

## INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA MARINA: EL INSTITUTO TORRE DE LA SAL (IATS), UN REFERENTE DEL CSIC

*Ariadna Sitjà Bobadilla*

*Alicia Felip Edo*

*Instituto de Acuicultura Torre de la Sal. Consejo Superior de Investigaciones Científicas*

### RESUMEN

El Instituto de Acuicultura Torre de la Sal (IATS) es el único centro del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) en la provincia de Castellón, y el único dedicado exclusivamente a la investigación en acuicultura. Sus orígenes se remontan a 1949 en el Grao de Castellón y se ubica en Torre de la Sal (Cabanès) desde 1979. Lleva a cabo una investigación multidisciplinar en acuicultura marina, con una oferta tecnológica que se centra en cinco pilares principales: la salud y el bienestar animal, la nutrición y el crecimiento, la reproducción de peces, el impacto ambiental en el medio acuático y la caracterización y gestión de los recursos genéticos. El IATS concentra el mayor número de investigadores, proyectos y financiación en acuicultura en España (casi 7,5 M € en total en 2016-2022) con un importante impacto científico. En este artículo se hace referencia a los objetivos y las actividades que desarrolla este centro de investigación, referente internacional en acuicultura, así como a los retos del futuro del sector acuícola.

### 1. INTRODUCCION

El Instituto de Acuicultura Torre de la Sal (IATS) ([www.iats.csic.es](http://www.iats.csic.es)) es un centro propio del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y el único a nivel nacional dedicado íntegramente a la investigación en acuicultura marina desde 1979. El centro está ubicado en las proximidades del Parque Natural del Prat de Cabanès-Torreblanca, en la provincia de Castellón (Comunitat Valenciana). Junto a su plantilla de investigadores, personal de apoyo, becarios e investigadores contratados, en el IATS se desarrolla una intensa actividad científica, reconocida a nivel nacional e internacional, además de una creciente labor divulgativa y de difusión en el campo de la acuicultura. En el desarrollo de su labor investigadora, financiada con proyectos autonómicos, nacionales y europeos, el IATS colabora con múltiples centros y entidades nacionales e internacionales y mantiene siempre una estrecha colaboración con diversas empresas del sector. Está compuesto por dos departamentos: el de Biología, Cultivo y Patología de Especies Marinas y el de Fisiología de Peces y Biotecnología. El IATS cuenta también con cinco servicios científico-técnicos. La mayor parte de estos servicios están accesibles para usuarios externos y ofrecen muchas prestaciones en las áreas de Animalario, Histología, Analítica de lípidos, Diagnóstico parasitológico de peces, así como en el ámbito de la Biotecnología de la nutrición, salud y bienestar de peces.

El IATS cuenta con amplias infraestructuras organizadas en cinco salas experimentales para cultivo de peces, moluscos y crustáceos con una superficie aproximada de 2.000 m<sup>2</sup> y con más de 300 tanques experimentales con flujo continuo de agua de mar y circuitos cerrados para el control de la temperatura y el oxígeno, así como unidades aisladas para poder trabajar con patógenos de peces, además de una unidad experimental de especies modelos (Fig. 1). Asimismo, el centro cuenta con una unidad de

radioisótopos, una unidad de cultivo celular, histología y microscopía, cromatografía de gases, además de un total de siete laboratorios equipados para desarrollar estudios y analíticas de biología celular, molecular y bioquímica (Fig. 2).



Figura 1. Vista de algunas de las naves de experimentación animal del IATS.



Figura 2. Imágenes de las investigaciones del IATS, desde el organismo a la molécula.

## 2. UN POCO DE HISTORIA

El origen del IATS se remonta a 1949 en las instalaciones del Laboratorio del Grao de Castellón (Fig. 3), pertenecientes inicialmente a la sección de Biología Marina del Instituto de Biología Aplicada dentro del Patronato Juan de la Cierva y, posteriormente al Instituto de Investigaciones Pesqueras (IIP). En sus inicios las investigaciones se centraron en estudios sobre las pesquerías y la biología de las especies de la zona, lo que permitió desarrollar el *Plan Experimental de Pesca de Arrastre de Castellón* y recuperar así las pesquerías en peligro en esta zona. A pesar de ello, el Laboratorio del Grao de Castellón no entraba en los planes de continuidad del CSIC, hasta que el entonces director, Pedro Suau, decidió reorientar los estudios del laboratorio hacia la acuicultura.

En agosto de 1969, José María San Feliu consiguió la *cría en cautividad del langostino*, logrando así superar con éxito el mantenimiento de las fases larvarias de esta especie, la búsqueda de una alimentación adecuada, el control de los parámetros ambientales y la consecución de buenas tasas de crecimiento. San Feliu puede ser considerado por tanto el pionero en España de estas investigaciones. Su plena dedicación y su opción clara y constante por la acuicultura llevaron a la Diputación Provincial de Castellón a comprometerse para ampliar y modernizar las instalaciones del Laboratorio del Grao de Castellón.

El 14 de marzo de 1972, Francisco Albella, presidente de la Diputación de Castellón, y Buenaventura Andreu, director del IIP, en representación del Patronato Juan de la Cierva, firmaron un convenio para la construcción y mantenimiento de unas nuevas instalaciones, la *Planta Piloto de Acuicultura* cuya inauguración oficial se realizó en la localidad de *Torre de la Sal (Cabanes, Castellón)* el 10 de marzo de 1979, lo que hoy se conoce como Instituto de Acuicultura Torre de la Sal (IATS) (Fig. 3). Desde entonces la investigación en el IATS se ha centrado en el cultivo de especies marinas de interés en acuicultura y durante la década de los 80 el IATS fue capaz de consolidar diferentes líneas de

investigación en acuicultura de peces, moluscos y crustáceos gracias a la incorporación de nuevos investigadores al centro. Lamentablemente, la línea de investigación del langostino se fue abandonando progresivamente dado que el cultivo del langostino autóctono no resultaba rentable a nivel industrial y su producción no podía competir con la del langostino japonés en Asia y Sudamérica.



*Figura 3. Sede del Laboratorio Costero del Grao de Castelló en 1963 en la Calle Monturiol, 2 (izquierda); Instituto de Acuicultura Torre de la Sal en la Ribera de Cabanes tras su inauguración en 1979 (derecha).*

En 1996 el IATS inició un profundo proceso de remodelación y ampliación, modernizando sus laboratorios de investigación científica y adaptando sus infraestructuras a las nuevas necesidades del sector de la acuicultura, contando hoy con unas excelentes instalaciones acuáticas para la investigación en acuicultura (Fig. 4). Hoy en día el IATS se ha convertido en un centro de referencia en investigación en acuicultura de peces (incluyendo especies modelo), moluscos y crustáceos, destacando sus estudios en lubina, dorada, lenguado y Artemia.



*Figura 4. Panorámica actual del Instituto de Acuicultura Torre de la Sal sito en la Ribera de Cabanes.*

### **3. LA ACUICULTURA, NUESTRA RAZON DE SER**

Empecemos por definir la acuicultura, una actividad económica a nivel mundial cuyo objetivo prioritario es la producción de alimento. La acuicultura es la crianza controlada de organismos acuáticos, lo que incluye peces, crustáceos, algas, moluscos y otros invertebrados, tanto en aguas marinas como en continentales. Desde que se iniciara la acuicultura hace 4.000 años en China, esta actividad se ha ido intensificando, modernizando y adaptando a una legislación y un mercado cada vez más exigentes. En 2014 la población mundial consumió, por primera vez, más alimentos procedentes de granjas acuícolas que los extraídos por las pesquerías. Esta proporción se espera que supere el 65% en 2030, debido al aumento de la población humana y al estancamiento de la pesca extractiva. A principios del siglo XX los grandes caladeros tenían diez veces más pescado de lo que tienen actualmente y la FAO ha advertido que los océanos están al límite de su sostenibilidad por la sobreexplotación de la pesca.

A modo de ejemplo, la situación en el Mediterráneo es alarmante por una sobreexplotación insostenible del 59 % de las especies. Preocupan también las especies invasoras como consecuencia del cambio climático, sobre todo en el Mediterráneo oriental que podría semejar a la del Mar Rojo, por lo que los esfuerzos actuales para la reducción de la pesca podrían no ser suficientes si la temperatura del mar y las especies invasoras continúan aumentando. Greenpeace ha elevado los niveles de alarma al

considerar que dentro de 50 años los océanos estarán colonizados por medusas y algas, e investigadores del CSIC aseguran que el Mediterráneo podría convertirse en un Mar Muerto lleno de bacterias.

Este escenario pone en evidencia la necesidad de promover el desarrollo sostenible de la acuicultura como fuente alternativa de productos acuícolas. Según datos de la Asociación Empresarial de Acuicultura de España (APROMAR), la acuicultura en la Unión Europea (UE) se desarrolla mayoritariamente en aguas marinas (72,6 %) y superó en 2020 el millón de toneladas, con un valor por encima de los 3.500 millones de euros. Las principales especies producidas en la UE son el mejillón y la trucha arco iris. Actualmente, España lidera la producción de la UE y es segunda en términos de valor de la producción (al que contribuyen especies como el mejillón, la lubina, la trucha arcoiris y la dorada). España es un gran consumidor de productos acuáticos, nos gusta el pescado y apreciamos los productos sabrosos, de calidad y saludables.

En 2021 los hogares españoles destinaron a la compra de productos acuáticos una media de 13,1 % de su presupuesto, lo que supone un consumo medio de unos 22,7 Kg per cápita de productos de crianza. No obstante, cabe destacar que la demanda de productos acuáticos en su conjunto no puede ser cubierta con todo lo que pescamos y criamos, por lo que debemos importar una considerable cantidad, tanto de pesquerías como de crianza. Así pues, la acuicultura tiene mucho que aportar, no solo al sector agroalimentario sino a la economía circular aprovechando productos colaterales o residuales de sus propios sistemas de producción o de otros, así como de la instauración y optimización de los sistemas de acuicultura multitrófica integrada. Además, los moluscos bivalvos, como el mejillón, y las algas pueden jugar un papel destacado en la mitigación de los efectos del cambio climático como sumideros de dióxido de carbono, el denominado carbono azul. Por tanto, la acuicultura tiene grandes oportunidades en el reciente y ambicioso Pacto Verde lanzado por la Comisión Europea para dotar a la UE de una economía sostenible frente a los retos climáticos y medioambientales.

#### **4. LINEAS DE INVESTIGACION QUE SE DESARROLLAN EN EL IATS**

Detrás de todos los avances del sector acuícola, como en muchos otros, hay largos años de investigación básica sobre la biología de las especies acuícolas, que han madurado en tecnologías aplicadas. Para seguir incrementado la producción de una forma sostenible es imprescindible la investigación e innovación. Existen todavía importantes retos en el sector que deben superarse para que la crianza de nuestros mares sea parte de ese futuro sostenible y que son abordados por los investigadores del IATS. Actualmente, la actividad científica en el IATS se estructura en tres sublíneas de investigación, que se llevan a cabo por un total de 16 investigadores/as en plantilla agrupados en siete grupos de investigación. En este contexto, el IATS ofrece una oferta tecnológica que se engloba en el ámbito de la salud y bienestar animal, la nutrición y crecimiento, la reproducción de peces, el impacto ambiental en el medio acuático y la caracterización y gestión de los recursos genéticos. A continuación, se indican las principales capacidades y competencias de su personal.

##### **4.1. Nutrición, salud y bienestar animal**

La nutrición y la salud de los animales en cultivo constituyen los dos principales costes de la producción acuícola y a su vez los aspectos que permiten más mejoras del rendimiento. Por otro lado, el bienestar de los peces es un requisito de la legislación española y europea para todo tipo de explotación animal y el sector acuícola está comprometido con ello. Es imprescindible empezar por conocer aspectos tan básicos como qué, cuándo y por qué comen los peces, cómo se puede regular ambientalmente y nutricionalmente su crecimiento y pigmentación, qué formulaciones e ingredientes de los piensos son los adecuados, o cuáles les pueden ayudar a adaptarse mejor a condiciones estresantes debidas a factores bióticos o abióticos. También es importante saber cuál es la calidad de los filetes del pescado de crianza, que sus características organolépticas y nutricionales sean óptimas para el consumidor, y que estén libres de agentes contaminantes.

En cuanto a las enfermedades, nos centramos en el estudio de las enfermedades parasitarias, desde la identificación de las especies (a veces nuevas para la ciencia), a cómo diagnosticarlas rápidamente, controlarlas, prevenirlas y cómo ayudar a los peces a mejorar su sistema inmunitario y poder combatir las parasitosis. Para ello, varios grupos de investigación del IATS utilizan distintas metodologías clásicas y punteras (“ómicas”) desde el organismo a la molécula, incluso utilizando peces modelo modificados mediante edición génica, estudiando el comportamiento, la fisiológica, el metabolismo, la microbiota, la inmunología, la bioquímica y la genética.

## **4.2. Reproducción de peces**

Con la reproducción en cautividad de las especies es como se iniciaron todos los cultivos de los que ahora disfrutamos, pero siguen siendo necesarios estudios básicos en nuevas especies y seguir avanzando en aquéllas que, aunque consolidadas en el sector, no están exentas de problemas a nivel reproductivo y que suponen un reto para mejorar su producción y rentabilidad. La mejora genética de las especies puede optimizar todavía mucho el rendimiento de la acuicultura. En el IATS nos centramos en la caracterización de los mecanismos fisiológicos y moleculares implicados en la reproducción de peces, desde la formación de los gametos hasta la obtención de las larvas recién eclosionadas. Identificamos los factores medioambientales que afectan a la maduración y reproducción, como la temperatura y el fotoperiodo. Para ello, desarrollamos técnicas de terapia génica, hormonal y herramientas bioquímicas, moleculares, celulares y genéticas que nos permiten, en su sentido más amplio, conocer los mecanismos que regulan un proceso biológico vital como es la gametogénesis. También utilizamos peces modelo modificados mediante edición génica.

## **4.3. Biodiversidad y sostenibilidad**

La acuicultura ha de ser ante todo sostenible medioambientalmente y sin comprometer la biodiversidad. Una de las contribuciones del IATS a la biodiversidad ha sido la consecución de la reproducción en cautividad de la lapa *Patella ferruginea*, especie endémica del Mediterráneo en peligro de extinción. Uno de los recursos naturales más explotados en acuicultura es el crustáceo Artemia, fundamental en las etapas larvarias del cultivo de los peces. En el IATS se ha acumulado a lo largo de décadas un gran conocimiento sobre este recurso, que le ha permitido crear y mantener una de las colecciones más completa a nivel mundial de quistes de Artemia (actualmente incluida en base de datos GBIF). Este crustáceo además es un buen modelo en ecotoxicología, que nos permite hacer ensayos de toxicidad y estudiar si los xenobióticos en el agua se pueden transferir o magnificar en la cadena trófica. Nos centramos en desarrollar biomarcadores de exposición a contaminantes emergentes en peces y crustáceos (ej. productos farmacéuticos y de cuidado personal, productos químicos industriales, micro y nanoplásticos). Además, el IATS ha contribuido a conocer la genética de poblaciones tan importantes como la almeja japónica (principal especie de molusco cultivado en el mundo), y al desarrollo de bases de datos genómicos de la dorada y la lubina, que son la base para muchos otros estudios multidisciplinares en estas especies.

## **5. NUESTRA VOCACIÓN EUROPEA y RELACIÓN CON EL SECTOR ACUÍCOLA**

El IATS cuenta hoy con unas instalaciones acuáticas y unos investigadores en la élite de la investigación en acuicultura, lo que ha llevado al centro a formar parte, durante 15 años, de una red de instalaciones de excelencia en investigación en acuicultura financiada con fondos europeos ([Aquaexcel 3.0](#)) El liderazgo del IATS en la captación de fondos competitivos en convocatorias europeas es relevante, habiendo obtenido 2,5 M € en el programa H2020 en el área de acuicultura. En España existe una importante comunidad científica dedicada a la acuicultura y en el CSIC existen distintos grupos de investigación en varios de sus centros repartidos por toda la costa española, siendo el Instituto de Acuicultura Torre de la Sal el que concentra el mayor número de investigadores, proyectos y financiación en acuicultura (casi 7,5 M € en total en 2016-2022) con un impacto científico importante.

Así, durante dicho sexenio, el IATS publicó un total de 371 publicaciones y contribuyó a la defensa de 21 tesis doctorales. Además, su colaboración con empresas del sector acuícola y otros ámbitos supuso la firma de contratos de apoyo tecnológico por valor de 790.000 €. Estos logros se han conseguido con una inversión y dotación de personal modestas, con un total de 62 empleados entre personal funcionario, laboral, contratado y becarios. Todo ello es reflejo de la apuesta del IATS por la investigación de calidad y el avance del conocimiento en un área clave para la sostenibilidad, respeto por el medioambiente y el bienestar de la sociedad.

## 6. ACTIVIDADES DE FORMACIÓN DE JÓVENES INVESTIGADORES y DIVULGACIÓN

Los investigadores del IATS mantienen un compromiso firme por la formación de nuevo personal investigador y técnico. Además de integrar en sus equipos a personal con contratos de personal técnico de apoyo (PTA) y predoctorales de la Agencia Estatal de Investigación, se forman jóvenes que disfrutan de diversas ayudas de entidades públicas entre las que destacan las becas y/o ayudas Margarita Salas, Santiago Grisolia, JAE-Intro, Investigo, Erasmus+ o los Programas de Garantía Juvenil. Como ejemplo de la calidad de la labor formadora, en 2022, la tesis doctoral de Amparo Picard, recibió el premio de los laboratorios Syva a la mejor tesis en sanidad animal defendida en 2021 en España, México y Portugal. Cabe mencionar que, la colaboración con la Diputación de Castellón, mantenida hasta hoy, ha supuesto para el IATS, además del apoyo financiero inicial para la construcción de sus infraestructuras, una financiación casi ininterrumpida de becas y contratos predoctorales. Más recientemente su apoyo se ha materializado en cuatro becas JAE-Intro-ICU para la iniciación a la investigación y la cofinanciación de equipamiento científico. En noviembre de 2022 y coincidiendo con la celebración del Día de la Acuicultura, el IATS y la Diputación de Castellón conmemoraron también el 50 aniversario de colaboración (Fig. 5).

El IATS también está comprometido con la de difusión de su investigación a la sociedad, y de dar a conocer qué es la acuicultura. Para ello los logros más relevantes se transmiten en prensa generalista o se escriben artículos divulgativos sobre distintos aspectos de la acuicultura. De manera presencial damos a conocer nuestra actividad en charlas para el público general, así como en colegios e institutos de enseñanza secundaria, fomentando también valores como la participación de las niñas y mujeres en la ciencia a través de la iniciativa 11F, o participando en ferias como la noche europea de las investigadoras promovido por la comisión europea.



*Figura 5. Ponentes y autoridades destacadas en el acto de conmemoración del 50 aniversario de colaboración entre el IATS y la Diputación Provincial de Castellón. De izquierda a derecha, primera fila: Virginia Martí (Alcaldesa de Cabanes), Francisco Amat (primer becario de la Diputación y exdirector del IATS), Carlos Martí (Presidente de la Diputación), Ariadna Sitjà (directora del IATS), María Jiménez (Diputada de medio natural); segunda fila: Alberto Ribes (doctorando en el IATS), Eduardo Soler (responsable de Sostenibilidad en España de Avramar), Juan Fuster (Delegado Institucional del CSIC en la Comunitat Valenciana), Jaume Pérez (vicedirector del IATS), Jesús Lancis (Vicerrector de investigación de la UJI).*

## 7. UNA MIRADA AL FUTURO

El IATS ha situado sus investigaciones en lo más alto del ranking internacional en acuicultura, con cinco personas entre los 26 científicos/as más citados de la investigación acuícola española en 2023, y cuatro científicas en el ranking de investigadoras españolas y extranjeras que trabajan en España según Google Scholar. En 2022, la Profesora Ariadna Sitjà Bobadilla recibió el premio Concepción Aleixandre a la Mujer Científica Valenciana, en la categoría de Comunitat Valenciana. Pero nuestra proyección no puede quedarse estancada y miramos hacia un futuro en el que la acuicultura ha de tener un papel fundamental, y que ya está siendo reconocido.

Nuestros próximos pasos se enmarcan en el proyecto ThinkInAzul en Ciencias Marinas de la Comunitat Valenciana (GVA-ThinkInAzul), coordinado desde el IATS. El Proyecto GVA-ThinkInAzul, con una financiación de 10 M €, es el primero de las ocho áreas temáticas de los Planes Complementarios de las comunidades autónomas del Programa de Recuperación, Transformación y Resiliencia que se ha iniciado en la Comunitat Valenciana. Junto a la coordinación, cinco proyectos del IATS están financiados en este programa, con más de 1,7 M €. Además, el IATS forma parte de la candidatura ganadora para la ciudad de Valencia que acogerá en septiembre de 2025 Aquaculture Europe 2025 (AE2025), el principal congreso sobre acuicultura en Europa, en el que se espera la asistencia de 3.000 delegados entre científicos y empresas.

Para poder avanzar en la acuicultura, al igual que en otras actividades económicas, se ha de primar la investigación e innovación para optimizar la eficiencia, la productividad y la mayor sostenibilidad posible, en la que todos, empresarios y profesionales del sector, la clase política, las administraciones públicas, los organismos públicos de investigación y la sociedad en general deben estar implicados. La acuicultura moderna ya está caminando hacia vías más sostenibles de producción, desterrando abusos de medicamentos y antibióticos, controlando el impacto que las instalaciones ejercen sobre el medio ambiente, y controlando la calidad y trazabilidad de sus productos. En un futuro próximo, será la acuicultura la que provea de manera habitual de productos acuáticos a la mayor parte de la humanidad. Es por ello, que nuestro objetivo final es alcanzar *la Acuicultura 4S: sana, segura, sabrosa y sostenible*.