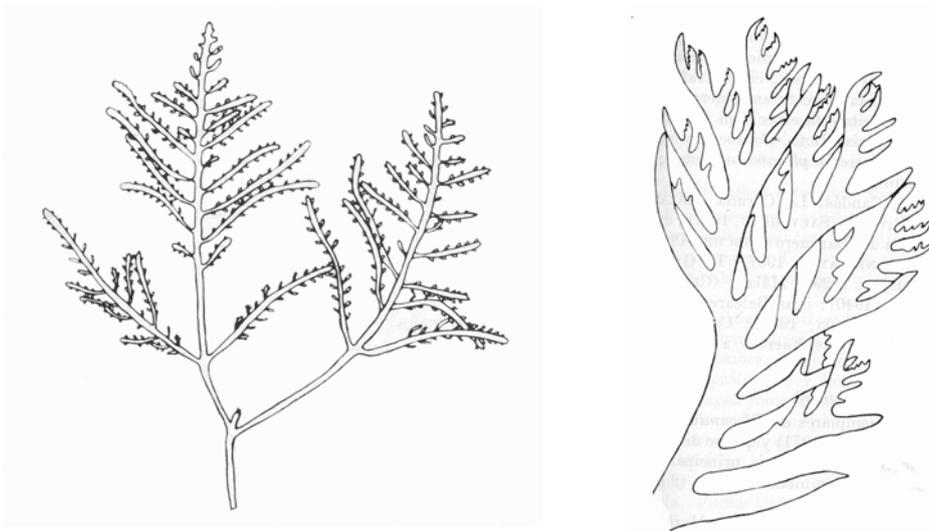


Algunos dibujos de algas marinas obra de J. A. Seoane. 1, *Herposiphonia tenella*; 2, *Fucus vesiculosus*; 3, *Ceramium echinotum*; 4, *Gelidium spinulosum*; 5, *Antithamnion plumula*; 6, *Ctenosiphonia hypnoides*.

Seoane estudió también en este trabajo la abundancia de varias especies de *Gelidium*, por su interés como materia prima para la obtención industrial en nuestra zona de agar para geles. Una interesante aplicación de este trabajo la realizó después R. Establier, determinando el contenido de agar, proteínas, fibra y cenizas y su variación estacional en varias especies de este género (*G. sesquipedale*, *G. spinulosum* y *G. pusillum*), a partir de las muestras recolectadas y clasificadas por J. A. Seoane, poniendo a punto el método de obtención y logrando productos de muy buena calidad.

En relación con la obtención de agar, J. A. Seoane recuerda la siguiente anécdota. “En cierta ocasión vinieron al Laboratorio [d⇒ Cádiz] dos representantes de una importante empresa de producción de agar radicada en Madrid. Después de ser recibidos por el Director del Centro, vinieron con él a mi laboratorio para solicitar una información. Traían unas algas que habían recogido en la costa. Me preguntaron si aquellas plantas eran suficientemente

abundantes en Cádiz para ser explotadas industrialmente para la extracción de agar. Mi respuesta fue: <<Esta planta es el *Plocamium coccineum* que, en efecto, aparece en las playas en ciertas épocas del año y en cantidades importantes. Pero no tengo conocimiento de que se utilice para la extracción de agar>>. A lo que estos señores respondieron: <<¿Quiere Ud. decir que no produce agar? Bueno, bueno, esto es todo, gracias por su ayuda>> y se fueron. Seguro que se dijeron: <<¿Qué clase de científicos son estos? ¿Son estos nuestros especialistas?>>. Por mi parte, me preguntaba: <<¿Son realmente estos señores responsables de una industria de agar? ¿De donde sacarían que el *Plocamium* puede ser materia prima en la industria del agar?>>.



*Gelidium sesquipedale* (izq.) y *Plocamium coccineum*. Dibujos de J. A. Seoane.

Al poco tiempo el Director recibió un escrito del Comandante de Marina de Algeciras solicitando un informe sobre la posibilidad de explotación de *Gelidium* en las costas de Cádiz. El Director, Rodríguez-Roda, me llamó al despacho y me dijo que había que hacer y enviar ese informe. Es decir, que me estaba ordenando que pusiese por escrito lo que en su día había dicho a los industriales. Así se hizo y, por lo tanto, el informe fue negativo. Esto avivó mi curiosidad acerca del concepto que aquellos industriales tenían sobre el *Plocamium coccineum*, pero no fue hasta año y medio después, en Santander, presenciando la recogida por arranque de *Gelidium sesquipedale*, cuando me di cuenta del equívoco. A bordo de la embarcación que realizaba ese trabajo, juntamente con un empleado de la empresa, y a la que cuatro buceadores, que arrancaban el alga a unos 10 m de profundidad, la enviaban en una especie de capachos, observé que el *Gelidium*, que, por supuesto, era frondoso y normal, de unos 30-40 cm de longitud, estaba plagado de *Plocamium coccineum* que, como epifito, crecía sobre él. Preguntado al respecto, el representante de la empresa afirmó con seguridad refiriéndose a *Plocamium*: “Ah, esos son los nuevos rebrotes de la planta, las ramitas más jóvenes”. Fue entonces cuando encontré la explicación a la problemática surgida en Cádiz con motivo del ya, para mí, célebre *Plocamium*. En la costa de Santander y Asturias forma importantes poblaciones sobre *Gelidium sesquipedale*, hasta el punto que a veces, y sobre todo en verano-otoño, que es cuando se recoge el *Gelidium*,

llega a tapar las poblaciones de *Gelidium*, sobre las que crece. Obviamente, ante esta constante presencia epifito-huésped en las costas del Norte, es muy explicable que para el recolector ambas especies fuesen consideradas como una única especie, dato que me era completamente desconocido cuando tuvimos que informar sobre las posibilidades de una industria de agar en Cádiz”.

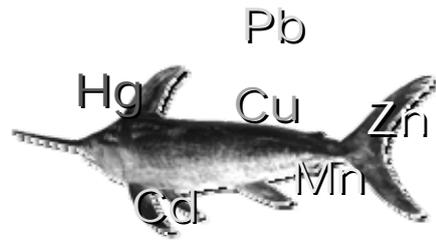


J. A. Seoane, a la izquierda, con dos amigos y con R. Establier y J. Rodríguez-Roda (a la derecha), en Cádiz en 1960. Foto enviada por J. A. Seoane.

Contaminación  
marina y  
Ecotoxicología

---





## Contaminación marina y Ecotoxicología

Los estudios de R. Establier sobre la composición química de especies marinas de interés pesquero empezaron a encontrar aplicación en el conocimiento de la contaminación marina por metales pesados y sus efectos biológicos sobre algunas especies indicadoras, conformando poco a poco una de las líneas de investigación de más proyección del Instituto años después, a raíz de diversos episodios de contaminación del medio marino de nuestro entorno.

Entre los primeros trabajos realizados cabe destacar el estudio del contenido de cobre, hierro, manganeso y cinc en ostiones y en el agua de mar de las costas de Cádiz durante los años 1966 a 1968, en el que detectó una distribución espacial de concentraciones crecientes de estos metales desde Barbate hasta Sanlúcar de Barrameda. También realizó ensayos de depuración de ostiones, colocando ejemplares contaminados de cobre procedentes de Sanlúcar en zonas con poco contenido en cobre, obteniendo excelentes resultados. Asimismo, determinó que el contenido de cobre de los ostiones es más elevado de enero a abril, lo cual, en nuestros días, debería ser un dato a tener en cuenta por los aficionados a la famosa “ostionada”, fiesta gastronómica popular que inaugura cada año los Carnavales gaditanos. En colaboración con M. Gutiérrez y E. Pascual, R. Establier estudió la distribución de estos cuatro cationes en distintos tejidos y órganos del ostión en relación con la maduración sexual, y empezó a hacer ensayos de acumulación de metales pesados y a estudiar los efectos que producían distintas dosis y tiempos de exposición.

Estos estudios los amplió después a otros metales tóxicos, como mercurio, cadmio y plomo, con especial dedicación al primero de ellos, pues ya existía una creciente preocupación mundial por los efectos nocivos de este metal en la salud humana. En los años 50 y 60 del siglo XX, vertidos de derivados mercuriales causaron la muerte a más de un centenar de personas en Minamata (Japón), por consumo de peces contaminados por mercurio. Igualmente, en Suecia se prohibió la venta de peces dulceacuícolas fuertemente contaminados por este metal. Al conocerse que peces de gran valor comercial, como el pez espada (*Xiphias gladius*) y el atún, acumulaban grandes concentraciones de mercurio en sus tejidos, el Laboratorio de Cádiz dedicó una atención especial al estudio del contenido de este metal en estas dos especies tan importantes en nuestras pesquerías, aunque también otras muchas de consumo habitual en la población de Cádiz fueron objeto de estos análisis.

En cuatro trabajos publicados en los años 70 R. Establier da cuenta de las concentraciones de mercurio detectadas en 30 especies comerciales de peces, 7 de moluscos y 6 de crustáceos procedentes del Golfo de Cádiz, de caladeros marroquíes, de las rías gallegas (mejillón) y de los esteros de las salinas de Cádiz (anguilas), y observó que sólo el pez espada y el atún presentaban concentraciones de mercurio por encima de las permitidas para este metal, sin que existiera relación con la contaminación ambiental. Por otro lado, también analizó el contenido en mercurio de una amplia gama de muestras de conservas de pescado y de moluscos, sin encontrar en estos casos niveles por encima de los permitidos, salvo en tres muestras de atún procedentes de ejemplares de gran tamaño. Su interés por el mercurio le llevó analizar las concentraciones de este metal en los cabellos de numerosos habitantes de Cádiz y de pescadores profesionales de altura, con el fin de encontrar una relación con el consumo de pescado de estos colectivos, mucho más elevado en los pescadores. Como era de prever, la concentración media de mercurio en el cabello de los pescadores era unas cinco veces más elevada que la de los habitantes de Cádiz, aunque no alcanzaba valores preocupantes y ninguno de los pescadores presentaba síntomas de envenenamiento por mercurio.

Ahora, aunque haya que dar un salto atrás en el tiempo para mantener un cierto orden en este apartado, es preciso mencionar aquí la labor de M. Calderón en Contaminación Marina. M. Calderón, químico, especialista en análisis y síntesis de moléculas lipídicas, principalmente de aceites y grasas vegetales, ácidos grasos y triglicéridos, se incorporó al Instituto en enero de 1972 tras haber ganado en concurso oposición la plaza de Colaborador Científico. Se hizo cargo de la línea de investigación "Lípidos Marinos y Contaminación del Medio Marino", para determinar los contaminantes liposolubles en el agua y en los organismos. Empezó estudiando la extracción cualitativa y cuantitativa de los hidrocarburos de petróleo en el agua del puerto y de la Bahía de Cádiz, y puso a punto técnicas cromatográficas de columna, placa fina y gas-líquido. Los valores de contaminantes que encontró se mantuvieron siempre dentro de límites tolerables, salvo en episodios ocasionales debidos a vertidos procedentes del dique seco de Astilleros.

En 1979 envió un Informe sobre estos aspectos a la Comisión Oceanográfica Intergubernamental, y otro a la Comandancia de Marina de Cádiz, que lo había solicitado al Instituto para que se determinaran los posibles efectos contaminantes del vertido de aguas contenidas en las bodegas y sala de máquinas del *Altona*, un barco que encalló cerca de El Puerto de Santa María. Desafortunadamente, M. Calderón falleció de forma repentina el 5 de octubre de 1980 y los resultados de sus novedosas investigaciones no fueron nunca publicados.



J. M. Espigares en 1979, con el cromatógrafo de gases para la determinación de hidrocarburos.  
Foto: J. M. Espigares.

En los años siguientes y hasta 1984, los estudios de acumulación y efectos histopatológicos en organismos marinos se ampliaron a especies de interés en acuicultura, actividad que entonces había adquirido ya un notable desarrollo en Cádiz. Las concentraciones de Hg, Cu, Cd y Pb fueron determinadas en las especies típicas de los cultivos acuícolas en nuestra zona. Sangre, músculo y vísceras de dorada (*Sparus aurata*), robalo (*Dicentrarchus labrax*), lisa (*Liza aurata*), langostino (*Melicertus kerathurus*) y choco (*Sepia officinalis*) se analizaron exhaustivamente, y ejemplares vivos de estas especies, tanto en fase de huevo, larva o subadulto, fueron objeto de ensayos de laboratorio para determinar las concentraciones letales y subletales de dichos cationes y qué efectos histológicos producían, obteniéndose un importante bagaje de conocimientos para el futuro. Hasta los cromosomas del sapo marino (*Halobatrachus didactylus*) -pez de escaso valor comercial, pero perfecto conejillo de indias de nuestro Instituto en numerosos estudios-, fueron sometidos a los efectos del mercurio. A modo de anécdota, y en honor a la reconocida fortaleza vital del pez sapo, merece destacarse que la exposición al mercurio durante 120 días seguidos no logró romper ni una sola cromátida tomada de las branquias de este pez. En estos trabajos, además de R. Establier, M. Gutiérrez, E. Pascual y A. M. Arias, participaron A. Rodríguez y M. C. Sarasquete, y, como personal de apoyo, M.C. Oneto, I. Fernández e I. Viaña.

Más recientemente, en 1999, J. Blasco y M. C. Sarasquete, en colaboración con investigadores de la Universidad de Cádiz, ampliaron el estudio de metales pesados en peces de las salinas a dos especies más, el lenguado (*Solea senegalensis*) y el fúndulo (*Fundulus heteroclitus*), y determinaron los niveles de cobre, cinc, manganeso y hierro en branquias, músculo e hígado.

Cabe destacar, por otra parte, que A. Gómez, R. Establier y J. Blasco estudiaron por primera vez, en 1984, las concentraciones de materia orgánica en suspensión y disuelta, en agua de los esteros y caños de alimentación de varias salinas, así como las concentraciones de metales pesados (Fe, Mn, Zn,

Cu, Cd y Pb) en los sedimentos superficiales de los principales caños de marea que las abastecen de agua de mar. Estos trabajos establecieron un marco de referencia de gran utilidad, tanto desde el punto de vista del desarrollo de actividades de acuicultura en las salinas, como desde el de la conservación del ecosistema de marismas integrado en el Parque Natural de la Bahía de Cádiz. Con muestreos exhaustivos en 42 puntos repartidos por toda la zona, comprobaron la existencia de zonas sometidas a elevadas concentraciones de metales pesados frente a otras menos contaminadas. Propusieron y aplicaron un índice objetivo para determinar el grado de contaminación, configuraron útiles mapas de distribución espacial y localizaron las tres fuentes principales de contaminación de la zona: aguas residuales urbanas (que entonces se vertían sin depuración al caño de Sancti Petri), descargas de aceites y pinturas de la industria de construcción naval y contaminación atmosférica derivada del intenso tráfico de automóviles que cruza la zona.



Vista aérea de la salina San Rafael del Monte (en la mitad inferior de la foto), una de las estudiadas por Establier y su grupo. Foto: A. M. Arias, 1997.

Siguiendo el hilo cronológico de este tipo de estudios, en 1998 se produce un hecho que marcó una etapa de especial dedicación del ICMAN a la contaminación de ecosistemas costeros de nuestro entorno: el denominado desastre de Aznalcóllar (Sevilla). El día 25 abril de ese año se rompe la Balsa de Los Frailes, depósito de decantación de efluentes residuales de la mina de pirita próxima a esta localidad, y 5 millones de metros cúbicos de lodos tóxicos van a parar al cauce del río Guadiamar, afluente del Guadalquivir. A las pocas horas del accidente unos 2,5 hectómetros cúbicos de agua ácida con alta concentración de metales pesados (Zn, Cd, Pb, Cu), habían penetrado en el Guadalquivir por el Brazo de la Torre. Este accidente produjo una enorme alarma social a distintos niveles, debido a que el estuario del Guadalquivir es una zona de gran importancia ecológica (por su influencia en el alevinaje de especies marinas) y social (por su relación con la producción de algunas especies marinas de consumo humano y por su repercusión en el turismo de Naturaleza ligado al Parque Nacional de Doñana).

La gran experiencia e infraestructura que ya tenía nuestro Instituto en materia de contaminación marina hizo que se considerara por el CSIC la conveniencia de nuestra participación en el Comité de Expertos y en el programa de Seguimiento de la Contaminación para determinar el impacto de este suceso en el estuario del río. J. Blasco fue el científico responsable de un programa intensivo de biomonitorización diseñado al efecto. Puso en marcha una campaña de seis primeros meses de muestreos quincenales de organismos indicadores (albur, barrilete, camarón de río, langostino, coquina de fango, ostión, gusana) –elegidos como representantes de diferentes hábitats y modos de vida-, en varios puntos del estuario y luego un año más de muestreos mensuales. A. M. Arias y P. Vidal se encargaron del trabajo de campo. Para ello fue necesario entrar en contacto y acompañar a pescadores y mariscadores furtivos del río, especializados en capturar a estas especies, los cuales, con las autorizaciones pertinentes, puesto que en la zona está prohibida toda actividad extractiva, obtenían las muestras que necesitábamos. Fueron unos muestreos agotadores, sin horarios ni días, pero llenos de experiencias, anécdotas y personajes inolvidables. Con ellos aprendimos mucho del río y en los muestreos mensuales de 1999 fuimos autosuficientes para obtener el material biológico que necesitábamos. En estos muestreos contamos con la inestimable ayuda de Thomas Ransome, ingeniero químico, australiano y surfista, y de Natalia Jiménez Tenorio, licenciada en Ciencias del Mar y baloncestista, dos aguerridos becarios hechos para andar por el fango del Guadalquivir. Por su parte, I. Ferrer y M. F. Osta se ocuparon de las numerosas disecciones y determinaciones de metales pesados.



Obtención de muestras de ostión en la desembocadura del Guadalquivir para el estudio de la acumulación de metales pesados por el vertido de Aznalcóllar en 1998. A la izquierda, extracción con pinzas; a la derecha, P. Vidal en los corrales de pesca de Montijo. Fotos: A. M. Arias.

La disponibilidad de información previa de acumulación de metales en ostión, recogida en los trabajos de Establier, permitió establecer que el vertido de Aznalcóllar provocó una entrada de Zn en el estuario, metal que estaba en forma biodisponible para los organismos. Mediante experimentos de transplante de ostiones depurados se determinó la cinética de la acumulación de metales pesados, y se creó una base de datos espaciales y temporales sobre las concentraciones de metales en diferentes especies, que sirvió de soporte para los Informes que se elaboraban desde la Presidencia del CSIC. En este sentido tuvo gran repercusión el determinar que los altos contenidos de cobre encontrados en la galera (*Squilla mantis*) del Golfo de Cádiz, crustáceo abundantemente desembarcado por la flota pesquera de Sanlúcar de Barrameda, no se debían al vertido de Aznalcóllar sino, muy probablemente, a

los efluentes procedentes de las minas de Río Tinto. Otros metales hasta entonces no estudiados, como el talio y el arsénico, también fueron cuantificados en los organismos indicadores.



A la izquierda, lance de pesca de albuces con cuchara en el Guadalquivir (cerca del caño Martín Ruiz), para el seguimiento de la contaminación por metales pesados tras el vertido de Aznalcóllar. Derecha, N. Jiménez en la embarcación de pesca, extrayendo vísceras a un albur. Fotos: A. M. Arias, 1999.



Imágenes de los muestreos para el seguimiento de la contaminación por el vertido de Aznalcóllar. Izquierda, mariscador recolectando cangrejos violinistas en el Guadalquivir (pantalán) y captura obtenida. Derecha, J. R. Santana durante los muestreos de galera a bordo del pesquero *Manuel Antonio Primero*, en 1998. Fotos: A. M. Arias.

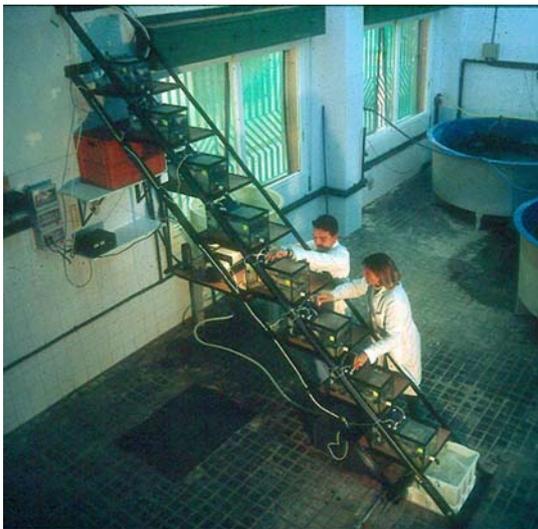
Por todo ello, desde el punto de vista de la literatura científica, debe considerarse que el desastre de Aznalcóllar fue muy rentable científicamente: numerosos trabajos y comunicaciones a congresos fueron publicados, conformando un importante bagaje de conocimientos que vino a cubrir la amplia laguna de información que existía sobre muchos aspectos.

Como quiera que la concentración total de metales en los sedimentos no informa sobre su biodisponibilidad, los estudios de contaminación se enfocaron a estrategias que permitieran relacionar el efecto de los contaminantes sobre los organismos del ecosistema en cuestión. Por un lado, en 1997 el grupo de A. Gómez y J. Blasco estudia los metales pesados en sedimentos de tres ecosistemas litorales del Golfo de Cádiz: las marismas del río Barbate, de la Bahía de Cádiz y del río Odiel, con grado de contaminación creciente (en este orden). Aplicando por primera vez el TRIAD, un método integrado para la medida de la calidad ambiental en los sedimentos (aspectos que fueron objeto de la Tesis doctoral de T. A. del Valls), los resultados pusieron de manifiesto que los metales en las marismas del Odiel se encontraban en concentraciones muy elevadas y fácilmente biodisponibles, produciéndose una liberación de Cd y Zn desde el sedimento a la columna de agua. Mediante bioensayos para determinar los efectos tóxicos de los metales en los organismos, establecieron unos valores de calidad de los sedimentos, aplicables a una posible evaluación ambiental de los ecosistemas costeros.



J. Forja y P. Vidal preparando la campana para el estudio del flujo bentónico de nutrientes en la Bahía de Cádiz. Foto: A. Gómez.

Desde 1994 a 1996, A. Gómez y colaboradores diseñan y utilizan un simulador de estuarios para obtener un gradiente salino y estudiar cómo afecta a los procesos de mezcla de varios nutrientes (amonio, nitritos, nitratos...), de algunos elementos del agua de mar (Ca, Cl...) y gases disueltos (O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>), con resultados similares a los obtenidos en estuarios reales.



E. González y M. F. Osta, trabajando en el simulador de estuarios. Foto: A. Gómez.

Por otro lado, ya más recientemente, para evaluar el efecto de la contaminación sobre bivalvos (*Scrobicularia plana*, *Mytilus edulis*) y otros invertebrados, como la gusana (*Nereis diversicolor*), y peces, el equipo de Blasco estudia las respuestas bioquímicas a contaminantes específicos y marcadores de estrés. Para ello lograron caracterizar y probar la utilidad de las actividades enzimáticas del metabolismo intermediario como indicadores de estrés por contaminación. Entre ellas, la actividad ALT (alanina aminotransferasa) era un biomarcador de estrés para

cadmio, plomo, y cobre. También estudiaron los mecanismos de acción de las metalotioneínas (proteínas que se inducen en presencia de determinados metales) como biomarcadores, y determinaron que actúan como antioxidantes secuestrando oxiradicales, lo que protege tanto a células aisladas como a los organismos. Estos estudios, ampliando la gama de biomarcadores, sirvieron para monitorizar la contaminación del caño de Sancti Petri y estudiar su recuperación después de la instalación de una estación depuradora de aguas residuales, con la que los efluentes urbanos de la ciudad de San Fernando (Cádiz) dejaron de ser vertidos al caño sin tratamiento alguno.

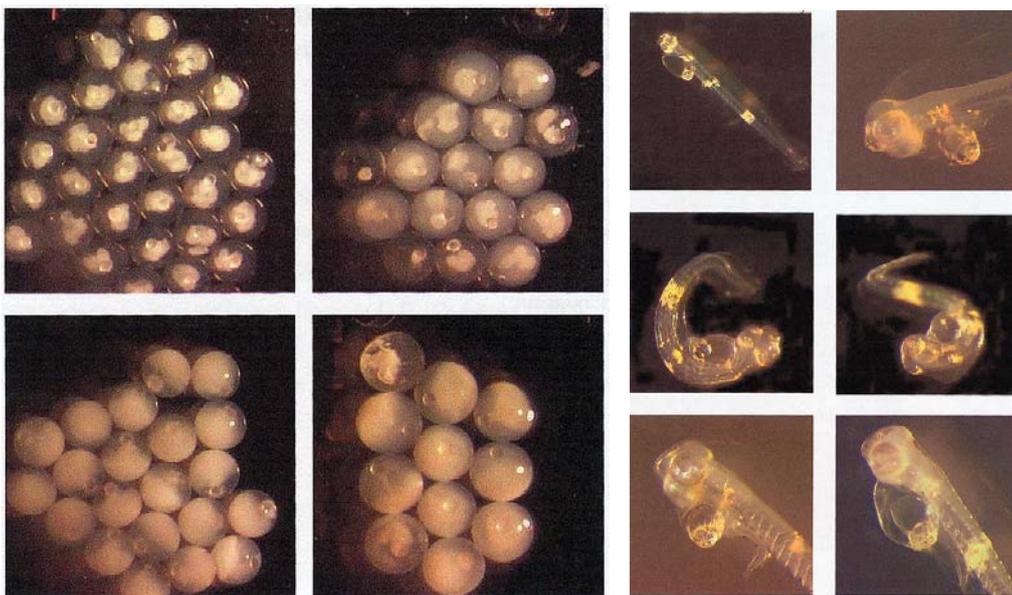
Otro aspecto novedoso en la línea de investigación sobre contaminación por metales pesados ha sido el empleo de microalgas marinas. Las microalgas han demostrado ser un excelente material de estudio para pruebas de toxicidad de sustancias diluidas en agua. Su sensibilidad es mayor que la de otros organismos superiores por su mayor relación superficie volumen. Las microalgas son capaces de acumular grandes cantidades de metales pesados, retirándolos del medio acuático. Estos estudios formaron parte de la tesis doctoral de I. Moreno, en la que utilizando varias especies de microalgas de uso común en acuicultura (*Dunaliella*, *Chaetoceros*, *Nannochloropsis*, *Phaeodactylum*, *Rhodomonas*, *Tetraselmis*, entre otras), evaluó la toxicidad de algunos metales pesados (Cu, Zn, Cd y Pb) y la capacidad de las microalgas para acumularlos. Sus resultados mostraron la gran eficacia de columnas empaquetadas con células de *Nannochloropsis gaditana* inmovilizadas en alginato de calcio para retirar metales pesados del medio marino. Con posterioridad, a partir de la bacilariofícea *Cylindrotheca closterium*, aislada por I. Moreno en mayo de 2000, en una charca hipersalina próxima al Instituto, comprobaron que esta microalga, con una buena tasa de crecimiento y alta sensibilidad a los metales pesados, es un organismo apto para ser usado en test de toxicidad de sedimentos superficiales. En 2003 desarrollan un test pionero de toxicidad de sedimentos contaminados por metales pesados sobre microalgas marinas.



O. Montero (izq.) e I. Moreno realizando medidas de la fotosíntesis en microalgas sometidas a estrés tóxico. Foto: L. M. Lubián.

En los últimos seis años, otro contaminante objeto de gran atención en el Instituto ha sido el alquilbenceno sulfonato lineal (LAS, acrónimo del inglés). El LAS es el tensioactivo más frecuentemente empleado en la formulación de productos de higiene personal y limpieza doméstica. Debido al abundante uso que de él se hace y pese a la depuración de las aguas residuales, es una sustancia orgánica habitualmente vertida al mar. Si bien no se considera especialmente peligroso, puede alterar la permeabilidad de las membranas celulares y potenciar el efecto acumulativo de los metales pesados existentes en el medio. Así, en bioensayos con almeja (*Ruditapes philippinarum*), el grupo de J. Blasco demostró que la bioacumulación de cobre y el plomo es mayor cuando se expone a estos organismos a una mezcla de LAS y metales que cuando se les expone sólo a los metales. Igualmente, trabajando con microalgas marinas (*Nannochloropsis gaditana*, *Tetraselmis suecica*, *Rhodomonas salina*, *Chaetoceros gracilis* y *Isochrysis galbana*, entre otras), aspecto hasta entonces escasamente estudiado, encontraron que el LAS comercial y algunos de sus homólogos inhiben el crecimiento poblacional y la actividad esterásica de estas especies. De ensayos con larvas de dorada (*Sparus aurata*) –la fase del desarrollo más sensible al LAS–, deducen que estos ensayos podrían ser una buena herramienta para evaluar el impacto de los contaminantes en los ecosistemas costeros. Los resultados de estos trabajos les permitieron tener sólidos argumentos para recomendar que una reformulación de los compuestos de LAS con baja concentración de homólogos de cadena larga podría ser una solución para reducir la toxicidad del LAS.

Por otra parte, M. Hampel, becaria alemana integrada en el grupo de J. Blasco, estudió en su tesis doctoral las implicaciones ecotoxicológicas del LAS sobre especies bentónicas de diversos grupos zoológicos, como el gasterópodo *Hydrobia ulvae*, el bivalvo *Ruditapes philippinarum*, el decápodo *Uca tangeri* y el teleósteo *Solea senegalensis*, encontrando que estos organismos presentan una tolerancia muy elevada a la exposición al tensioactivo, cuya presencia en los sedimentos sólo representa un problema ambiental en los puntos próximos al vertido.



Huevos y larvas de dorada sometidos a dosis crecientes de LAS. Fotos: M. Hampel.



# Histología e Histoquímica

---





## Histología e Histoquímica

### Aplicaciones en Fisiología y Patología de organismos marinos

El 1 de abril de 1965 se incorpora al Laboratorio de Cádiz el Dr. Manuel Gutiérrez Rodríguez, doctor en Medicina y Cirugía, especialista en Hematología y Anatomía Patológica, y hasta entonces profesor adjunto de Citología, Histoquímica y Anatomía Microscópica en la Facultad de Medicina de Cádiz, y ya autor de 44 artículos científicos sobre estas materias.

En sus recuerdos M. Gutiérrez cuenta que en 1962, por mediación de su amigo Suárez Pellicer, también médico, tuvo noticias de la existencia en Cádiz de un “Laboratorio de Biología Marina en el Puerto Pesquero”, en el que trabajaban unos investigadores que “una o dos veces al mes se reunían allí en una <<Tertulia Científica Gaditana>>, a la que acudían profesores amigos que contaban sus investigaciones, como Antonio Benítez Morera, entomólogo, dedicado al estudio de las migraciones de las mariposas por el Estrecho de Gibraltar, o Emilio Español, experto en evolución”. Suárez Pellicer habló a J. Rodríguez-Roda de su compañero M. Gutiérrez, especialista en “áreas de Histología, Histopatología, Hematología y Bioquímica hemática”. J. Rodríguez-

Roda, recién llegado de la “Reunión Científica Mundial sobre Biología del Atún y especies afines”, celebrada en La Jolla (California), en la que se habló de “células de la sangre, química del plasma, inmunología, etc.”, invitó a M. Gutiérrez a la próxima Tertulia que programaran. Éste aceptó y en 1963, con su amplio bagaje de investigador ya curtido, con su entusiasmo característico y con su precisa oratoria, hizo una brillante exposición que gustó a J. Rodríguez-Roda. Éste le propuso ocupar una beca disponible en el Laboratorio de Cádiz, e incluso “la posibilidad de ingresar con una plaza fija después de hacer unas oposiciones”. Sin embargo, pasaron dos años hasta que Gutiérrez pudo acceder a esa beca, porque en aquella época le era imposible dejar las dos actividades que le ocupaban todo el día: las clases en la Facultad y los análisis clínicos en su casa. No obstante, mientras tanto, interesado en que M. Gutiérrez trabajase en el Laboratorio, J. Rodríguez-Roda le suministraba muestras de sangre de atún, que aquel iba acumulando y examinando poco a poco.

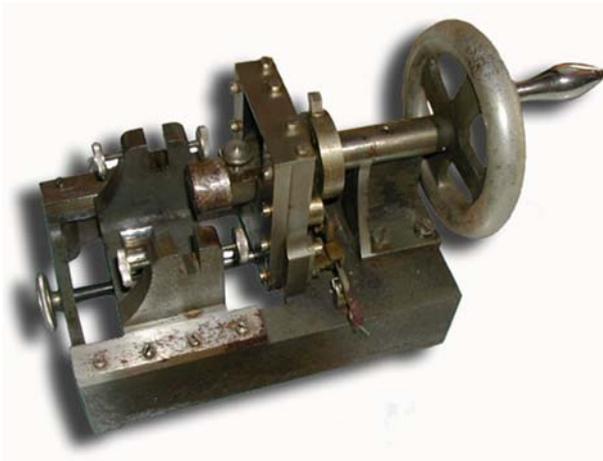


M. Gutiérrez en su laboratorio del Instituto de Investigaciones Pesqueras de Cádiz en 1969. Foto: J. Rodríguez-Roda.

Cuando M. Gutiérrez ingresó definitivamente de becario se le encargó, como no podía ser de otra forma, realizar trabajos relacionados con su especialidad en análisis de sangre, y nada mejor para ello que continuar con aspectos hematológicos de un pez tan “sanguíneo” como el atún. Si bien la mayor parte de este trabajo era de laboratorio, una óptima calidad de las muestras era esencial para obtener resultados precisos, por lo que M. Gutiérrez necesitaba, ante todo, que el trabajo de campo estuviera bien hecho. Armándose de valor -y de pastillas contra el mareo-, M. Gutiérrez embarcó varias veces con J. Rodríguez-Roda en la testa de la almadraba de Barbate (ver foto del marcado de atunes en Pesquerías) para extraer, él mismo, sangre a los atunes vivos conforme eran sacados del copo. Antes de que los copejeadores dejaran caer el atún en la bodega, otro operario de la almadraba le punzaba en el costado con un bichero; brotaba un chorro de sangre que M.

Gutiérrez recogía rápidamente en recipientes adecuados. Por lo que describe en sus trabajos y por lo que ha recordado para nosotros con motivo de la edición de este libro, aquello no era una operación sencilla ni exenta de riesgos. Además de la dificultad de trabajar sobre una embarcación en continuo movimiento, con viento, con salpicaduras de agua y sangre y en un espacio reducido, estaba expuesto a recibir algún que otro golpe de los atunes moribundos que coleteaban a su alrededor. En dos o tres muestreos enseñó el procedimiento a algunos operarios de la almadraba para que éstos, con una propinilla de por medio –extraída de su propio bolsillo-, tomaran las muestras de sangre en óptimas condiciones. Luego J. Rodríguez-Roda, a la vuelta de sus viajes para marcado y mediciones de atunes, las transportaba al Laboratorio.

Su primer trabajo en el Instituto fue un completísimo estudio cualitativo y cuantitativo sobre la hematología del atún, único en España hasta aquellas fechas y repetidamente citado en artículos científicos de investigadores estadounidenses trabajando con la misma especie en el Pacífico. El examen de los cortes histológicos para este estudio lo hizo M. Gutiérrez con el microscopio que ilustra esta página, una “joya” fabricada en 1875 y que le regaló el Dr. Claudio Montero.



Microtomo de 1943, fabricado en el Instituto Torres Quevedo del CSIC y adquirido por M. Gutiérrez en 1957 en un baratillo de Barcelona. Con él hizo los cortes de tejidos para los estudios histológicos de atún y ostión (Foto: A. M. Arias, 2005). Derecha, microscopio de 1875 utilizado por M. Gutiérrez. (Foto: C. Gutiérrez, 2005).

Si a escala macroscópica del atún se aprovecha todo, hasta el bofe como ya demostró R. Establier, a escala microscópica, e incluso molecular, M. Gutiérrez demostró también que se le puede sacar igual partido. Desde “colorantes de todos los colores”, preparados con dominio y mimo exquisito para revelar una gran riqueza de detalles en los cortes histológicos -entre los que destaca la invención y patente del Citopancomo G-239 para hematología comparada-, hasta la preparación de un cardioantígeno para diagnosticar la sífilis, patentado por el CSIC (T.t (L.) 1966, nº 350.102), pasando por las proteínas de la sangre para estudios genéticos, o la actividad enzimática de mioproteínas para diferenciar poblaciones, casi todo ha sido minuciosamente investigado en el atún de Barbate.

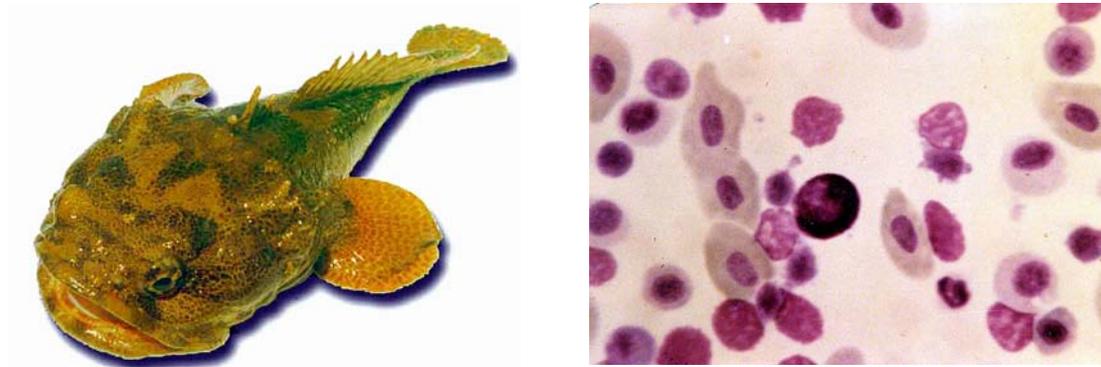
Otras especies marinas de interés pesquero también han sido objeto de estudios histológicos e histoquímicos en los primeros años de M. Gutiérrez en el Instituto, tanto en investigación aplicada como básica. Tal es el caso del ostión (*Crassostrea angulata*) y de la ostra (*Ostrea edulis*), especies en las que se hizo una separación de proteínas del músculo aductor que sirvió para diferenciar los estados juveniles de ambas, sobre lo que no había nada publicado. Asimismo, también fueron estudiados los parásitos del ostión y de la ostra, y sus efectos histopatológicos.

Cabe destacar, igualmente, la aportación de M. Gutiérrez en los estudios llevados a cabo por R. Establier (en colaboración con otros investigadores del Instituto), sobre la acumulación y efectos histopatológicos de diversos contaminantes en distintas especies marinas, creando, por ejemplo, patrones ultraestructurales de ovocitos y espermatozoides para comparar con individuos sometidos a efectos letales y subletales de metales pesados.

Con todo ello, y siempre dejando su sello inconfundible de meticulosidad científica y pulcritud metodológica, la “Histología de Gutiérrez” creó escuela en el Instituto. M. C. Sarasquete e I. Viaña fueron sus discípulas privilegiadas y no se quedaron a la zaga, la primera, amplificando extraordinariamente su línea de investigación; la segunda, ejecutando a la perfección las técnicas de cortes y de tinciones. En su “cuaderno de recetas”, que tiene más de 20 años y que aún utiliza, I. Viaña ha ido anotando todas las técnicas de tinción y modificaciones sucesivas aplicadas por M. Gutiérrez y M. C. Sarasquete. Pasado a limpio, se me ocurre que este cuaderno podría ser un completo manual de prácticas para universitarios. Otro hecho curioso que muestra la huella de M. Gutiérrez en nuestro Instituto y su pasión por la Histoquímica es su inverosímil habilidad papirofléxica, que aplicó a la construcción de miles de cajitas de papel para hacer inclusiones en parafina, con las que preparaba bloques listos para cortar al microtomo. M. Gutiérrez enseñó este procedimiento a F. Montes, el mozo del Instituto en los primeros años, quién le ayudó construyendo innumerables cajitas. A modo de anécdota, M. Gutiérrez, con su pericia en “doblar papeles”, además de construir figuras de toda clase de animales, creó y patentó (CA-234-03), en 1999, un modelo plegable de un trozo (20 pares de bases) de DNA, cuyo diseño publicó en 2003 en la revista Medicina Gaditana para recordar la efemérides de los 50 años del descubrimiento de la estructura del ácido desoxiribonucleico por Watson y Crick.

Los comienzos de M. C. Sarasquete como investigadora en el Instituto (1978) tuvieron un enfoque hacia la acuicultura en las salinas (como ocurría con todos los nuevos científicos que se incorporaron en aquella época), pues empezó haciendo la tesis de licenciatura en Ciencias Biológicas sobre *Artemia salina*. Poco después, sin embargo, obtuvo una beca predoctoral del CSIC y comenzó a hacer la tesis doctoral bajo la dirección de M. Gutiérrez, dedicándose de lleno al estudio de la citomorfología y la citoquímica de la sangre del pez sapo (*Halobatrachus didactylus*). M. C. Sarasquete, que “patentó” un método infalible y barato de anestesiar a los sapos con un contundente mazo de madera para extraerles muestras de sangre, hizo un completo estudio cualitativo y cuantitativo de la variación anual de los

principales parámetros hematológicos de este interesante pez. Más adelante, los carbohidratos y las proteínas durante la oogénesis, las actividades peroxidásicas de las células sanguíneas y actividad fosfatásica de varios órganos del sapo fueron también objeto de sus investigaciones y quedaron reflejados en numerosas publicaciones.



El pez sapo, *Halobatrachus didactylus*, de la Bahía de Cádiz. (Foto: A. M. Arias) y, a la derecha, algunos de sus eritrocitos y un basófilo teñidos con Citopancromo G-239. Foto: M. C. Sarasquete.

Digna continuadora de las enseñanzas de M. Gutiérrez, la espectacular expansión de su actual grupo de investigación “Biología Celular en Organismos Marinos” en los últimos 15 años –tanto en el Instituto como en Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad de Cádiz con la creación de la Unidad Asociada de Investigación “Calidad Ambiental y Patología”-, así como su no menos espectacular proyección internacional colaborando con la Universidad del Algarve (Faro, Portugal) desde 1995 -asesorando y participando en el diseño del Laboratorio Integral de Histología, ha dado lugar la formación de numerosos científicos y personal técnico, así como a una ingente producción científica en todos los formatos posibles (artículos en revistas SCI, comunicaciones a Congresos, tesis doctorales...). Una revisión que reflejara adecuadamente la verdadera dimensión científica de estas contribuciones precisaría, a buen seguro, de la edición de un tratado monográfico con varios tomos.

A grandes rasgos y a modo de resumen (incompleto, evidentemente), cabe destacar tres aportaciones fundamentales de los trabajos y tesis doctorales de este grupo a las Ciencias Marinas:

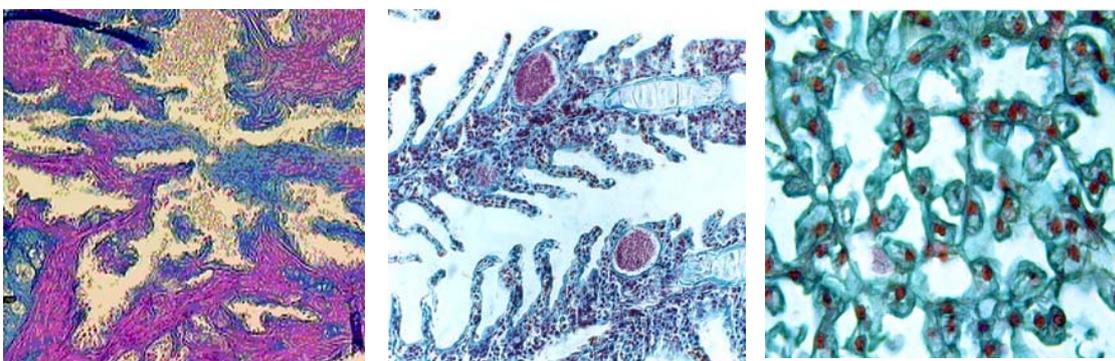
- Conocimiento de la histología e histoquímica de adultos y larvas de las principales especies de interés comercial de nuestro entorno, como dorada, lubina, lenguado, atún, corvina, y coquina de fango, y de otras no comerciales pero de indudable aplicación como modelos experimentales para estudios en fisiología reproductiva, como el pez sapo y el fúndulo, lo que ha dado lugar a detallados atlas histológicos e histoquímicos.

- Conocimiento de los ciclos reproductivos de estas especies y localización precisa de las áreas endocrinas implicadas en su control, lo que constituye un aspecto fundamental para el “manejo” exógeno de la reproducción y desarrollo de estos peces en acuicultura.

- Diseño de “herramientas” histológicas para el control y prevención de enfermedades en organismos marinos, tanto de origen espontáneo, con

identificación de virus, bacterias y hongos que producen mortalidades en especies cultivadas, como inducidas por contaminantes, evaluando el impacto en el medio y en los organismos expuestos a la contaminación.

Por ello, en la actualidad, como ya ocurriera en tiempos de M. Gutiérrez, la aportación de M. C. Sarasquete y su amplio grupo de colaboradores (I. Viaña, J. B. Ortiz, J. L. Palazón, M L. González, J. A. Muñoz, J. M. Arellano, M. T. Dinis, E. Cargnin...), a casi todos los proyectos de investigación emprendidos en el Instituto es fundamental. La extraordinaria calidad de las preparaciones histológicas que producen para estos trabajos es no sólo un claro exponente del gran dominio y perfección que han alcanzado en las complejas técnicas histoquímicas de coloración y fijación que manejan, sino, además y por ello, una herramienta imprescindible para interpretar y mejorar los resultados.



Una pequeña muestra de la belleza de las preparaciones histológicas que realiza el grupo de Histofisiología e Histopatología Comparada de especies marinas comerciales. De izquierda a derecha, bulbo arterioso del corazón de lenguado, quistes en laminillas branquiales de dorada y parénquima pericardial de almeja basta. Fotos: del grupo.

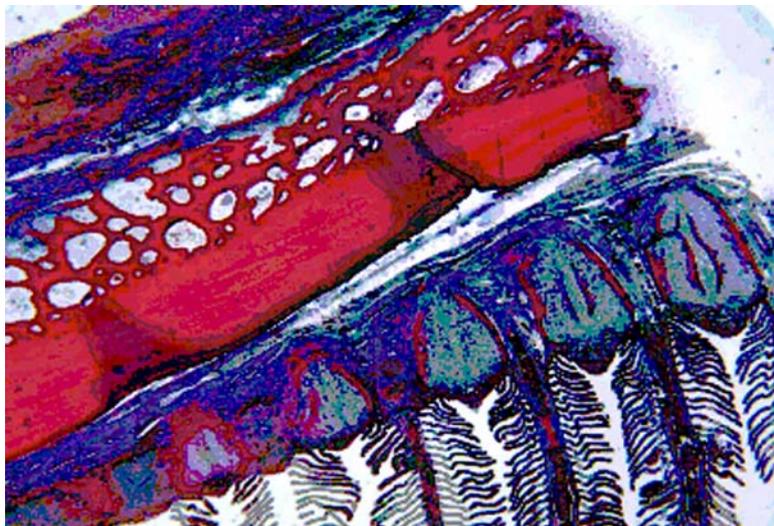
Por otra parte, la belleza colorista de estas preparaciones las convierte en exquisitos modelos polícromos de la Naturaleza, lo que, desde mi punto de vista, les añade un gran valor estético y artístico. No en vano su confección necesita de una buena dosis de artesanía y habilidad manual, y muchas de ellas bien podrían ser expuestas en algún museo de arte moderno o inspirar diseños con aplicaciones textiles diversas.



M. Gutiérrez en una conferencia en el Ateneo de Cádiz, en 2002. Foto: C. Fedriani.

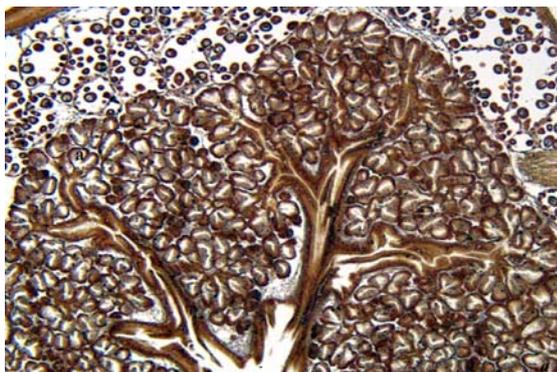
Llegados a este punto, conviene resaltar que uno de los componentes activos del grupo de Sarasquete continúa siendo... M. Gutiérrez, quién jubilado -administrativamente, como a él le gusta matizar-, hace ya 17 años, ha seguido colaborando infatigablemente en las líneas de investigación del ICMAN y de la Universidad de Cádiz, lo que define claramente su carácter de científico enamorado por completo de su especialidad, la Histoquímica. Desde su "barco", el pulcro y luminoso laboratorio asomado al mar que tiene montado en una terraza de su domicilio, ha continuado sin pausa "jugando" con los colorantes, mejorando las técnicas de tinción de preparaciones histológicas, escribiendo artículos y

conferencias, e incluso, en 1990, obtuvo el título de Doctor en Ciencias Químicas. Igualmente, con *venia docenti* por la Universidad de Cádiz, sigue dando clases en la Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales de Cádiz, dirigiendo tesis doctorales, formando parte de tribunales, etc. De tal forma que hoy, a sus 83 años, su currículum “de jubilado” –en el que figuran no pocos premios y distinciones prestigiosas-, podría competir con éxito en unas oposiciones. Todo un ejemplo. La última prueba de ello es que, en el momento de escribir estas líneas (noviembre de 2005) acaba de publicar una modificación de su colorante emblemático, el Hematoxilina-VOF del año 1961, compuesto por Verde luz, Orange G y Fuchsin, fabricando un VOF Tipo III-G.S (G, de Gutiérrez y S, de Sarasquete) incorporándole un cuarto colorante, el Azul de Metilo, que colorea fibras de reticulina, elastina, colágeno, etc., con lo que se obtiene una mayor calidad y resolución en las coloraciones del estroma de diferentes órganos y tejidos.



Corte histológico de esqueleto calcificado del arco branquial de corvina (*Argyrosomus regius*), teñido con VOF Tipo III-G.S. Foto: M. C. Sarasquete.

En este sentido, en 2005, E. Carginin, discípulo de M. C. Sarasquete, ha desarrollado en su tesis doctoral sobre la coquina de fango (*Scrobicularia plana*) del caño de Sancti Petri una nueva técnica de tinción histomorfológica que ha denominado *Gades*, en honor a la ciudad de Cádiz que tanto le gusta a este biólogo brasileño. Esta técnica, sin fucsina y sustituyendo la hematoxilina por rojo nuclear, permite diferenciar muy bien el tejido conectivo del muscular, sobre todo en Bivalvos.



Corte histológico de divertículo digestivo de coquina de fango (*Scrobicularia plana*), teñido con Gades. Foto: E. Carginin.

Por último, hay que resaltar en este capítulo la decisiva contribución del tándem Gutiérrez-Sarasquete a los estudios de cardiología humana que el cardiólogo gaditano Ángel Benítez Rivero realizó con el pez sapo en nuestro Instituto. Este pez, de sorprendente resistencia vital y con corazón similar al humano, resultó ser un modelo perfecto en cardiología experimental, donde, *in vivo*, el animal más utilizado ha sido el perro. Con este tipo de estudios, el primero que se realizaba en medicina utilizando peces, A. Benítez y sus colaboradores obtuvieron los primeros mapeos de la activación del corazón en el pez sapo, y estudiaron cómo se realizan las distintas fases contráctiles del ciclo cardíaco. Tras estos hallazgos planificaron un registro de derivaciones directas en humanos.



Imágenes de la obtención de electrocardiogramas del pez sapo por A. Benítez en las instalaciones del ICMAN.  
Fotos: A. M. Arias, 1999.

Acuicultura

---





## Acuicultura

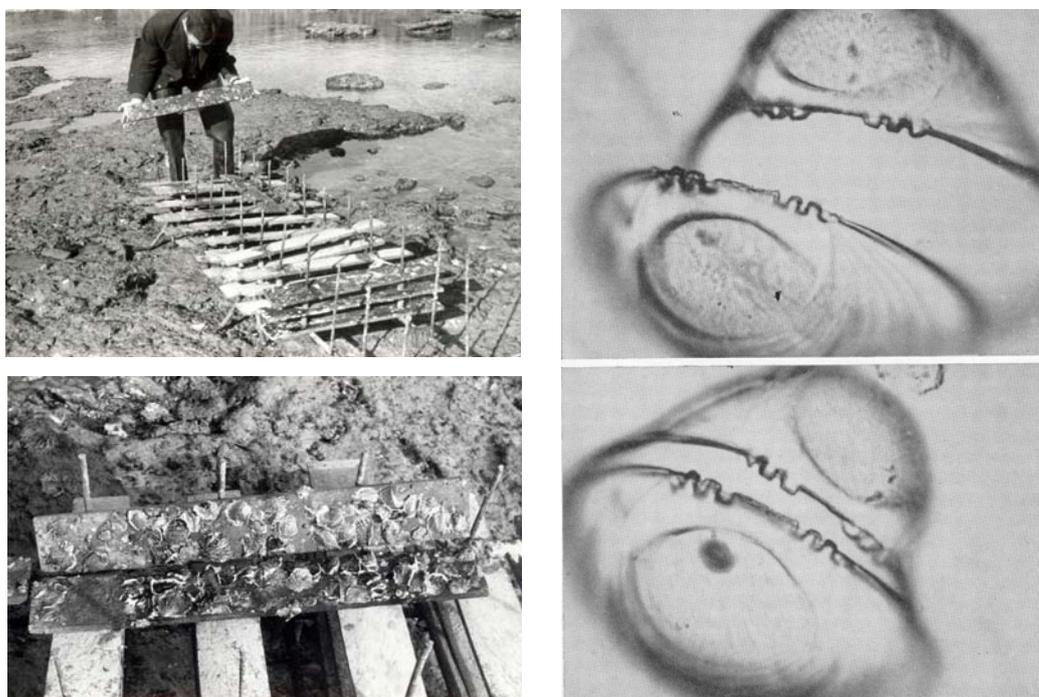
Es de destacar que el interés por desarrollar la Acuicultura en Cádiz viene de lejos, y que no procede de los salineros -como podría suponerse de la urgencia que estos manifestaron por convertir sus devaluadas salinas en granjas marinas-, sino del propio Instituto de Investigaciones Pesqueras, incluso desde antes de que éste fuera creado. Así, ya en el año 1949, Buenaventura Andreu, en el “Proyecto para la creación de un Centro de Investigaciones Pesqueras dependiente del Consejo Superior de Investigaciones Científicas”, que por encargo del Secretario General del CSIC redactó y presentó el 14 de enero de ese año, en el apartado titulado “Creación de Laboratorios de Investigaciones Pesqueras”, indicaba que el futuro Laboratorio que se construiría en Cádiz se encargaría de instalar “un parque de piscicultura en los esteros”.

Sin embargo, no fue hasta casi 20 años después, en febrero de 1968, cuando comienzan las investigaciones en el campo de la acuicultura en el Laboratorio de Cádiz, aunque no precisamente en la transformación de salinas en piscifactorías, como veremos a continuación. Desde entonces las aportaciones del Instituto a la Acuicultura en la zona han sido más que considerables, hasta el punto de que la mayoría de los científicos del Instituto tocaron en todo o en parte de sus investigaciones algún aspecto relacionado con la Acuicultura. De hecho, el ICMAN organizó los dos primeros Congresos de Acuicultura que se celebraban en España, los denominados “Simposio Nacional de Acuicultura de Esteros y Zonas Intermareales”, que tuvieron lugar en Cádiz en noviembre de 1982 y de 1988, hasta que tomó el relevo la actual Organización del Congreso Nacional de Acuicultura.

Por todo ello, este apartado es el más extenso del libro, el que tiene más subapartados y más mezcla de materias, y en el que, por otra parte, no pueda mantenerse siempre el orden cronológico y haya que estar saltando atrás y adelante.

## Moluscos

Los primeros pasos en Acuicultura en el Laboratorio de Cádiz los dio E. Pascual estudiando la reproducción y la fijación de larvas del ostión (*Crassostrea angulata*) en los corrales de pesca de Montijo (Sanlúcar de Barrameda), en la desembocadura del Guadalquivir. En aquellos trabajos, E. Pascual, incorporado al Instituto en el verano de 1967, determinó los periodos de puesta de esta especie y la intensidad de las fijaciones de larvas en colectores experimentales en relación con las condiciones del medio acuático, y aportó una detallada descripción de la morfología de la charnela en las larvas, inédita hasta entonces.



A la izquierda, E. Pascual examinando los colectores de pizarra para semillas de ostión (*Crassostrea angulata*) en los corrales de Montijo en 1969, y detalle de los colectores. A la derecha, dos imágenes de la charnela de una larva de ostión de 163 micras, procedente del plancton de la Bahía de Cádiz. Fotos: E. Pascual.

En su tesis doctoral, leída en 1973, indicó cómo debería desarrollarse el ciclo completo del ostión cultivado en nuestra zona, y determinó la fecha más adecuada para colocar los colectores de larvas en el mar. Analizó las posibilidades de distintos sistemas de cultivo y propuso la creación de empresas ostrícolas grandes y la búsqueda de nuevos mercados. Estudió el engorde y afinación de ostiones en salinas, y habló por primera vez (segunda vez, después de lo de B. Andreu) de la reconversión de las salinas en granjas marinas. Más adelante, en 1978 y en colaboración con M. Gutiérrez, describió la ultraestructura de ovocitos y espermatozoides del ostión, no estudiadas hasta entonces y cuyo conocimiento permitiría disponer de patrones comparativos para los estudios de episodios de contaminación del medio marino. En este sentido, en colaboración con R. Establier, determinó que pequeñísimas dosis de cobre en el agua inhiben la filtración de los ostiones.

Asimismo, con la ayuda de J. M. Espigares realizó análisis biológicos de ostiones para exportación de la empresa Ostrea, en El Puerto de Santa María.

E. Pascual se ocupó también de conocer las necesidades mínimas del cultivo de la sepia o choco (*Sepia officinalis*). Desarrolló con éxito –y por primera vez en España-, el cultivo en laboratorio de esta especie, consiguiendo que desovaran y crecieran en cautividad tres generaciones sucesivas de chocos a partir de una hembra capturada en abril de 1976 en la Bahía de Cádiz. Aplicando su probado ingenio y habilidad para el “bricolage” en PVC, E. Pascual y J. M. Espigares diseñaron y construyeron un eficaz sistema de tratamiento del agua de mar con radiación ultravioleta para mantener unas condiciones óptimas para la incubación de huevos y para la alimentación y el crecimiento de los juveniles en los primeros días de desarrollo. Después, a las temperaturas normales de la zona, alimentados con camarones y pescado barato y sin grandes requerimientos técnicos, alcanzaban un tamaño comercial (300 g) a los 5 meses desde la eclosión y maduraban sexualmente.

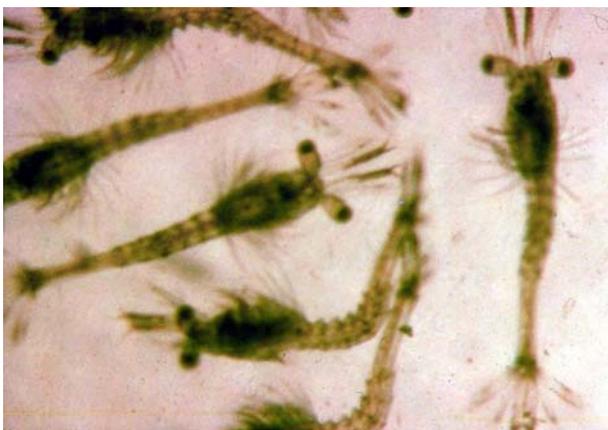
Por otra parte, en un ensayo preliminar que constituyó el primer intento de usar estanques de tierra a la intemperie en salinas para el cultivo de cefalópodos, con la colaboración de F. Pecci, sembraron 15.000 juveniles de sepia en un pequeño chiquero en la Salina Santa Margarita (San Fernando, Cádiz), obteniendo prometedores resultados de crecimiento y supervivencia.



Año 1976. A la izquierda, reproductores de choco depositando huevos en las cuerdas de los tanques de puesta y juveniles de pocos días de vida. A la derecha, instalación de bandejas de cultivo de juveniles de choco y panel de tubos de radiación UV para esterilizar el agua. Fotos: E. Pascual.

## Crustáceos

En Crustáceos, el cultivo de langostino (*Melicertus kerathurus*), especie de gran importancia económica en el Golfo de Cádiz, ha sido uno de los objetivos principales del Instituto en el campo de la Acuicultura. Los primeros trabajos los hizo A. Rodríguez, en el verano de 1971. A. Rodríguez, que en enero de 1972 estrenó la primera de las dos becas recién creadas por la Diputación Provincial de Cádiz “para el desarrollo de los cultivos marinos”, puso a punto una técnica de cultivo partiendo de hembras fecundadas, que obtenía él mismo a bordo de los juanelos de la flota artesanal de Sanlúcar de Barrameda que faenaban en los caladeros próximos a la desembocadura del Guadalquivir.



Sala de cultivo de langostino en el Laboratorio de Cádiz del Instituto de Investigaciones Pesqueras y primeras postlarvas de langostino obtenidas en Andalucía, en estas instalaciones (1971).  
Fotos: A. Rodríguez.

A sabiendas de que en cada embarque pasaba un mal rato a causa de su predisposición al mareo, no dudaba en salir al mar con todas sus energías. Cuando el barco pasaba la barra del río y empezaba el movimiento, A. Rodríguez cambiaba de color. No obstante, agarrado al mástil con fuerza, aguantaba hasta el límite, y “con arrosos” dirigía a los pescadores para que seleccionaran y trataran bien a las mejores hembras que capturaban. Sus garrafas de 50 litros, provistas de un aireador portátil con una pila de petaca –tecnología de última generación en aquella época-, y con nueve o diez hembras selectas eran su más preciado tesoro. El traslado de este valioso material, en coche desde Sanlúcar hasta Cádiz, constituía una experiencia excitante, una mezcla de rally y fórmula 1, en la que cada bache y cada curva de la carretera eran maldecidos con vehemencia.

Finalmente, la llegada al Laboratorio y la colocación de las hembras en los tanques era para A. Rodríguez un acto místico y asombroso, en el que -independientemente de la hora o del día en que ocurriera y del madrugón y los mareos que conllevaba-, cada hembra era acariciada y depositada con mimo exquisito en el tanque de puesta.

Al principio, con equipamientos de cultivo totalmente “artesanales”, que hoy día sorprenderían a los estudiantes de Acuicultura, utilizaba agua de la Bahía de Cádiz “transportándola al laboratorio en garrafas de 20 y 25 litros, filtrándola por una malla de plancton de 21 micras y almacenándola en un

tanque de 300 litros”, como describe A. Rodríguez en el primer trabajo que publicó sobre estos ensayos. En estas condiciones consiguió por primera vez en Andalucía (y por segunda en España, después de J. M. San Feliú en Castellón), la puesta de langostino en cautividad, la eclosión de huevos y el cultivo de larvas. A partir de inóculos de algas que obtenía en pescas planctónicas en la Bahía de Cádiz y de cepas de algas y de rotíferos cedidas por el Laboratorio de Castellón del Instituto de Investigaciones Pesqueras, Rodríguez puso en marcha los primeros cultivos de fito y de zooplancton para alimentar a las larvas en sus distintas fases de desarrollo y obtuvo unos porcentajes de supervivencia larvaria similares a los que lograban los japoneses empleando medios considerablemente más desarrollados.



A. Rodríguez delante de uno de los estanques de engorde experimental de juveniles de langostino en la salina Esperanza siglo XIX (San Fernando), en 1976. Foto A. Rodríguez.

Después, entre diciembre de 1975 y junio de 1976, con 900 juveniles nacidos en el laboratorio, realizó con éxito el primer ensayo de engorde de esta especie en salinas, en un recinto de tierra de 300 m<sup>2</sup> abastecido de agua de mar en la salina Esperanza siglo XIX. Pese a las precauciones tomadas para evitar la presencia de depredadores en el estanque, la supervivencia final no fue elevada, pero el crecimiento de los langostinos fue óptimo y las hembras habían madurado al final del experimento, lo cual abría la posibilidad de usar este sistema para abastecer de reproductores a las plantas de cultivo sin necesidad de capturarlos en el mar. Ensayos de engorde de este tipo en salinas los amplió A. Rodríguez a otras especies de decápodos, como el langostino japonés (*Marsupenaeus japonicus*) y a la quisquilla o camarón rayado (*Palaemon serratus*), y obtuvo igualmente buenas tasas de crecimiento y maduración, y comprobó, asimismo, la conveniencia de no engordar juntas, en un mismo recinto, a las dos especies de langostino, ya que la especie autóctona siempre sale perjudicada frente a la mayor resistencia y crecimiento de la alóctona. En 1984 y 1985, con agua caliente procedente de los efluentes de la central térmica Bahía de Algeciras, realizó cultivos intensivos pioneros en España de ambas especies en tanques próximos a esta instalación, obteniendo prometedores resultados de crecimiento y supervivencia.

En años posteriores, en colaboración con investigadores del Instituto (M. M. Yúfera y L. M. Lubián), de la Universidad de Cádiz (G. Mourente, A. Medina,

M. P. Pereiro, Y. Vila, y A. Santos) y de Universidades del Reino Unido (D. A. Jones y L. Le Vay), Malasia (M. S. Kamarudin) y Brasil (D. Lemos), y ya con mejores instalaciones y más medios, A. Rodríguez aborda simultáneamente estudios de aspectos relacionados con el cultivo de las dos especies de langostino (*kerathurus* y *japonicus*), y determina, por un lado, los requerimientos nutritivos y el comportamiento alimentario de las larvas del langostino autóctono en cultivo, las variaciones de lípidos y ácidos grasos y su estado nutricional al criarlas con algas, rotíferos y artemia. Por otro, determina el contenido en lípidos de las hembras durante su maduración sexual en el mar, y compara el desarrollo de los ovarios de estas hembras salvajes con el de hembras criadas en estanques de salinas. Estas últimas crecen normalmente y alcanzan un peso comparable a las salvajes, pero debido a la excesiva iluminación de una masa de agua muy somera y a la ausencia de poliquetos en la dieta –decisivos para el aporte de ácidos grasos esenciales-, no completan la maduración sexual y no desovan en los estanques.

En el langostino japonés, a partir de larvas producidas en criaderos industriales gaditanos, comprobó que suplementando dietas inertes y dietas de alimento vivo con pequeñas cantidades de algas, se obtenían postlarvas del mismo tamaño y composición de sus tejidos que las alimentadas con sólo alimento vivo o con sólo alimento inerte, lo que sugería que la ingestión de algas es necesaria para una óptima asimilación de los componentes zooplanctónicos de la dieta. Este tipo de estudios constituyó una herramienta útil para conocer en todo momento las condiciones nutricionales de las larvas cultivadas.

Como ya ocurrió con el atún, en los langostinos de nuestra zona casi todo ha sido estudiado por A. Rodríguez y colaboradores, incluyendo la ultraestructura de los espermatozoides de ambas especies, lo que sirvió, en 1994, para comprobar la existencia de marcadas diferencias morfológicas (por ejemplo, distinto tamaño, presencia de gotas lipídicas intranucleares, presencia de microtúbulos en el citoplasma), que pueden servir para un uso del esperma en estudios sistemáticos y filogenéticos.

En este apartado dedicado a los cultivos de Crustáceos, hay que mencionar también los trabajos sobre el cultivo de *Artemia salina*, pequeño branquiópodo esencial en el cultivo larvario de la inmensa mayoría de especies de peces y crustáceos de interés comercial. Los primeros estudios en salinas de nuestra zona los realizó M. C. Sarasquete, cuando se incorporó al Instituto con una beca de la Caja de Ahorros de Galicia. Desde febrero 1978 a mayo de 1979 recogió quistes y adultos en 28 salinas, y determinó las tasas de eclosión de distintos lotes de quistes según la salina de procedencia y sometidos a diferentes condiciones de incubación.

Con posterioridad, en el año 1986, A. Rodríguez y J. M. Román ensayaron por primera vez el cultivo de *Artemia salina* en estanques acondicionados y fertilizados de una salina abandonada de la Bahía de Cádiz. Tras inocular nauplius en estos estanques, en tres meses de cultivo extensivo obtuvieron adultos y quistes en cantidades semejantes a las que se obtienen en zonas productoras de otros países. En otros trabajos en las salinas de Cádiz

describieron el ciclo anual de las dos poblaciones de artemia, bisexual y partenogenética, y determinaron el contenido en ácidos grasos de lípidos totales, concluyendo que los nauplius de ambas cepas y los adultos de la cepa bisexual son adecuados como alimento en el cultivo de larvas de especies de peces y crustáceos de interés en acuicultura.

## Peces

Las investigaciones en cultivo de peces en el Instituto comenzaron en el año 1972, condicionadas siempre por la necesidad de transformar en piscifactorías a las salinas de la Bahía de Cádiz, que desde los años 50 del siglo XX estaban en crisis y muchas de ellas improductivas y semiabandonadas. Como quiera que en los esteros (estanques de almacenamiento de agua de mar de cada salina) se obtenía de forma natural una producción extensiva de peces marinos a partir de alevines captados con las mareas, se tenía la convicción -corroborada con el transcurso del tiempo-, de que suplementando este alevinaje natural con siembras controladas de alevines obtenidos artificialmente se mejorarían las producciones y, con ello, se volvería a hacer rentable el aprovechamiento de las salinas.



Vista aérea de una zona de salinas de la Bahía de Cádiz dedicadas a acuicultura.  
Foto: A. M. Arias, 1998.

Dos fueron las líneas de investigación fundamentales que se emprendieron desde entonces y concentraron gran parte de los esfuerzos científicos del Instituto: 1) conocer la biología de las especies de peces cultivables; 2) poner a punto técnicas de reproducción controlada y cultivo de larvas en laboratorio. Sin embargo, a medida que aprendíamos sobre estos aspectos, se fue haciendo más evidente la necesidad de un conocimiento integrado de los factores que determinan las producciones acuícolas de las salinas. Esto hizo que, paralelamente, se configurara poco a poco una tercera y amplia línea de investigación dedicada a ecología de las salinas, para conocer

los principales procesos biológicos, hidrológicos y químicos implicados, lo que podría permitir un manejo de las salinas desde el conocimiento científico. Esto requirió estudiar asuntos tan variados como la abundancia de alevines de las especies comerciales de peces en los caños de las salinas y su efecto sobre la captación natural de los esteros, la productividad primaria y secundaria de los esteros, o los mecanismos implicados en la regeneración de nutrientes. De todo ello hablamos a continuación.

## Biología de las especies de peces cultivables

Los primeros estudios de la biología de los peces de estero los inició J. M. Sancho, estrenando la segunda beca que la Diputación Provincial de Cádiz había creado para el desarrollo de los cultivos marinos. Sancho se dedicó a los mugílidos o lisas, los peces más abundantes en los esteros, ocupándose de estudiar el crecimiento de *Mugil auratus*. “Por causas diversas”, en palabras de J. Rodríguez-Roda, este trabajo quedó interrumpido y Sancho dejó el Instituto para dedicarse a la enseñanza. J. Rodríguez-Roda, en un gesto que demostraba una vez más su interés primordial por la investigación que se hacía en el Instituto, elaboró los datos recopilados y redactó un artículo científico al respecto que publicó bajo la autoría exclusiva de Sancho.

En noviembre de 1972, A. M. Arias, tras su etapa de becario en prácticas durante los tres meses de verano de los años 1970 y 1971, empieza a estudiar la biología de la dorada y el robalo de estero, dos de las tres especies de mayor interés para la acuicultura de la zona. Desde 1972 a 1978, examinó 1.775 doradas y 1.013 robalos obtenidos *in situ* en cerca de 130 despesques de 33 esteros, y determinó la estructura de las poblaciones de estas especies en los esteros, el crecimiento en longitud y peso con la edad, el régimen alimentario y aspectos de la maduración sexual.

En octubre de 1978 se incorpora M. P. Drake, con una beca de la Caja de Ahorros de Cádiz, y se hace cargo del estudio de la biología de los mugílidos. En los despesques de los años 1979, 80 y 81 obtuvo y examinó 18.933 ejemplares de las cinco especies de esta familia presentes en 17 esteros. Con su minuciosidad y tesón característicos, hizo un profundo y definitivo estudio comparado del crecimiento y los hábitos



Mugílidos (*Chelon labrosus*) y lenguados (*Solea senegalensis*) de estero. Salina N<sup>o</sup> S<sup>a</sup> de Los Desamparados (Puerto Real). Fotos: A. M. Arias, 2004.

alimentarios de estos peces tan representativos de las salinas, trabajo que constituyó parte de su tesis doctoral. Por primera vez los esteros fueron clasificados científicamente según la tasa de crecimiento del conjunto de estas especies. El examen de los contenidos de 1.408 estómagos le permitió conocer al detalle el comportamiento alimentario de estos peces en los esteros. Además, caracterizó la morfometría del aparato digestivo de las cinco especies, con un estudio de la distribución de los dientes en las distintas zonas bucales y midiendo las distancias entre las branquispinas. Con ello, además de aportar curiosas evidencias morfológicas que permiten distinguir taxonómicamente a cada especie según estos caracteres y el número y disposición de los ciegos pilóricos, estableció las diferencias inter e intraespecíficas existentes sobre el modo con que estos peces aprovechan los recursos alimentarios que ofrecen los esteros como estanques de cultivo.

El lenguado de estero (*Solea senegalensis*), otra de las especies propias de los policultivos extensivos en las salinas, empezó a ser estudiado por S. Cárdenas, incorporado al Instituto en septiembre de 1975 como becario de la Diputación de Cádiz. Cárdenas obtuvo los primeros datos biométricos de este lenguado con un detallado estudio del crecimiento y del régimen alimentario, resultados que comparó con los obtenidos en lenguados de la misma especie procedentes de la Bahía de Cádiz y con el lenguado común (*Solea solea*) que captura la flota pesquera de Sanlúcar de Barrameda.

En mayo de 1978 estos estudios quedaron interrumpidos porque Cárdenas dejó el Instituto al encontrar mejores perspectivas laborales en PEMARES (Plan de Explotación Marisquera de la Región Suratlántica). Sin embargo, pocos meses después, en septiembre del mismo año, se incorpora como becario R. B. Rodríguez, que ocupa una beca vacante y los reanuda. R. B. Rodríguez, en un exhaustivo estudio biométrico y merístico que constituyó parte de su tesis doctoral, caracterizó definitivamente a la población de *Solea senegalensis* que se obtiene en los despesques de los esteros de Cádiz. Después, mediante cortes histológicos de las gónadas, estudió con precisión el ciclo ovárico y caracterizó morfológicamente todas sus fases, llegando a la conclusión de que las hembras pueden efectuar varias puestas dentro de un mismo ciclo, resultados que luego le permitirían interpretar adecuadamente la estructura de la población de lenguados y los factores que intervienen en la producción extensiva de la especie, a cuyo conocimiento aplicó por primera vez el análisis estadístico de los datos.

El crecimiento, la estructura de edades y tallas, el régimen alimentario y aspectos de la reproducción de la baila (*Dicentrarchus punctatus*) y la anguila (*Anguilla anguilla*) de estero -las dos especies que faltaban de las diez cultivables-, fueron también objeto de estudio en años siguientes por el grupo formado por A. M. Arias, M. P. Drake y R. B. Rodríguez. Con ello quedó cubierto con creces uno de los objetivos planteados en el documento de Rodríguez-Roda mencionado mas arriba, aquello del “control biológico” que había que llevar a las especies cultivables.

## Ecología de las salinas de Cádiz

En el “Programa previo” para el “Estudio de los esteros y salinas de Cádiz”, redactado por J. Rodríguez-Roda en febrero de 1969, citado en el apartado **Crecimiento y consolidación**, se preveía adquirir un conocimiento de las condiciones ambientales de las salinas para su puesta en funcionamiento como establecimientos de cultivos marinos. Para ello el Instituto intentó comprar una salina en la que hacer estudios y ensayos de campo, pero, recordemos, la salina no llegó a comprarse.

En esta línea de conocer las salinas, en el año 1971 Establier empezó el primer seguimiento que se hacía de parámetros físicoquímicos, determinando quincenalmente la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y clorofila en el agua de los esteros y caños de alimentación de cinco salinas: El Carrascón, San Félix, San Miguel, El Pilarito y La Isleta.

En 1976 el Instituto firma un convenio de investigación para estudiar durante un año la salina Esperanza siglo XIX, propiedad de Antonio Molinero Molina. Éste fue el primer paso en firme que se dio para afrontar la transformación de las salinas en piscifactorías desde un punto de vista científico. En esta salina se construyó una caseta-laboratorio (que aún existe) e hicimos un seguimiento de parámetros físicoquímicos en estanques de diversas características, así como pescas experimentales de la fauna de los esteros.



Equipo de becarios y prebecarios (aún no existían los “precarios”) que estudió la salina Esperanza siglo XIX en 1976: De izquierda a derecha, A. Rodríguez, B. Macías, V. Acedo, A. M. Arias y E. Navarrete, y vista aérea de la salina (en el centro de la foto) en 1998, con Cádiz al fondo. Fotos: A. M. Arias.

Estos trabajos preliminares junto con el conocimiento riguroso de la biología de las especies de estero que se adquirió después, del que he hablado en el apartado anterior, condujeron a una percepción global del sistema de producción extensiva de peces en los esteros y de los principales factores que intervienen en el proceso. Entre estos factores se comprobó que las condiciones del medio acuático durante la fase de engorde, la captación natural de alevines y la producción natural de organismos-presa de cada estero eran determinantes. Aunque R. B. Rodríguez concentró sus esfuerzos investigadores en la reproducción en cautividad del lenguado -que culminó con éxito, como veremos más adelante-, colaboró con el tándem M. P. Drake-A. M. Arias, que se dedicó de lleno a estudiar estos tres aspectos.

Así, en 1984 emprenden un estudio topográfico, batimétrico e hidrológico de la salina San Agapito que causó admiración en Fernando Pecci Tocino (capataz de dicha salina y eficaz colaborador en muchos de nuestros trabajos de campo), de tal forma que puede decirse que si Rodríguez-Roda fue el sastre de los atunes, M. P. Drake, R. B. Rodríguez y A. M. Arias, lo fueron de las salinas y de los peces de estero. En un muestreo intensivo, utilizando sólo una cinta métrica y una sonda artesanal hecha con listón de madera calibrado en centímetros, “cubicaron” por primera vez un estero, determinaron su capacidad máxima y mínima de agua, la superficie de cada compartimento dedicado al cultivo de peces, y siguieron cada dos días y durante un ciclo anual las tasas de renovación de agua con las mareas, los ciclos nictamerales de temperatura y oxígeno y las fluctuaciones de salinidad. Tal fue el ajeteo organizado pateando aquella salina en todas direcciones, saltando muros con la zodiac a cuestas, midiendo compuertas, determinando oxígenos de madrugada, en domingos y festivos, con lluvia, con viento, con frío y con calor..., que el Sr. Pecci estaba convencido de que algún día saldría de San Agapito “un cohete a la Luna”.

Este tipo de estudios los ampliaron después a un conjunto de 16 salinas representativas de la Bahía de Cádiz. Sobre el terreno, pero esta vez ya con algunos adelantos tecnológicos, como brújula y fotografías aéreas, mapearon cada una de ellas, determinaron la extensión de las superficies dedicadas al cultivo de peces, el número, dimensiones y orientación de las compuertas y la distancia al mar de cada salina. Por otra parte, en los despesques de estos esteros en las temporadas 1978-79, 1979-80 y 1980-81, y con la ayuda de A. Vidal, F. J. Arias y J. M. Espigares, estudiaron *in situ* las producciones anuales de pescado. En un trabajo pionero (“irrepetible”, en admirativa opinión de M. Gutiérrez, que suele recordarlo diciendo: “¡Lo que hizo Roda con los atunes y lo que habéis hecho vosotros con las salinas no lo hace nadie!”), a partir de muestreos exhaustivos sobre 300 kg de pescado en cada estero y control de la producción total obtenida, determinaron la estructura de tallas y edades y el rendimiento de cada especie.



Drake, Arias y A. Vidal clasificando las capturas de peces en el despesque del estero de la salina Santa Margarita, en 1981. Foto tomada por R. B. Rodríguez.

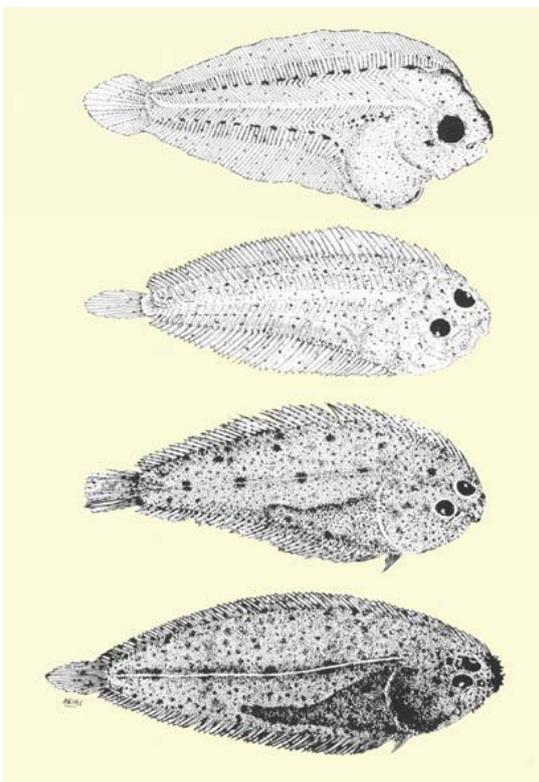
De todo ello salió la primera aproximación científica a los procesos hidrológicos y biológicos de las salinas como recintos dedicados a cultivos marinos. Algo que ni los propios salineros conocían. Fue un estudio mucho más completo de lo que podía preverse en el año 1972, cuando, sin apenas argumentos científicos se redactó el documento antes transcrito. Así quedó consolidado uno de los tres pilares en los que entonces creíamos debía sustentarse la modernización de las salinas desde el punto de vista de la acuicultura.



Muestreo de alevines con mangas de ictioplancton en los caños de las salinas. 1984. Foto: A. M. Arias.

fue objeto de un seguimiento exhaustivo, semanal, en mareas vivas y muertas, diurnas y nocturnas. Para estas tomas de muestras utilizaron las mismas mangas de plancton que había empleado J. Rodríguez-Roda para recolectar

Otro de estos pilares era la captación natural de alevines, sobre la que los capataces de las salinas sólo tenían un conocimiento empírico (que no era poco). Desde enero de 1984 a abril de 1989 M. P. Drake y A. M. Arias abordaron este estudio mediante la obtención de muestras de alevines en varios caños estratégicos de la zona de salinas de la Bahía de Cádiz, uno de los cuales sirvió de control y fue objeto de un seguimiento exhaustivo, semanal, en mareas vivas y muertas, diurnas y nocturnas. Para estas tomas de muestras utilizaron las mismas mangas de plancton que había empleado J. Rodríguez-Roda para recolectar larvas de atún en la campaña oceanográfica por el Mediterráneo a bordo del *Cornide de Saavedra* (ver Pesquerías).



Alevines de lenguado (*S. senegalensis*) de los caños de las salinas de la Bahía de Cádiz. Dibujos: A. M. Arias, 1990.

Este estudio de los alevines en los caños, en el que hay que resaltar la eficaz labor de Mariana Espigares en el procesado de la ingente cantidad de muestras obtenidas, permitió cuantificar la repercusión de la captación natural de alevines sobre la producción final de pescado en los esteros, a la vez que determinar, entre otros aspectos, la distribución espacial y temporal de la abundancia de cada una de las diez especies de interés comercial en la acuicultura de estero, la influencia de las mareas y de la luz solar sobre la abundancia de alevines, el tamaño con que éstos se adentran en los caños, y, finalmente, caracterizar mediante dibujos los principales estados morfológicos de alevines de 48 especies de peces

marinos que frecuentan los caños de las salinas.

Por último, el tercer pilar considerado, la producción natural de organismos que sirven de alimento a los peces en los esteros, se estudió a partir de 1981. En un completo estudio del fitoplancton -componente que en gran medida condiciona la red trófica que sustenta la producción extensiva de peces-, llevado a cabo de febrero de 1981 a diciembre de 1982, L. M. Lubián, R. Establier y M. Yúfera estudian la producción primaria de tres salinas dedicadas a cultivo extensivo. A partir de muestras de agua de los esteros y de los caños de alimentación tomadas quincenalmente, determinaron la composición cualitativa y cuantitativa del fitoplancton. Entre otros aspectos comprobaron que la dinámica de la población fitoplanctónica está estrechamente relacionada con el régimen de renovaciones y estancamientos de agua de cada estero, relacionado a su vez con criterios empíricos de la gestión de cada estero por su capataz correspondiente.

En cuanto al zooplancton, M. Yúfera realizó una primera aproximación con el estudio en varias zonas de un estero, durante tres años consecutivos (abril de 1981 a mayo de 1984), de la población de *Fabrea salina*, un ciliado heterotrico de presencia estacional que alcanza altas densidades a los pocas semanas de comenzado el ciclo de engorde de los alevines encerrados en los esteros y cuya máxima abundancia se da en las zonas menos renovadas. Simultáneamente, considerando las dificultades que entraña el estudio del zooplancton en un medio muy somero, de alta turbidez y sometido a frecuentes cambios en las masas de agua, M. Yúfera hizo el único estudio existente hasta ahora de la composición cualitativa y cuantitativa de algunos grupos zoológicos, como tinctínidos, rotíferos, velíferas de bivalvos y gasterópodos, copépodos, poliquetos, nematodos y platelmintos, mediante el análisis de su relación con las condiciones del medio acuático.

La producción macrobentónica fue estudiada por M. P. Drake y A. M. Arias mediante un completo seguimiento en la salina San Francisco de Asís desde enero de 1991 a diciembre de 1992, a partir de muestras mensuales de sedimento recogidas en tres zonas representativas del estero y en uno de los canales de producción intensiva de peces. Este estudio, que se complementó con muestreos comparativos en 14 esteros más y supuso el procesado minucioso de 4,3 toneladas de sedimento, y en el que hay que resaltar una vez

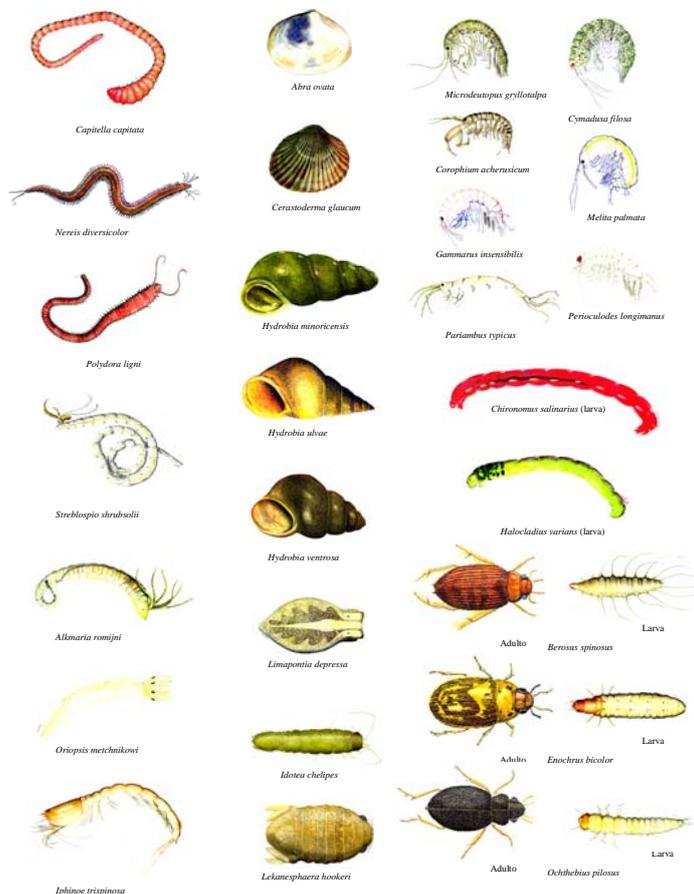


El tándem Drake-Arias en un muestreo de macrobentos en la salina San Francisco de Asís en 1991. Foto tomada por M. Espigares.

más la labor de M. Espigares, así como de F. A. Baldó y M. Z. Marín, permitió adquirir un conocimiento global de los distintos grupos zoológicos que viven en estos espacios húmedos de las salinas, y, para cada especie, su distribución espacial y temporal, la estructura y dinámica de poblaciones y la productividad, aspectos hasta entonces no conocidos.

Una proyección de todo el conocimiento faunístico de las salinas de Cádiz adquirido en el transcurso de casi tres décadas de estudio fue la

constatación del gran valor ecológico y naturalista de estos espacios húmedos. En buena medida, esto contribuyó a que toda la zona de salinas y caños de la Bahía de Cádiz fuese declarada y protegida institucionalmente con la figura de Parque Natural, a cuya Junta Rectora pertenecen científicos de nuestro Instituto.



Especies dominantes en el macrobentos de las salinas de la Bahía de Cádiz dedicadas a acuicultura. Dibujos: A. M. Arias, 1997.

El conocimiento de la dinámica de nutrientes en los esteros fue otro de los objetivos planteados para evaluar su productividad, ya que, en términos de flujo energético, los procesos realizados por los microorganismos (bacterias) son tan importantes como los realizados por el fitoplancton y los macroinvertebrados. La regeneración bentónica de nutrientes constituye uno de los principales mecanismos por los que se produce la fertilización de los ecosistemas litorales. Este fenómeno es el resultado de un elevado número de procesos físicos, químicos y biológicos, a través de los que se mineraliza la materia orgánica consolidada en los sedimentos y se difunden a la columna de agua las formas inorgánicas de nitrógeno y fósforo resultantes, con lo que pueden ser nuevamente utilizadas por el fitoplancton. Por otra parte, el estudio de la concentración de iones puede constituir un índice excelente de la contaminación de un determinado ecosistema.

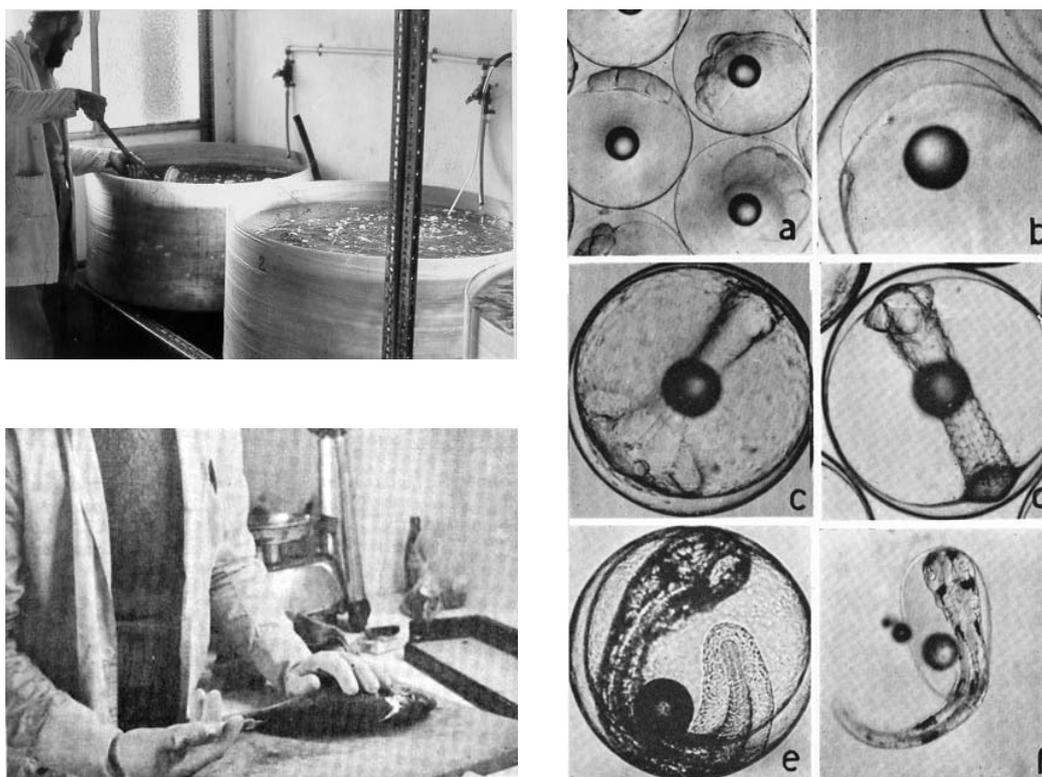
J. Blasco y M. de Frutos, con la ayuda de I. Fernández y M. F. Osta, abordaron el estudio de la variación espacio-temporal del fósforo inorgánico, del fósforo orgánico y de las actividades amonificadora y fosfatásica de las

bacterias en esteros de la Bahía de Cádiz concluyendo que estos espacios húmedos, si bien reciben escasos aportes exógenos de nutrientes, tienen una producción primaria elevada debida a la alta densidad de organismos animales que viven en ellos, cuyos productos de digestión y excreción aportan en cantidad nutrientes endógenos y materia orgánica parcialmente degradada, que potencia dichos procesos.

## Puesta inducida y cultivo de larvas

En 1975 A. M. A. M. Arias hizo los primeros ensayos en Cádiz para intentar la reproducción de la dorada en condiciones de laboratorio, con vistas a la obtención de alevines para “sembrar” en los esteros. Por aquel entonces la técnica de inducción de la puesta que se utilizaba en los centros de investigación franceses e italianos consistía en el empleo de inyecciones de gonadotropina coriónica humana (GCH), que estimulaban la última fase de la maduración sexual, y la aplicación de masaje abdominal a los reproductores para obtener gametos y hacer la fecundación artificial. En los tanques del Instituto (ver **Crecimiento y consolidación**) disponía de un nutrido lote de reproductores de dorada procedentes de los esteros -la mayoría de ellos con dos años de aclimatación, de lo que se encargó J. Correa- y de la Bahía de Cádiz, capturados estos con anzuelo desde la embarcación *Atuarro* con la experta colaboración de A. Vidal. El 22 octubre de ese mismo año estabula un primer lote de 8 reproductores en tres tanques de 300 litros, que funcionaban en circuito abierto con agua de mar del puerto pesquero de Cádiz, y empieza a inyectarles dosis crecientes de GCH y a hacer masaje abdominal a machos y hembras. A primeros de noviembre obtiene las primeras emisiones de huevos y espermatozoides, con las que hace ensayos iniciales de fecundación artificial, mezclando los gametos en seco en un cuenco de vidrio. Resultado: negativo; apenas unos pocos huevos fertilizados llegaron a la fase de mórula. El 13 de noviembre de 1975 hizo un nuevo intento con 8 nuevos reproductores de las mismas características y en las mismas condiciones. Esta segunda vez, en contra del refrán, el resultado fue positivo: las cinco hembras del lote desovaron huevos viables (16 de noviembre); hubo un 60% de fertilización y el 18 de noviembre de 1975 eclosionaron varios miles de larvas de dorada, por “primera” vez en España. Entrecornillo lo de primera vez porque se dio la casual circunstancia de que, por tres días de diferencia, el acontecimiento ocurrió antes en Cádiz que en Castellón, donde J. Ramos, exactamente en la misma fecha (13 de noviembre de 1975), comenzó un tratamiento hormonal a reproductores de dorada, del cual obtuvo puestas el 19 de noviembre, de las que nacieron larvas 48 horas después, el día 21.

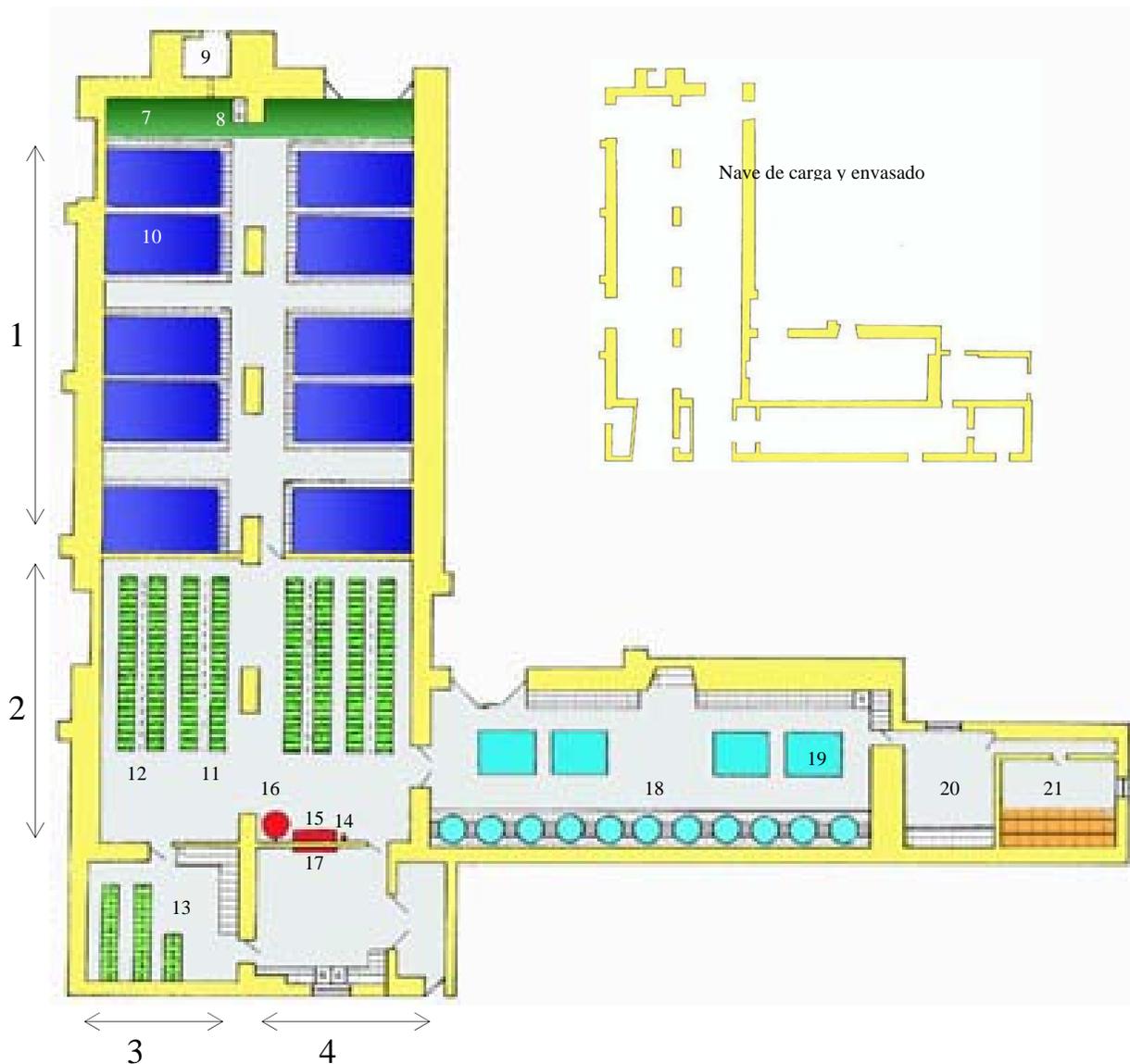
En nuestro caso, ésta fue la “primera piedra” de la industria del cultivo de dorada en la Bahía de Cádiz. En el artículo científico que se publicó para comunicar el logro se decía de estos ensayos pioneros que “a la vista de los resultados obtenidos constituyen un gran incentivo para su posterior desarrollo y perfeccionamiento técnico, ya que abren amplias posibilidades para la implantación del cultivo intensivo de esta especie en las salinas”. No obstante, pese a este fundado optimismo, era inimaginable el enorme nivel de desarrollo que se alcanzaría apenas una década después.



Noviembre de 1975. Izquierda, tanques de 300 litros para inducción de puesta a reproductores de dorada e inyección de GCH a una hembra; derecha, seis imágenes del desarrollo embrionario de las primeras larvas de dorada nacidas en el Laboratorio de Cádiz del Instituto de Investigaciones Pesqueras. Fotos: A. M. Arias.

En 1976 la empresa Salinera Española S. A., de San Fernando (Cádiz), propietaria de la mitad de las salinas de la Bahía de Cádiz, se interesó por estos resultados y firmó un convenio de investigación con nuestro Instituto para experimentar a escala piloto la producción de alevines de dorada con vistas a sembrarlos en sus esteros. Salinera Española puso a nuestra disposición un antiguo edificio dedicado al envasado y carga de sal en la Salina San Juan Bautista, que contaba además con varias dependencias anejas. Entre 1977 y 1979, E. Pascual y A. M. Arias, con la ayuda inestimable de todo el personal de esta empresa (capataces, carpinteros, mecánicos, administrativos, directivos...) y del ICMAN (J. M. Espigares y S. González), volcado con un entusiasmo sin límites en este proyecto, se encargaron de la transformación de estas instalaciones en una moderna planta piloto para la producción de alevines de dorada y robalo, diseñándola, montándola y poniéndola en funcionamiento.

En la segunda campaña de producción (1978-79), solucionados los numerosos problemas suscitados en la primera campaña (1977-78), principalmente debidos a la baja calidad del agua de mar utilizada, procedente de los caños de las salinas, cargada de materia orgánica, de nitritos y de bacterias que contaminaban los cultivos de fitoplancton pese a los sistemas de filtración empleados, consiguieron producir 13.574 alevines de 3 meses de edad. En abril y mayo de 1979 sembraron estos alevines en 8 esteros para su



**Planta piloto de producción de alevines de dorada diseñada, montada y puesta en funcionamiento por el ICMAN en 1977.**

A la izquierda, en tamaño reducido, plano de la instalación de partida. Debajo, ampliado, plano de la instalación después de la conversión en planta piloto.

Dibujo: A. M. Arias, modificado del original.

- 1 Sala de reproductores
- 2 Sala de cultivo de fito y zooplancton
- 3 Sala de cepas
- 4 Recepción-Despacho-Laboratorio
- 5 Sala de cultivo de larvas
- 6 Sala de Artemia
- 7 Depósito elevado de 30 m<sup>3</sup>
- 8 Electrosoplantes
- 9 Toma de aire
- 10 Tanques de 8 m<sup>3</sup>
- 11 Bolsas de cultivos de fito y rotíferos
- 12 Tubos de iluminación
- 13 Estanterías
- 14 Bomba de filtros
- 15 Filtros
- 16 Depósito de calentamiento
- 17 Unidades de ultravioleta
- 18 Tanques de 500 litros
- 19 Tanques de 3.000 litros
- 20 Preparación de quistes de Artemia
- 21 Secado y separación de quistes



Algunas fotos representativas del proceso de producción de alevines de dorada diseñado y puesto en funcionamiento por el ICMAN en 1978 en la planta piloto de Salinera Española S.A. Fila 1, sistemas de filtración y esterilización del agua de mar. Fila 2, cultivos de cepas, inóculos y grandes volúmenes de fitoplancton y rotíferos. Fila 3, secadero de quistes de artemia obtenidos en la salina San Juan Bautista, tanques de maduración de reproductores e inyección de hormonas sexuales a una hembra. Fila 4, obtención de ovocitos por masaje abdominal; fecundación *in vitro* y separación de huevos fecundados. Fila 5, incubadores, tanques de cultivo de larvas y tanques de cultivo de alevines. Fila 6, alevines de dorada de 3-4 meses de edad, F. Pecci Boy sembrando alevines en un estero (mayo 1979), A. Bussati, M. Cantazo y F. Pecci Tocino separando las primeras doradas engordadas en un estero a partir de los alevines nacidos en la planta piloto (diciembre 1979). Fotos: A. M. Arias.

engorde extensivo hasta tamaño comercial, estabulando una media de 1.500 alevines por estero. Al cabo de 7 meses de estabulación, obtuvieron 600 kg de doradas de tamaño comercial. En esta planta piloto E. Pascual y A. M. Arias también consiguieron obtener larvas y alevines de robalo (*Dicentrarchus labrax*), pero estos ensayos se abandonaron ante las mayores ventajas de los cultivos de dorada.

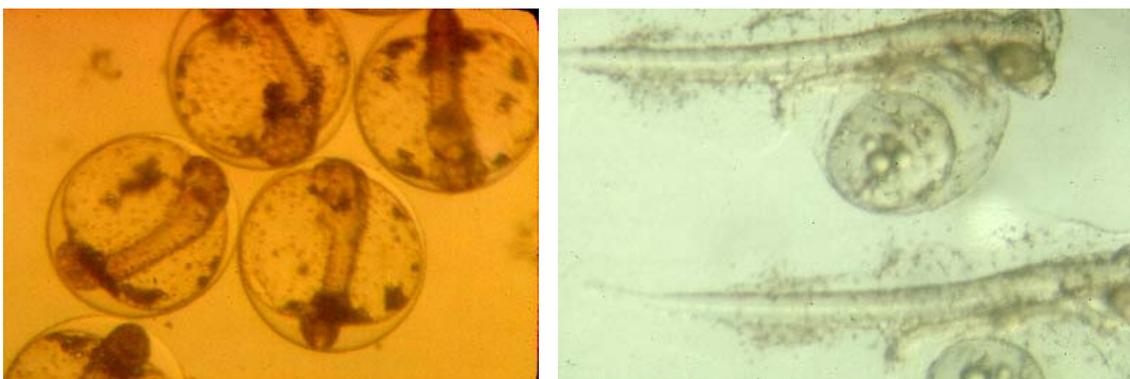
Todo ello fue la “segunda piedra” de aquel inicial empeño de transformar las salinas en piscifactorías. Los resultados obtenidos abrían grandes expectativas para la producción industrial de alevines de dorada y los esteros estaban allí, preparados para albergar peces.

Así ocurrió, en efecto, con la primera parte de la frase anterior. En los años 80 Salinera Española S.A. pasó a llamarse CUPIMAR, acrónimo de Cultivos Piscícolas Marinos. Amplió y mejoró considerablemente las instalaciones y construyó un criadero polivalente a escala industrial. Contrató y formó personal especializado y en pocos años se puso a la cabeza de España y de Europa en la producción en masa de alevines de dorada. Paralelamente, acometió una transformación integral de una decena de salinas para acondicionarlas al engorde intensivo de los alevines que producía en el criadero. El desarrollo industrial de piensos específicos para dorada y la aplicación de nuevos materiales y equipos contribuyó al éxito del sistema de producción durante varios años.

Con ello, y contrariamente a la idea inicial y romántica de E. Pascual y A. M. Arias de que “los esteros garantizan un crecimiento de los peces sin grandes problemas”, los de estas salinas transformadas no encajaban en este esquema debido a su baja rentabilidad y a la imposibilidad de mejorarla, con lo que quedaron relegados a un segundo plano en el sistema productivo (reservorios y decantadores de agua, estanques de engorde de producciones no estandarizadas de peces). No ha ocurrido así en la mayoría de las salinas de otras empresas de la Bahía de Cádiz que aún siguen activas, en las que, para tratar de competir con las “doradas de pienso”, se ha revalorizado el sistema tradicional de producción extensiva de peces de estero que ofrece un producto natural.

A mediados de los años 80, una vez establecidos los primeros criaderos industriales de alevines en la Bahía de Cádiz a partir de los trabajos del ICMAN a escala piloto, E. Pascual y M. Yúfera continuaron trabajando en el Instituto en mejorar diversos aspectos de la reproducción en cautividad de la dorada y consiguieron alargar considerablemente la época de puesta mediante manipulación del fotoperiodo. Igualmente, en 1991, la tesis doctoral de A. Polo, con el fin de reducir las aún elevadas tasas de mortalidad larvaria de la dorada, abordó aspectos fisiológicos y del crecimiento larvario y su relación con las condiciones de los cultivos antes y durante el comienzo de la alimentación exógena. Alimentándolas con rotíferos de pequeña talla y controlando la temperatura del agua, Polo obtuvo sensibles mejoras del crecimiento en longitud y peso de las larvas y del rendimiento de la producción de alevines.

La reproducción en cautividad del lenguado de estero (*Solea senegalensis*), la tercera de las tres especies de mayor importancia comercial en nuestra zona, también fue objeto de estudio en el Instituto con vistas a poner a punto la técnica de producción de alevines. El 3 de julio de 1980, en las Instalaciones del Instituto en Cádiz, R. B. Rodríguez, por entonces becario de la Diputación Provincial, en ensayos de estimulación con extractos de hipófisis de carpa a hembras de lenguado aclimatadas a los tanques, consigue, por primera vez en la historia, la puesta de huevos viables y la eclosión de larvas.



Embriones y larvas recién eclosionadas de lenguado, *Solea senegalensis*, obtenidos en el ICMAN (3 de julio de 1980).  
Fotos: R. B. Rodríguez.

Poco después R. B. Rodríguez y E. Pascual experimentan la inducción de la puesta del lenguado con inyecciones de extractos de hipófisis de atún de almadraba, un novedoso método no probado hasta entonces. En la campaña almadrabera de 1982, aprovechando la posibilidad de disponer de las cabezas de atún de derecho (prefreza), desechadas tras el proceso de descuartizamiento en la fábrica de conservas del Consorcio Nacional Almadrabero de Barbate, extrajeron las hipófisis (del atún se aprovecha todo, recordemos), las secaron al vacío y las almacenaron. En marzo de 1983 empezaron a tratar un lote de 4 hembras y 2 machos de lenguado con inyecciones subcutáneas de una solución salina y polvo de hipófisis de atún. Todas las hembras frezaron. Recogieron 432.000 huevos, de los que el 20 de marzo de 1983 empezaron a eclosionar las primeras larvas de las 42.000 obtenidas con este tratamiento. En mayo de ese mismo año sembraron por primera vez alevines de lenguado en un estero, a los que luego, por diversas circunstancias, no pudo seguirse la pista.

En relación con la hipófisis de atún, en 1995, A. García en su tesis doctoral aisló, purificó y caracterizó las gonadotropinas de esta especie y probó su efectividad biológica en *Fundulus heteroclitus*, un pequeño pez de las salinas de Cádiz (ver foto en el apartado **Comunidades acuáticas**) y excelente modelo experimental ante la imposibilidad de disponer de atunes vivos.

Siguiendo con el lenguado, algunos años después, en 1998, el desarrollo larvario fue objeto de nuevos estudios por M. Yúfera y su grupo. G. Parra, en un minucioso estudio comparativo con larvas de lenguado y de dorada, objeto de su tesis doctoral, determinó las necesidades energéticas de ambas especies durante el desarrollo embrionario y larvario, de lo que, en el



Arriba, a la izquierda, E. Pascual en 1982 ante una cabeza de atún extrayendo la hipófisis, que tiene sobre la mano, señalada por la flecha. En las otras tres fotos siguientes, R. B. Rodríguez en 1983 inyectando el extracto de hipófisis de atún a una hembra de lenguado, lote de alevines obtenidos con este sistema y siembra en un estero. Fotos: A. M. Arias.

caso del lenguado, no existía información previa. Estos estudios del balance energético contribuyeron a adquirir una idea global de la fisiología larvaria de ambas especies. Asimismo, pusieron de manifiesto que las larvas de lenguado son más “ventajosas” que las de dorada, porque al comienzo de la alimentación tienen un mayor tamaño y peso y una boca mayor, lo que les permite capturar presas más grandes. Con ello reducen el esfuerzo en la captura de presas y consiguen un crecimiento mayor porque reciben un aporte de energía más elevado. También comprobó que en los primeros estadios larvarios el lenguado es más resistente que la dorada a la calidad del agua, por ejemplo, al contenido en amonio, que afecta a la excreción de amonio interno y repercute en un gasto extra de energía, que es detrída de la que se emplea en el crecimiento o en la actividad motriz.

En el año 2000 se crea en el ICMAN el grupo de investigación Fisiología de la Reproducción, Genética y Biología Molecular, liderado por G. Martínez. Especializado en técnicas de ADN recombinante y en el análisis de la función de genes desconocidos durante su etapa de formación científica con el Transgenic Fish Group de la Universidad de Minnesota, y como integrante del grupo Fisiología de la Reproducción de Peces, en el Instituto de Acuicultura de Torre de la Sal, en Castellón, G. Martínez continúa en nuestro Instituto los estudios para el control de la reproducción en el lenguado. En colaboración con la UCA, el CIFPA “El Toruño” y las empresas PROMAN S. L. y CUPIMAR S.A., desarrolla un proyecto de control de la reproducción mediante el manejo del

fotoperiodo y del termoperiodo, en el que estudia los niveles de hormonas esteroides sexuales bajo distintas condiciones ambientales.

Determinan que la estrategia reproductiva de esta especie es diferente de la de otras especies de peces planos que se han estudiado. El fotoperiodo modula el inicio y progresión del desarrollo gonadal. El termoperiodo cobra importancia en los estadios finales de maduración, ya que interviene en la modulación de la puesta. Asimismo, describen por primera vez los patrones de variación de los niveles de esteroides sexuales en *Solea senegalensis*, tanto en condiciones ambientales naturales como manipuladas. Este conocimiento del control hormonal de la maduración y la puesta es indispensable para el desarrollo de métodos con los que controlar la reproducción en cautividad, ya sea mediante terapias hormonales o ambientales.



Tanques de reproducción de lenguado por control del fotoperiodo y grupo de reproductores de primera generación nacidos en el ICMAN. Fotos: G. Martínez, 2004.

En la actualidad el grupo de G. Martínez trabaja también en el desarrollo de “herramientas” para un programa de Mejora Genética en la dorada (*Sparus aurata*), sobre la que hay pocos datos genéticos. Han encontrado asociaciones entre marcadores moleculares y la variación del crecimiento, que esperan aplicar a un próximo programa de selección asistida en una población cultivada. El uso de marcadores microsatélites ha permitido realizar asignaciones de parentesco de manera definitiva.

Volviendo atrás, desde junio de 1999 a diciembre de 2001, E. Pascual y su grupo (M. C. Sarasquete, I. Viaña, J. M. Espigares, J. L. Rivero, R. M. Acuña, J. R. Santana y A. V. Agarrado) abordan el primer proyecto de investigación que se planteó en Europa para conocer las posibilidades de reproducción en cautividad del atún rojo (*Thunnus thynnus*), a partir de ejemplares en migración de puesta hacia el Mediterráneo capturados por la almadraba de Barbate y estabulados en jaulas de red en mar abierto para que completasen la maduración sexual y obtener huevos fecundados.

En una tarea llena de dificultades y limitaciones, en dos campañas almadraberías sucesivas logran estabular en una jaula un total de 38 atunes. Junto con un estudio histológico de gónadas, hígado, sangre, grasa perivisceral y músculo, cerebro e hipófisis de estos ejemplares, realizan un ensayo de implante de gonadotropina a 7 grandes atunes para mantener los procesos de maduración sexual. La colocación de los implantes requirió diseñar y fabricar

un dispositivo especial de inyección, proceso que quedó resuelto una vez más con el ingenio y la habilidad de E. Pascual para el bricolaje en PVC.



Imágenes de los muestreos de atunes para el control de la reproducción en cautividad. Arriba, medición de ejemplares y recogida de muestras de órganos y tejidos. Debajo, J. L. Rivero preparado para colocar implantes de gonadotropina y detalle del dispositivo de inyección, y pesca de atunes estabulados en la jaula en mar abierto. Fotos: E. Pascual. 2001 y 2003.

Los resultados histológicos indicaron que llegó a producirse la puesta de algunos ejemplares, lo que permitió concluir que es posible conseguir que los atunes prosigan el desarrollo gonadal en cautividad y obtener huevos fecundados, con la ventaja de hacerlo en mucho menos tiempo que el requerido en costosas instalaciones en tierra, en las que han de mantenerse a los atunes durante años para conseguir que se reproduzcan. Sin embargo, se llegó a concluir también que un proyecto de esta envergadura en almadrabas y jaulas sólo lograría los resultados adecuados desde una perspectiva empresarial.

En los últimos años, el pargo (*Pagrus pagrus*) y el sargo (*Diplodus sargus*), otras dos especies de espáridos de interés comercial, son objeto de las investigaciones del grupo de Acuicultura de nuestro Instituto. En su tesis doctoral (2005), M. J. Darías estudia el balance energético y la ontogenia de las capacidades digestivas durante el desarrollo larvario de estas dos especies, con la finalidad de contribuir a mejorar la producción controlada de alevines en las piscifactorías industriales. Mediante técnicas histológicas, histoquímicas y

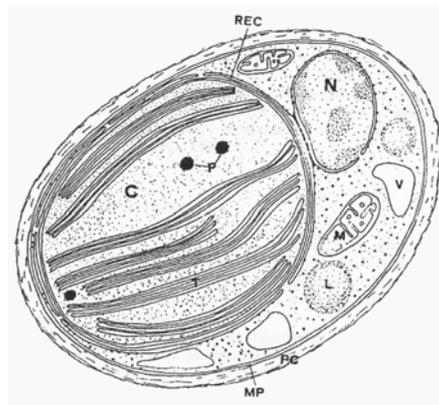
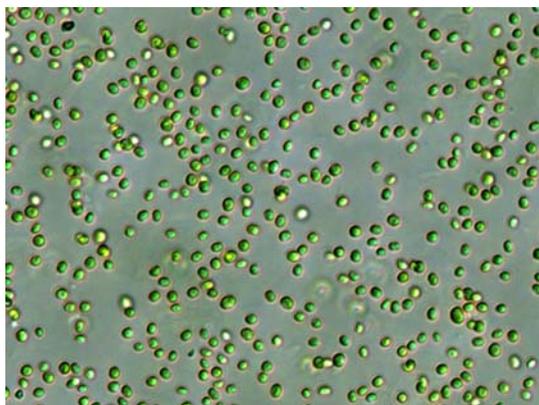
moleculares detecta la presencia de precursores enzimáticos ligados al desarrollo de los órganos que los sintetizan, y pone de manifiesto los cambios progresivos en las estructuras y en el funcionamiento de aquellos encargados de la adquisición de materia y energía en las larvas en desarrollo.

## Producción de alimento larvario

### Cultivos de fitoplancton

En 1970 E. Pascual, recolectando fitoplancton para cultivar bivalvos en laboratorio, aisló de aguas de las salinas de la Bahía de Cádiz células de un alga clorofícea a la que en principio denominó “B-3”. Pocos años después, en 1973, M. Pozuelo utilizó cultivos de esta microalga para mantener cultivos del rotífero *Brachionus plicatilis* y del cladóceros *Daphnia magna*.

En junio de 1977, L. M. Lubián, nuevo becario de la Diputación de Cádiz recién incorporado, se centra en el estudio de las posibilidades de uso en cultivo de esta microalga, incluida por otros autores en el género *Nannochloris*, dentro de las Clorofíceas, y en caracterizar el crecimiento poblacional y la variabilidad de la composición bioquímica para profundizar en el conocimiento de la fisiología en condiciones de cultivo y optimizar los procesos productivos de biomasa algal para alimentación de rotíferos. En sus meticulosos ensayos, L. M. Lubián encuentra que esta microalga, que denominaba “*Nannochloris* sp. (cepa B-3)”, era un organismo capaz de ser cultivado en medios sintéticos muy simplificados, con un mínimo de requerimientos nutritivos esenciales y sin unas condiciones ambientales particularmente favorables. Su pequeño tamaño, gran capacidad para alcanzar grandes densidades y gran adaptabilidad a un amplio rango de salinidades, la convertían en un alimento vivo apto para mantener el crecimiento de organismos fitófagos en cultivo. Además podía ser almacenada a bajas temperaturas y en oscuridad durante varias semanas sin perder viabilidad, con lo que volúmenes sobrantes servían también como alimento idóneo en el momento conveniente.



Células *in vivo* de *Nannochloropsis gaditana* Lubián, 1982 y esquema de una célula. Imágenes de L. M. Lubián, de 2005 y 1981, respectivamente.

Interesado en esclarecer la confusa situación taxonómica de *Nannochloris* sp. (cepa B-3), en su tesis doctoral estudia la ultraestructura celular y la composición de pigmentos, llegando a la conclusión de que se trataba de una Eustigmatoficea perteneciente al género *Nannochloropsis*. El análisis comparativo de clorofilas y carotenoides en distintas cepas contribuyó a esclarecer su estatus taxonómico, lo que le llevó a la descripción de una nueva especie para la Ciencia, *Nannochloropsis gaditana* Lubián 1982, que es hoy día la microalga más utilizada para el cultivo de rotíferos en los criaderos de peces del área mediterránea, entre otras ventajas por su especial resistencia a la contaminación por bacterias y protozoos.

En 1984 M. Juan estudia el rendimiento de cultivos masivos de *Nannochloropsis gaditana* en grandes volúmenes al exterior, utilizando cunas de 700 litros de capacidad, construidas con plástico desechable y colocadas sobre un soporte metálico en el patio del Instituto. Posteriormente, la aplicación a escala industrial de los conocimientos científicos adquiridos permitió la producción en masa de microalgas con cultivos al exterior, aprovechando al máximo las condiciones de luz y temperatura de un área de gran insolación como es Cádiz.

En relación con la fisiología del crecimiento de microalgas en cultivo, uno de los logros relevantes fue la creación de un banco de microalgas propio, que garantiza un material de referencia adecuado para su estudio y utilización por la comunidad científica y entidades interesadas en su explotación. En la actualidad, la Colección de Cultivos de Microalgas Marinas del ICMAN, incluida en el Resources Identification for a Biological Information Service in Europe (BioCISE) posee más de un centenar de estirpes autóctonas y foráneas que suponen una fuente de diversidad biológica de gran interés para estudios de screening y presta un servicio ampliamente reconocido a tenor del número de peticiones que se atienden anualmente de centros de investigación y entidades privadas. Además, el interés de la colección no se circunscribe al campo de la acuicultura, sino que se ha ampliado a otras áreas como la farmacológica, alimentaria y cosmética, en las que las microalgas son una prometedora y, en algunos casos, importante fuente de productos de interés.



Cámaras de cepas de microalgas marinas del ICMAN. Fotos. L. M. Lubián.

Esta colección de cepas sirvió para caracterizar los tipos de bacterias asociadas a las microalgas, que se cree favorecen o regulan el crecimiento de estas, aunque también las hay patógenas. Este conocimiento de las cepas bacterianas acompañantes de las microalgas y de las interacciones alga-bacteria, esencial en el campo de los cultivos marinos, fue abordado por J. A. González, del grupo de L. M. Lubián. Por el tamaño, forma y pruebas bioquímicas, así como por estudios del crecimiento de las bacterias en los cultivos de microalgas y la composición de pigmentos, caracterizó una variedad de *Pseudomonas aeruginosa*, una de las bacterias obtenida en cultivos de microalgas, con lo que por primera vez se obtuvo una cepa de esta bacteria que crecía en condiciones óptimas en un medio de cultivo con la salinidad del agua de mar.

En relación con el mantenimiento y conservación de esta colección de cepas de microalgas marinas, en 1995, J. P. Cañavate y L. M. Lubián realizan una contribución significativa al estudiar la respuesta a la congelación biológica de seis estirpes, elegidas atendiendo a su diversidad taxonómica, entre las que está *Nannochloropsis gaditana*, aspecto hasta entonces muy poco conocido. Determinan la influencia de los principales factores criogénicos sobre la viabilidad en la criopreservación de estas estirpes, estudian la tolerancia de las microalgas a varios crioprotectores y luego experimentan la criopreservación. Consiguen así definir las condiciones criobiológicas adecuadas para obtener cultivos de estirpes de microalgas marinas preservadas indefinidamente en nitrógeno líquido, con la máxima viabilidad tras la descongelación, evitando así los riesgos de pérdida, deterioro, contaminación e inestabilidad genética de las estirpes de los métodos convencionales de mantenimiento.

*Nannochloropsis gaditana* ha dado también buenos resultados en la extracción supercrítica de carotenoides y clorofila *a*. Lubián y su grupo, en colaboración con el Departamento de Ingeniería Química de la UCA, diseñan un método de extracción más rápido (presión 400 bars y 60 °C) que el tradicional, evitando el uso de solventes orgánicos, que suelen ser peligrosos en el proceso de obtención de aditivos alimentarios. *Nannochloropsis gaditana* ha sido objeto de numerosos proyectos a escala internacional, debido a su gran potencial como fuente de ácidos grasos esenciales y de pigmentos, sobre todo clorofila y carotenoides. Estos son buenos colorantes y dan propiedades deseadas a los alimentos.

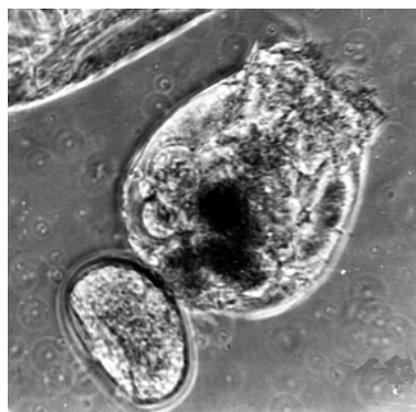


Fotobioreactor para la extracción de pigmentos en microalgas marina. Foto: L. M. Lubián.

## Cultivos de zooplancton

En 1974, M. Pozuelo, becario de la Diputación de Cádiz, empieza a estudiar el cultivo del rotífero *Brachionus plicatilis*. Al principio parte de cepas suministradas por el laboratorio de Castellón, pero luego lo aísla y cultiva a partir de muestras obtenidas en las salinas de la Bahía de Cádiz. Pone a punto las técnicas de cultivo y la metodología básica para su estudio y realiza con éxito ensayos de alimentación de larvas de langostino y de lisa (*Liza ramada*). Después tipifica el crecimiento de los cultivos y analiza problemas biológicos. Dado que los machos de *Brachionus* son de menor tamaño que las hembras y presentan por ello un interés añadido como presa idónea para el arranque de la alimentación de larvas de peces, estudia cómo estimular la inducción de machos en función de la densidad de población de los cultivos.

En 1979, M. Yúfera continúa y amplía los estudios de Pozuelo en la búsqueda de una presa de menor talla para el inicio de la alimentación en ciertas especies de peces. En la salina San Juan Bautista aísla un rotífero de pequeño tamaño, que denominó *Brachionus plicatilis* cepa Bs (actualmente reclasificado como *Brachionus rotundiformis* Tschugunoff, 1921). Con su exhaustivo e internacionalmente reconocido trabajo, parte del cual fue objeto de su tesis doctoral, M. Yúfera puso de manifiesto que se trataba de un organismo óptimo para ser cultivado en masa por su rápida adaptación a las condiciones de laboratorio, alta velocidad de crecimiento poblacional y gran sencillez de mantenimiento en cultivo. El pequeño tamaño (173 x 146 micras) de *B. rotundiformis* lo hace ideal para ser ingerido por las larvas de dorada en cuanto estas son capaces de capturar alimento vivo y constituye además un factor positivo en el crecimiento y supervivencia de determinadas especies de peces.



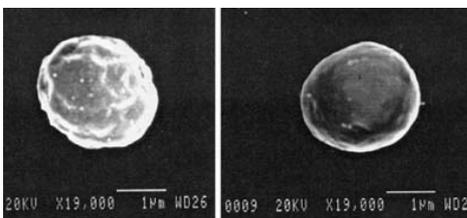
*Brachionus rotundiformis*, aislado por Yúfera en las salinas de Cádiz. Foto: M. Yúfera.

En sus investigaciones sobre el crecimiento de *Brachionus*, M. Yúfera mejoró la técnica de cultivo y producción de rotíferos, comparando rendimientos y eficacia de transformación del alimento. Ensayó varias algas como alimento de este rotífero y vio que con *Tetraselmis suecica* y *Phaeodactylum tricornutum* obtenía los mejores rendimientos, mientras que *Nannochloropsis*, por su larga fase estacionaria de crecimiento, era muy buena para el mantenimiento de cepas.

Desarrolló una técnica de cultivo de rotíferos a escala industrial mediante un sistema de alimentación mixta consistente en cultivos de microalgas y levadura de panificación, que aumentó sensiblemente los rendimientos a escala industrial, que entonces estaban en fase experimental en el criadero piloto que se montó en la salina San Juan Bautista con el asesoramiento de nuestro Instituto, antes descrito. Este sistema no sólo sigue aún en uso

coexistiendo con los alimentos comerciales actuales, sino que está plenamente integrado en la cadena de producción acuícola a escala industrial.

A mediados de la década de los 90, N. Navarro y M. Yúfera, en un intento de reducir los costes que supone la producción de microalgas para alimentar a los cultivos de rotíferos en las plantas de acuicultura, estudian el empleo de microalgas liofilizadas, una técnica que en Europa quedó prácticamente abandonada por otros autores en los años 70. Así, N. Navarro realiza un concienzudo trabajo, objeto de su tesis doctoral, y no sólo obtiene biomasa liofilizada de microalgas y determina sus características morfológicas y bioquímicas, sino que además desarrolla con ellas sistemas de producción de rotíferos y comprueba su idoneidad para producir larvas de peces marinos. Sus resultados, de gran relevancia desde el punto de vista económico, indicaron que las microalgas liofilizadas eran perfectamente utilizables como única fuente de alimento de los rotíferos, consiguiendo cultivos tan estables como con algas vivas, sin que variase la calidad nutricional de los rotíferos ni las características fisicoquímicas del medio. Cultivó larvas de dorada con rotíferos así obtenidos, y demostró que se obtienen larvas de 15 días con el tamaño, peso, composición bioquímica y características histológicas similares a las obtenidas con microalgas vivas.



Células liofilizadas de *Nannochloropsis oculata* (izq.) y *Nannochloropsis gaditana*.  
Fotos N. Navarro, 1996.

Los estudios descritos han rendido importantes avances técnicos que han revertido en la industria acuícola de la zona, de tal forma que algunas empresas (CUPIMAR) han prosperado y alcanzado gran renombre internacional en acuicultura gracias a una tecnología desarrollada en gran parte con las investigaciones de M. Yúfera y su equipo. Los estudios sobre rotíferos continúan en la actualidad, enfocados en aspectos de bioenergética y alimentación, ya que este grupo constituye un modelo de gran utilidad en la comprensión de la fisiología y ecología del zooplancton.

## Producción de dietas microencapsuladas

Desde que se alcanzó el dominio en la producción de alevines de peces marinos a escala industrial se ha buscado reducir costes encontrando un alimento inerte que evite los gastos de espacio, instalaciones, energía y personal en producir alimento vivo. La disponibilidad de un alimento inerte capaz de sustituir al alimento vivo desde que las larvas abren la boca ha sido uno de los grandes retos de la investigación en Acuicultura.

Durante mucho tiempo el uso de dietas inertes ha dado resultados negativos debido al poco conocimiento de la fisiología y el comportamiento de las larvas ante este alimento. Prometedores resultados se están obteniendo con los avances en estudios de nutrición y tecnología de la microencapsulación. Las dietas inertes microencapsuladas parecen ser la solución y a ello el grupo de M. Yúfera ha dedicado grandes esfuerzos desde

1991 para diseñar microcápsulas que sean accesibles, estables, digeribles y nutritivas para las larvas. Como resultado de estos estudios lograron patentar dos tipos de dietas microencapsuladas y el procedimiento para su elaboración y utilización.

C. Fernández abordó el diseño de dietas para dorada estudiando previamente la respuesta fisiológica y del comportamiento alimentario de las larvas, aspectos que centraron su tesis doctoral y sobre los que apenas había información hasta entonces. Desarrolló con éxito una partícula alimenticia que actuaba como vehículo en los estudios de nutrición y alimentación, para luego utilizarla en la elaboración de un alimento inerte que permita la sustitución total o parcial del alimento vivo en los cultivos de larvas. Los resultados obtenidos constituyeron un gran avance en el conocimiento de la alimentación larvaria de la dorada y permitieron estudiar sus respuestas específicas frente a presas inertes, hecho aún no conocido en esta especie. Diseña una microcápsula C-1 para el estudio de la alimentación de larvas, que reúne características físicoquímicas y morfológicas adecuadas (digestibilidad de la cubierta, valor calórico, tamaño, flotabilidad, estabilidad, etc.). Estas microcápsulas eran capturadas y aceptadas por las larvas desde el inicio de la alimentación exógena de forma similar a la hallada con alimento vivo. El cambio de alimentación con presas vivas a alimento microencapsulado no modifica el ritmo de alimentación ni las tasas de consumo del alimento. Este diseño, que fue objeto de patente, supuso un gran avance para emprender estudios de nutrición y fisiología larvaria en peces y vino a cubrir una importante laguna en este área. Sin embargo, estas microcápsulas se basan en compuestos de elevado coste y difíciles de encontrar en el mercado, lo que limitaba su uso a ensayos a escala de laboratorio.



Dos tipos de microcápsulas de alimento inerte diseñadas en el ICMAN para alimentación de larvas de dorada, y detalle de microcápsulas en el digestivo de una larva de dorada de 10 días de edad. Fotos: C. Fernández.

En 2002, C. Fernández, M. Yúfera y E. Pascual patentan un “alimento microencapsulado para larvas de peces y procedimiento para su elaboración”, que puede ser utilizado por larvas de dorada, sargo y lenguado desde los primeros días de alimentación. Como se indica en la descripción oficial del invento, consiguen una microcápsula que incluye una dieta completa para

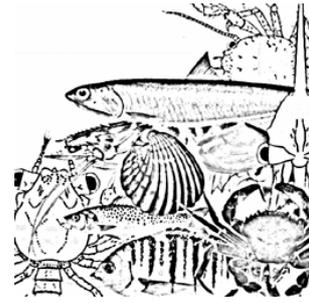
larvas de peces, particularmente para peces marinos, por medio de una técnica de bajo coste. Asimismo, se pueden microencapsular células o ingredientes aislados que posibilitan su uso en diversas áreas de estudio (farmacología, por ejemplo). Estas microcápsulas son esféricas, de 40 a 1.000  $\mu$  de diámetro. Albergan un contenido homogéneo, se dispersan fácilmente en el agua y pueden almacenarse en seco durante largos periodos sin que se modifiquen sus características. Con una textura óptima, son aceptadas y digeridas sin problemas por las larvas de peces pelágicos y bentónicos.

Todos estos avances se basan en los estudios del grupo de M. Yúfera en colaboración con investigadores de la Universidad de Almería (F. J. Moyano, M. Díaz y J. F. Alarcón) y de la Junta de Andalucía IFAPA-CIFPA “El Toruño” (J. P. Cañavate y S. Cárdenas), sobre ontogenia y fisiología digestiva en larvas de peces. Esta línea combina técnicas de cultivo, bioenergéticas, histológicas, histoquímicas y moleculares para el estudio de la biología larvaria de especies de interés.

# Comunidades acuáticas

---





## Comunidades acuáticas

Las numerosas prospecciones biológicas realizadas por científicos del Instituto en estos primeros 50 años de existencia, tanto en ecosistemas marinos de nuestro entorno como en los de costas de otros países, han constituido importantes contribuciones al conocimiento de la composición de especies y estructura poblacional de sus comunidades acuáticas. Igualmente, han permitido descubrir nuevas especies para la Ciencia y aportar un considerable número de primeras citas de especies diversas en zonas costeras de lugares muy distantes del mundo, aunque principalmente de Europa. Por otra parte, en Crustáceos, el dominio logrado en acuicultura en nuestro Instituto y la disponibilidad de mejores instalaciones y equipos ópticos de alta resolución, ha permitido seguir el desarrollo y describir la morfología de los estados larvarios de un considerable número de especies hasta ahora no estudiadas, así como redescubrir con mayor detalle algunas viejas descripciones de larvas de decápodos braquiuros que no se ajustaban a los criterios modernos de descripciones e ilustraciones morfológicas. Estos trabajos, además de constituir notables contribuciones científicas, son un referente imprescindible para identificar especies procedentes del plancton, así como para conocer su ciclo de vida y la estructura de sus poblaciones. El presente capítulo, ajustándose en lo posible al orden cronológico, recoge una síntesis de nuestras contribuciones en estas materias.

Aunque con un enfoque hacia la revalorización del cultivo del ostión en la Bahía de Cádiz, los primeros trabajos en el estudio de las comunidades acuáticas de Moluscos los hizo E. Pascual, dentro de aquel “estudio sistemático y ecológico de todas las especies de bivalvos litorales y de marisma y sus condiciones ambientales (fondos, hidrografía, biología)”, planteado por J. Rodríguez-Roda en los primeros años del Instituto, en los que, empezando por la bahía, se iría después ampliando a Sanlúcar de Barrameda, Huelva y Sancti Petri. Tal vez por lo ambicioso del plan, por la escasez de medios y por el empuje de los trabajos de cultivos en las salinas, estos estudios se quedaron sólo en unos muestreos preliminares de los fondos de algunas zonas de la Bahía de Cádiz. Pero cabe señalar, no obstante, el diseño y construcción que hizo E. Pascual de una “draga hidráulica” accionada por el versátil motor de la embarcación *Atuarro* para la recogida de sedimentos.



E. Pascual, con A. Vidal y J. M. Espigares, recogiendo muestras de sedimento con la “draga hidráulica” desde el *Atuarro* en la Bahía de Cádiz. Fotos: E. Pascual (1973).

Después, en 1974 y 1975, A. M. Arias, mediante pescas experimentales de arrastre con la misma embarcación en el Bajo de Las Cabezuelas (Bahía de Cádiz), una zona de fondos someros cubierta por una densa pradera de *Caulerpa* y *Posidonia* estudia por primera vez las comunidades de Peces y Crustáceos. Pocos años más tarde gran parte de esta zona desapareció al ser rellenada para la ampliación de los astilleros de Matagorda, con lo que revisado ahora, al cabo de 30 años, el principal resultado de aquel estudio fue, además de ser el único realizado en este ámbito, el de haber puesto de manifiesto la gran riqueza de especies marinas existente en aquella zona de la bahía. El abundante material biológico obtenido en estos muestreos permitió abordar el estudio de la biología de algunas especies típicas de este hábitat, como el pez sapo marino, *Halobatrachus didactylus*, inédita hasta aquellos años, y citar por primera vez la presencia de algunas especies en nuestras aguas, por ejemplo, el santiaguino, *Scyllarus posteli*.

Respecto al pez sapo, en 1977 S. Cárdenas, sin beca y mientras hacía el servicio militar, iba al Laboratorio “a deshoras”, durante los fines de semana a estudiar sus lotes de sapos. Así hizo un completo estudio del régimen alimentario de esta interesante especie, verdadero conejillo de Indias de nuestro Instituto en multitud de bioensayos posteriores.

En cuanto a *Scyllarus posteli* en la Bahía de Cádiz, M. Pozuelo, becario del Instituto desde 1973 y 1977, naturalista nato, interesado por cualquier especie animal viva o muerta, desde lagartos y serpientes hasta rotíferos y

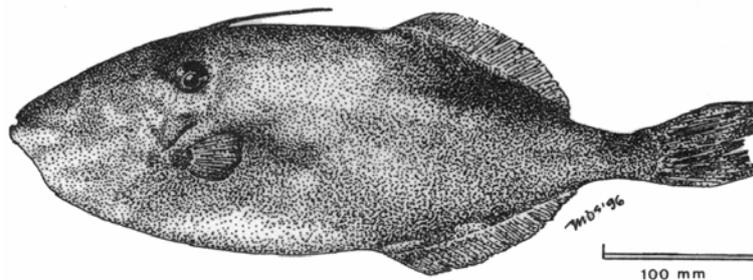


Hembra de *Scyllarus posteli* de la Bahía de Cádiz. Fotos: M. Pozuelo.

dafnias, se percató de la existencia de esta especie del género *Scyllarus* en las muestras de fauna bentónica procedentes de El Bajo de Las Cabezuelas, confundida hasta entonces a *Scyllarus arctus*. La publicación del hallazgo constituyó la primera cita de esta especie en la Península Ibérica y en Europa.

En Peces, las investigaciones de Cárdenas en biogeografía le llevaron, en 1978, a hallar en aguas frente a la desembocadura del Guadalquivir ejemplares de *Diplodus bellotti*, un pequeño espárido muy frecuente en nuestras costas pero hasta entonces confundido con *Diplodus annularis*. Este hallazgo significó la primera cita de *D. bellottii* en aguas europeas. Posteriormente, en 1980, A. Rodríguez y R. B. Rodríguez citaron por primera vez la presencia de *Solea senegalensis* en el Mediterráneo, un lenguado cuya distribución geográfica comprendía hasta entonces el Atlántico oriental, desde el norte de España hasta Senegal.

En 1996, J. G. Otero, M. D. Galeote y A. M. Arias citaron por primera vez para la ictiofauna europea, y a partir de un ejemplar capturado en Chipiona, a *Aluterus monoceros*, un raro integrante de la familia Monacanthidae propio de las costas tropicales del Atlántico occidental y de los océanos Pacífico e Índico. En 1998, estos mismos autores hicieron lo propio, para la península Ibérica, con *Dentex (cheimerius) canariensis*, un espárido capturado frecuentemente en las pesquerías de Conil pero hasta entonces confundido con pargos y samas.



*Aluterus monoceros*, recolectado en Chipiona. Dibujo: M. D. Galeote.

Varios años después, en 1985, M. P. Drake y A. M. Arias emprenden estudios sobre las comunidades de peces e invertebrados de las salinas de la Bahía de Cádiz, estudios que continuarían durante los 25 años siguientes. Al principio estos trabajos tenían un enfoque hacia la acuicultura, pues estaban dirigidos a conocer los principales factores que intervienen en el uso de los esteros en cultivos marinos -de aquí que los haya incluido en el apartado dedicado a la investigación en Acuicultura-, pero permitieron conocer aspectos hasta entonces inéditos sobre la composición cualitativa y cuantitativa de los peces de estero y de los macroinvertebrados bentónicos que les sirven de alimento, como distribución espacial y temporal de la abundancia, estructura de

edades, crecimiento, régimen alimentario, época de entrada y abundancia de los alevines, entre otros, como indico. Sin embargo, al final de esta etapa, algunos de los artículos publicados tenían ya un enfoque principalmente ecológico, pues, en el caso de los peces, empezó a verse el importante papel de los caños de las salinas como zonas de cría natural de alevines, y, en el de los invertebrados bentónicos, se comprobó la utilidad del conocimiento de sus comunidades para apreciar la alteración que producían sobre ellas las prácticas de acuicultura intensiva en algunas de las salinas transformadas en piscifactorías.

Dentro de estos estudios, en 1983 M. P. Drake y A. M. Arias detectan en las salinas de Cádiz la presencia de *Fundulus heteroclitus*, un pequeño pez ciprinodóntido americano introducido accidentalmente en el Preparque de Doñana en 1970. Este hecho supuso la constatación de la imparable expansión de esta especie oportunista en zonas de marismas y estuarios del Golfo de Cádiz. La alarma que creo en el sector salinero la presencia de esta especie en los esteros dedicados a cultivo extensivo de peces motivó un seguimiento de su régimen alimentario y de la dinámica y estructura de la población. De este



Macho de *Fundulus heteroclitus* de las salinas de Cádiz. Foto: A. M. Arias.

estudio se dedujo que si bien *Fundulus* (bautizado como “piraña” por los salineros) no era un depredador de peces, su presencia constituía una seria competencia por el espacio y el alimento, ya que, debido a su alta tasa de crecimiento y de producción de

generaciones y a su gran resistencia vital a casi todo tipo de condiciones ambientales, generaba enormes biomásas (2.000 kg/ha/año), diez veces superiores a las de las especies de peces de interés comercial allí cultivadas. En 1998, A. M. Arias colabora con investigadores de la Universidad de Padova (Italia), para, a partir de muestras procedentes de las salinas de Cádiz, estudiar los componentes de la hemoglobina de *Fundulus* que permitan separar filogenéticamente el suborden Ciprinodontidos.

Siguiendo con la Bahía de Cádiz, en 1992, A. Rodríguez, M. P. Drake y A. M. Arias, a partir de ejemplares recolectados en el río San Pedro, citan por primera vez para las costas atlánticas europeas a *Paradella diana* y *Paracerceis sculpta*, dos isópodos esferomátidos, citados por otros autores en costas del Pacífico Norte americano, del Atlántico occidental, del Mediterráneo, del Mar de Arabia y de Australia.

El mismo año (1992), J. A. Cuesta y J. I. González, en inmersiones a 20 m de profundidad en el Golfo de Cádiz recolectan ejemplares de *Parthenope angulifrons*, *Inachus communissimus* y *Sirpus zariquieyi*, especies mediterráneas en expansión hacia zonas oceánicas, que encuentran condiciones favorables en las costas suratlánticas y que no habían sido detectadas en ellas hasta entonces debido a las dificultades de su captura.

También en la Bahía de Cádiz, I. López de la Rosa estudia en su tesis doctoral, durante cuatro años seguidos (1995-1998), los crustáceos decápodos en dos zonas de fondos someros no conocidas hasta entonces, Valdelagrana y

el saco interno, de características hidrodinámicas y composición de fondos bien diferentes. A partir de los casi 40.000 ejemplares recolectados, analiza la estructura de la comunidad y estudia la abundancia espacial y temporal de 66 especies en relación con las características granulométricas y de cobertura vegetal del sustrato. Además, cita por primera vez para aguas europeas del Atlántico Este a *Gouretia denticulata*, y para aguas de la Península Ibérica a *Lismata unicoloris*.



I. López en el barco pesquero "Santi" durante uno de los muestreos de decápodos en la Bahía de Cádiz. A la derecha, *Gouretia denticulata* (arriba) y *Lismata unicoloris*. Foto: I. López.

En el verano de 1998 J. I. González, A. M. Arias, M. P. Drake y A. Rodríguez emprenden un estudio de los flujos de megalopas de crustáceos decápodos en el Río San Pedro, uno de los caños de marea más importantes de la Bahía de Cádiz. En una campaña de muestreos intensivos semanales en ciclos de 24 horas, obtienen 11.000 megalopas pertenecientes a 20 especies. Para las nueve especies más importantes establecen y cuantifican los ritmos de abundancia de megalopas en relación con los ciclos circadianos y mareales, y determinan que existen dos tipos de comportamientos: uno, de especies que exportan las larvas al mar y reinvasen el caño como megalopas, principalmente de noche, y otro de especies que completan su ciclo de vida en el caño.



Vista aérea de la entrada del río San Pedro, donde se hizo el estudio de las megalopas de crustáceos decápodos (Foto, C. García, 2004). Debajo, Ignacio González Gordillo durante las pescas de plancton a bordo del *Río San Pedro*. Foto: I. González.

En mayo del año 1997 M. P. Drake y A. M. Arias, en colaboración con científicos de la Universidad de Córdoba (C. Fernández, D. García y A. Silva) y del Instituto Español de Oceanografía (I. Sobrino), junto con sucesivos becarios -F. A. Baldó, J. A. Cuesta, C. Vilas, E. González y J. López-, abordan un estudio pionero de las comunidades acuáticas del río Guadalquivir patrocinado por la Junta de Andalucía y dirigido en principio a regular la actividad pesquera en el estuario. Este estudio –que aún continúa y ha dado lugar a numerosas publicaciones científicas y a tres tesis doctorales-, ha permitido, además de

caracterizar las distintas zonas del estuario en función de sus condiciones de temperatura, salinidad, turbidez, velocidad de la corriente y caudal, conocer la composición de especies de la fauna acuática y su estructura y dinámica poblacional, así como determinar la distribución espacial y temporal de los reclutamientos de alevines de las distintas especies y de su permanencia en distintas zonas del estuario.



Año 1998. Vista aérea del estuario del Guadalquivir a la altura del Caño de Martín Ruiz (Foto: F. A. Baldó), y escenas del estudio de sus comunidades acuáticas: el barco de muestreo, parte de una muestra y separación de especies en el laboratorio de campaña (Fotos: A. M. Arias).

Un aspecto que interesa destacar aquí –porque no queda reflejado en las publicaciones correspondientes- es el gran mérito y entrega de los jóvenes investigadores mencionados más arriba, encargados de los muestreos en el río, ya que no es ninguna broma el esfuerzo y el riesgo que implica la obtención mensual de las muestras a bordo de un pequeño barco angulero artesanal durante tres días consecutivos y sus noches (los dos primeros años fueron cinco días y cinco noches: cinco puntos de muestreo), durante nueve años seguidos, independientemente del calendario de fiestas y de las condiciones climatológicas reinantes. Ello da a sus artículos científicos y a sus tesis doctorales un valor añadido considerable.

Con estos trabajos se ha comprobado que los misidáceos, pequeños crustáceos planctónicos que alcanzan altas densidades de individuos y aportan una parte considerable de la biomasa zooplanctónica del río, son un componente esencial de las comunidades acuáticas de este tramo final del Guadalquivir, ya que constituyen una de las principales fuentes de energía para niveles tróficos superiores (peces, crustáceos, aves), hasta el punto de que su abundancia repercute en la estructura del ictioplancton. La constatación científica de la importancia de los misidáceos como presas clave para las

especies de peces y crustáceos del Guadalquivir, muchas de interés comercial, da gran relevancia a estos estudios, que tienen una aplicación directa en la adecuada gestión y conservación de su ambiente estuárico. En el estudio de este grupo de pequeños Crustáceos, C. Vilas, M. P. Drake y J. C. Sorbe descubren a *Rhopalophthalmus tartessicus*, una nueva especie para la Ciencia.



*Rhopalophthalmus tartessicus* del Guadalquivir. Foto: C. Vilas.

Al cabo de casi un año de iniciados los muestreos en el río para el estudio de sus comunidades acuáticas, el accidente de la mina de Aznalcóllar en abril de 1988 vino a añadir a este estudio un marcado enfoque ecológico, ya que sus resultados ayudaron a estimar el impacto de dicho accidente sobre las comunidades acuáticas del río. Por otra parte, con el paso del tiempo, este estudio tiene gran trascendencia científica y social, porque, además de suponer una enorme aportación al conocimiento de la biología de numerosas especies marinas y dulceacuícolas, resalta el importante papel que desempeña este estuario como área de alevinaje de peces de interés comercial -boquerón y sardina, entre otros-, y, con ello, contribuye a impulsar el reconocimiento de los valores ecológicos de la zona por parte de la Junta de Andalucía, que en el año 2000 declaró el tramo final del estuario zona de reserva de especial protección.

En las últimas décadas, debido al continuo tráfico marítimo de barcos portacontenedores procedentes de todo el mundo hacia el puerto de Sevilla, el estuario del Guadalquivir se ha convertido en un “vivero” de especies alóctonas. El agua de lastres de estos barcos, los organismos que se adhieren a sus cascos o el transporte junto con especies comerciales contribuyen a introducir y dispersar en el estuario a especies procedentes de lugares muy lejanos. En 1991, J. A. Cuesta, J. I. Gordillo y J. E. García Raso encontraron una población bien establecida del cangrejo *Rhithropanopeus harrisi* en las balsas de cultivo extensivo del Preparque de Doñana, a donde suponen que había llegado con la introducción del cangrejo americano *Procambarus clarkii* en las marismas del Guadalquivir. Este hallazgo constituyó la primera cita de aquella especie para la Península Ibérica. En 1996, J. C. Cuesta, L. Serrano, M. R. Bravo y J. Toja detectan en el río cuatro nuevas especies de crustáceos para la fauna de la Península Ibérica: *Rhopalophthalmus mediterraneus*, (primera cita para Europa), *Neomysis integer* y *Corophium orientale*, (primera cita en el Guadalquivir y segunda en la Península Ibérica) y *Synidotea laticauda* (primera cita para la Península y segunda para Europa). En el año 2000, F. A. Baldó, C. Megina y J. A. Cuesta describen al isópodo *Saduriella losadai* en el Guadalquivir. Y en 2004, J. A. Cuesta, E. G. Ortegón, M. P. Drake y A. Rodríguez detectan en el estuario a *Palaemon macrodactylus*, un camarón procedente de Japón, y comprueban que forma una población bien establecida. También aparece unas decenas de kilómetros más al sur, en los ríos Salado, Guadalete y San Pedro. Asimismo, megalopas del decápodo *Eriocheir sinensis*, propio de mares asiáticos, han sido recolectadas varias veces (1997, 1998 y 2000) en los muestreos en el Guadalquivir por el grupo de M. P. Drake.



Muestreo con red de arrastre en el estuario Guadalete para el estudio de las comunidades acuáticas. Foto: J. López.



Principales especies de peces y macroinvertebrados que componen la comunidad biológica del estuario del Guadalete. Fotos: J. López; diseño: A. M. Arias. 1) *Liza aurata*, 2) *Liza saliens*, 3) *Dicentrarchus punctatus*, 4) *Sparus aurata*, 5) *Liza ramada*, 6) *Chelon labrosus*, 7) *Aphia minuta*, 8) *Atherina boyeri*, 9) *Hyporhamphus picarti*, 10) *Solea senegalensis*, 11) *Diplodus bellottii*, 12) *Pomadasys incisus*, 13) *Gobius niger*, 14) *Dicentrarchus labrax*, 15) *Diplodus sargus*, 16) *Halobatrachus didactylus*, 17) *Engraulis encrasicolus*, 18) *Fundulus heteroclitus*, 19) *Diplodus vulgaris*, 20) *Abra ovata*, 21) *Scrobicularia plana*, 22) *Cerastoderma edule*, 23) *Tapes aureus*, 24) *Hydrobia minoricensis*, 25) *Hydrobia ulvae*, 26) *Bulla striata*, 27) *Sepiola* sp., 28) *Nucula* sp., 29) *Limapontia depressa*, 30) *Melicertus kerathurus*, 31) *Palaemonetes varians*, 32) *Palaemon serratus*, 33) *Crangon crangon*, 34) *Paragnathia formica*, 35) *Lekanesphaera hookeri*, 36) *Corophium acherusicum*, 37) *Cyathura carinata*, 38) *Carcinus maenas*, 39) *Alkmaria romigni*, 40) *Streblospio shrubsohlii*, 41) *Nereis diversicolor*, 42) *Capitella capitata*, 43) *Melita palmata*, 44) *Halocladus varians*, 45) *Ephydra* sp., 46) *Iphinoe trispinosa*.

En el periodo 2001-2004, A. Rodríguez, J. Blasco, J. López, M. R. Sánchez, O. Campana, S. González y A. Moreno abordan por primera vez el estudio de las comunidades acuáticas del estuario del Guadalete, no conocidas hasta entonces. Dentro de un proceso de restauración de la calidad ambiental emprendido por la Junta de Andalucía en este estuario tan alterado por acciones antrópicas, en el que se incluía la construcción de depuradoras para evitar los vertidos incontrolados de aguas residuales al río, la limpieza del cauce en zonas de obras de puentes y la eliminación de puntos de desguace o abandono de embarcaciones, emprenden un exhaustivo programa de muestreos de material biológico en la columna de agua y en el sedimento, junto

con análisis de variables ambientales y de agentes contaminantes (metales pesados, LAS, PCBs y DDTs).

Con este estudio confirman, por una parte, la existencia de cierta mejora respecto a condiciones ambientales previas, aunque demuestran que persiste una contaminación moderada del estuario, que es mayor en las zonas más interiores que en las más cercanas al mar. Por otra, como dato indicador de dicha mejora, ponen de manifiesto que el tramo estudiado desempeña una importante función de zona de cría de numerosas especies de peces marinos. Prueba de ello es la presencia de 65 especies de peces, todas ellas recolectadas en estado juvenil. Asimismo, recolectan 75 especies de invertebrados bentónicos.

En 2001 y 2002 A. M. Arias estudia la repercusión de la pesca de corral sobre los recursos faunísticos de la plataforma rocosa intermareal en Rota (Cádiz), un espacio marino declarado Monumento Natural de Andalucía en octubre de 2001. Con financiación de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía y mediante un seguimiento exhaustivo de la actividad marisquera en los corrales y de las capturas que producen, puso de manifiesto los importantes valores ecológicos y culturales del entorno y la urgente necesidad de protegerlos.



Vista aérea parcial de los Corrales de Pesca de Rota (julio de 2001) y captura de lisas obtenida por los corraleros en el Corral San José durante uno de los controles de capturas en enero de 2002. Fotos A. M. Arias.

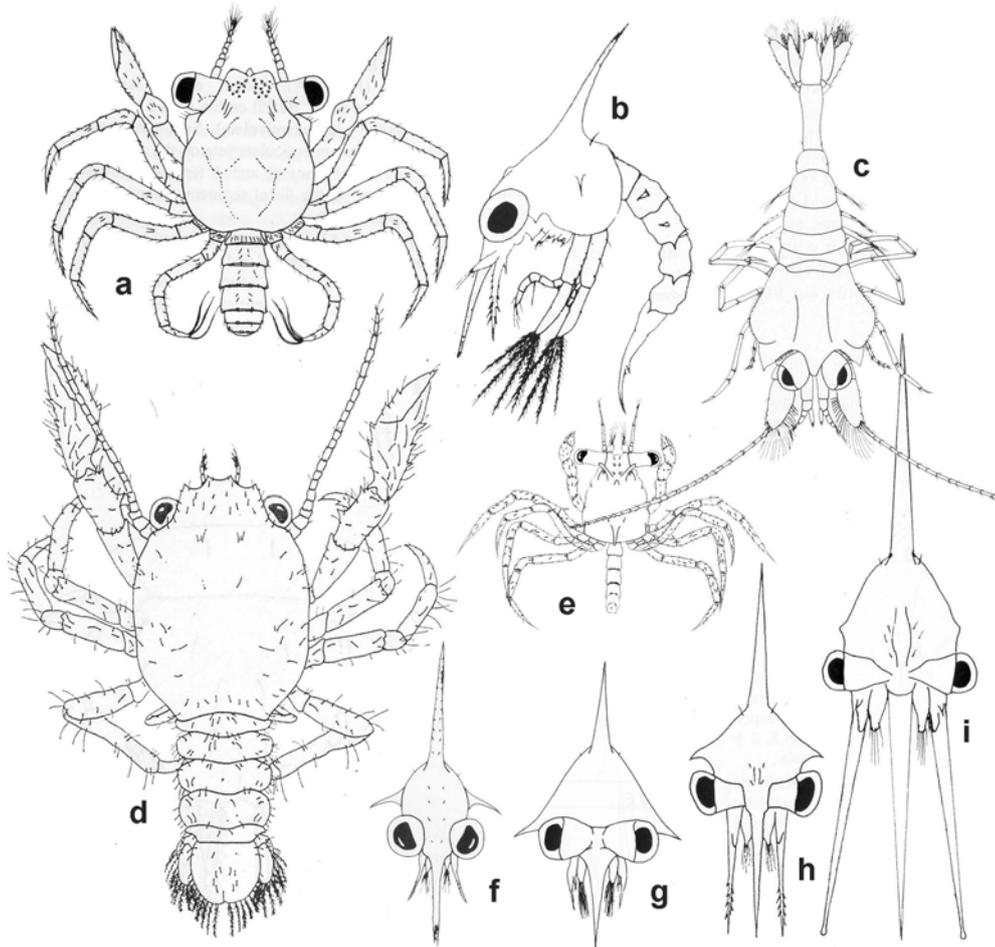
En 2002, J. A. Cuesta pone en marcha una línea de investigación en Taxonomía y Ecología Molecular en Crustáceos Decápodos. Mediante la aplicación de técnicas moleculares obtiene secuencias de ADN que le permiten diferenciar y caracterizar especies, así como comparar poblaciones de una misma especie en distintas áreas geográficas, principalmente Pinnoteridos, Grápsidos



*Scandarma lintou* Schubart, Liu y Cuesta, 2003.  
Foto de los autores.

y Carideos. Participa con especialistas extranjeros (C. D. Schubart, D. L. Felder y H. C. Liu) en la descripción de *Scandarma lintou*, una nueva especie de decápodo braquiuro de Taiwán, así como en el establecimiento de Glyptograsidae, una nueva familia de braquiuros a partir de muestras recolectadas en las costas de Panamá, Jamaica, Florida y Méjico.

Respecto a descripciones de estadios larvarios de crustáceos, A. Rodríguez, J. I. González y J. A. Cuesta, en colaboración con especialistas españoles y extranjeros han descrito por primera vez o redescrito la morfología de 52 especies de crustáceos decápodos. Partiendo, generalmente, de hembras ovígeras procedentes del medio natural estabuladas en el laboratorio para el desove, y controlando la incubación de huevos, la eclosión y el desarrollo larvario, dibujaron y describieron los primeros estados postnatales de especies procedentes de aguas españolas (*Brachynotus atlanticus*, *B. sexdentatus*, *B. gemmellari*, *Panopeus africanus*, *Uca tangeri*, *Pachygrapsus marmoratus*, *P. transversus*, *Porcellana platycheles*, *Xantho poressa*, *Pisa*



Algunas de las ilustraciones de larvas de crustáceos cultivadas, dibujadas y descritas por A. Rodríguez, J. I. González y J. A. Cuesta: a) *Brachynotus sexdentatus*, b) *Panopeus purpureus*, c) *Phylocheras monacanthus*, d) *Porcellana platycheles*, e) *Macropodia rostrata*, f) *Pachygrapsus marmoratus*, g) *Uca tangeri*, h) *Xantho poressa*, i) *Panopeus marginatus*.

*tetraodon*, *Planes minutus*, *Phyllocheras monacanthus*, *P. fasciatus*, *Macropodia parva*, *Maja crispata*, *Carcinus maenas*, *Grapsus adscensionis*), y de Portugal (*Pachygrapsus maurus*), Panamá y Costa Rica (*Panopeus purpureus*, *Sesarma aecuatoriale*, *S. rubinofforum*, *S. rhizophorae*, *S. curacaoense*, *Armases ricordi*, *A. rubripes*, *Grapsus grapsus*, *Cyclograpsus integer*, *Glyptograpsus impressus*, *Geograpsus lividus* y *Goniopsis pulcra*), Méjico (*Eurypanopeus canalensis*, *Geograpsus lividus*, *Platychirograpsus spectabilis*, *Pilumnus limosum*, *Petrolistes robsonae*), Brasil (*Armases angustipes*, *Goniopsis cruentata*, *Aratus pisonii*), Argentina (*Chasmagnathus granulatus*, *Cyrtograpsus affinis*, *Panopeus meridionales*, *Pilumnus reticulatus*), Jamaica (*Armases miersii*), Uruguay (*Panopeus margentus*), Venezuela (*Tunicotheres moseri*), Taiwan (*Epigrapsus notatus*, *Epigrapsus polytus*, *Gecarcoidea lalandii*), y Nueva Zelanda (*Cyclograpsus lavauxi*, *Hemigrapsus sexdentatus*, *H. crenulatus*). Por último, a partir de larvas recogidas del plancton en la bahía de Cádiz, han descrito el desarrollo larvario de *Scyllarus posteli* y *Processa macrodactyla*.



Amanecer en el Guadalquivir, a la altura de Bonanza, en julio de 1998. Foto: A. M. Arias.



# Oceanografía interdisciplinar

---





Correntímetro italiano, 1904

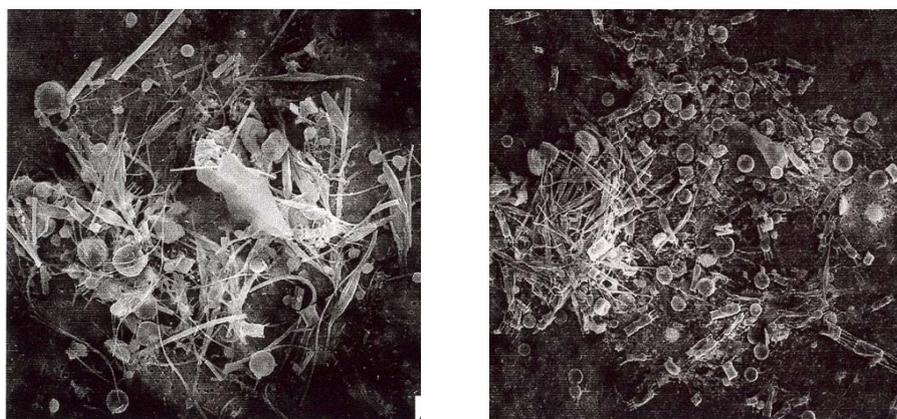
## Oceanografía interdisciplinar

Una característica medioambiental de nuestra época es la creciente emisión de  $\text{CO}_2$  a la atmósfera como producto de la actividad humana. La repercusión de este hecho sobre el calentamiento del Planeta puede tener importantes consecuencias climáticas. Los océanos participan en el proceso de retirada de  $\text{CO}_2$  acumulado en la atmósfera y son el “almacén” final de una importante cantidad de  $\text{CO}_2$  de origen antrópico. Se calcula que mediante la actividad fotosintética del fitoplancton los océanos retiran de la atmósfera un 30% del  $\text{CO}_2$  producido en la Tierra. Por ello, en los últimos años, los estudios sobre el papel de los océanos como sumideros de este  $\text{CO}_2$  de origen antrópico han adquirido gran relevancia.

En este sentido, la reciente incorporación al Instituto de nuevos científicos con formación en Oceanografía, como J. T. Ruiz, L. Prieto, I. E. Huertas, S. Rodríguez, E. Acero, G. Navarro y F. J. Gutiérrez, integrantes del grupo de investigación denominado “Acoplamiento Física-Biología en el Ecosistema Pelágico”, ha impulsado el estudio de procesos oceanográficos en el Golfo de Cádiz y en el Estrecho de Gibraltar y su relación con la “bomba

biológica de carbono”, componente básico para el mantenimiento de los niveles tróficos explotables por el hombre, como sus recursos pesqueros.

Por su influencia en la distribución de carbono en el sistema atmósfera-océano y, consecuentemente, en el cambio climático a escala global, uno de los procesos estudiados por este grupo es el de la sedimentación del fitoplancton. En este proceso, el fitoplancton forma agregados o grumos conocidos como “nieve marina”, que caen al fondo a mayor velocidad que las células aisladas. Mediante modelos matemáticos estudian predecir las condiciones en que se forman estos agregados y su función como exportadores de carbono hacia el mar profundo, así como su papel en los ciclos biogeoquímicos del Planeta.



Imágenes de agregados de fitoplancton tomadas con Microscopio Electrónico de Barrido.  
Fotos: L. Prieto, 2000.

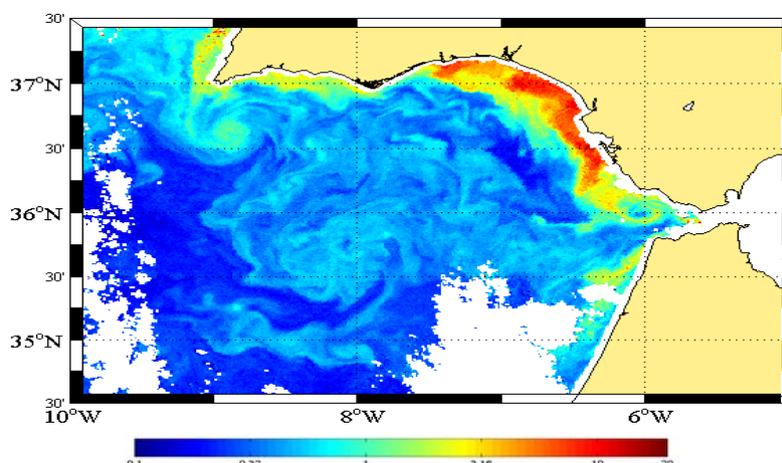
Con tamaños de decenas a centenas de kilómetros y horas o días de duración, esta nieve marina es el equivalente marino a las borrascas de la atmósfera. El grupo investiga cómo estas “borrascas marinas” alteran el funcionamiento de la “bomba biológica” que exporta CO<sub>2</sub> desde la atmósfera a las profundidades del mar o, también, desde la fotosíntesis oceánica hacia eslabones tróficos superiores explotables por la especie humana.

Con sus estudios de los cambios en los recursos pesqueros asociados tanto a “pequeñas estructuras turbulentas” que se disipan con rapidez en el océano como a “grandes fluctuaciones climatológicas en el hemisferio norte”, han demostrado que las turbulencias favorecen la sedimentación del fitoplancton hacia las profundidades marinas.

En el Golfo de Cádiz este clima marino está fuertemente influenciado por la presencia de vientos, especialmente los de levante, canalizados por el Estrecho de Gibraltar. La existencia de estos vientos durante el periodo de desove de algunas especies de peces de interés comercial puede afectar a su éxito reproductivo. El grupo ha analizado el caso del boquerón, demostrando que grandes ciclos climatológicos (décadas) en los que fuertes levantes predominan en la zona afectan negativamente a las pesquerías de esta especie.

En el contexto del seguimiento de cambios oceanográficos de largo periodo, han comenzado a registrar flujos en el Estrecho de Gibraltar y en su papel como detector del cambio climático. El Estrecho de Gibraltar tiene un sistema de doble circulación (hacia el Mediterráneo en superficie y hacia el Atlántico por el fondo) que permite monitorizar cambios en los ciclos biogeoquímicos del conjunto del Mediterráneo mediante el control en un único punto. Para ello, en colaboración con colegas de Marruecos, del Instituto de Investigaciones Marinas de Vigo, del Centro Oceanográfico del IEO en Fuengirola y de las Universidades de Málaga y Cádiz, han iniciado una serie temporal con campañas para diagnosticar cambios en los ciclos biogeoquímicos del conjunto del Mediterráneo como respuesta al proceso de cambio climático.

Mediante información por satélite y técnicas de teledetección, estudian la variabilidad de estos procesos (afloramientos, corrientes, vientos), aspectos clave para entender la conexión “físico-biológica” que controla los recursos vivos de esta región. La combinación de datos de campo con imágenes térmicas y de color han permitido plantear un modelo con el que diagnosticar velocidades verticales del agua en las zonas de afloramiento de Cabo San Vicente y Santa María, y encontrar la existencia de una relación directa entre la localización del máximo profundo de fluorescencia en el Golfo con la formación de sus masas de agua en los periodos de intensa mezcla. Estos resultados empiezan a despertar el interés de las Administraciones, que están invirtiendo en la investigación oceanográfica en el Golfo. De hecho, han sido el punto de partida para estas inversiones, y han contribuido a desarrollar diferentes aspectos relacionados con la variabilidad de los procesos oceanográficos.



Distribución de clorofila superficial ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) en el Golfo de Cádiz, estimada por el Sea-viewing Wide Field of View Sensor.

Imagen: G. Navarro.

Por otra parte, la experiencia previa de L. M. Lubián, I. Moreno, I. E. Huertas, C. Sobrino, O. Montero y C. Lama en el estudio de la influencia del incremento del  $\text{CO}_2$  y de la radiación UV sobre la ecofisiología de microorganismos fototrópicos basada en experimentos de simulación en el laboratorio, unida a la creación en el año 2003 de la Unidad Asociada de Oceanografía Interdisciplinar con la Universidad de Cádiz, está permitiendo

conocer los mecanismos de incorporación de carbono inorgánico disuelto en microalgas marinas en cultivo y sus respuestas fisiológicas ante variaciones de la concentración de carbono en el medio, lo que, como en el caso anterior, tiene evidente interés para el estudio del cambio climático.

En el Golfo de Cádiz han estudiado las variaciones de la presión parcial de CO<sub>2</sub> en la superficie del mar de la plataforma continental durante 12 meses en relación con las condiciones hidrológicas, la concentración de clorofila y la producción primaria. En *Nannochloropsis gaditana* estudiaron el crecimiento, el contenido en pigmentos, el contenido en nitrógeno y carbono y la eficiencia fotoquímica, así como el tamaño de las células y la permeabilidad de las membranas en respuesta al aumento de radiación UV y comprobaron que ésta aumenta la permeabilidad de las células y causa daños en el mecanismo de incorporación de nitrógeno.



Imágenes de Campañas Oceanográficas del ICMAN-UCA en el Estrecho de Gibraltar. De izquierda a derecha y de arriba abajo, Buque *García del Cid*, junio de 2005: S. Rodríguez e I. E. Huertas recogiendo muestras de agua del CTD en la estación fija GIFT. Buque *Hespérides*, noviembre de 2003: izado de la roseta de toma de muestras y del CTD para estudiar efectos biológicos de los procesos de mezcla en el Estrecho; G. Navarro e I. E. Huertas trabajando con muestras incubadas con <sup>14</sup>C para estimaciones de tasas de productividad primaria. Fotos: Grupo de Oceanografía.

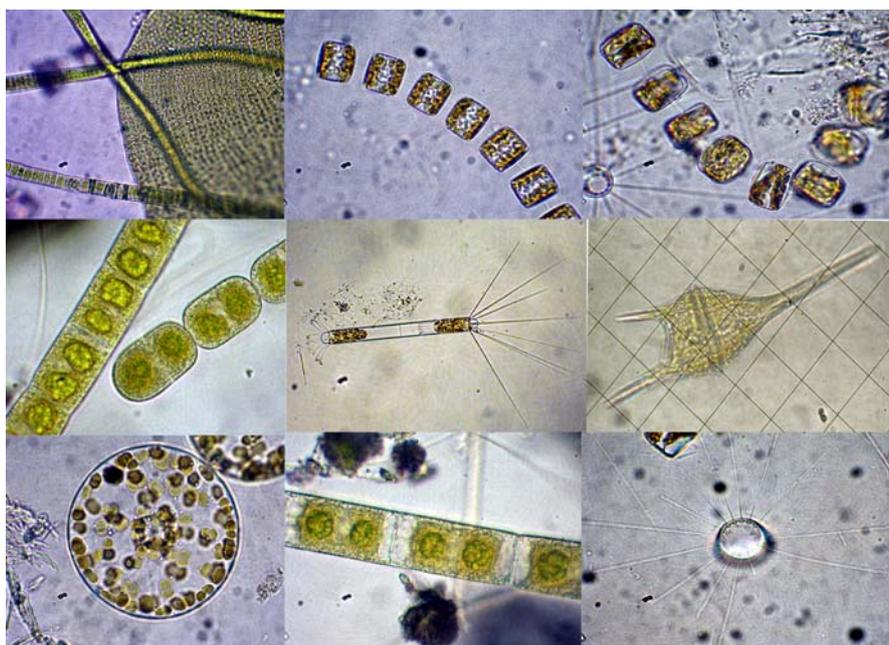
Existe una gran demanda de este tipo de conocimientos para comprender el efecto de la radiación UV sobre el fitoplancton marino, al ser este uno de los principales componentes del ciclo global del carbono. Para ello el grupo ha estudiado también el efecto de la radiación UV sobre tres especies de microalgas marinas (*Nannochloropsis gaditana*, *Nannochloris atomus* y *Tetraselmis chuii*), y ha podido explicar los distintos mecanismos de concentración de carbono, sus respuestas fotosintéticas, el rendimiento cuántico y los sistemas de disipación energética frente a hipotéticos incrementos de carbono inorgánico disuelto y radiación UV. Asimismo, del

estudio de las funciones espectrales de efecto biológico, han podido conocer el grado de sensibilidad de cada especie a la radiación UV y la relación con sus mecanismos de concentración de carbono.



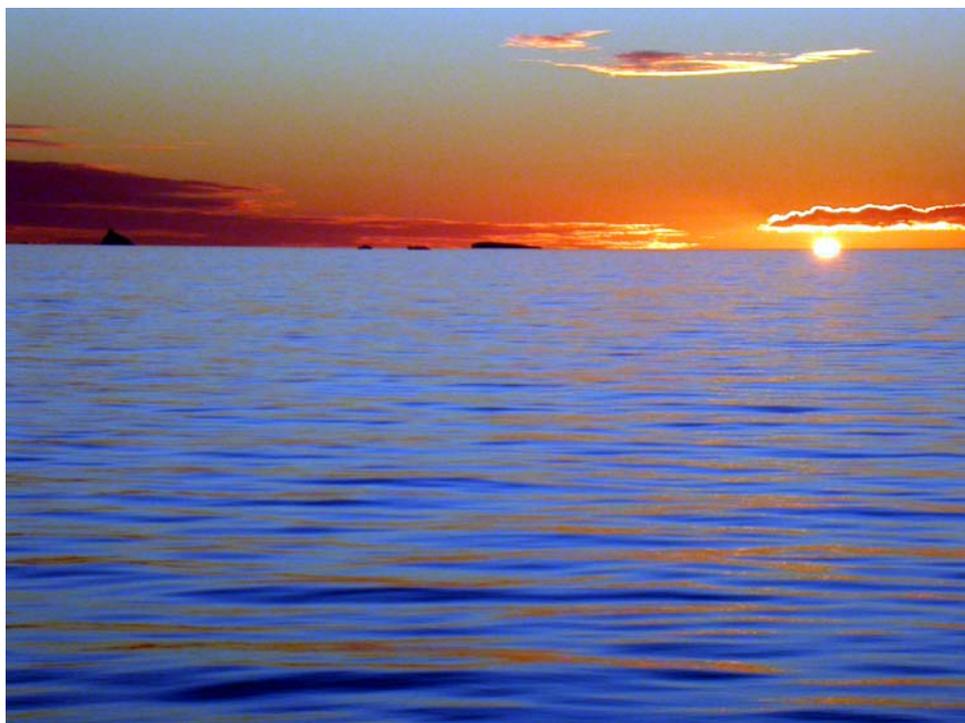
Ensayo sobre el efecto de la radiación UV sobre cultivos de varias especies de microalgas marinas. Azotea del ICMAN. Foto: L. M. Lubián.

El grupo de Lubián ha estudiado también la distribución y abundancia del fitoplancton en el estrecho de Bransfield (Antártida), una zona de elevada complejidad hidrodinámica, así como las características ecológicas del bacterioplancton. En 20 estaciones de muestreo identificaron 27 taxones, la mayoría de diatomeas y determinaron la distribución de nutrientes y la abundancia de bacterias heterotróficas.



Algunas especies de fitoplancton recogidas en la Antártida durante la Campaña Bransfield-Eddies, 2003. Fotos C. García (UCA).

La participación de L. M. Lubián y colaboradores en los proyectos antárticos con la realización de dos campañas oceanográficas en los años 1999-2000 y 2002-2003 tuvo como principal objetivo la identificación y definición del acoplamiento físico-biológico asociado a remolinos/meandros de mesoscala en la parte central del Estrecho de Bransfield. Para ello tomaron muestras con un grado de resolución y grado de integración entre la componente biológica y física, no realizado hasta entonces. Como principal resultado, no solo se ha conseguido por vez primera caracterizar física y biológicamente los remolinos/meandros de mesoscala, sino también el resto de la actividad a mesoscala presente en la región. Asimismo, el análisis de la base observacional ha conducido a una mejor descripción de las componentes del sistema marino en la región, es decir, el soporte físico, la comunidad fitoplanctónica, la comunidad bacteriana, la comunidad zooplanctónica y estadios larvarios de la fauna antártica.



Puesta de sol en el Estrecho de Bransfield (Antártida), en enero de 2003. Foto: C. García (UCA).

# ANEXOS



# ANEXO I

LISTADO DE PERSONAL  
DEL INSTITUTO DE CIENCIAS  
MARINAS DE ANDALUCÍA



## LISTADO CRONOLÓGICO DEL PERSONAL DEL ICMAN EN SUS PRIMEROS 50 AÑOS

Nombre	Puesto de trabajo (*)	Periodo
Rodríguez-Roda Compaired, Julio	Prof. Investigación, director	260355 - 311083
Figueras Montfort, Antonio	Becario	040256 - ??0956
Massutí Oliver, Miguel	Becario	??0457 - 310758
Muñoz Sardón, Felipe	Colaborador científico	??0657 - 210660
Montes Jiménez, Francisco	Subalterno	010957 - 300982
Cervigón Marcos, Fernando	Colaborador científico	??1057 - 301259
Durán Ordyniana, Miguel	Colaborador científico	??1057 - 200758
Seoane Camba, Juan Antonio	Colaborador científico	051258 - 170660
Monge Delgado, Maria del Carmen	Laboranta	010659 - 300964
Establier Torregrosa, Rafael	Prof. Investigación, director	010560 - 190390
Velázquez Mellado, Carmen	Laboranta	010561 - 300961
Arriete Ortiz, Josefa	Limpiadora	?????? - 150162
Dhivert Torres, María Isabel	Limpiadora	010362 - 250569
Ferrari Varela, María Paz	Laboranta	200762 - 101162
Oneto García, María del Carmen	Ayudante de investigación	011262 - 140501
Cardona Bendito, Álvaro	Becario	??0562 - 300463
Castelló Orvay, Francisco	Becario	090764 - 150965
Gutiérrez Rodríguez, Manuel	Investigador científico	010465 - 020188
Pérez Calvo, Braulia	Laboranta	240565 - 310866
Vidal Jiménez, Antonio	Ayud. Dipl. Invest., patrón	011066 - 300198
Espigares Buitrago, Mariana	Especialista I+D+I	010667 -
Pascual Vázquez, Emilio	Investigador A1, director	010867 -
Dhivert Torres, Josefa	Limpiadora	010669 - 010174
Arias García, Alberto Manuel	Investigador A2	010770 -
Calderón Iruegas, Carlos	Becario en prácticas	010770 - 300970
Espigares Buitrago, José María	Técnico I+D+I	010271 -
Rodríguez Martín, Antonio	Investigador A3	010471 -
Drake Moyano, María del Carmen	Becaria en prácticas	010771 - 300971
Calderón Reina, Manuel	Colaborador científico	010172 - 051080
Sancho Blanes, Juan de Mata	Becario Diputación Cádiz	010272 - 300973
López Sestelo, José Miguel	Administrativo	010373 - 061190
Correa Carrera, Jesús	Subalterno	010573 - 071104
Pozuelo Meño, Modesto	Becario Diputación Cádiz	010673 - 310577
Bárcena Gómez, Maximino	Subalterno	010673 - 050575
Herrera Rodríguez, Pedro	Ayudante de investigación	010673 - 230975
García Franquesa, Milagros	Titulado sup. especializado	010773 - 300979
González Ureba, Saturnino	Titulado Técnico	010973 - 270205
Mas Lacave, Eugenio	Becario Diputación Cádiz	010973 - 011074
Pettenghi Lachambre, José	Becario IIP	010973 - 011074
García Álvarez, María	Limpiadora	010174 - 311284
Viaña Conejero, Isabel	Ayudante de investigación	010175 -
Aragón Bolaños, Ambrosio	Subalterno	160675 - 300675
Cárdenas Rojas, Salvador	Becario Diputación Cádiz	010975 - 310578
Marrero Prieto, Francisco	Auxiliar de investigación	010975 - 010981
Marenco Sierra, José Luis	Ayudante de investigación	011075 - 311275
Lubián Chaichío, Luis María	Investigador A2, director	010677 -
Fernández Ferrer, Isabel	Colaborador I+D+I	040581 -
Yúfera Ginés, Manuel	Investigador A2	010678 -
Rodríguez Martínez, Ramón Bartolomé	Colaborador científico	010978 - 170795
Drake Moyano, María del Pilar	Investigador A3	011078 -
Sarasquete Reiriz, María del Carmen	Director Instituto B	011078 -
Bravo Bravo, Elena	Becaria predoctoral	021078 - 310781

Alonso Cortiguera, Gregorio	Investigador científico	120379 - 010182
Amores Villena, María Dolores	Auxiliar administrativo	120581 - 311282
Arias García, Florencio Javier	Ordenanza	010981 -
Juan Rijo, Magdalena	Becaria	030283 - 240184
Blasco Moreno, Julián	Investigador A2	010382 -
Gómez Gutiérrez, María	Auxiliar administrativo	010984 - 010705
Navarro Gómez, Juan	Laboral	031084 - 300995
Ruiz Leal, Maria Antonia	Auxiliar Serv. Generales	020185 -
Román Guerrero, José María	Becario Diputación Cádiz	010585 - 200686
de Frutos Reyes, Miguel	Becario Diputación Cádiz	010585 - 011188
Cartiel Almirall, Maria Rosa	Ayudante de Investigación	141085 - 030386
Sanz Fernández, Miguel Ángel	Ayudante de Investigación	141085 - 221287
Vilas Molina, Aurora	Becaria CSIC	310386 - 300188
Vidal Ostenero, Pablo	Técnico de Activ.Técnicas	230686 -
Malavé Romero, Rosa María	Conserje	010886 - 310886
Puppo Lama, Jaime	Becario predoctoral	010187 - 311292
Polo Díez, Ana	Becaria predoctoral	120187 - 120691
Navarro Andrés, Nuria	Becaria predoctoral	010193 - 311296
Molina Rivas, Ángel Manuel	Oficial de mantenimiento	150187 - 011288
Hervías Sánchez, Ramón	Técnico I+D+I	020287 -
Gómez Parra, Abelardo	Investigador científico	010287 - 020296
Coello Rodríguez, José Luis	Aux. Invest. y Laboratorio	020387 -
Juanco Ortenbach, Miguel	Ayudante de Investigación	030387 - 171189
Bermúdez Chaves, Rafael	Instalador electricista	301287 - 300688
Lucía Macías, Manuel	Auxiliar de mantenimiento	301287 - 300688
Mesa Guerrero, Rafael	Auxiliar de mantenimiento	301287 - 300688
Osta Fort, Maria Francisca	Colaborador I+D+I	040188 -
Arjonilla Medina, Manuel	Técnico I+D+I	010388 -
Montero Domínguez, Olimpio	Especialista I+D+I	070488 - 311204
del Valle Jiménez, Pedro	Vigilante	julio 88-89, 99-00
Gimeno, Silvia	Becaria	101088 - 010990
Navarro Jiménez, María Isabel	Auxiliar Administrativo	301288 - 310589
Marcos Alfonso, Rosa	Auxiliar de laboratorio	301288 - 300689
Prada Carrasco, Rafaela	Gerente Instituto B	010689 -
Conde Postigo, José Luis	Auxiliar administrativo	011189 - 270793
Frías Márquez, Inmaculada	Auxiliar de laboratorio	301289 - 290690
Chaves Rovina, Juan Carlos	Oficial de primera	301289 - 290690
Velasco Bernal, Cristina	Ayudante de oficio	270390 - 280291
Grau Jofre, Amalia	Becaria predoctoral	010590 - 010692
Muñoz Ríos, María Antonia	Becaria Biblioteca	010590 - 300491
Rodríguez Balestra, Joaquín Alberto	Téc. Sup. Mantenimiento	011090 -
Gil Martínez, Bartolomé	Ayudante de oficio	010391 - 311291
del Valle Jiménez, Blas	Vigilante	julio 91, 92 y 93
Fernández Díaz, Catalina	Tit. Sup. Investigación	011091 -
Miquel Carreto, José Antonio	Colaborador I+D+I	011091 -
García García, Africa	Becaria predoctoral	010192 - 301193
López de la Rosa, Inmaculada	Becaria predoctoral	090193 - 311298
González del Valle, Manuel Antonio	Becario predoctoral	010193 - 311295
Moreno Garrido, Ignacio	Investigador contratado	010293 -
Arellano López, Juana María	Investigadora Asociada	010994 -
Huertas Cabilla, Isabel Emma	Investigadora contratada	010195 -
Parra Anguita, María Gema	Becaria predoctoral	010195 - 311298
González Gordillo, Juan Ignacio	Becario predoctoral	011195 - 311200
Wulff Barreiros, Enrique	Ayud. Bibliot y Document	290496
Aguilar Rodríguez, Margarita	Limpiadora	240297 - 070597

Sobrino García, Cristina	Becaria predoctoral	230697 - 221287
Bartolomé Sanz, Susana	Titulado superior	011197 - 311297
Cuesta Mariscal, José Antonio	Investigador A3	010697 -
Marín Estrella, María Zhora	Becaria predoctoral	010897 - 301198
Martín Benítez, Silvia	Titulado superior	011197 - 311297
Nevado Escobar, Rafael	Aux. Investig. I+D+I	101197 -
Peciña López, Ana María	Becaria	070797 - 070799
Palazón Fernández, José Luis	Becario predoctoral	011098 -
Navajas Muñoz, Rafael	Titulado superior	130798 - 121298
González Alba, Teresa	Titulado técnico informático	130798 - 121298
Heredia González, Julio	Oficial de mantenimiento	130798 - 311200
Sánchez Maestre, Rosario	Titulado superior	130798 - 010299
Martínez Morales, Visitación	Auxiliar administrativo	130798 - 121298
Rodríguez Santana, José	Técnico Sup. Mantenim.	010798 -
Sáez Aurrecoechea, Verónica	Becaria predoctoral	010898 - 310499
Martínez Álvarez, Rosa María	Ayudante de laboratorio	050699 - 040799
Rodríguez Paula, Manuel	Ayudante de laboratorio	050699 - 040799
Baldó Martínez, Francisco de Asís	Becario predoctoral	010799 - 310102
González Lería, Francisco	Informático	010799 - 311000
Jiménez Taracido, Lourdes	Tit. Medio Investig. y Lab.	010799 - 041203
Ligero Benítez, Mercedes	Oficial administrativo	010799 - 311099
Alves Vieira, Lina Isabel	Ayud. Técnico Laboratorio	010500 - 150800
Bordonado Romano, Lourdes	Ayudante de Laboratorio	160600 - 151200
Fernández Bastón, María del Mar	Becaria predoctoral	160600 - 311201
Gómez-Villaba Benítez, María Jesús	Auxiliar administrativo	160600 - 151200
Hampel, Miriam	Becaria predoctoral	011200 -
Moreno Muñoz, Antonio	Téc. sup. Cultivos marinos	160600 - 300404
Ortiz Delgado, Juan Bosco	Investigador contratado	160600 -
Piñuela López, María del Carmen	Investigadora contratada	011200 - 311201
Ramos-García Neto, Esmeralda	Téc. Sup. Cultivos marinos	160600 -
Sánchez García, María de los Reyes	Titulada Sup.Laboratorio	160600 - 310104
Martínez Rodríguez, Gonzalo	Investigador A3	110800 -
Solé Rovira, Montserrat	Investigador A3	260401 - 311104
Vidal Agarrado, Alfonso	Téc. Sup. Investig. y Lab.	150501 - 140801
Vilas Fernández, César	Becario predoctoral	010801 -
Acuña Ortega, Rafael Mariano	Téc. Sup. Investig. y Lab.	010301 - 300601
Álvarez Torres, Carmen María	Téc. Espec. Acuicultura	010701 - 290204
Bernal Climat, María de los Ángeles	Oficial administrativo	010701 - 311001
Cargnin Ferreira, Eduardo	Becario predoctoral	011201 - 301105
Darias Cáceres, María José	Becaria I3P	010801 -
Federico Ivars, Jesús	Técnico de Laboratorio	010601 - 280203
Campana, Olivia	Becaria predoctoral	010701 -
González Pascual, Rebeca	Téc. Sup. Investig. y Lab.	010701 - 311001
Lama Muñoz, Carmen	Téc. Sup. Investig. y Lab.	010601 -
López Martínez, Francisco de Paula	Conserje	230701 - 220801
López Santiago, Javier	Téc. Sup. Investig. y Lab.	010601 -
Rivero Ruiz, José Luis	Técnico	010101 - 311201
Bueno Neva, Rosa	Oficial administrativo	010702 - 301102
García López, Ángel María	Becario I3P	010202 -
González Ortegón, Enrique	Becario predoctoral	011002 -
Jiménez Tenorio, Natalia	Becaria predoctoral	160102 -
Rodríguez Gálvez, Susana	Téc. Sup. Investig. y Lab.	200302 -
Ruiz Segura, Javier Tomás	Investigador A2	190602 -
Acero Sánchez, Elena	Becaria predoctoral	010903 -
Astola González, Antonio	Titulado Sup. contratado	010403 -

Morales Caselles, Carmen	Becaria predoctoral	011203 -
Muriel Moreno, Guillermina	Habilitada pagadora	070703 -
Pérez Rodríguez, María de los Ángeles	Jefa de Negociado	101103 -
Prieto Gálvez, Laura	Investigador contratado	161203 -
Riba López, Inmaculada	Téc. Sup. Investig. y Lab.	260503 -
Castañeda Gordillo, Elena	Téc. Sup. Investig. y Lab.	010704 - 311204
Agulló Cornejo, María del Carmen	Aux. investigación I+D+I	101104 -
Macías Mayorga, Dayanara	Becaria predoctoral	011004 -
Martín Díaz, Laura María	Téc. Sup. Investig. y Lab.	010504 - 300405
Chiara Trombini	Becaria predoctoral	011004 - 300905
Salamanca Marín, María José	Becaria predoctoral	100105 -
Sánchez Amaya, María Isabel	Becaria predoctoral FPI	010105 -
Ferrer Marco, María	Becaria predoctoral	010105 -
Kalman, Judit	Becaria predoctoral	010405 -
Navarro Almendro, Gabriel	Técnico I+D+I	010605 -
Alegría Cabrera Mesa	Titulada Superior	010605 - 301105
Blanca Puig Solsona	Técnico I3P	080605 -
Gutiérrez Royo, Francisco Javier	Titulado Sup. contratado	010605 -

(\*) La denominación del Puesto de trabajo del Personal en activo está actualizada a 2006

# ANEXO II

TESIS DOCTORALES  
REALIZADAS EN EL INSTITUTO DE  
CIENCIAS MARINAS DE  
ANDALUCÍA



**LISTADO CRONOLÓGICO DE TESIS DOCTORALES REALIZADAS EN EL INSTITUTO DE CIENCIAS MARINAS DE ANDALUCÍA**

**Emilio Pascual Vázquez.**- 1973. Bases para el cultivo del ostión, *Crassostrea angulata* (Lmk), en el sudoeste español: reproducción, contenido en metales y sistemas de explotación. Facultad de Biología. Universidad de Sevilla. Director: Fernando González Bernáldez.

**Alberto Manuel Arias García.**- 1979. Biología y cultivo de la dorada (*Sparus aurata* L.) y del robalo (*Dicentrarchus labrax* L.) de estero y estudio de las salinas de Cádiz en relación con su aprovechamiento en cultivos marinos. Facultad de Biología. Universidad de Sevilla. Director: Julio Rodríguez-Roda Compaired.

**Diego Sales Márquez.**- 1979. Estudio de la degradación de tensioactivos aniónicos en aguas de la Bahía de Cádiz. Facultad de Ciencias. Universidad de Cádiz. Directores: Rafael Establier Torregrosa y Vicente Luque Márquez.

**Luis María Lubián Chaichío.**- 1981. Crecimiento en cultivo de cuatro cepas de *Nannochloris* (alga planctónica). Estudio de su citología y composición de pigmentos como base para el esclarecimiento de su situación taxonómica. Facultad de Biología. Universidad de Sevilla. Director: Rafael Establier Torregrosa.

**Antonio Rodríguez Martín.**- 1981. Biología y cultivo del langostino, *Penaeus kerathurus* (Forskål, 1775), del Golfo de Cádiz. Facultad de Biología. Universidad de Sevilla. Directores: Fernando Pablos Casanova y Emilio Pascual Vázquez.

**Manuel Yúfera Ginés.**- 1982. Aislamiento, caracterización y puesta en cultivo de una cepa de pequeño tamaño de *Brachionus plicatilis* O.F. Muller (1786). Facultad de Biología. Universidad de Sevilla. Directores: Emilio Pascual Vázquez y Fernando Pablos Casanova.

**María del Carmen Sarasquete Reiriz.**- 1982. Estudios hematológicos cuantitativos, citomorfológicos y citoquímicos del pez sapo marino, *Halobatrachus didactylus* (Schneider, 1801) y efectos subletales del Hg<sup>+2</sup> (HgCl<sub>2</sub>) sobre la sangre y el riñón. Facultad de Biología. Universidad de Sevilla. Director: Manuel Gutiérrez Rodríguez.

**María del Pilar Drake Moyano.**- 1983. Biología de los Mugílidos en los esteros de las salinas de San Fernando (Cádiz). Niveles de la producción extensiva, crecimiento y relaciones tróficas. Facultad de Biología. Universidad de Sevilla. Directores: Alberto Manuel Arias García y Luis Gállego Castejón.

**Abelardo Gómez Parra.**- 1983. Determinación de los niveles de contaminación por metales pesados y su evolución estacional en los sedimentos de la bahía de Cádiz y sus zonas de esteros y marismas. Facultad de Ciencias. Universidad de Cádiz. Director: Rafael Establier Torregrosa.

**Ramón Bartolomé Rodríguez Martínez.**- 1984. Biología y cultivo de *Solea senegalensis* Kaup, 1858 en el Golfo de Cádiz. Facultad de Biología. Universidad de Sevilla. Director: Emilio Pascual Vázquez.

**Julián Blasco Moreno.**- 1985. Estudio de las actividades potenciales amonificadora, sulfatooxidante y sulfato reductora en las aguas y sedimentos de la Bahía de Cádiz y en sus zonas de esteros y marismas. Facultad de Químicas. Universidad de Sevilla. Directores: Rafael Establier Torregrosa y Vicente Luque Márquez.

**Jesús Forja Pajares.**- 1990. Regeneración bentónica de nutrientes en la Bahía de Cádiz. Facultad de Ciencias. Universidad de Cádiz. Director: Abelardo Gómez Parra.

**Ana Polo Díez.**- 1991. Crecimiento y alimentación durante el desarrollo larvario de la dorada, *Sparus aurata* L., en cultivo. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de Cádiz. Director: Manuel Yúfera Ginés.

**Miguel Ángel Blanco Rubio.**- 1991. Estudio bioquímico, histológico e histoquímica de carbohidratos y enzimas durante la reproducción de *Halobatrachus didactylus*. Facultad de Medicina. Universidad de Cádiz. Directora: María del Carmen Sarasquete Reiriz.

**Amalia Grau Jofre.**- 1992. Aspectos histológicos, ciclo reproductor y principales procesos patológicos de *Seriola dumerili*. Facultad de Veterinaria. Universidad Autónoma de Barcelona. Directora: María del Carmen Sarasquete Reiriz.

**Marina Álvarez González.**- 1993. Estudio histoquímica y bioquímico de lípidos durante el ciclo reproductivo de *Halobatrachus didactylus*. Facultad de Medicina. Universidad de Cádiz. Directora: María del Carmen Sarasquete Reiriz.

**Eduardo González Mazo.**- 1994. Comportamiento de alquilbenceno lineal sulfonatos (LAS) en sistemas litorales del Golfo de Cádiz. Facultad de Ciencias. Universidad de Cádiz. Directores: Abelardo Gómez Parra y José María Quiroga Alonso.

**Tomás Ángel del Valls Casillas.**- 1994. Aplicación de un método integrado para la medida de la calidad ambiental en ecosistemas litorales del Golfo de Cádiz. Universidad de Cádiz. Facultad de Ciencias del Mar. Directores: Abelardo Gómez Parra y Jesús Forja Pajares.

**Catalina Fernández Díaz.**- 1994. Diseños de alimentos microencapsulados para el inicio de la alimentación de peces marinos. Respuesta fisiológica de las larvas de dorada (*Sparus aurata* L.) ante este tipo de alimentación. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de Cádiz. Directores: Emilio Pascual Vázquez y Manuel Yúfera Ginés.

**Miguel de Frutos Reyes.**- 1995. Actividades fosfatásicas potenciales en aguas y sedimentos de la Bahía de Cádiz. Facultad de Ciencias. Universidad de Cádiz. Director: Abelardo Gómez Parra.

**África García García.**- 1995. Estudio del ciclo reproductivo de peces teleósteos en el Golfo de Cádiz. Caracterización de las gonadotropinas del atún, *Thunnus thynnus* y esteroidogénesis en el ovario de *Fundulus heteroclitus*. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de Cádiz. Director: María del Carmen Sarasquete Reiriz y Ramón Bartolomé Rodríguez Martínez.

**Florbela María Benjamín Soares.**- 1995. Formação e desenvolvimento da bexiga gaseosa em larvas de dourada, *Sparus aurata* L. Universidad do Algarve. Faro (Portugal). Directoras: María del Carmen Sarasquete Reiriz y María Teresa Dinis.

**Jaime Puppo Lama.**- 1995. Caracterización cinética y efectos de los metales pesados Cd, Pb y Cu en las enzimas aspartato y alanina aminotransferasas del molusco bivalvo *Ruditapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850). Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de Cádiz. Director: Julián Blasco Moreno.

**Trinidad Gordo Montalbán.**- 1995. Biología y cultivo del cladóceros *Moina salina* Daday, 1888. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de Cádiz. Director: Luis María Lubián Chaichío.

**José Pedro Cañavate Hors.**- 1995. Respuesta de microalgas marinas a la congelación biológica. Evaluación de técnicas criogénicas para la conservación de seis estirpes. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de Cádiz. Director: Luis María Lubián Chaichío.

**Nuria Navarro Andrés.**- 1996. Cultivo del rotífero *Brachionus plicatilis* O.F. Müller alimentado con microalgas liofilizadas. Dinámica de la población y calidad nutritiva como alimento larvario de peces marinos. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de Cádiz. Directores: Emilio Pascual Vázquez y Manuel Yúfera Ginés.

**Ignacio Moreno Garrido.-** 1997. Toxicidad y acumulación de metales pesados en microalgas marinas usadas en Acuicultura. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de Cádiz. Director: Luis María Lubián Chaichío.

**Manuel Antonio González del Valle.-** 1997. Caracterización y crecimiento de las poblaciones bacterianas asociadas a cultivos de microalgas marinas. Producción de compuestos de potencial interés. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de Cádiz. Director: Luis María Lubián Chaichío.

**Carlos Pendón Meléndez.-** 1997. Clonaje, secuenciación y expresión de las proteínas hipofisarias, hormona del crecimiento y somatolactina del lenguado, *Solea senegalensis*. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de Cádiz. Directores: Manuel Jesús Martínez Valdivia y Ramón Bartolomé Rodríguez Martínez.

**María Gema Parra Anguita.-** 1998. Fisiología y balance energético durante el desarrollo larvario de peces marinos (*Solea senegalensis* Kaup y *Sparus aurata* Linneo) en cultivo. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de Cádiz. Director: Manuel Yúfera Ginés.

**Verónica Sáenz Aurrecoechea.-** 1998. Distribución espacial y especiación de metales pesados en sedimentos y agua intersticial de tres sistemas litorales del Golfo de Cádiz. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de Cádiz. Directores: Julián Blasco Moreno y Abelardo Gómez Parra.

**Isabel Emma Huertas Cabilla.-** 1998. Mecanismos de incorporación de carbono inorgánico disuelto en microalgas marinas en cultivo. Tipificación de la respuesta fisiológica y de crecimiento ante variaciones en la concentración de CO<sub>2</sub> en el medio. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de Cádiz. Director: Luis María Lubián Chaichío.

**Manuel José Rendón Panis.-** 1999. Influencia de la dieta y de la ablación del pedúnculo ocular en el proceso de maduración gonádica y en la calidad de las puestas del langostino *Penaeus japonicus*. Facultad de Biología. Universidad de Valencia. Director: Antonio Rodríguez Martín.

**Inmaculada López de la Rosa.-** 1999. Crustáceos decápodos de la bahía de Cádiz. Facultad de Biología. Universidad de Málaga. Directores: Antonio Rodríguez Martín y José Enrique García Raso.

**José Antonio Cuesta Mariscal.-** 1999. Morfología larval de la familia Grapsidae (Crustacea Decapoda, Grapsidae). Facultad de Biología. Universidad de Sevilla. Director: Antonio Rodríguez Martín.

**Juan Ignacio González Gordillo.-** 1999. Estados larvarios planctónicos de los crustáceos decápodos de las bahías de Cádiz y Algeciras: aspectos morfológicos y ecológicos. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de Cádiz. Director: Antonio Rodríguez Martín.

**Juana María Arellano López.-** 1999. Descripción morfoestructural y citohistoquímica del lenguado senegalés, *Solea senegalensis*. Cuantificación y efectos histopatológicos del cobre. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de Cádiz. Directoras: María del Carmen Sarasquete Reiriz y María Teresa Dinis.

**Francisco Javier Rodríguez Gómez.-** 1999. Regulación neuroendocrina de la reproducción en el lenguado senegalés, *Solea senegalensis*. Un estudio morfofuncional. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de Cádiz. Directoras: María del Carmen Sarasquete Reiriz y José Antonio Muñoz Cueto.

**Laura Prieto Gálvez.-** 2000. Dinámica de agregación del seston marino asociado a floraciones de diatomeas. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de Cádiz. Directores: Javier Tomás Ruiz Segura y Fidel Echevarría Navas.

**David González Martínez.-** 2001. Sistemas GnRH en Peces Perciformes de Interés en Acuicultura. Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales. Universidad de Cádiz. Directora: María del Carmen Sarasquete Reiriz.

**Juan Bosco Ortiz Delgado.-** 2001. Efecto de xenobióticos lipofílicos (B(a)P y TCDD) en ejemplares de dorada, *Sparus aurata*. Biomarcadores e Histopatología. Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales. Universidad de Cádiz. Directora: María del Carmen Sarasquete Reiriz.

**Alfonso Sánchez de la Madrid Rey.-** 2002. Comportamiento y repoblación de la dorada (*Sparus aurata* Linnaeus, 1758) en el litoral sudatlántico andaluz. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de Cádiz. Director: Javier Tomás Ruiz Segura.

**Cristina Sobrino García.-** 2002. Efecto del incremento de radiación UV y CO<sub>2</sub> sobre el crecimiento y la fotosíntesis de diferentes especies de microalgas marinas. Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales. Universidad de Cádiz. Directores: Luis María Lubián Chaichío y Olimpio Montero Domínguez.

**Miriam Hampel.-** 2003. Efectos del Lineal Alquilbenceno Sulfonato (LAS) sobre organismos marinos: Implicaciones ecotoxicológicas. Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales. Universidad de Cádiz. Director: Julián Blasco Moreno.

**Laura Ribeiro.-** 2003. Aspectos histológicos, histoquímicos, bioquímicos e histoenzimáticos durante el desarrollo larvario del lenguado, *Solea senegalensis*. Universidad de Algarve, Faro, Portugal. Directoras: María del Carmen Sarasquete Reiriz y María Teresa Dinis.

**Gabriel Navarro Almendros.-** 2004. Escalas de variación espacio-temporal de procesos pelágicos en el Golfo de Cádiz. Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales. Universidad de Cádiz. Directores: Javier Tomás Ruiz Segura y Carlos García Jiménez.

**María José Darías Cáceres.-** 2005. Balance energético y ontogenia del aparato digestivo durante el desarrollo larvario del pargo, *Pagrus pagrus*, y el sargo, *Diplodus sargus*, en cultivo. Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales. Universidad de Cádiz. Directores: Manuel Yúfera Ginés y Gonzalo Martínez Rodríguez.

**Diego García González.-** 2005. Dinámica de la comunidad de peces en la zona de cría y engorde del estuario del Guadalquivir: patrones de distribución y reclutamiento. Facultad de Ciencias. Universidad de Córdoba. Directores: María del Pilar Drake Moyano y Carlos Fernández Delgado.

**César Vilas Fernández.-** 2005. Estructura y dinámica de la población de misidáceos en el estuario del Guadalquivir. Importancia ecológica. Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales. Universidad de Cádiz. Directores: María del Pilar Drake Moyano y Emilio Pascual Vázquez.

**Paulo Gavaia.-** 2005. Tissue distribution, development appearance and regulation of expresión of Matriz and Bone Gla protein (MGP y BGP) in fish: comparison between marine and freshwater fish. Universidad de Algarve. Faro. Portugal. Directores: Leonor Cancela y Carmen Sarasquete.

**Eduardo Cargnin Ferreira.-** 2005. Evaluación de la contaminación metálica sobre la población de *Scrobicularia plana* de las marismas del Caño Sancti-Petri (Suroeste de la Península Ibérica). Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales. Universidad de Cádiz. Directores: María del Carmen Sarasquete Reiriz y Julián Blasco Moreno.

## PARA EL PRÓXIMO CINCUENTENARIO

**Ángel López García.-** 2006. Efectos del fotoperiodo y del termoperiodo sobre el ciclo reproductor en cautividad del lenguado senegalés, *Solea senegalensis* Kaup, 1858. Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales. Universidad de Cádiz. Directores: Gonzalo Martínez Rodríguez y María del Carmen Sarasquete Reiriz. (Leída el 20 de enero de 2006).







El Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía (ICMAN-CSIC) fue fundado en 1955 por el Dr. Julio Rodríguez-Roda Compaired, con el nombre de "Laboratorio de Cádiz del Instituto de Investigaciones Pesqueras". La importancia de las pesquerías suratlánticas españolas justificó por aquel entonces crear un centro del CSIC en el Golfo de Cádiz. Rodríguez-Roda puso en marcha en Cádiz un centro pionero dedicado, en principio, al estudio de la pesquería del atún rojo, especie de gran importancia económica en la zona. Tras unos primeros años difíciles, marcados por la precariedad de recursos materiales y humanos, a comienzos de los 60 la llegada de nuevos científicos amplió poco a poco las líneas de investigación desarrolladas en el Instituto. Fitoplancton, Algas superiores, Composición química, Contaminación e Histología centraron nuestros esfuerzos investigadores en esta década.

En los años 70 el enfoque científico del Instituto se centra principalmente en la Acuicultura. La fuerte demanda del sector salinero gaditano para transformar las salinas de la Bahía de Cádiz en granjas marinas hizo que todos los científicos que se iban incorporando en esos años abordaran líneas de investigación dirigidas al conocimiento ecológico de las salinas y a la puesta a punto de técnicas de obtención de alevines de dorada y langostino.

En el año 1978 el Instituto de Investigaciones Pesqueras se escinde en cuatro Institutos independientes y el Laboratorio de Cádiz pasa a depender directamente del CSIC, con el nombre de "Instituto de Investigaciones Pesqueras de Cádiz", y se estructura en Unidades y Equipos de Investigación. En 1986 el Instituto se traslada a un nuevo edificio en el campus universitario de Puerto Real y toma el nombre actual de "Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía". La proximidad de las Facultades de Ciencias y de Ciencias del Mar y Ambientales de la Universidad de Cádiz supuso un enorme impulso para la creación de nuevos Equipos y Líneas de Investigación y la formación de un considerable número de jóvenes investigadores. El flujo de alumnos y graduados en estas especialidades hacia nuestro Instituto constituyó un importante empuje con el que abordar más proyectos de investigación, leer más tesis doctorales, e impartir asignaturas universitarias y cursos de doctorado. En este sentido, la colaboración mutua de equipos de investigación de nuestro Instituto y de estas Facultades ha propiciado en 2002 la creación de dos Unidades Asociadas de Investigación y Desarrollo, que constituyen una plataforma para el logro de objetivos comunes en distintos campos de las Ciencias Marinas.

Con todo ello, al cumplirse ahora el 50 Aniversario de su fundación, el ICMAN es un sólido referente internacional en el ámbito de las Ciencias Marinas, sobre todo en Acuicultura y la Ecotoxicología.



ISBN 84-00-08487-X



9 788400 084875