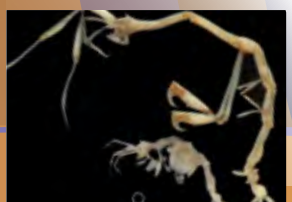


DOSIER

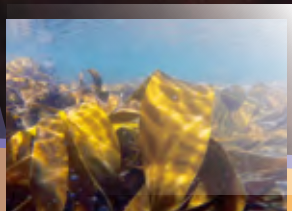
SISTEMAS ACUÁTICOS Y MEDIO MARINO



HISTORIA IMPOSIBLE DEDICADA
A ESTUDIANTES DE BIOLOGÍA Y
A JÓVENES BIÓLOGOS



DE LA TAXONOMÍA MARINA A LAS
APLICACIONES



¿SOBREVIVIRÁN LOS BOSQUES
MARINOS AL CAMBIO CLIMÁTICO?



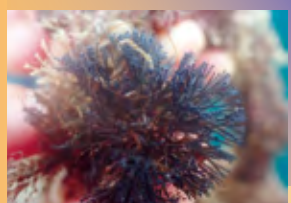
RETOS EN BIOLOGÍA DE LA CONSERVACIÓN
DEL LITORAL ANDALUZ



LA ALMEJA FINA (*RUDITAPES
DECUSSATUS*) EN ANDALUCÍA



EL BIENESTAR DE LOS PECES



A LOS INVERTEBRADOS TAMBIÉN
LES GUSTA VIAJAR



LA BIOLOGÍA EN EL CINE

Peces y cetáceos vistos por el cine





Colegio Oficial de
Biólogos de Andalucía



Hazte fuerte, colégiate

10 RAZONES PARA COLEGIARSE

- 1 Colegiarse es una **obligación profesional** por Ley.
- 2 La **cuota** de colegiación es **muy económica y desgrava**.
- 3 La **cuota** de los colegiados **revierte completa y exclusivamente en el Colegio**.
- 4 El **Colegio** es el único organismo oficial que **te representa como Biólogo**.
- 5 El **Colegio** es el **vehículo de difusión** de las actividades laborales del Biólogo.
- 6 El **Colegio** te ofrece **información** continua y actualizada de **ofertas de empleo**.
- 7 El Colegio es tu **asesor personal** sobre las salidas profesionales del Biólogo.
- 8 El **Colegio** te ofrece **formación permanente**, actualizada y económica.
- 9 El Colegio te **proporciona un seguro de responsabilidad civil** y asesoría jurídica.
- 10 Desde el Colegio gestionamos tus **Prácticas de Empresa**.

¡¡¡ Colegiarse es fácil !!!

Entra en www.cobandalucia.org



Sigues unos sencillos pasos desde tu PC, Móvil o Tablet.
Con la documentación necesaria, estarás colegiad@ en segundos.
Y disfruta de las diferentes ofertas que te ofrecemos en "Ventajas para el Colegiado"

Más Información en: www.cobandalucia.org

Sevilla: Av. San Fco. Javier, nº 9 (Edificio Sevilla 2), Pta. 4ª, Mod. 7 y 8 - 41018 - oficina@cobandalucia.org

PRESENTACIÓN

Coincidiendo con el mismo mes en el que se constituyó el Colegio Oficial de Biólogos de Andalucía en junio de 1999, realizamos la publicación de este nº 21 de la revista Bioandalucía celebrando que han pasado 25 años.

A lo largo de estos 25 años tres son los decanos que han dirigido el Colegio Oficial de Biólogos de Andalucía (COBA). Desde el primero, Elías Casado (1999 a 2003), seguido por Eduardo Morán (2003 a 2024) al actual decano José Berros Elbaz. Todos ellos con un objetivo común: hacer un Colegio fuerte que defienda la profesión del biólogo, y que la sociedad y las administraciones públicas de Andalucía reconozcan las actividades profesionales de los biólogos.

Durante el acto de entrega de las insignias a quienes llevaban 25 años colegiados en el COBA, celebrado el pasado día 17 de mayo en el Museo Casa de la Ciencia de Sevilla, hemos tenido la oportunidad de ver juntos a los "Tres Decanos" permitiéndonos registrar el momento con esta foto que compartimos con todos vosotros.



(De izqu. a dcha: Elías Casado, José Berros y Eduardo Morán)

El pilar principal del COBA lo forman sus colegiados. Actualmente por número de colegiados, entre todos los Colegios de Biólogos de España, el COBA ocupa la tercera posición detrás de Cataluña (COBCAT) y Madrid (COBCM).

Se han analizado los datos de la evolución de nuestros colegiados y podemos afirmar que el COBA ha ido incrementando progresivamente el número neto de sus colegiados. Así en los últimos tres años (2022-2024) comparando datos entre los cinco mayores colegios Oficiales de Biólogos de España, el COBA ha sido el único Colegio que ha incrementado positivamente su número de colegiados.

Esto nos satisface y nos da ánimos para seguir adelante con más acciones que fomenten las nuevas colegiaciones de los biólogos de toda Andalucía. Aún podemos ser muchos más.

Dice el refrán popular "Un grano no hace granero, pero ayuda al compañero". Siempre podemos mejorar, seguro. Pero la actitud, el respeto y el compromiso de las personas, tanto de fuera del Colegio como desde dentro del Colegio, serán sin duda los que determinen esa mejora.

Desde nuestra revista **Bioandalucía**, en este 25 aniversario, queremos mostrar nuestro reconocimiento a todos aquellos quienes, a lo largo de este cuarto de siglo, con su dedicación y generosidad, han ayudado a crecer al COBA.

Edita:
Colegio Oficial de Biólogos de Andalucía

Comité Editorial:
Francisco Sallago, Braulio Asensio y José Luis Daza

Consejo Editorial: Junta de Gobierno del COBA

Maquetación e Impresión: Egondi Artes Gráficas

ISSN: 1698-8428

Depósito Legal: SE 2035-2023

BioAndalucía es una revista profesional, plural, sostenible, solidaria, científica, técnica y de opinión.

El Colegio Oficial de Biólogos de Andalucía no ha de compartir necesariamente las opiniones y comentarios que aparecen en los artículos de ésta publicación.



SUMARIO

	Pág.
PRESENTACIÓN	3
DOSIER	
SISTEMAS ACUÁTICOS Y MEDIO MARINO	
Historia imposible dedicada a estudiantes de biología y a jóvenes biólogos	5
<i>José Carlos García Gómez</i>	
De la taxonomía marina a las aplicaciones. Los crustáceos caprellidos como ejemplo	10
<i>José Manuel Guerra García</i>	
La almeja fina (<i>Ruditapes decussatus</i>) en Andalucía: un reto hacia una acuicultura sostenible	16
<i>José Antonio Navas Triano</i>	
El bienestar de los peces	23
<i>Marcelino Herrera Rodríguez</i>	
¿Sobrevivirán los bosques marinos al cambio climático? Tolerancia térmica de las algas en la costa norte de Portugal	28
<i>José Luis Daza, Francisco Arenas, Lucía Pini</i>	
Retos en biología de la conservación del litoral andaluz	34
<i>Federico Fernández Ruiz Henestrosa</i>	
A los invertebrados también les gusta viajar: los briozoos como modelo de estudio de las invasiones marinas	39
<i>Sofía Ruiz de Velasco</i>	
PREMIOS TRABAJOS FIN DE GRADO:	
Caracterización epigenómica y transcriptómica de la memoria inmunológica en células B	44
<i>Alfonso Bravo Paneque</i>	
LA BIOLOGÍA EN EL CINE	
Peces y cetáceos vistos por el cine	48
<i>Eduard-Josep Chifré i Petit</i>	
INFORMACIÓN DE INTERÉS	
Grupos InfoCOBA	
II Semana de la Biología: Sevilla	55
I Semana de la Biología: Granada	59
25 Aniversario COBA. Entrega insignia a los colegiados que cumplen 25 años colegiados	62

SISTEMAS ACUÁTICOS Y MEDIO MARINO

D O S I E R



Historia imposible dedicada a estudiantes de biología y a jóvenes biólogos



José Carlos García Gómez
Catedrático de Biología Marina (Zoología)
de la Universidad de Sevilla.

Ya al final de mi carrera profesional, como biólogo marino y profesor de universidad, de toda la experiencia acumulada que podría externalizar y proyectar hacia mis alumnos y jóvenes biólogos, tanto de fracasos como de éxitos, destacaría las vivencias derivadas de la sólida vocación surgida en origen por una actividad deportiva vinculada al mundo submarino, la cual conlleva fuertes limitaciones para permanecer en él: la pesca submarina. La condicionaban la presión, la capacidad física de nadar en un medio casi mil veces más denso que el aire y, muy especialmente, la capacidad pulmonar para gestionar el aire en cada inspiración, durante las sucesivas inmersiones en apnea.

Me inicié a muy poca profundidad donde pulpos y lenguados se veían desde la superficie. Progresé como apneísta cuando ya no se veía el fondo, a mayor profundidad. En zonas alejadas de la costa deducía que estaba buceando en islas submarinas de roquedos, los cuales localizaba con marcas en tierra. Esto no era tarea fácil y contribuyó a desarrollar mi capacidad de observación. En esos fondos se pescaba el mero, la pieza reina del pescador submarino, entre otras especies de roca.

Este deporte, complejo, arriesgado y de muy exigua permanencia en el fondo en cada inmersión, estimulaba el desarrollo de la observación rápida. Con ello aprendí a deducir según la morfología y disposición de las piedras del fondo, las especies de peces, crustáceos o moluscos que podrían ocultarse entre sus anfractuosidades. Posteriormente, los recubrimientos biológicos de tales piedras aportaban una información adicional muy útil para certificar la presencia-ausencia de tales especies. Observación y curiosidad extrema se iban instalando en mi interior, com-



En campaña de identificación de impactos en el medio bentónico del alga asiática invasora *Rugulopteryx okamurae*, frente a los acantilados rocosos de Conil (2021).

pletamente seducido por los diferentes tipos de hábitats que iba aprendiendo a diferenciar, los cuales me iban regalando todo un carrusel de incomparables sensaciones, disparándose mi interés por la biota marina, sus especies, comportamiento, interacciones, ecología.

Sin saberlo, me encontré matriculado en una universidad sumergida que me proveía continua-

mente de conocimiento y de formación la cual, poco a poco, me permitía manejar los elementos de tan maravilloso aprendizaje y también de interpretarlos. Todo ello ocurrió en el rango de edad entre 13 y 17 años. En síntesis, primero aconteció la observación, luego la curiosidad, después el apasionamiento y, finalmente, la vocación.

Esta secuencia de vocablos que ilustra un progresivo estado del nivel de motivación, se la traslado siempre a mis alumnos con la profunda convicción de que, si intentan desarrollarla (¡y se puede!) hasta alcanzar el último estadio, ello les puede hacer mucho bien para aplicarla en su vida profesional y personal. Les conmino, pues, a que busquen ese camino que les ayudará sustancialmente a deambular y progresar en el ámbito profesional, matizándoles que, además, tiene excelentes efectos directos y colaterales en todos los ámbitos de la vida. Entre otras cosas, porque la inteligencia emocional, esa gran desconocida para muchos, se mantiene convenientemente engrasada, continuamente en funcionamiento, llegando a manifestarse a un nivel que puede sorprender. Esta variante de la inteligencia debemos mantenerla como el espíritu, en estado de permanente rejuvenecimiento. Es el objetivo difícil de lograr y, por tanto, el gran reto a superar.

La inteligencia emocional la tenemos todos, pero muchos no lo saben, especialmente porque no advierten de su existencia. Si llegan a la tercera o cuarta fase de la secuencia anteriormente expuesta, la vocación –aunque sea tardía– eclosionará y todo resultará mucho más fácil: rendimiento, aprendizaje, capacidad de discurrir e integrar, etc. Se produce un subidón de la autoestima de muchas personas que la tienen disminuida, anulada o encriptada. Me consta que este trabajo psicológico, que solo partió de la experiencia personal, le ha hecho mucho bien a numerosos alumnos tanto de licenciatura o grado que estudiaban la carrera, como a egresados a quienes tuve el honor de dirigir o codirigir sus tesis doctorales.

A los 17 años supe, de manera inequívoca, que quería ser biólogo marino. Sentía ese impulso irrefrenable, el del último estadio de la secuencia

emocional antes mencionada (una vez superados los anteriores), el vocacional. Este me permitió superar las numerosas barreras y dificultades que encontré por el camino. Cada tropiezo, caída o valladar potencialmente infranqueable supuso, en el peor de los casos, un freno y, si cabe, un fuerte fracaso. Pero este nunca devino en frustración. Mi vocación lo impedía pues convertía cualquier elemento de adversidad en una nueva oportunidad.

Hubo un cambio radical de rumbo. Definitivamente dejé la pesca submarina, me interesé por la zoología, la ecología de las especies y, finalmente, por la conservación de éstas, de sus comunidades y de los hábitats donde aquellas se encontraban integradas. Me fascinó observar cómo vivían en armónica dependencia, en un sutil juego de interrelaciones que, una vez parcialmente identificadas, reflejaban la vulnerabilidad ecosistémica y, por tanto, sacaban a relucir la necesidad de protegerlas y conservarlas.

Advertí tempranamente que, si los humanos influimos sin cordura en este exquisito orden ecosistémico, pletórico de biodiversidad asociada, propiciaremos, como mínimo, su desequilibrio. Mientras que las actuaciones humanas estén justificadas con criterios de sostenibilidad ambiental, estas podrán ejecutarse intentando que las modificaciones que podamos inferir en el ecosistema sean pequeñas, a ser posible de carácter reversible. Se llama Desarrollo Sostenible, sobre el que mucho se podría hablar dado el continuo reto que supone la acotación de criterios de aplicación para la toma de decisiones, esencialmente de carácter local.

Expongo estas vivencias a mis alumnos, haciéndolas extensivas a los biólogos en general, porque si consiguen enamorarse de su carrera o de especialidades concretas de la misma, habrán conseguido un socio espiritual inquebrantable

sabiendo gestionar todas sus vicisitudes. Combustible del mejor octanaje para ese complejo motor sensorial, que es nuestro cerebro, así como del conjunto de hormonas que rigen el buen estado de ánimo, como la serotonina, dopamina y oxitocina. Endorfinas aparte, pero en acción sinérgica absoluta con las anteriores.

Expongo estas vivencias a mis alumnos, haciéndolas extensivas a los biólogos en general, porque si consiguen enamorarse de su carrera o de especialidades concretas de la misma, habrán conseguido un socio espiritual inquebrantable



Campaña Antártica en el BIO Hespérides proyecto BENTART (1994-95) del Plan Nacional de Investigación. Océano Austral. Fotografía realizada en la latitud más meridional alcanzada por un buque oceanográfico español, en el hemisferio sur: latitud 66° 36' S, longitud 67° 33' W.

Pero también se puede ser excelente profesional sin ser necesariamente vocacional. Y mantener en continuo un excelente estado de ánimo que coadyuve a superarse continuamente y a conseguir metas importantes. Esto se consigue desarrollando una eficiente predisposición al aprendizaje, incluso de alguna temática que, desde un principio, nada nos pudo cautivar, incluso podríamos ser muy refractarios a ella. Esto sucede con más facilidad de lo que uno podría imaginar. Me ocurrió de forma natural. Varias de las líneas de investigación de mi enriquecedora experiencia en el ámbito de la biología marina, acabaron cautivándome, pero jamás pensé que me atraerían a partir de un momento dado. Lo explicaré para que se me entienda.

Adquirí mediante los pasos ya explicados, no la vocación por pretender ser algún día biólogo marino, sino por ser ictiólogo. Los peces, mis “presas favoritas” (de las que aprendí, *in situ*, una enormidad), me abdujeron y por ello pronto dejé la pesca submarina y sustituí el fusil por la cámara submarina y la observación detallada. Pero esta la extendí, además, a todo cuanto veía en inmersión que suscitaba mi particular interés. Sentí el impulso incontenible de dedicarme a la vida submarina, no solo para adquirir profundo

conocimiento de ella, sino para intentar integrarlo, saber interpretarlo y contribuir a conservarlo. Así se fue deslizado mi pasión por la ecología marina. Todavía utilizo los conocimientos (muchos de ellos inéditos) que adquirí durante la corta fase deportiva anteriormente referida.

Posteriormente, cuando ya buceaba con equipos autónomos, los conocimientos fueron ampliándose en un auténtico abanico pluridisciplinar del incomparable campo de información inédita que subyacía bajo la superficie del mar. Ya no solo los peces, sino otros muchos grupos de animales, incluso las algas, me atraían (factor curiosidad) o me encantaban, aunque no me enamorasen. Las algas las repudiaba en origen, pero ahora disfruto trabajando con ellas. Los invertebrados bentónicos no “me decían nada” pero acabaron conquistándome al punto de que constituyeron el eje principal de mi formación y desempeño profesional. Y los cetáceos, última línea desarrollada en nuestro equipo de investigación, constituyeron el culmen de tan maravillosa dispersión, que lo fue en términos formativos para mis alumnos.

Es decir, abrí enormemente la horquilla de los campos a trabajar menos... ¡de los peces!, grupo



Delfines comunes (*Delphinus delphis*), especie protegida en el Mediterráneo, frente a las costas de Barbate (2025).

zoológico culpable de mi estricta fijación inicial de querer ser ictiólogo ¿Frustración o impresionante oportunidad? Lo último, sin duda. Moraleja: con entusiasmo y apasionamiento se abren puertas increíbles de temáticas o líneas de trabajo que, en principio no atraen nada (y seducen menos) pero con las que se puede conseguir un maridaje perfecto y descubrir un excelente campo de rendimiento y quehacer profesional. Y disfrutando de manera continuada. Fortalezas todas, debilidades, ninguna.

De hecho, mi tesis doctoral se centró en las llamadas “mariposas del mar” los moluscos opisthobranchios, muchos de ellos sin la concha típica de los caracoles marinos (con los que están estrechamente relacionados), pero, paradójicamente, en lugar de adquirir coloraciones crípticas para camuflarse (hay especies de este grupo zoológico que lo hacen) dada la carencia de la concha recién referida, exhiben una coloración contrastante, muy llamativa (coloración aposemática), con la función de evitar a potenciales predadores –como los peces– cuando se aproximen con intenciones nada amistosas. Es un proceso coevolutivo predador-presa, complejo en muchos casos, bien de aprendizaje o bien adquirido, por el que los predadores identifican que las “mariposas del mar” no son presas

agradables ya que, como mínimo, tienen muy mal sabor. En efecto, singularmente los nudibranchios, están fuertemente defendidos por auténticos arsenales químicos, de metabolitos secundarios. Defensa muy eficiente y disuasoria (por el llamativo color antes aludido), la cual no “pesa” como la concha de sus ancestros evolutivos (los caracoles marinos típicos), tributarios energéticamente y en continuo, de llevar la casa a cuestas para refugiarse en ella ante la indeseable presencia de un posible predador.

Resultaba obvio que ya la Universidad de Sevilla –a la que siempre estaré profundamente agradecido– me brindó la fabulosa oportunidad de poder realizar investigación científica en el ámbito marino. Pronto asumí la responsabilidad y el deber de intentar no decepcionar (la vocación, insisto, ya era mi cómplice), especialmente ante el reto de conciliar el horizonte profesional que se abría entre docencia universitaria, investigación y gestión de recursos financieros para poder hacer viable la investigación y, desde esta, implementar una docencia de calidad para intentar darlo todo a los alumnos, de forma motivada y actualizada, ya que ellos conforman siempre, junto a toda la juventud española (que hay que querer y apoyar en todos sus extremos) el futuro de nuestra nación.



Campaña en los arrecifes de coral de Belice (Caribe, 1996), junto a los dos médicos buceadores Juan Bravo (izquierda) y José Manuel Ávila (derecha), este último recientemente fallecido pero cuyo recuerdo mantendré siempre vivo. Gran buceador, excelente médico, amigo extraordinario.

Así llegué a interiorizar muy pronto que esa tarea resultaba imposible de asumir en solitario. Creé entonces un grupo de investigación científica para centrar nuestra labor en el ámbito marino, el Laboratorio de Biología Marina de la Universidad de Sevilla (LBM-US), pero sin existir mar en ninguna parte de la provincia que da nombre a la citada universidad. Lo hice con mis exalumnos o con egresados recién finalizados sus estudios en la US. A ellos dediqué mi último libro ya que hicieron posible lo que parecía utópico. Así, pues, la lejanía del mar y la aceptación del desafío de investigar en él sin ser nuestro medio natural, parecía una quimera. Por distancia, exigencia de medios y reto absoluto de planificar cada campaña para optimizar sus resultados, entre otras razones de peso.

Un catedrático de Zoología, externo a la Universidad de Sevilla, me espetó un buen día: “Lo hiciste porque no sabías que era imposible”. Halago que agradecí mucho pero que tanto su

mentor como el receptor sabíamos que fue posible y en esto reside mi humilde mensaje a todos los biólogos que quieran vivir de su carrera y hacerlo a máxima satisfacción. Elección de temáticas y luego, debo reiterarlo, desarrollo de la

Creé entonces un grupo de investigación científica para centrar nuestra labor en el ámbito marino, el Laboratorio de Biología Marina de la Universidad de Sevilla (LBM-US), pero sin existir mar en ninguna parte de la provincia que da nombre a la citada universidad

observación, curiosidad, apasionamiento y, finalmente, de la vocación. Han sido la clave, en mi caso, del aumento de la autoestima, rendimiento, perseverancia, espíritu de lucha para superar los momentos difíciles, así como de mantener constante un estado de ánimo positivo para ello. Y algo muy importante, con esta filosofía para afrontar

la vida profesional y personal, todo lo anterior influye también muy positivamente para encarar con fe y profesionalidad un trabajo inicialmente no deseado que puede con el tiempo acabar gustando y, por tanto, desarrollarse a plena satisfacción entre contratado y contratante.

Todo lo anterior hizo posible que el comienzo profesional de quien suscribe, muy duro, sin



Muestra de equipos de fotografía submarina en el Acuario de Sevilla (2024), utilizados en campañas oceanográficas y de buceo científico.

perspectivas, ni medios bibliográficos ni materiales, tampoco de un asesoramiento adecuado y sin internet (obviamente, sin Google, YouTube con sus famosos tutoriales, ni IA), fuese viable y productivo. Todo ello sin que el estado de ánimo sucumbiera, aunque, obviamente, hubo momentos en los que la moral estaba bajo mínimos. Pero el camino estaba trazado con una ilusión indescriptible. Luego vino todo lo demás, dado que centré la atención en la vía de investigación más viable, por exigir ínfimos medios y hacer muy rentables las inmersiones en apnea y las de una hora máxima de duración, con equipos autónomos, entre 10 y 30 metros de profundidad.

Pronto percibí de la existencia de mucho conocimiento oculto, allí abajo, que había que contribuir a descifrarlo. Surgió con fuerza el perfil de zoólogo marino. Cuando empezamos (ya me pongo en modo “equipo” porque tenía colaboradores extraordinarios que se sumaron a mi arriesgado –pero fascinante– proyecto profesional de vida) a controlar la identidad de muchas de las especies de la fauna marina andaluza (a veces, con estudios muy complejos y de amplia revisión) sobrevino, de manera natural, por extensión, la necesidad de implementar estudios de integración. Disfrutábamos identificando correctamente especies de invertebrados ya descritas (tarea frecuentemente difícil) pero, sobre todo, descubriendo nuevas especies y discutiendo con qué nombres, en latín, las íbamos a bautizar. Ya empezábamos a controlar las piezas básicas, las

especies, pero faltaba conocer su cohesión en comunidades, así como sus complejas interrelaciones. Surgió el perfil adicional de ecólogo. Hasta momentos trabajábamos con incontenible ilusión en ciencia básica.

Lo expresado en el párrafo anterior nos mostró tempranamente que todo el esfuerzo anterior tenía aplicación inmediata, pues apreciamos que había especies marinas que eran excelentes bioindicadores de la calidad ambiental del medio marino, bien de que esta fuera excelente, bien de todo lo contrario. El colmo de la sorpresa fue que la información resultaba mucho más rigurosa cuando estudiábamos grupos de especies o comunidades de las mismas. Se entró de lleno, también de manera natural, en la investigación aplicada y en la transferencia de resultados de investigación.

Desde ese momento surgieron proyectos de investigación financiados por empresas o instituciones públicas porque ya irrumpimos en la evaluación de impactos ambientales en el medio marino, en cómo prevenirlos antes de que pudieran acontecer y, además, en cómo mitigarlos si éstos ya se habían producido. De por medio, especies protegidas e invasoras. Se abrió, pues, un campo extraordinario de investigación científica, necesaria para atender necesidades sociales muy importantes que nos proveyó de importantes medios, los cuales hicieron posible que se avanzara enormemente en el conocimiento de esta temática. La vocación, en origen, fue la culpable. El cómo se forjó, ya ha sido relatado. Ello permitió trabajar con extremo entusiasmo, continuamente adaptado y renovado, en todas las nuevas líneas que vinieron después.

En esta historia “imposible” desempeñaron un papel determinante no solo mis compañeros y profesores de carrera de la Facultad de Biología de Sevilla, sino también los amigos en general, con una mención especial a los buceadores que me acompañaron en los inicios de mi faceta como submarinista. Tampoco puedo dejar de mencionar a mi familia, pilar fundamental de toda una vida vinculada al medio marino; lo dio todo: comprensión, apoyo y una paciencia infinita ante las numerosas ocasiones de convivencia que se vieron truncadas por compromisos profesionales que no supe –o no pude– posponer.

Queridos alumnos y biólogos jóvenes. Enamórense... no solo de la pareja. ☺

De la taxonomía marina a las aplicaciones. — Los crustáceos caprélidos como ejemplo



José Manuel Guerra García.

Doctor en Biología en 2001. Premio Jóvenes Investigadores Real Academia Sevillana de Ciencias (2008) y Premio Manuel Losada Villasante (2015). Catedrático de Zoología, Facultad de Biología, Universidad de Sevilla.

■ La diversidad marina como fuente de recursos biotecnológicos

El medio marino es menos diverso que el terrestre-dulceacuícola en términos de número de especies, ya que en el medio terrestre viven los insectos, el grupo de animales más diversificado que existe. Sin embargo, si valoramos la diversidad en términos de códigos genéticos y planes estructurales, el medio marino es mucho más diverso que el terrestre ya que la mayoría de los filos tienen representantes en el mar. Además, en torno al 50% de los filos son exclusivamente marinos, por lo tanto en el medio marino existe una mayor diversidad de formas de vida. De hecho, la vida se originó en el mar y allí se fue diversificando. El medio terrestre fue colonizado por varios grupos, algunos de los cuales se expandieron considerablemente, como los insectos. En cualquier caso, se estima que conocemos menos del 10% de las especies que viven en el planeta (Mora *et al.*, 2011). Por tanto, la taxonomía es fundamental para poder describir las especies restantes, caracterizar adecuadamente la diversidad global del planeta, y poder así profundizar en sus aplicaciones. Lamentablemente, a pesar de la importancia de la taxonomía, se trata de una ciencia en crisis que no recibe la financiación necesaria, el trabajo de los taxónomos no se valora, las publicaciones taxonómicas tienen poco impacto y los taxónomos no hemos sido capaces de convencer al resto de los científicos y a la sociedad de la importancia de la taxonomía. Afortunadamente, en los últimos años, tanto las técnicas

moleculares como la preocupación generalizada por la conservación de la biodiversidad han servido de base a varias iniciativas nacionales e internacionales destinadas a fomentar los estudios taxonómicos y a actualizar las bases de datos de especies de cada región.

El medio marino es menos conocido que el terrestre por ser más difícil de explorar. Sin embargo, los organismos que viven en el mar tienen importantes aplicaciones, muchas de ellas biotecnológicas (Rotter *et al.*, 2021).

Las bacterias y las arqueas son fundamentales en la degradación de compuestos orgánicos en aguas residuales y son fuente de numerosas enzimas de interés industrial, ya que muchas de sus especies viven en ambientes extremos.

Las microalgas son fuente de biodiesel y bioetanol así como de carotenos. Además, son muy utilizadas en acuicultura y acuariofilia como alimento básico. Las macroalgas son fuente de alimento fundamental en Asia y su consumo se está generalizando en países de otros continentes. También tienen uso agropecuario (harinas para ganado, abono, etc), uso industrial (alginatos, carragenatos usados en la fabricación de muchos productos lácteos) y aplicaciones farmacológicas.

Muchos animales invertebrados también destacan por su interés biotecnológico. De las esponjas se extraen, entre otros, potentes anticancerígenos y antivirales

(usados frecuentemente para herpes labiales). Recientemente se han descubierto metabolitos en esponjas con utilidad para tratamientos contra el Alzheimer. Al colágeno que presentan las esponjas también se le atribuyen numerosas propiedades, y la esponjina permite que las esponjas naturales tengan usos en el cuidado del bebé. Las espículas de las esponjas están resultando de gran interés en el campo de los biomateriales, ya que están sirviendo de inspiración para el diseño y fabricación de fibras ópticas. La silicateína que contienen, que participa en la espiculogénesis, permite la polimerización enzimática de la sílice y tiene importantes aplicaciones en la reparación dental o de huesos.

Los cnidarios también tienen gran interés, ya que se han descubierto en ellos metabolitos con propiedades antitumorales, antimicrobianas, antiinflamatorias, antifouling (evitan que se peguen los organismos a los cascos de las embarcaciones reduciendo su velocidad o atascando hélices, etc). En 1961 Osamu Shimomura extrajo la Proteína Fluorescente Verde (GFP, de *green fluorescent protein*) de la medusa *Aequorea victoria*. Martin Chalfie descubrió cómo usar GFP como un marcador fluorescente de genes insertados en otras células u organismos, y Roger Tsien manipuló la proteína para producir otros colores fluorescentes. Los tres autores compartieron el Premio Nobel de Química en 2008. Los corales también pueden ser fuente de calcio natural.

Revisiones recientes han demostrado la utilidad del filo de los anélidos, sobre todo de los poliquetos, de los que se han aislado antibióticos, anticoagulantes, antivirales y analgésicos y calmantes. Además, también se ha descrito bioluminiscencia en algunas especies de poliquetos.

El filo de los moluscos incluye organismos de gran interés, como las especies del género *Aplysia*. Se trata de moluscos gasterópodos con neuronas de gran tamaño, que están sirviendo de modelo en estudios neurofisiológicos. La

ziconotida es un analgésico potencialmente muy interesante. Se extrae de moluscos del género *Conus*, y se caracteriza por tener bajo poder adictivo y alto poder analgésico (1000 veces superior a la morfina). El fármaco que contiene este principio ya se comercializa bajo el nombre de Prialt y está dando muy buenos resultados en tratamientos del dolor crónico neuropático. Algunos moluscos bivalvos, como los mejillones, tienen proteínas que sirven para anclarse a las rocas y que están investigándose como pegamentos naturales con uso bajo el agua, adecuados para operaciones de córnea, oído interno, odontología y reparación de huesos.

Los briozoos son animales coloniales de gran interés; la especie *Bugula neritina* destaca por su producción de briostatinas, potentes anticancerígenos y también útiles para el tratamiento del Alzheimer.

Dentro del filo de los artrópodos destacan los crustáceos, de los que se obtiene el quitosano a partir de la desacetilación de la quitina. Al quitosano se le atribuyen aplicaciones biomédicas, alimentarias, para tratamiento de aguas, industria del papel y textil y agricultura. La fosfatasa alcalina de camarón (SAP) es una enzima muy usada en Biología Molecular que se extrae del crustáceo decápodo *Pandarus borealis*.

Muchos equinodermos se están usando como modelos de estudio en investigaciones sobre desarrollo embrionario. Algunos producen sustancias antitumorales, y algunos

extractos de erizos marinos han resultado muy beneficiosos en tratamientos contra el acné.

Entre los cordados, destacamos las ascidias, grupo de gran relevancia por producir metabolitos antitumorales, antibacterianos, antifúngicos antivirales, antimalaria, antidiabetes, antioxidantes y antiinflamatorios. Destacamos la especie *Ecteinascidia turbinata* de la que se obtiene la trabectedina, que constituye el principio activo del medicamento Yondelis, con propiedades antitumorales, producto estrella de la empresa española Pharmamar.

En los últimos años, tanto las técnicas moleculares como la preocupación generalizada por la conservación de la biodiversidad han servido de base a varias iniciativas nacionales e internacionales destinadas a fomentar los estudios taxonómicos y a actualizar las bases de datos de especies de cada región

■ Los crustáceos caprélidos: pequeños desconocidos

Los caprélidos son crustáceos marinos, de pequeño tamaño (desde un par de milímetros hasta dos o tres centímetros como máximo), que viven en todos los ambientes y profundidades. Se pueden encontrar, entre otros sustratos, sobre algas, fanerógamas marinas, hidrozoos, briozoos, esponjas, ascidias, corales, equinodermos y sedimentos. También son muy frecuentes en sustratos artificiales como cuerdas, boyas, cascos de los barcos e incluso hay especies adaptadas a vivir sobre los caparazones de tortugas. En la mayoría de los crustáceos, como los cangrejos, de los huevos nacen larvas que pasan a formar parte del plancton y se desplazan arrastrados por las corrientes. Sin embargo, los caprélidos tienen desarrollo directo y no presentan fase larvaria planctónica. Además, carecen de apéndices natatorios, por lo que, esperaríamos un desplazamiento bastante limitado. Sin embargo, algunas especies pueden viajar largas distancias como polizones, asociadas al 'fouling' que se pega a los cascos de las embarcaciones. Esto explica la existencia de especies de caprélidos invasores, que viajan desde su rango nativo a otros países donde se establecen como especies introducidas. Es el caso, por ejemplo,

de *Caprella scaura* (Figura 1), que ha llegado a nuestras costas y alcanza grandes densidades en puertos deportivos, donde está desplazando a la especie residente *Caprella equilibra*.

A pesar de ser mucho menos conocidos que otros crustáceos, como las gambas, los centollos o las langostas, los caprélidos desempeñan un papel fundamental en los ecosistemas marinos. Sirven de alimento a muchas especies de peces e invertebrados, y son muy importantes en el reciclado de materia orgánica. A pesar de su relevancia en los ecosistemas marinos, los caprélidos no habían sido muy estudiados. Desde los trabajos monográficos de Paul Mayer de finales del siglo XIX y comienzos del XX, donde se sentaron las bases de su clasificación taxonómica a partir de abundante material recolectado durante la *Siboga Expedition*, poca atención habían recibido por parte de la comunidad científica. Afortunadamente, durante las últimas décadas, se ha intensificado su estudio, destacando las contribuciones de I. Arimoto, S. Vassilenko, D. Laubitz o I. Takeuchi. De las 500 especies de caprélidos conocidas en todo el mundo, en el Laboratorio de Biología Marina hemos descrito como nuevas para la Ciencia cerca de un centenar, incluyendo 10 géneros nuevos, lo que da idea de lo poco conocido que era este grupo.



Figura 1. Vista lateral de un macho y una hembra del caprélido invasor *Caprella scaura*.

Los caprélidos como herramienta de monitorización de la calidad ambiental del medio marino

Recientemente, hemos demostrado que estudiando la comunidad de caprélidos de una zona determinada podemos conocer, sin necesidad de llevar a cabo costosos análisis físico-químicos, si está o no contaminada (Guerra-García y García-Gómez, 2001). Concretamente, los caprélidos son un grupo excelente para la monitorización de metales pesados en aguas y sedimentos, con mejores resultados incluso que otros grupos usados tradicionalmente como los mejillones o las lapas (Guerra-García et al., 2010). También hemos puesto de manifiesto que el uso de caprélidos puede ser útil para detectar contaminación por nutrientes en ecosistemas de arrecife de coral (Guerra-García y Koonjul, 2005). Por otra parte, investigadores de Japón han encontrado que los caprélidos son muy adecuados para monitorizar la contaminación por TBTs (compuestos muy frecuentes en las pinturas *antifouling*). Estos pequeños crustáceos tienen una capacidad metabólica mucho más baja que otros organismos marinos para degradar el TBT y éste se acumula mucho más rápidamente en sus tejidos, lo que les convierte en un grupo ideal para monitorizar las concentraciones de TBT en el medio marino (Takeuchi et al., 2001).

Aplicaciones de los caprélidos en acuicultura

Entre los principales retos de la acuicultura actual se encuentran: (1) el desarrollo de cultivos más sostenibles desde el punto de vista ambiental, y (2) la búsqueda de nuevas fuentes de alimento para la cría de peces y de otros grupos de interés comercial.

Tradicionalmente, los caprélidos se han considerado depredadores. Sin embargo, en un estudio de los contenidos digestivos realizado en colaboración con entomólogos, hemos evidenciado que son fundamentalmente detritívoros (Guerra-García y Tierno de Figueroa, 2002). Por tanto, pueden alimentarse de restos de pienso e incluso de heces asociadas a cultivos de peces. Esto les

Los caprélidos desempeñan un papel fundamental en los ecosistemas marinos. Sirven de alimento a muchas especies de peces e invertebrados, y son muy importantes en el reciclado de materia orgánica



confiere un gran interés para ser considerados en acuicultura multitrofica integrada (IMTA) donde unas especies se alimentan de los desechos de otras (Guerra-García et al., 2016). Los caprélidos, al igual que otros crustáceos anfípodos, podrían criarse a bajo coste alimentándose de desechos de otros cultivos

y además servirían como biofiltros del sistema contribuyendo a cultivos mucho más sostenibles de menor impacto ambiental (Castilla-Gavilán et al., 2023)

Por otra parte, los caprélidos son un recurso excelente como alimento para peces y moluscos de

interés comercial, ya que son ricos en proteínas y ácidos grasos omega 3. Los caprélidos cumplen con todas las características que un alimento de calidad debe presentar (Woods, 2009): son



Figura 2. Cultivo preliminar de crustáceos caprellídeos desarrollados por Baeza-Rojano et al. (2013).

una fuente de alimento natural para muchas especies marinas de pequeño tamaño o en etapa juvenil en sus ambientes naturales, son capaces de alcanzar densidades poblacionales muy altas debido a su crecimiento rápido y su temprana maduración sexual, poseen un valor nutricional alto, son resistentes a las posibles fluctuaciones del medio ambiente y son fácilmente cultivables con fuentes de alimento baratas gracias a su carácter detritívoro. De hecho, están dando muy buenos resultados en la alimentación de las primeras fases de moluscos cefalópodos, tanto de pulpos como de sepias (Baeza-Rojano et al., 2010). La principal limitación es conseguir poner a punto cultivos de caprellídeos a gran escala, si bien ya disponemos de algunos ensayos exitosos (Figura 2) (Baeza-Rojano et al., 2013). Por todo ello, los caprellídeos tienen gran potencial en acuicultura (como alimento vivo o bien como harina integrada en piensos) o en acuariofilia (como suplemento alimenticio para peces ornamentales o tortugas). ©

Bibliografía

- Baeza-Rojano, E., García, S., Garrido, D., Guerra-García, J.M., Domingues, P. (2010). Use of Amphipods as alternative prey to culture cuttlefish (*Sepia officinalis*) hatchlings. *Aquaculture*, 300(1-4), 243-246.
- Baeza-Rojano, E., Calero-Cano, S., Hachero-Cruzado, I., Guerra-García, J.M. (2013). A preliminary study of the *Caprella scaura* amphipod culture for potential use in aquaculture. *Journal of Sea Research*, 83, 146-151.
- Castilla-Gavilán, M., Guerra-García, J. M., Moreno-Oliva, J.M., Hachero-Cruzado, I. (2023). How much waste can the amphipod *Gammarus insensibilis* remove from aquaculture effluents? A first step toward IMTA. *Aquaculture*, 573, 739552.
- Guerra-García, J.M., García-Gómez J.C. (2001). The spatial distribution of Caprellidea (Crustacea: Amphipoda): a stress bioindicator in Ceuta (North Africa, Gibraltar area). *PSZN Marine Ecology*, 22: 357-367.
- Guerra-García, J.M., Koonjul, M.S. (2005). *Metaprotella sandalensis* (Crustacea: Amphipoda: Caprellidae): a bioindicator of nutrient enrichment on coral reefs? A preliminary study at Mauritius Island. *Environmental Monitoring and Assessment*, 104, 353-367.
- Guerra-García, J.M., Tierno de Figueroa, J.M. (2009). What do the caprellids feed on? *Marine Biology*, 156: 1.881-1.890.
- Guerra-García, J.M., Ruiz-Tabares, A., Baeza-Rojano, E., Cabezas, M. P., Díaz-Pavón, J. et al. (2010). Trace metals in *Caprella* (Crustacea: Amphipoda). A new tool for monitoring pollution in coastal areas?. *Ecological Indicators*, 10(3), 734-743.
- Guerra-García, J.M., Hachero-Cruzado, I., González-Romero, P., Jiménez-Prada, P., Cassell, C., Ros, M. (2016). Towards integrated multi-trophic aquaculture: lessons from caprellids (Crustacea: Amphipoda). *PLoS One*, 11(4), e0154776.
- Mora, C., Tittensor, D.P., Adl, S., Simpson, A. G., Worm, B. (2011). How many species are there on Earth and in the ocean?. *PLoS biology*, 9(8), e1001127.
- Rotter, A., Barbier, M., Bertoni, F., Bones, A.M., Cancela, M.L., et al. (2021). The essentials of marine biotechnology. *Frontiers in Marine Science*, 8, 629629.
- Takeuchi, I., Takahashi, S., Tanabe, S., Miyazaki, N. (2001). Caprella watch: a new approach for monitoring butyltin residues in the ocean. *Marine Environmental Research*, 52(2), 97-113.
- Woods, C. M. (2009). Caprellid amphipods: an overlooked marine finfish aquaculture resource?. *Aquaculture*, 289(3-4), 199-211.

La almeja fina (*Ruditapes decussatus*) en Andalucía: un reto hacia una acuicultura sostenible

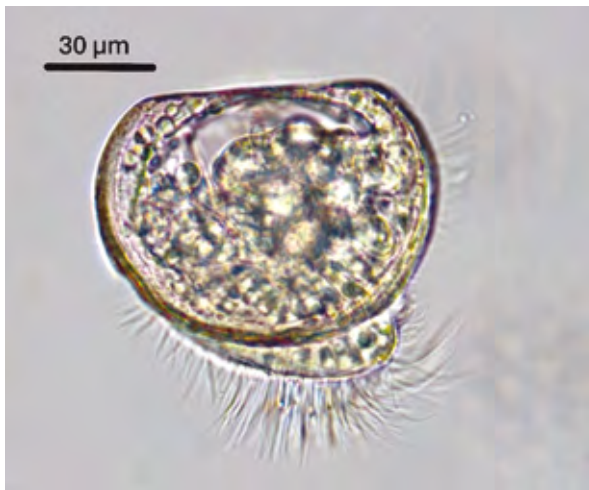


José Ignacio Navas Triano (Coleg. COBA nº 0410) (Investigador titular). Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA), Centro Agua del Pino, Cartaya (Huelva).

Introducción: el valor ecológico y socioeconómico de la acuicultura de moluscos bivalvos.

Los moluscos bivalvos desempeñan funciones esenciales en los ecosistemas marinos y estuarinos. Su capacidad de filtración contribuye de manera significativa a la mejora de la calidad del agua, al eliminar partículas en suspensión, fitoplancton y bacterias (Dame, 2012), atenuando la eutrofización y facilitando el equilibrio ecológico de las zonas costeras (Newell & Koch, 2004).

sostenible de moluscos bivalvos no solo generan recursos, sino que también aportan servicios ecosistémicos esenciales como la mejora de la calidad del agua, la reducción de la erosión o el incremento de la biodiversidad estuarina (Moreno Escalante, 2024) ayudando a mantener la salud y funcionalidad de los ecosistemas marinos. La acuicultura de moluscos bivalvos se revela como un sector estratégico para el desarrollo socioeconómico y resiliencia de las comunidades costeras, generando empleo y fomentando la economía azul.



Larva D (veliger) de almeja fina (48 h tras la fecundación).

Por su parte, las estructuras biogénicas formadas por sus conchas proporcionan microhábitats que incrementan la biodiversidad local (Gutiérrez et al., 2003). Los bivalvos actúan como sumideros de carbono, almacenando CO₂ en sus tejidos y conchas, y facilitando a la mineralización de los sedimentos, contribuyendo a la mitigación del cambio climático (Filgueira et al., 2015). La conservación de los bancos naturales y el cultivo

Sin embargo, el desarrollo de la acuicultura en zonas costeras se enfrenta a una creciente competencia con otros usos como el turismo, la pesca artesanal, la conservación ambiental y la presión urbanística. Por ello, la planificación integrada del litoral y la aplicación de criterios de sostenibilidad son esenciales para compatibilizar la acuicultura con otros usos, garantizando un desarrollo equilibrado que beneficie a todos los sectores implicados.

Peculiaridades de la costa andaluza y la relevancia de la almeja fina, *Ruditapes decussatus*.

Con más de 1100 km lineales de costa y 2.167 km de Dominio Público Marítimo-Terrestre (Junta de Andalucía, 2023) la costa andaluza presenta características clave para el desarrollo de la acuicultura variada, integrada y sostenible. Su diversidad de ecosistemas (marismas, estuarios, bahías y mar abierto), sus condiciones climáticas y la calidad de sus aguas permiten la acuicultura de una gran diversidad de especies: dorada, lubina, lenguado, ostras, almejas, mejillones, etc.

(Junta de Andalucía, 2022), en muchas de las cuales Andalucía ha sido pionera. En consecuencia, el litoral andaluz posee un gran potencial de crecimiento acuícola sostenible, sustentado en la calidad ambiental, la innovación tecnológica y la experiencia del sector (Junta de Andalucía, 2024).

Concretamente, la costa atlántica de Andalucía se caracteriza por la presencia de amplias extensiones de zonas húmedas en marismas y esteros que ofrecen condiciones óptimas para el desarrollo de la acuicultura de moluscos bivalvos, gracias a su riqueza en nutriente y hábitats protegidos. Como se ha mencionado, estas zonas húmedas no solo son valiosas para la acuicultura, sino que también prestan servicios ecosistémicos cruciales, como la regulación del ciclo hidrológico, la conservación de la biodiversidad y la mejora de la calidad del agua. El cultivo de moluscos bivalvos se muestra con una actividad económica capaz de integrarse en un marco de gestión ambiental que preserve estos servicios y promueva el desarrollo sostenible.



Semillas seleccionadas de almeja fina.

Entre las especies de mayor relevancia en la acuicultura de bivalvos en Andalucía, destaca la almeja fina (*Ruditapes decussatus*), un recurso autóctono de alto valor ecológico, cultural y comercial. Sin embargo, a pesar de que la almeja fina ha sido objeto preferente de la acuicultura andaluza desde sus orígenes, su cultivo y explotación han estado históricamente condicionados por limitaciones técnicas, sanitarias y de competencia interespecífica, lo que ha dificultado su

El desarrollo de la acuicultura en zonas costeras se enfrenta a una creciente competencia con otros usos como el turismo, la pesca artesanal, la conservación ambiental y la presión urbanística

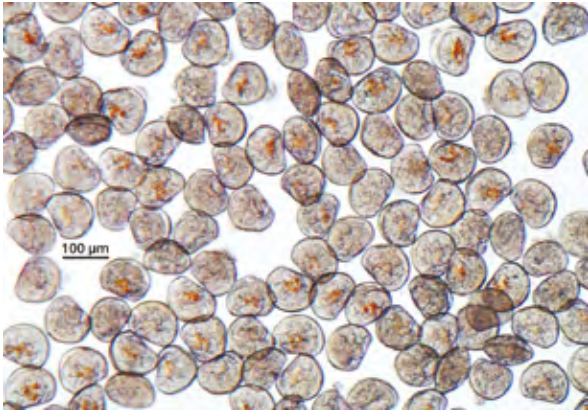
consolidación en la acuicultura andaluza. Entre estas limitaciones se encuentra, las dificultades zootécnicas de su cultivo y la introducción de la almeja japonesa (*Ruditapes philippinarum*), especie más resistente y de crecimiento rápido, que ha acaparado el interés acuícola. Esta competencia ha afectado la rentabilidad y el desarrollo del cultivo de la almeja fina, que sigue siendo una especie emblemática por su calidad y valor tradicional, pero con un cultivo que no ha logrado estandarizarse.

■ Elementos claves en la acuicultura de bivalvos: la importancia del sustrato.

Los moluscos bivalvos al alimentarse por filtración son excelentes bioindicadores. Este es el motivo por el cual la acuicultura de moluscos bivalvos es una actividad productiva especialmente dependiente de la calidad del medio marino. El cultivo y los bancos naturales de bivalvos en espacios naturales son especialmente dependiente de la potencial presencia de contaminantes o el desarrollo de episodios de fitoplancton tóxicos lo que obliga a un control constante de las zonas de producción (Reglamento UE 2017/625). Además, compartir hábitat con poblaciones salvajes implica también la posibilidad de dispersión de enfermedades o la presencia de especies competidoras o depredadoras.

El cultivo de los moluscos bivalvos consta de una serie de etapas que arrancan con el acondicionamiento de los reproductores mediante técnicas mixtas de alimentación, temperatura y fotoperíodo para la obtención de las puestas a través de diferentes estímulos. Le sigue el cultivo larvario desde la fase pelágica (larvas trocóforas, veliger y pediveliger) hasta el asentamiento y metamorfosis en la transición a la vida bentónica de los juveniles ("semillas") (Helm et al., 2006). La duración de las diferentes fases depende de la especie, la temperatura y la alimentación, siendo el asentamiento o fijación la fase crítica a superar en el desarrollo zootécnico de una especie (Ruiz Azcona, 2014; da Costa et al., 2020).

Una vez obtenidas las semillas, el cultivo se centra en los diferentes procedimientos de prengorde y engorde. Es en este momento donde es



Larvas D (veliger) de almeja fina (48h tras la fecundación) en cultivo.

necesario diferenciar la acuicultura de moluscos bivalvos epibentónicos y endobentónicos.

Los **epibentónicos**, como el **mejillón** y la **ostra**, viven adheridos a superficies duras o suspendidos en el agua, lo que facilita su cultivo en estructuras flotantes como bateas, con cuerdas o linternas o en mesas elevadas sobre el fondo. Estas estructuras permiten un manejo relativamente sencillo, con fácil acceso para la limpieza, alimentación y recolección. Por estos motivos, los cultivos de estas especies epibentónicas fueron los primeros en desarrollarse con ciclos productivos escalables y una rentabilidad aceptable.

Por el contrario, los **endobentónicos**, como **almejas** y **berberechos**, viven enterrados en el lecho arenoso o fangoso, por lo que el éxito de los cultivos depende las condiciones del fondo donde viven. Así, el sustrato es el factor determinante, ya que debe permitir el enterramiento, la oxigenación y la disponibilidad de alimento. Tradicionalmente, estos cultivos se desarrollan en zonas intermareales lo que implica la ocupa-



Almejas finas enterradas en el sustrato.

ción de amplias extensiones de especial interés ecológico. Además, el sustrato debe ser poroso y estar compuesto por materiales adecuados, como grava o conchas molidas, que eviten su compactación, favorezcan el desarrollo del bivalvo, y lo protejan de depredadores y condiciones adversas (Royo Rodríguez et al., 2015). Estas peculiaridades hacen que el cultivo de almejas requiera cuidados especiales y una recolección final, generalmente artesanal, que incrementa los costes de producción.

Retomando el cultivo de la almeja fina en Andalucía: abordar viejos desafíos con nuevas soluciones.

Diferentes ensayos se han llevado en el cultivo de almejas y berberechos para soslayar la necesidad de sustrato mediante el uso de estructuras suspendidas como cestas, mallas o cajas. Estos sistemas son comunes en las primeras fases de prengorde, es decir desde semillas de 1 a 5-10 mm, resultando esencial garantizar el correcto flujo de agua y aporte de comida. Sin embargo, superada esta etapa, el cultivo prolongado sin sustrato suele asociarse a deformaciones (Dunham & Marshall, 2012) y a una reducción de la capacidad de enterramiento afectando la supervivencia posliberación (LaValley, 2001). En concreto, las especies del género *Ruditapes* parecen verse especialmente afectadas. En el caso de la almeja japonesa, *R. philippinarum*, cuando el engorde continúa sin sustrato, la aparición de deformidades en la concha se incrementa sustancialmente afectando a la calidad del producto y viabilidad del cultivo (Royo et al., 2005). En la almeja fina, *R. decussatus*, la ausencia de un lecho en el que enterrarse afecta negativamente a su crecimiento (Navas et al., 2023b), realizándose actualmente ensayos para valorar los efectos sobre la capacidad de filtración y determinados parámetros fisiológicos.

Por este motivo, ante la imposibilidad de prescindir del sustrato en el cultivo de la almeja fina nuestro interés se ha centrado en el control de éste como una pieza clave para la viabilidad económica y ambiental del cultivo de esta especie.

En este contexto, del Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA) a través de su Centro *Agua del Pino* en Cartaya (Huelva) realiza en los últimos años un notable esfuerzo para la recuperación



Reproductores seleccionados de almeja fina.

y promoción del cultivo de la almeja fina. Partiendo de los conocimientos previamente desarrollados se apostó por intentar estandarizar un procedimiento de cultivo a partir de reproductores autóctonos y abordar de forma original la problemática del sustrato en la fase de engorde.

Para ello, inicialmente, se llevó a cabo un análisis de la variabilidad genética de las poblaciones naturales presentes en el litoral suratlántico ibérico mediante marcadores microsatélites (Borrell et al., 2014). El genotipado de 9 bancos naturales reveló una alta variabilidad intrapoblacional y una baja variabilidad interpoblacional, consistente con poblaciones caracterizadas por abundantes puestas y altas tasas migratorias en etapa larvaria que facilitan el intercambio entre poblaciones (Navas et al., 2023b). Estos resultados confirmaron un trabajo previo que apuntaba a la interconexión entre las poblaciones de la costa sur atlántica (Saavedra & Peña 2016) pudiéndose abordar con una estrategia común. A su vez, se investigó la presencia de la almeja japonesa (*Ruditapes philippinarum*) y posibles híbridos de *R. decussatus*/*philippinarum* en las poblaciones naturales mediante análisis del espaciador ribosómico ITS2 (Hurtado et al., 2011). Los resultados mostraron una escasa presencia de ejemplares de *R. philippinarum* en los bancos naturales (0,8%=16/1958) e identificándose sólo un híbrido (Navas et al., 2023b). Actualmente se desarrollan análisis genéticos de las progenies obtenidas con el fin de evaluar el porcentaje mínimo de reproductores efectivos, sus familias y la disminución progresiva de alelos y heterocigosis observada a través de las generaciones sucesivas (datos no publicados). Este esfuerzo ha permitido establecer una línea de producción de la especie de la que se espera ya la cuarta generación.



Cultivo de almeja fina en bandejas con sustrato.



Tanques de engorde de almeja fina.

Paralelamente, se han llevado trabajos encaminados a optimizar las técnicas de cultivo larvario, fijación y engorde. Los principales avances se han obtenido en la fase de engorde. Partiendo de la hipótesis de trabajo de que es posible engordar almejas a altas densidades (>1000 ej./m²) se seleccionó como sustrato grava de 3-4 mm con una profundidad de 10-12 cm sobre cajas perforadas elevadas sobre el fondo y en estanques con alimentación controlada mediante la producción de fitoplancton en tanques anexos (Navas et al., 2023a). Este sistema permitió la limpieza periódica y un control exhaustivo del cultivo. Mediante este método se han obtenido ejemplares sanos de talla comercial en 18-24 meses capaces de reproducirse espontáneamente en los propios estanques de cultivo (IFAPA, 2024). Estos resultados proponen un nuevo método de engorde cuyas principales ventajas son:

- Un cultivo a densidades económicamente rentables, vigilado ambientalmente en una instalación cerrada, donde es posible controlar la calidad del agua, los vertidos, su influencia sobre el medioambiente y el acceso a la instalación (furtivismo).

- La facilidad para el seguimiento y control de su alimentación, pudiéndose asociar ésta a la productividad de espacios exteriores o a otros cultivos en sistemas multitróficos.
- La posibilidad de limpieza, esterilización y reutilización del sustrato, controlando así la aparición de enfermedades en los ciclos productivos y las condiciones sanitarias del cultivo.
- La posibilidad de mecanización del cultivo (manejo y limpieza de cestas de cultivo, rotaciones y desdobles) y la simplificación y rapidez de la cosecha, reduciendo costes y permitiendo extracciones parciales a demanda, algo esencial en la gestión económica de una explotación acuícola.

■ Perspectivas de futuro

La acuicultura de la almeja fina en Andalucía constituye un desafío científico, ambiental y socioeconómico de primer orden. La integración de la innovación tecnológica y la gestión sostenible de los recursos son esenciales para garantizar el futuro de esta especie emblemática. Andalucía dispone de los recursos



Tanques exteriores para el cultivo de fitoplancton.

La acuicultura de la almeja fina en Andalucía constituye un desafío científico, ambiental y socioeconómico de primer orden. La integración de la innovación tecnológica y la gestión sostenible de los recursos son esenciales para garantizar el futuro de esta especie emblemática

y el conocimiento necesarios para liderar un modelo de acuicultura que combine excelencia, sostenibilidad y respeto por el patrimonio natural, asegurando la pervivencia y valorización de la almeja fina para las generaciones futuras.

La consolidación de estos avances y mejoras se desarrollan actualmente gracias al proyecto “Innovación y fomento de una acuicultura de moluscos sostenible en el litoral sur atlántico andaluz (MOLUSCOS)” cofinanciado por el Fondo Europeo Marítimo, de Pesca y de Acuicultura (FEMPA). ©

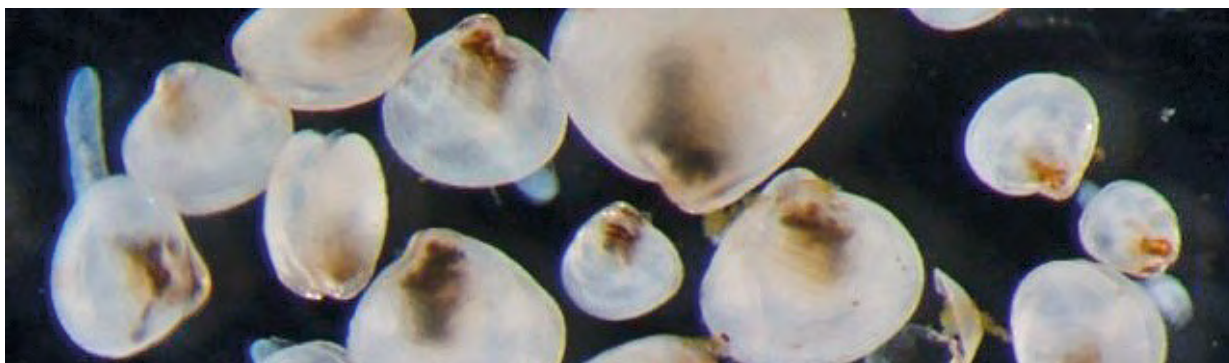
■ Referencias

- Borrell, Y. J., Arias-Pérez, A., Freire, R., Valdés, A., Sánchez, J. A., Méndez, J., Martínez, D., López, J., Carleos, C., Blanco, G., & Insua, A. M. (2014). *Microsatellites and multiplex PCRs for assessing aquaculture practices of the grooved carpet shell Ruditapes decussatus in Spain*. *Aquaculture*, 426–427, 49–59.
- da Costa, F., Cerviño-Otero, A., Iglesias, Ó., Cruz, A., & Guévelou, E. (2020). *Hatchery culture of European clam species (family Veneridae)*. *Aquaculture International*, 28(4), 1675–1702.
- Dame, R. F. (Ed.). (2012). *Bivalve filter feeders: In estuarine and coastal ecosystem processes* (NATO ASI Series G: Vol. 33). Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Dunham, A., & Marshall, R. D. (2012). *Using stocking density modifications and novel growth medium to control shell deformities and biofouling in suspended culture of bivalves*. *Aquaculture*, 356–357, 153–161.
- Filgueira, R., Byron, C.J., Comeau, L.A., Costa-Pierce, B.J., Cranford, P.J., Ferreira, J.G., Grant, J., Guyondet, T., Jansen, H.M., Landry, T., McKindsey, C.W., Petersen, J.K., Reid, G.K., Robinson, S.M.C., Smaal, A., Sonier, R., Strand, Ø., Strohmeier, T., & Wikfors, G.H. (2015). *An integrated ecosystem approach for assessing the potential role of cultivated bivalve shells as part of the carbon*

trading system. Marine Ecology Progress Series, 518, 281-287.

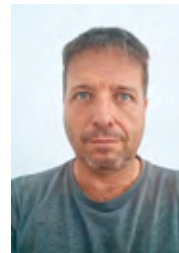
- Gutiérrez, J.L., Jones, C.G., Strayer, D.L., & Iribarne, O.O. (2003). Mollusks as ecosystem engineers: The role of shell production in aquatic habitats. *Oikos*, 101(1), 79-90.
- Helm, M. M., Bourne, N., & Lovatelli, A. (Eds.). (2006). *Cultivo de bivalvos en criadero: Un manual práctico* (FAO Documento Técnico de Pesca No. 471). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Hurtado, N. S., Pérez-García, C., & Ruiz, C. (2011). Species-specific markers for the identification of *Ruditapes decussatus* and *Ruditapes philippinarum* larvae and adults. *Journal of Molluscan Studies*, 77(3), 274-278.
- IFAPA. (2024, 30 julio). *El IFAPA logra en Cartaya (Huelva) un récord en obtención de puestas naturales de almeja fina a partir de reproductores cultivados*. <https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/web/noticias/el-ifapa-logra-en-cartaya-huelva-un-record-en-obtencion-de-puestas-naturales-de-almeja>
- Junta de Andalucía. (2022). *Estrategia andaluza para el desarrollo de la acuicultura marina 2021-2030*. Consejería de Agricultura, Pesca, Agua y Desarrollo Rural.
- Junta de Andalucía. (2023). *Informe de la costa andaluza*. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul.
- Junta de Andalucía. (2024). *La acuicultura marina en Andalucía 2023*. Agencia de Gestión Agraria y Pesquera de Andalucía.
- LaValley, K. J. (2001). Effects of nursery culture technique on the morphology and burrowing capability of the softshell clam, *Mya arenaria*. *Journal of Shellfish Research*, 20(1), 522.
- Moreno Escalante, O. (2024). *Guía de recuperación de poblaciones naturales de moluscos bivalvos*. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera de Andalucía (IFAPA). Consejería de Agricultura, Pesca, Agua y Desarrollo Rural, Junta de Andalucía.

- Navas, J. I., Guillén, C., García-Sánchez, P., Gómez-Domínguez, M. C., Sedano, J., Roca, J. L., Ferrer, J. F., Damota, M., Espada, P., Tobes, N., & Quintero, A. D. (2023a). *Engorde intensivo de almeja fina en sustrato bajo condiciones controladas*. En *X Jornadas de Acuicultura en el Litoral Suratlántico* (Libro de Actas, pp. 67-70). Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria de la Producción Ecológica (IFAPA). ISBN 978-84-09-56347-0.
- Navas, J. I., Rivera, R., López-Sanmartín, M., Pacheco, M., & de la Herrán, R. (2023b). *Variabilidad genética de la almeja fina en el litoral suratlántico andaluz*. En *X Jornadas de Acuicultura en el Litoral Suratlántico* (Libro de Actas, p. 119). Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria de la Producción Ecológica (IFAPA). ISBN 978-84-09-56347-0.
- Newell, R. I., & Koch, E. W. (2004). Modeling seagrass density and distribution in response to changes in turbidity stemming from bivalve filtration and seagrass sediment stabilization. *Estuaries*, 27, 793-806.
- Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2017). *Reglamento (UE) 2017/625 relativo a los controles oficiales en la cadena agroalimentaria* (versión consolidada 2025). Diario Oficial de la Unión Europea, L 95, 1-142.
- Royo Rodríguez, A., Cidre Fernández, I., & Ruiz Azcona, M.ª P. (2015). *Engorde de almejas en la provincia de Huelva*. Universidad de Cádiz, Servicio de Publicaciones.
- Royo, A., Ruiz Azcona, P., & Navajas, R. (2005). *Engorde de almeja japonesa Ruditapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850) con anomalías en el crecimiento producidas durante el preengorde. *Boletín. Instituto Español de Oceanografía*, 21(1), 407-414.
- Ruiz Azcona, P. (2014). *Guía de cultivo de almeja en criadero*. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera de Andalucía (IFAPA).
- Saavedra, C., & Peña, J. B. (2016). Assessing the geographic scale of genetic population management in the clam *Ruditapes decussatus* L. (Bivalvia: Veneridae) in southwestern Europe. *Journal of Heredity*, 107(3), 209-219.



El bienestar de los peces —

Marcelino Herrera Rodríguez
(Coleg. COBA nº 03843)
Coordinador del Área de Acuicultura,
Pesca y Medio Marino del IFAPA,
Investigador Especialista en fisiología
del estrés y bienestar en peces.



En la actualidad, el bienestar animal es considerado como un tema de alto interés. La forma de pensar en la sociedad ha evolucionado y el respeto y cuidado hacia los animales ya ocupa una posición relevante en nuestra escala de valores. Los avances tecnológicos y científicos han apoyado este pensamiento ya que se ha demostrado que el dolor y el sufrimiento no son exclusivos de los humanos. De hecho, la legislación sobre bienestar de animales en producción y experimentación se ha incrementado y es cada vez más exigente. Aunque en parte de la legislación general sobre especies ganaderas se incluyen a los peces, el creciente interés por la piscicultura y la proliferación de explotaciones han originado los primeros textos específicos para peces que servirán como precursores de futuras leyes, como la Recomendación del Consejo Europeo en 2008 sobre el bienestar de peces cultivados, y los principios rectores para el bienestar en peces adoptados por la Organización Mundial para la Salud Animal (OIE).

A nivel empresarial también se han hecho esfuerzos para subrayar la importancia del bienestar animal en la acuicultura, como se refleja en el Código de Conducta para la Acuicultura Europea publicado por la Federación Europea de Productores en Acuicultura (FEAP; www.feap.info). De hecho, las asociaciones de productores de algunos países poseen normas al respecto. Concretamente, Reino Unido posee códigos de conducta que se revisan periódicamente, además de estándares de calidad que contemplan un cultivo sostenible respetando el bienestar animal. En este sentido, la mayor asociación de

productores de acuicultura en España (APROMAR) ha editado una guía sobre bienestar de los peces y certificado una norma ISO para el sacrificio, etapa donde se compromete al máximo el bienestar.

Por tanto, el estudio del bienestar en peces se lleva a cabo, sobre todo, en especies mantenidas en cautividad, ya sea para producción como para ocio (acuarios). No obstante existen estudios con especies salvajes cuya ejecución es más compleja al no poder controlar otras variables ambientales que afectan significativamente al bienestar animal, tales como los parámetros físicoquímicos del agua, la presencia de otros animales y la ausencia o abundancia de alimento.

■ La evaluación del bienestar en peces

El bienestar en peces se cuantifica en términos de estrés. Este estrés no solo hace referencia a los aspectos fisiológicos, sino también a aspectos sobre el comportamiento de los peces. Esta segunda aproximación es mucho más reciente que la primera y ha cobrado gran importancia

en los últimos años, basándose sobre todo en el uso del concepto de *coping style*, donde se relacionan variables fisiológicas con variables de comportamiento como respuesta al estrés. A nivel de comportamiento el estrés puede evaluarse mediante tests individuales o grupales donde se cuantifican variables específicas de cada tests

que, a su vez, son también características del comportamiento propio del pez. Como ejemplo podemos citar número de ataques a individuos introducidos en su territorio, tiempo en empezar

La mayor asociación de productores de acuicultura en España (APROMAR) ha editado una guía sobre bienestar de los peces y certificado una norma ISO para el sacrificio, etapa donde se compromete al máximo el bienestar



Figura 1. Extracción de sangre en un ejemplar de corvina (*Argyrosomus regius*) para medición de bioindicadores de estrés en sangre.

a alimentarse tras un cambio de entorno, movimientos exploratorios o patrones de movimiento en tanques, etc.

Las variables fisiológicas indicadoras de estrés son muy diversas, teniendo en cuenta que cualquier indicador de un cambio respecto a la homeostasis puede considerarse un marcador de estrés. La mayor parte de estos indicadores derivan de la respuesta neuroendocrina. Esta consiste inicialmente en una respuesta definida como el síndrome adaptativo general (GAS), que consiste en una cascada hormonal que deriva en otras respuestas al agente estresante. Los ejes HPI (hipotálamo-pituitaria-interrenal) y HSC (hipotálamico-simpático-cromafin) se activan durante esta respuesta primaria, liberando corticosteroides (principalmente cortisol) y catecolaminas (epinefrina, norepinefrina y dopamina) al torrente sanguíneo. Es entonces cuando aparecen estos indicadores de la respuesta primaria al estrés en sangre y tejidos. Seguidamente varias rutas del metabolismo intermediario se activan, dando lugar a la respuesta secundaria y, si el estrés continúa (distrés), aparecen fallos severos a nivel de organismo, la respuesta terciaria.

La respuesta secundaria se evalúa principalmente estudiando la circulación y transformación de sustancias de reserva y otros metabolitos (glucosa, lactato, proteínas) mediante el análisis de su

concentración en sangre o tejidos y actividades enzimáticas. La respuesta terciaria se manifiesta en disfunciones generalizadas derivadas de fallos multiorgánicos, tales como retrasos en el crecimiento, mortalidad, mayor susceptibilidad a enfermedades, pérdida de la eficacia reproductiva, etc.

A nivel práctico, ya sea en una piscifactoría o en el campo, todo esto se vuelve algo más complejo. Al contrario que en las especies terrestres, en las que se han desarrollado y validado indicadores de bienestar en los que se apoyan certificaciones oficiales de sus productos, en peces no se han podido establecer índices operacionales que permitan medir el bienestar de peces “*in situ*” mediante algunas observaciones y registros rutinarios sobre el comportamiento de los animales. Actualmente se trabaja en ello pero la manera más eficaz de evaluarlo es mediante análisis de sangre, tejidos, mucus dérmico, agua o heces. Las tres primeras se tratan de técnicas invasivas o semi-invasivas (mucus), por lo que existe un factor estresante que se le aplica al pez antes de extraer la muestras, mientras que las dos segundas son inocuas pero permiten un menor rango de variables a determinar. En los análisis de sangre y tejido (Figura 1) pueden determinarse las concentraciones, expresiones o actividades de un amplio rango de hormonas, enzimas, metabolitos y marcadores moleculares. El moco dérmico de los peces ha sido descrito recientemente

como una matriz apta para el análisis de bioindicadores de estrés como cortisol, lactato, glucosa y actividad antimicrobiana. En el caso del agua y las heces solo es posible analizar básicamente hormonas como cortisol, aunque se trabaja en la búsqueda de más marcadores. El análisis de heces se emplea principalmente en la naturaleza con especies grandes y medios estables en las que la recolección de estas muestras es sencilla, por ejemplo, en especies de meros típicas de arrecifes. Todos los análisis excepto los de agua son aplicables a cualquier pez, ya se encuentre en el medio natural (la captura provocaría algo de estrés) o en un tanque o acuario. El análisis del agua queda restringido a tanques de acuicultura donde se analice el estado de bienestar de un lote entero, ya que la variable clave es el exceso de cortisol, que está presente en las heces y se disuelve luego en el agua.

■ Principales procesos y elementos que determinan el bienestar de los peces

Los principales agentes estresantes de los peces que pueden limitar su bienestar han sido estudiados principalmente en condiciones de cautividad (piscifactorías y acuarios). En la naturaleza y en cautividad la calidad del agua o, dicho de otro modo, del medio donde el pez se desarrolla, es el principal factor que determina el nivel de bienestar. La existencia o no de depredadores, la abundancia de alimento y la jerarquía en el caso de especies gregarias también condicionan el bienestar. Sin embargo, en la naturaleza estas

son variables ambientales a las que el pez puede manejar trasladándose a otras zonas. Por tanto el estudio y la evaluación del bienestar en especies salvajes es una tarea compleja.

En la naturaleza y en cautividad la calidad del agua o, dicho de otro modo, del medio donde el pez se desarrolla, es el principal factor que determina el nivel de bienestar

Sin embargo, en cautividad se intentan manejar las variables anteriores y otras más para garantizar a los peces un máximo bienestar. Algunas de estas variables y procedimientos clave en ese aspecto son:

Instalaciones y agua de cultivo. Como se ha adelantado, la calidad del agua es consi-

derada como el principal agente estresante en la mayoría de las especies. Sus parámetros físico-químicos (oxígeno disuelto, temperatura, nitritos, nitratos, etc.) rigen su calidad, si bien es verdad que los rangos de tolerancia varían ampliamente entre cada especie. El diseño, limpieza y mantenimiento general de las instalaciones van asociadas a este factor.

Densidad de cultivo. La existencia de jerarquías y territorialidad es el principal origen del estrés por alta densidad (o incluso por baja) y el estrés social (Figura 2). Estos factores están íntimamente ligados al comportamiento de cada especie, por lo que el establecimiento de la idoneidad de una densidad de cultivo en términos de bienestar no es extrapolable a todos los sistemas. Por ejemplo, al contrario que la mayoría de las especies, la corvina (*Argyrosomus regius*), un pez con un marcado carácter gregario, muestra mejores crecimientos y menores síntomas de estrés a densidades mayores.

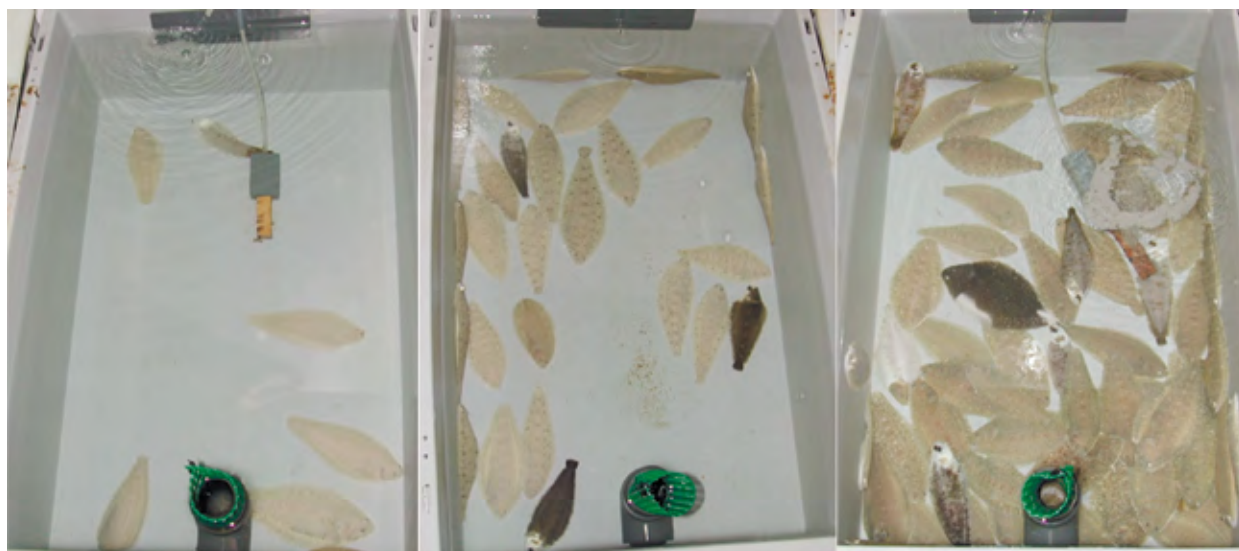


Figura 2. Ejemplos de densidades de cultivo diferentes en un cultivo experimental de acedia (*Dicologlossa cuneata*).

Transporte. El transporte lleva asociado tanto estrés por alta densidad, normalmente superiores a las habituales del cultivo, como por manejo y/o pérdida de calidad del agua (Figura 3). Implica movimiento de tanques o directamente de los peces, así como captura y exposición al aire en algunos casos.

Sacrificio. Está constatado que el grado de estrés o bienestar de los peces durante tanto su ciclo de cultivo como las horas previas al sacrificio, junto al método de sacrificio empleado, influyen determinadamente en la calidad del producto final (calidad de la carne), por lo que existe un gran interés por la optimización de los métodos de sacrificio. Un estrés agudo pre-sacrificio provoca un agotamiento de las reservas de glucógeno y aumento de la concentración de ácido láctico en el músculo, lo que origina un descenso acusado del pH, finalmente dando lugar a una carne más ácida y de peores cualidades organolépticas.

Otros tipos de manejo: muestreos, clasificación.

El aspecto más estresante en este caso está representado por la exposición al aire de los peces, aunque la captura y traslado de una a otra zona o cambio de tanques también ejercen una acción depresora sobre el bienestar. En estas actividades es esencial una formación específica en cuanto a bienestar animal del personal que manipule a los animales.

■ Métodos de mejora del bienestar de los peces en cautividad

Manejo zootécnico y sanitario

La prevención de patologías y el mantenimiento de un estado sanitario óptimo, tanto de los peces como de las instalaciones es el punto de partida para el logro de un bienestar adecuado. Cualquier medida encaminada a la mejora de estos aspectos repercutirá positivamente en el bienestar. Entre ellas pueden considerarse las siguientes: control y optimización de la calidad del agua (incluyendo temperatura), establecimiento de densidades de cultivo apropiadas en función de la especie, diseño y desarrollo de planes sanitarios, ajuste de la intensidad de luz y fotoperíodo (también podría aumentar el consumo), diseño de los tanques o acuarios.

En peces de acuicultura, algunas acciones concretas que se han demostrado que reducen

el estrés y podrían llevarse a cabo en etapas de cultivo específicas son:

- **Reproductores:** enriquecimiento de los tanques con elementos para cobijo, sustratos, etc. Inicialmente este método mejora el bienestar en peces aunque también se ha descrito que en algunas especies como el pez gato (*Clarias gariepinus*) favorece las agresiones entre especímenes.
- **Cultivo larvario, alevinaje y engorde:** baños en sustancias naturales y hormonas, ajuste de la salinidad. Se ha constatado que baños en soluciones con aceites vegetales mejoran el bienestar en especies como el bagre negro (*Rhamdia quelen*), y lo mismo ocurre en el lenguado senegalés (*Solea senegalensis*) con soluciones de melatonina. Por tanto ambos procedimientos pueden emplearse en situaciones de manejo o previas a éste (transporte, muestreos...).
- **Sacrificio:** reducción en el uso de métodos que provoquen alto estrés como la narcosis con CO₂ y la congelación, ajuste de los días de ayuno previos. Actualmente la mayoría de los métodos de sacrificio usados no contribuyen positivamente al mantenimiento del bienestar, sólo el sacrificio por electrocución o por percusión se aceptan como respetuosos del bienestar animal, aunque en ocasiones los resultados en cuanto a estrés fisiológico y del comportamiento pueden ser contradictorios, por lo que son necesarias más investigaciones en este campo. Independientemente del método final de sacrificio, cobra relativa importancia el manejo previo, por lo que han de evitarse al máximo situaciones de estrés tales como exposición excesiva al aire, alta densidad, capturas bruscas, etc. De la misma forma, el período de ayuno previo al sacrificio sigue siendo objeto de estudio con el fin de evitar estrés por inanición.

Alimentación

El suministro de sustancias favorecedoras del bienestar animal mediante el alimento ha sido estudiado en profundidad en varias especies, aunque su aplicación práctica aún no está muy extendida. Está constatado que ésta es una forma no invasiva muy efectiva de aumentar la resistencia al estrés, ya que no implica el manejo de los animales, que lleva intrínseco problemas de estrés, y su puesta en práctica no resulta muy compleja ni costosa.

Además de la composición nutricional de la dieta, que lógicamente influye directamente en el bienestar, a nivel experimental se han ensayado numerosos aditivos en el pienso, tanto naturales como sintéticos, que, además de reducir el estrés, mejoran otras variables zootécnicas de interés como crecimiento y supervivencia. Estas sustancias pueden clasificarse en varios grupos:

- Moléculas orgánicas: aminoácidos (triptófano, fenil alanina, glutamina), ácido cítrico, vitamina C, quitosano. Algunas de estas sustancias ya han sido probadas a nivel experimental y se ha constatado que disminuyen los marcadores de estrés. A pesar de ello son necesarias más investigaciones sobre sus efectos a largo plazo sobre las respuestas fisiológicas al estrés.
- Extractos y/o aceites naturales: plantas, algas y microalgas. Se ha descrito que la inclusión en la dieta de algunos componentes vegetales mejoran la resistencia al estrés en algunos peces aunque todavía es discutible el valor nutricional de estas dietas y sus efectos sobre el crecimiento.
- Probióticos y prebióticos: sus efectos son más evidentes a nivel digestivo y nutricional. Los efectos beneficiosos de estas sustancias en peces ya han sido demostrados (al igual que en animales superiores) y ya existen dietas comerciales que los incluyen.
- Sustancias inorgánicas: selenio, fósforo. El aumento en la dieta de oligoelementos como el selenio o el fósforo aumenta la capacidad antioxidante en peces expuestos a situaciones de estrés oxidativo.

■ Bibliografía

- APROMAR, 2022. *Guía sobre el bienestar de los peces en la acuicultura española* (4 volúmenes). Asociación Empresarial de Acuicultura de España. <https://apromar.es/guia-bienestar/>

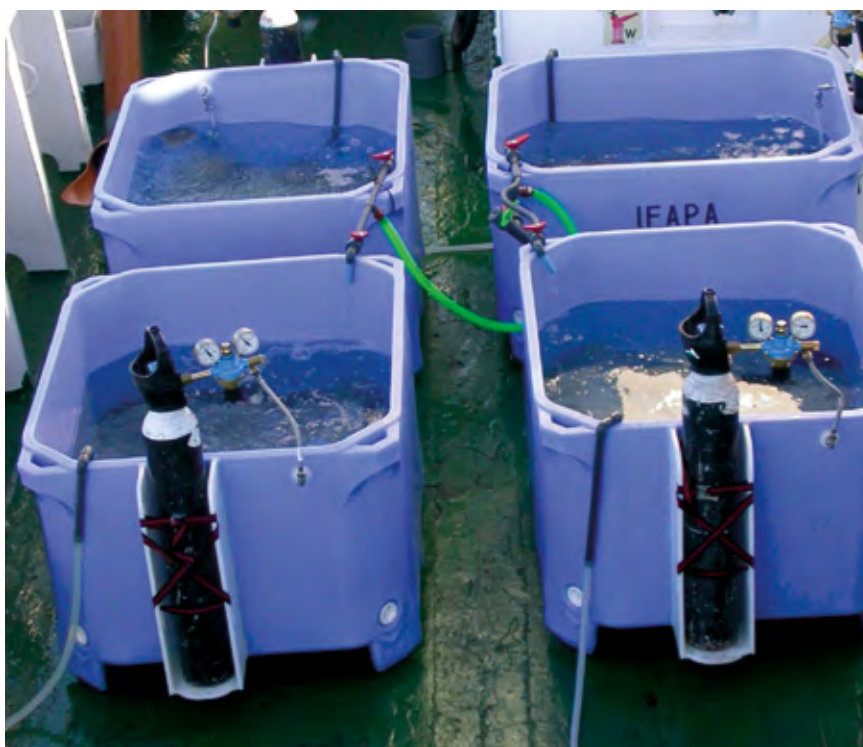


Figura 3. Tanques de transporte de lenguados (*Solea senegalensis*).

- Arechavala-López, P.; Cabrera-Álvarez, M.J.; Maia, C.M.; Saraiva, J.L., 2022. *Environmental enrichment in fish aquaculture: A review of fundamental and practical aspects*. Reviews in Aquaculture 14, 704-728.
- Barreto, M.O., Rey Planellas, S., Yang, Y., Phillips, C., Descovich, K., 2021. *Emerging indicators of fish welfare in aquaculture*. Reviews in Aquaculture 14: 343-361
- Branson, E.B., 2008. *Fish welfare*. Blackwell Publishing, Oxford, UK.
- Fernández-Alacid, L., Sanahuja, I., Ordóñez-Grande, B., Sánchez-Nuño, S., Viscor, G., Gisbert, E., Herrera, M., Ibarz, A., 2018. *Skin mucus metabolites in response to physiological challenges: A valuable non-invasive method to study teleost marine species*. Science of The Total Environment 644, 1323-1335.
- Herrera, M., López, J., Herves, A., 2016. *A preliminary approach on the stress assessment through harmless procedures in farmed seabream (Sparus aurata L.)*. Animal Welfare 25(4), 423-427.
- Herrera, M., Mancera, J.M., Costas, B., 2019. *The use of dietary additives in fish stress mitigation: comparative endocrine and physiological responses*. Frontiers in Endocrinology 10, 447.
- Salamanca, N., Herrera, M., de la Roca, E., 2025. *Amino Acids as Dietary Additives for Enhancing Fish Welfare in Aquaculture*. Animals 15(9), 1293.
- Schreck, C.B., Tort, L., Farrell, A., Brauner, C., 2016. *Biology of stress in fish*. Academic Press. London, Uk.

— ¿Sobrevivirán los bosques marinos al cambio climático?

Tolerancia térmica de las algas en la costa norte de Portugal



Bosque marino submareal en el norte de Portugal.

DOSIER



José Luis Daza Baras. (Coleg. COBA nº 3992).

Grado en Biología y Máster en Biología Avanzada: Investigación y Aplicación (Universidad de Sevilla).

Francisco Arenas Parra. Investigador Principal Laboratorio Ecología Bentónica (CIIMAR).

Lucia Pini. Grado en Ciencias Naturales y Máster en Biología Marina (Universidad de Pisa).

CIIMAR: Interdisciplinary Centre of Marine and Environmental Research (Centro Interdisciplinario de Investigación Marina y Ambiental).

Introducción

Actualmente, los ecosistemas marinos se enfrentan a múltiples presiones derivadas de actividades humanas, las cuales generan impactos negativos en distintos niveles de organización biológica. Se estima que el 83 % de los océanos del planeta está afectado por al menos uno de estos factores antropogénicos, y alrededor del 41 % sufre una influencia significativa de múltiples estresores simultáneamente (Halpern et al., 2008). Estos factores no solo actúan de forma individual, sino que también tienen efectos acumulativos que suelen conducir a la pérdida de biodiversidad y a la degradación generalizada de los ecosistemas marinos (Halpern et al., 2019).

Las zonas costeras, en particular, están altamente urbanizadas y frecuentemente expuestas a factores de estrés como la eutrofización, la contaminación por metales, la sobrepesca y el cambio climático (Todd et al., 2019). Uno de los problemas más críticos es el proceso de cambio climático global, consecuencia del aumento de los niveles atmosféricos de CO₂, y que genera impactos globales e irreversibles a escalas temporales ecológicas (Doney et al., 2012). Las principales consecuencias directas incluyen el aumento de la temperatura oceánica, el aumento del nivel del mar, la acidificación de los océanos y la alteración de los patrones de circulación. Estos cambios en la temperatura y la química del océano pueden afectar directamente a la

fisiología, el comportamiento y las características demográficas de los organismos marinos, lo que resulta en cambios en la estructura, distribución y abundancia estacional de las poblaciones. Como consecuencia, estos cambios alteran las interacciones entre las especies y la dinámica de las redes tróficas, repercutiendo en los ecosistemas marinos (Doney et al., 2012).

En los últimos años, se han puesto en marcha numerosos proyectos para mitigar estos impactos y prevenir una mayor pérdida de biodiversidad.

■ Proyecto ACTNOW

ACTNOW (ACTNOW project [1]) es un proyecto europeo que busca comprender y predecir los impactos acumulativos del cambio climático sobre los ecosistemas marinos. El programa ofrece soluciones para detener la pérdida de biodiversidad, restaurar y proteger hábitats y procesos ecosistémicos, y salvaguardar las contribuciones de las áreas marinas al bienestar humano.



Se están llevando a cabo 17 estudios de caso, algunos con ámbito geográfico regional y otros a nivel europeo, con el objetivo de comprender las relaciones causa-efecto, desarrollar la capacidad predictiva y, finalmente, generar tanto indicadores como herramientas que respalden la toma de decisiones futuras en relación con la gestión de la biodiversidad marina europea frente a diversas amenazas.

El proyecto tiene tres objetivos principales:

1. Revelar áreas de alta biodiversidad y resiliencia frente al cambio climático, y predecir las respuestas de los ecosistemas frente a futuros escenarios hipotéticos.
2. Proporcionar a reguladores y responsables políticos herramientas adecuadas para combatir la pérdida de biodiversidad en hábitats marinos y costeros.

3. Apoyar la adaptación, mitigación y el crecimiento sostenible de la economía azul.

CIIMAR (Centro Interdisciplinar de Investigación Marina y Ambiental) es uno de los socios del proyecto ACTNOW y su estudio de caso se centra en los bosques de algas del norte de Portugal.

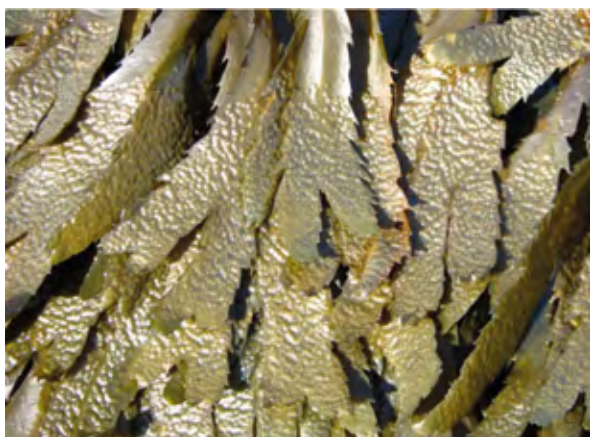


■ ¿Qué son los bosques de algas y por qué son tan importantes?

Los bosques marinos están formados por grandes algas pardas que desempeñan un papel ecológico similar al de los árboles en los hábitats terrestres. Cubren aproximadamente una cuarta parte de las líneas costeras del mundo y constituyen el mayor hábitat vegetal costero (ACTNOW project: Case Study 8 [2]).

Estos bosques marinos, y las algas que los conforman, denominadas Kelps, constituyen en sí mismos una enorme fuente de servicios ambientales a las comunidades costeras. Las algas que conforman estos bosques marinos proporcionan hábitat a una gran diversidad de organismos, contribuyendo a una mantener una alta biodiversidad en las zonas marinas en las que se ubican y sus áreas cercanas de influencia (ACTNOW project: Case Study 8 [2]).

La costa del norte de Portugal alberga los bosques de algas más meridionales del Atlántico Norte de varias especies adaptadas al frío, como *Laminaria hyperborea*, *Saccharina latissima*, *Ascophyllum nodosum* y *Fucus serratus*. El afloramiento ibérico (upwelling ibérico) probablemente sea crucial para mantener estas comunidades del norte en estas latitudes, ya que aporta aguas oceánicas frías y ricas en nutrientes durante el verano. Sin embargo, el cambio climático ha provocado la extirpación local abrupta y fragmentación de estas poblaciones, amenazando sus importantes beneficios (ACTNOW project: Case Study 8 [2]).



Poblaciones más septentrionales de *Fucus serratus* en la zona intermareal de Viana do Castelo (Portugal).

Comprender las causas que provocan su declive es urgente para promover acciones eficaces de gestión y restauración. Estos esfuerzos son especialmente cruciales dado que esta región, ubicada en el noroeste de la Península Ibérica, puede albergar reservorios genéticos únicos de especies de bosques marinos que están en riesgo de desaparecer (ACTNOW project: Case Study 8 [2]).

En este contexto, actualmente estamos trabajando con tres de las especies intermareales más importantes con límites de distribución sur en la costa de Portugal: *Fucus serratus*, *Fucus vesiculosus* y *Ascophyllum nodosum*.

Experimentos

Rampas térmicas

El objetivo de estos experimentos es comprender la diferente tolerancia térmica de las tres especies estudiadas a eventos térmicos extremos. Para ello, utilizamos un protocolo desarrollado por Rezende *et al.* (2014) en el que se usan rampas térmicas.

Se trata de un tipo de experimento diseñado para evaluar la tolerancia térmica de los organismos, exponiéndolos a un aumento gradual y progresivo de la temperatura del medio. Gracias a este método, podemos observar el momento en que el organismo alcanza su límite térmico, es decir, la temperatura en la que pierde funciones fisiológicas básicas o muestra signos evidentes de estrés severo, como la disminución o pérdida de la actividad fotosintética.

En nuestro caso, disponemos de dos incubadoras con cuatro cámaras cada una, en los que introducimos un fragmento apical de alga de cada

individuo, dejando una de las cámaras vacía a modo de control. Cada incubadora dispone de un sistema de iluminación LED propia que permite controlar el nivel de irradiación que las algas están experimentando. Además, cada cámara posee un sensor "Presens" que permite medir la concentración de oxígeno en tiempo real.

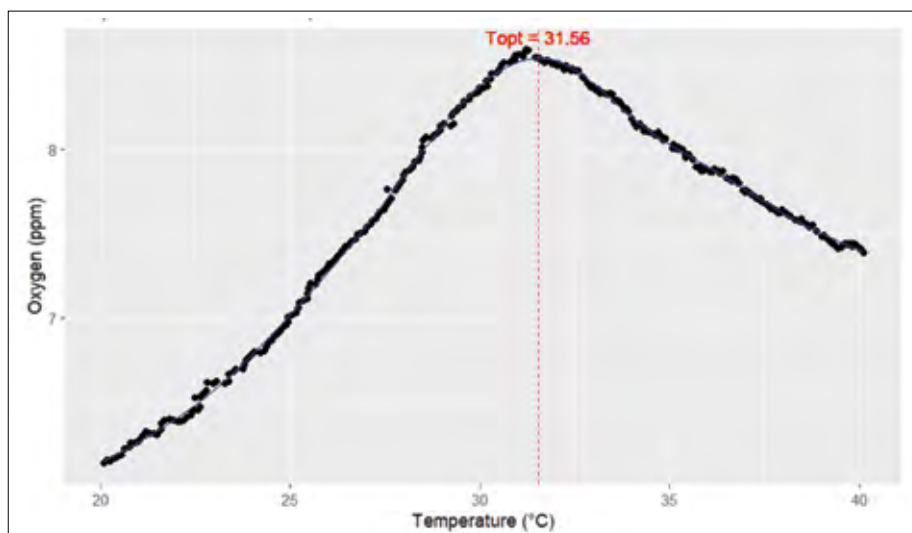
Siguiendo los protocolos de Rezende *et al.* (2014) las rampas se han configurado para pasar de una temperatura inicial de 15 °C (temperatura media del mar en primavera) a una temperatura final de 40 °C, en intervalos de tiempo distintos: 2 horas, 4 horas o 6 horas, con el objetivo de exponer a los individuos a diferentes velocidades de incremento térmico.

Durante la incubación los fragmentos de alga producen oxígeno como resultado de la fotosíntesis, que es liberado dentro de cada cámara, aunque una parte de este oxígeno también se consume durante la respiración. A medida que la temperatura aumenta, el proceso fotosintético se ve alterado, los organismos entran en estrés térmico, lo que provoca una disminución progresiva de la producción de oxígeno y un incremento de la respiración hasta llegar, eventualmente a tasa de producción de oxígeno negativa.

Gracias a sensores ópticos instalados en cada cámara, medimos la concentración de oxígeno en tiempo real. Posteriormente, mediante



Fotografía de una de las incubadoras en las que realizamos las rampas térmicas.



programas de análisis estadístico, generamos gráficos que nos permiten visualizar la tendencia de la concentración de oxígeno en función de la temperatura. Esto nos permite identificar con precisión la temperatura a la que comienza a disminuir el oxígeno disuelto (Fig. 1) y comparar la respuesta entre distintos individuos.

El objetivo es ver cómo se ven afectadas las diferentes especies sometidas a distintos intervalos de tiempo, y qué temperaturas alcanzan antes de interrumpir el proceso fotosintético consecuencia del deterioro de las funciones metabólicas en el individuo.

Pulse Amplitude Modulated fluorometry (PAM)

Actualmente también estamos utilizando otra técnica para medir la actividad fotosintética, utilizando un instrumento llamado PAM (Pulse Amplitude Modulated fluorometry).

Se trata de una técnica empleada para estudiar la eficiencia de la fotosíntesis, midiendo mediante pulsos de luz de baja intensidad, la fluorescencia de la clorofila relacionada con la eficiencia fotosintética.

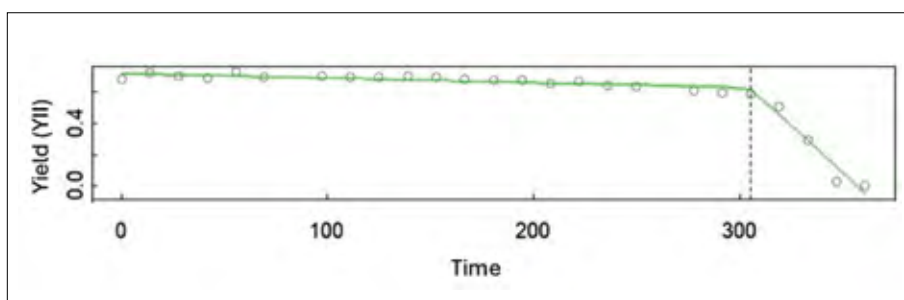
Esta es otra técnica que nos permite ver en qué medida se ve afectada la actividad fotosintética de los individuos al ser sometidos también a un incremento de temperatura gradual que llega a valores mucho más altos de los que actualmente se puede encontrar en el medio marino.

El objetivo es comparar estos resultados con los obtenidos a partir de rampas térmicas para evaluar si los resultados obtenidos son similares.

Conclusión

La supervivencia de los bosques marinos al cambio climático dependerá de su capacidad adaptativa a los procesos inherentes a él. La determinación de los rangos de tolerancia térmica de las algas que lo constituyen resulta un elemento eficaz en la predicción de los efectos que se puedan producir derivados de los cambios de temperatura del agua y, por lo tanto, es una herramienta útil que puede permitir detectar a tiempo el estado ambiental de determinados ecosistemas para adelantarse a situaciones ecológicas no deseadas de difícil retorno.

La importancia de este tipo de experimentos y proyectos es enorme, ya que gracias a ellos po-



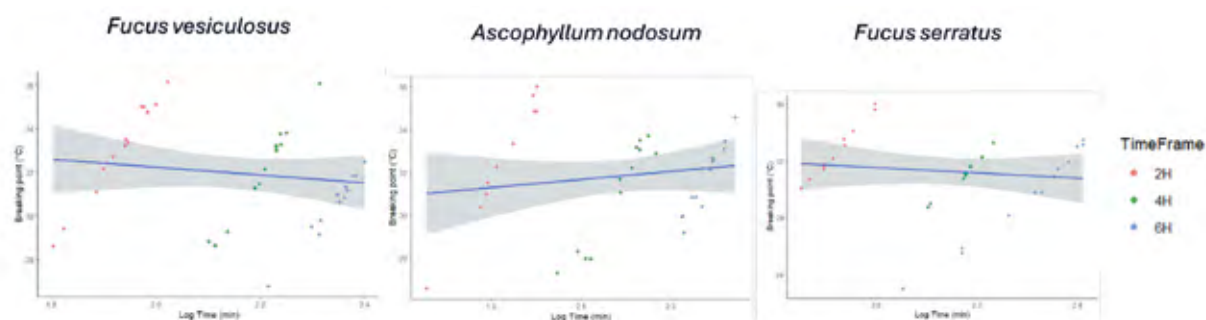


Fig. 3: Los gráficos muestran la relación entre el punto de inflexión y el tiempo, en los diferentes intervalos temporales (2H, 4H y 6H), para las tres especies distintas. Como se puede observar, en todos los casos hay una alta variabilidad entre los diferentes valores.

demos llegar a comprender cómo determinados organismos y el ecosistema se ven afectados por problemas actuales como el cambio climático. Problemas que tendrán un impacto significativo en el medio ambiente y, por consiguiente, también en nuestra calidad de vida.

Este tipo de trabajos son fundamentales para desarrollar un plan de acción eficaz que sirva para mitigar los efectos derivados del cambio climático.

Este proyecto de investigación se encuentra en pleno desarrollo. La experimentación llevada a cabo arroja notables resultados preliminares en fase de análisis antes de proporcionar resultados definitivos. Sabemos que el metabolismo de las especies estudiadas se ve afectado de manera significativa por la exposición al aumento de la temperatura y podemos esperar diferencias significativas entre los organismos expuestos a un aumento de temperatura durante 2, 4 o 6 horas que resulta una relación negativa entre el punto de tolerancia crítica y la velocidad de la rampa. Esto se debe a que en organismos ectotermos, el estrés térmico se acumula, así en las rampas de 2 horas las algas se exponen a un rápido aumento de la temperatura, mientras que en las de 4 y 6 horas el aumento es más gradual, lo que hace que las primeras algas alcancen temperaturas más altas antes de que se observe el punto crítico de inflexión debido a la reducción de la capacidad fotosintética (Jorgensen et al., 2021)

En nuestros trabajos la relación no parece ser negativa, probablemente debido a la alta variabilidad observada entre las frondes (Fig. 3). Probablemente sea necesario un mayor nivel de replicación en cada una de las rampas. ☉

Bibliografía

- Doney, S. C., Ruckelshaus, M., Duffy, J. E., Barry, J. P., Chan, F., English, C. A., Galindo, H. M., Grebmeier, J. M., Hollowed, A. B., Knowlton, N., Polovina, J., Rabalais, N. N., Sydeman, W. J., & Talley, L. D. (2012). *Climate change impacts on marine ecosystems*. Annual Review of Marine Science, 4, 11–37. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-041911-111611>
- Halpern, B. S., Frazier, M., Afflerbach, J., Lowndes, J. S., Micheli, F., O'Hara, C., Scarborough, C., & Selkoe, K. A. (2019). *Recent pace of change in human impact on the world's ocean*. Scientific Reports, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47201-9>
- Halpern, B. S., Walbridge, S., Selkoe, K. A., Kappel, C. V., Micheli, F., D'Agrosa, C., Bruno, J. F., Casey, K. S., Ebert, C., Fox, H. E., Fujita, R., Heinemann, D., Lenihan, H. S., Madin, E. M. P., Perry, M. T., Selig, E. R., Spalding, M., Steneck, R., & Watson, R. (2008). *A Global Map of Human Impact on Marine Ecosystems*. Science, 319(5865), 948–952. <https://doi.org/10.1126/science.1149345>
- Jorgensen, L. B., H. Malte, M. Orsted, N. A. Klahn, and J. Overgaard. 2021. *A unifying model to estimate thermal tolerance limits in ectotherms across static, dynamic and fluctuating exposures to thermal stress*. Sci Rep 11:12840.
- Rezende, E. L., L. E. Castañeda, M. Santos, and C. Fox. 2014. *Tolerance landscapes in thermal ecology*. Functional Ecology 28:799–809.
- Todd, P. A., Heery, E. C., Loke, L. H. L., Thurstan, R. H., Kotze, D. J., & Swan, C. (2019). *Towards urban marine ecology: Characterizing the drivers, patterns and processes of marine ecosystems in coastal cities*. Oikos, 128(9), 1215–1242. <https://doi.org/10.1111/oik.05946>

Website

- [1] ACTNOW Project. (n.d.). ACTNOW – Actionable Climate Tools for Now. Retrieved June 11, 2025, from <https://www.actnow-project.eu/>
- [2] ACTNOW Project. (n.d.). Case Study 8: Temperate Northern Portugal Kelp Forests [Case study]. Retrieved June 11, 2025, from <https://www.actnow-project.eu/case-studies>



**Colegio Oficial de
Biólogos de Andalucía**

Juntos somos mucho más

CERTIFICADO DE BIÓLOGO SANITARIO

El Pleno del Consejo General de Colegios Oficiales de Biólogos de España, órgano supremo de la Organización Colegial, en uso de las competencias que legal y estatutariamente tiene atribuidas, en sesión celebrada el 19 de noviembre de 2022, por mayoría de miembros presentes, aprobó el siguiente acuerdo sobre ordenación del ejercicio profesional del Biólogo Sanitario, Acuerdo núm. 02/2022, de 19 de noviembre de 2022, del Presidente del Consejo General de Colegios Oficiales de Biólogos, por el que se ordenan determinados aspectos del ejercicio profesional del biólogo en el ámbito sanitario, a cuyo contenido íntegro podrán los interesados acceder a través del enlace a la página web del Consejo General de Colegios Oficiales de Biólogos de España reseñado a continuación: <https://cgcob.es/certificacion-biologo-sanitario/>

El Pleno del CGCOB aprobó la CERTIFICACIÓN DE BIÓLOGO SANITARIO con el objetivo de acreditar y certificar la correcta formación y competencias de los colegiados que lleven a cabo tareas sanitarias sin tener una especialidad sanitaria, y que por lo tanto no están reconocidos como Profesionales Sanitarios.

A QUIÉN VA DIRIGIDO

Se concederá a todos aquellos colegiados en Colegios Oficiales de Biólogos de ámbito nacional, con una colegiación no inferior a 6 meses y que estén ejerciendo su actividad profesional en centros privados o en centros, establecimientos y servicios del Sistema Nacional de Salud o concertados con él, en centros de investigación y en centros con docencia sanitaria, así como aquellos centros públicos o privados extranjeros con actividad sanitaria reconocida y desarrollando las funciones propias de biólogo/a sanitario/a.

FINALIDAD DEL CERTIFICADO

- La defensa de los intereses profesionales de los colegiados que desarrollan su actividad en centros sanitarios**.
- Proteger los intereses de los usuarios de la sanidad atendidos por nuestro colectivo.
- Conseguir ser reconocidos como Biólogos Sanitarios por el Ministerio de Sanidad.
- Reunir las estadísticas y datos del número de biólogos que trabajan en Sanidad (requerido por la administración).
- Conseguir la inclusión en el Registro Estatal de Profesionales Sanitarios (REPS), lo que permitirá entre otras cosas la libre circulación en Europa.
- Conseguir que los contratos laborales sean como sanitarios y no de otro tipo, algo que ocurre frecuentemente.
- Conseguir que se trabaje libremente en Sanidad sin depender de otros profesionales sanitarios.
- En una palabra, solucionar todos aquellos problemas que hayan surgido en la vida profesional sanitaria de los colegiados no reconocidos como tales.

CERTIFICADO DE BIÓLOGO AMBIENTAL

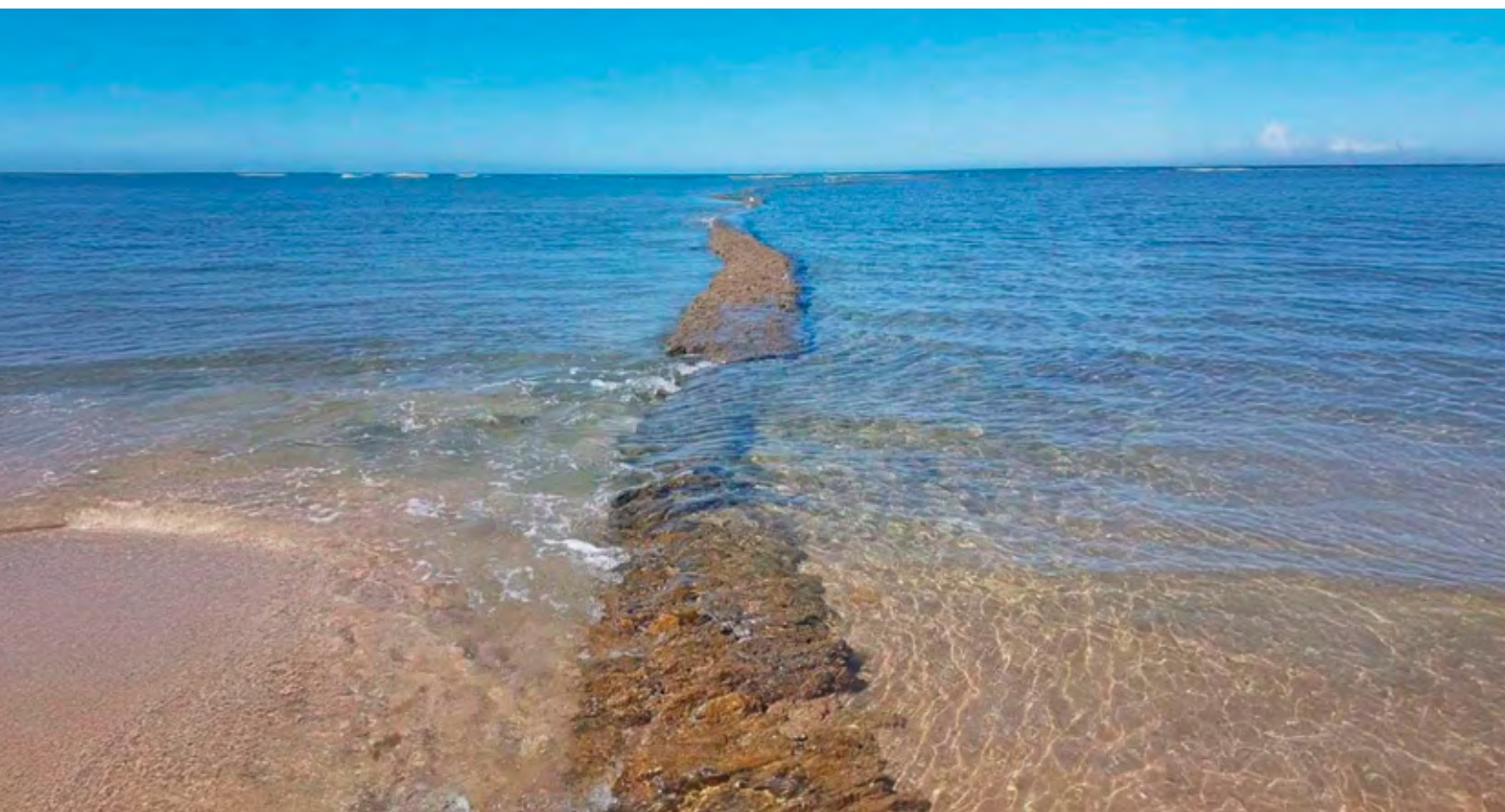
En la misma línea del Certificado de Biólogo Sanitario se ha aprobado por parte del CGCOB la **Certificación de Biólogo Ambiental**.

En el Pleno del CGCOB del 19 de noviembre de 2022, en el punto 5 del orden del día, se aprobó la CERTIFICACIÓN DE BIÓLOGO AMBIENTAL (documento RS 118-22 CG), con el objetivo de regular esta actividad profesional y crear el Registro Nacional de Biólogos Ambiental (RNBA).

En el BOJA, Número 105 - Lunes, 5 de junio de 2023 página 9461/1, se publicó el Acuerdo de fecha 19 de noviembre de 2022, del Pleno del Consejo General de Colegios Oficiales de Biólogos de España, por el que se aprobó la ordenación del ejercicio profesional del Biólogo Ambiental (núm. 01/2022). (PP. 2019/2023).

Para solicitar información de cualquiera de estos dos certificados pueden escribir al correo de nuestra oficina:

oficina@cobandalucia.org



Monumento Natural Corrales de Rota (Cádiz).

Retos en biología de la conservación del litoral andaluz



Federico Fernández Ruiz Henestrosa.
*Biólogo. (Coleg. COBA nº 04227).
Máster en Gestión Integrada del Litoral (UCA). Ha sido Jefe de
la Demarcación de Costas de Cádiz, Jefe de Servicio de Gestión
del Medio Natural y Delegado Territorial de Medio Ambiente y
Ordenación del Territorio de la provincia de Cádiz.*

¿Cuál es el punto de partida?

Andalucía cuenta con un amplio abanico de espacios naturales protegidos que jalonan la costa desde Almería hasta Huelva. Incluyen parques nacionales como Doñana, parques naturales como Bahía de Cádiz, Estrecho o Cabo de Gata, parajes naturales como Odiel, Palmones, Maro-Cerro Gordo o Guadalhorce, monumentos naturales como Corrales de Rota, Duna de Bolonia, Acantilado del Asperillo o la isla de Terreros e Isla Negra y varias Zonas de Especial Conservación en el medio marino (Fondos marinos Bahía de Cádiz, Salobreña, etc.).

Respecto a las especies de fauna y flora amenazada, señalar algunas que son muy conocidas y que, de alguna manera, son especies banderas muy representativas de hábitats en un inquietante estado de conservación como el camaleón, la Posidonia oceánica y el enebro costero.

Al objeto de disponer de un equipamiento para la recuperación y conservación de la biodiversidad en el ámbito marino y costero, Andalucía dispone de dos centros de gestión sostenible en Odiel y Algeciras (CEGMA).

En este contexto geográfico tiene un papel determinante el cambio climático y la subida del

nivel del mar. Un estudio publicado en la revista *'Nature Communications'*, realizado por Climate Central (organización estadounidense que agrupa a numerosos científicos que investigan el cambio climático y sus efectos en la población), resalta que junto a Cádiz las zonas españolas más vulnerables serán Doñana, numerosas áreas de Huelva.

Las herramientas de planificación territorial y regulación de usos y actividades son sectoriales, según las competencias de cada administración. Por ejemplo, en la Consejería de Fomento existen los Planes de Ordenación Subregional y en la de Sostenibilidad y Medio Ambiente los respectivos Planes de Ordenación de los Recursos Naturales de los parques. Por otro lado, están los planes de las demarcaciones hidrográficas, que incluyen las aguas costeras, aunque casi nadie sea consciente de ello. Sin embargo, las Demarcaciones de Costas (Ministerio de Transición Ecológica) no disponen de ningún tipo de herramienta que oriente la toma de decisiones y sus inversiones.

Por otro lado, los diferentes organismos (Ministerio, Junta de Andalucía, ayuntamientos) suelen operar en la estrecha franja del litoral en el ámbito de sus competencias sin que existan mecanismos útiles de coordinación administrativa y de flujo de información entre ellos. A su vez, en el seno de la propia Junta de Andalucía, es habitual que los diferentes departamentos con responsabilidad en la costa funcionen como compartimentos estancos y rara vez se producen sinergias entre ellos.

En este contexto de gobernanza, salvo las juntas rectoras de los parques naturales, los órganos reglados de participación ciudadana brillan por su ausencia. No existe ninguna fórmula para que la sociedad civil (empresas, universidades, ecologistas, etc.) participe en la gestión del litoral, ni en la escala regional, ni en la escala provincial.

Para Andalucía representa una gran fortaleza la existencia de varias universidades, con grados en biología o ciencias del mar, del Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía (CSIC) o de varios centros del Instituto Español de Oceanografía (CSIC). Mención aparte, destacar la existencia del Campus de Excelencia Internacional del Mar (CEIMAR), una agregación estratégica de universidades, centros de investigación y empresas de Andalucía, Portugal y Marruecos.

Por último, recordar, aunque sea sobradamente conocido, que más de un 35 % de la población andaluza vive en la costa, especialmente en el ámbito de las bahías y estuarios, y que una parte significativa de su economía (turismo de sol y playa, logística marítima, construcción y desarrollo inmobiliario, pesca y acuicultura,...) se sustenta en una frágil banda litoral. De hecho, la economía azul está protagonizando, al menos en la teoría, el devenir de la política de la Junta de Andalucía y de diferentes centros de investigación como la Universidad de Cádiz.

■ 2.- ¿Cuáles son los principales retos en materia de biología de la conservación en el litoral andaluz?

a) Planificación:

Un complejo entramado de competencias, un variopinto corpus normativo y un fuerte conflicto de intereses ambientales y económicos requieren de un documento marco que establezca unas coordenadas consensuadas social y políticamente para las diferentes iniciativas sectoriales. Sería, pues, oportuno rescatar del cajón la "Estrategia Andaluza de Gestión Integrada de Zonas Costeras" elaborada por la Consejería de Medio Ambiente en el 2008 con la dirección del catedrático de la Universidad de Cádiz y proceder a una actualización y aplicación inmediata.



Publicación Estrategia de Gestión Integrada de Zonas Costeras de Andalucía.



Salinas del Estanquillo (San Fernando, Parque Natural de la Bahía de Cádiz).

De igual modo, habría que retomar el Plan de Protección del Corredor Litoral de Andalucía (2015) cuyo objetivo principal era ordenar el desarrollo para que la actividad turística e inmobiliaria no ponga en riesgo recursos esenciales para la actividad económica, la conservación del patrimonio natural y paisajístico y el bienestar de la sociedad. En esencia, se trata de compaginar la ordenación del territorio con la protección de los hábitats prioritarios.

De modo complementario, centrados ya en la conservación de las especies más amenazadas, sería deseable un nuevo impulso a los Planes de

Recuperación de las especies en situación crítica con la implicación de los diferentes agentes sociales. Como es lógico, las medidas de protección contempladas en estos planes tendrían que tener efectos en la conservación de los hábitats incluidos en su área de distribución.

Desde una perspectiva territorial, este saludable ejercicio de planificación y ordenación tendría como escenario preferente las bahías y estuarios, territorios en los que conviven un excelso patrimonio natural y una parte muy relevante de la población andaluza, dotando los mencionados espacios de herramientas normativas específicas,



unificadoras, de obligado cumplimiento para todas las administraciones, esto es, Estado, Junta y ayuntamientos.

b) Coordinación:

Partiendo de la base de que la herramienta de planificación (la partitura) es condición necesaria, habría que reconocer que no es suficiente si no contiene implícitamente mecanismos de coordinación

Habría que retomar el Plan de Protección del Corredor Litoral de Andalucía (2015) cuyo objetivo principal era ordenar el desarrollo para que la actividad turística e inmobiliaria no ponga en riesgo recursos esenciales para la actividad económica

interadministrativos (la batuta y una orquesta). No en vano, cada administración tiene sus competencias y sus propios recursos, cuya implementación requiere de un gran esfuerzo de coordinación y, por qué no, de colaboración institucional si no queremos generar absurdas colisiones e incluso innecesarios solapamientos en las actuaciones.

En conclusión, la gestión sectorial debe ser integrada, acompasada, con una distribución de los roles ajustada a la naturaleza de cada organismo que siguen escrupulosamente un guion aceptado por las partes, esto es, deben existir mecanismos reglados de coordinación (técnica y política) espaciales (comarcales, provinciales y regionales) e incluso sectoriales en materias de alto impacto ambiental y socioeconómico. En el litoral y especialmente en las bahías (por lo común áreas metropolitanas) la existencia de estos mecanismos es clave para sentar en una mesa al Ministerio de Transición Ecológica, a las diferentes consejerías de la Junta y muy especialmente a los ayuntamientos de grandes poblaciones (es habitual que estos municipios tengan más de 100.000 habitantes y por ende un alto potencial de desarrollo). A modo de ejemplo, piensen en la gestión de las playas o de la acuicultura y la conservación de la avifauna limícola y sus hábitats.

c) Participación:

En la implementación de estos modelos de gestión del territorio y de sus recursos naturales habría que articular procesos de participación de los agentes sociales implicados que garanticen la implicación de aquellos en conforman la sociedad y el tejido productivo. Estos foros reglados son grandes facilitadores para

acercar posturas y encontrar soluciones satisfactorias para todas las partes.

De nuevo, si queremos reforzar el principio de identidad territorial, es decisivo que estos procesos se

desarrollen igualmente en los ámbitos comarcal, provincial y regional en ambas direcciones, de abajo arriba y de arriba abajo.

R. Sánchez Carrión 2020



Monumento Natural Tómbolo de Trafalgar (Barbate, Cádiz). Autor Rafael Sánchez Carrión.

d) Investigación:

En la toma de decisiones es clave que la administración se base en criterios científicos contrastados y en el asesoramiento continuo de los centros de investigación con arraigo en el territorio. Bastaría diseñar programas de seguimiento básicos que nos den señales de la evolución de los ecosistemas y configurar comisiones científico-técnicas en las que analizar los proyectos más relevantes y diseñar líneas de trabajo para la recuperación de las especies amenazadas y los hábitats de interés comunitario.

■ A modo de conclusión

3.1. La normativa de protección de la fauna y flora y de los espacios naturales pierde su eficacia si no va en sintonía con la planificación territorial y en concordancia con la normativa sectorial de las actividades socioeconómicas que marcan el rumbo de la gestión del litoral. En otras palabras, la conservación del patrimonio natural costero pasa por la ambientalización de las diferentes herramientas de ordenación de los usos y actividades con alto impacto social, económico y político del litoral.

3.2. El éxito de los proyectos de conservación de la naturaleza requiere de la existencia

de órganos reglados (técnicos y políticos), comarcales, provinciales o regionales según el caso, donde se garantice que cada administración facilitara la ejecución de un conjunto de medidas y, en el mejor de los casos, se propicien por su parte medidas que multipliquen los objetivos planteados por la administración ambiental.

3.3. Por último, cualquier iniciativa de conservación de fauna y flora requiere de información científica aplicada, así como disponer de un *feed-back* honesto de los múltiples agentes sociales vinculados al territorio.

Se podría afirmar que la biología de la conservación en el litoral andaluz requiere de un proceso de gobernanza que propicie una respuesta integrada de las diferentes administraciones

Según todo lo anterior, se podría afirmar que la biología de la conservación en el litoral andaluz requiere de un proceso de gobernanza que propicie una respuesta integrada de las diferentes administraciones, al tiempo que se facilita la participación de varias disciplinas como la ecología, la geografía, la sociología y la economía. ☉

A los invertebrados también les gusta viajar: los briozoos como modelo de estudio de las invasiones marinas



Sofía Ruiz de Velasco (Coleg. COBA nº 03736).
Doctoranda en el Laboratorio
de Biología Marina (Universidad de Sevilla),
1er Premio de la IV edición de los Premios
Fin de Grado Biología 2020-2021.

■ La navegación como vector en el transporte de especies introducidas marinas

Durante milenios, nuestros océanos han sido un entorno que, más allá de despertar fascinación, ha constituido una vía esencial para conectar destinos distantes mediante la navegación. A lo largo de la historia, el ser humano ha realizado travesías marítimas de larga distancia para el transporte de personas y mercancías, destacando especialmente aquellas realizadas en los 1500s, donde se llevaron a cabo las grandes expediciones europeas (Ojaveer *et al.*, 2018), pero se remontan incluso a tiempos mucho más antiguos. En comparación con estas travesías históricas, que se producían de manera más bien puntual, el mundo actual está notablemente más interconectado, y las barreras para viajar entre sitios muy distantes en el espacio han quedado

diluidas. Pensemos en la facilidad que tenemos hoy en día para ir de turismo a otros países en crucero, o en las mercancías que llegan rápidamente a sus destinos. La demanda turística y comercial es muy alta, y se espera que vaya creciendo con el paso del tiempo, aumentando por ello el número de barcos activos y también su superficie para el transporte de bienes, además de crear nuevas rutas marítimas para que lleguen a su destino de manera más eficaz (Sardain *et al.*, 2019).

A pesar de que esta conectividad es crucial en un plano socioeconómico, también es importante recalcar que puede suponer una gran amenaza a nivel medioambiental. Cada una de estas travesías supone una oportunidad para que las especies asociadas a los barcos traspasen sus barreras biogeográficas naturales, viajando



Figura 1. Rutas marítimas en la actualidad (shipmap.org).

accidentalmente desde sus áreas nativas hacia nuevos destinos, donde se establecen y proliferan. Actualmente, se estima que más de 7.000 especies acuáticas son transportadas cada día en barco. Estas especies que logran introducirse con la ayuda de vectores humanos en zonas donde no habían estado presentes en su historia evolutiva se conocen como “especies introducidas”. Con el paso de tiempo las especies introducidas pueden causar daños en los ecosistemas y las economías de las áreas receptoras, pasando a llamarse en este caso “especies invasoras”. Los daños causados por las especies invasoras pueden ir desde competir con las especies nativas de una zona por alimento y espacio, hasta crecer masivamente en las costas que las reciben. Además, a menos que estas especies sean detectadas de manera muy localizada y en poca abundancia, generalmente son muy difíciles de erradicar, haciendo que sus daños sean generalmente irreversibles.

Por desgracia, el medio marino tiende a ocultar estos procesos hasta que es “muy tarde” para controlarlos. Cubiertas bajo el agua, es difícil gestionar a las especies introducidas antes de que se conviertan en invasoras. Además de esto, muchas especies introducidas son invertebrados de pequeño tamaño o difíciles de identificar, lo que dificulta su detección temprana. Por ello, es crucial detectar puntos localizados donde estas especies sean comunes, para así gestionarlas de manera preventiva realizando monitoreos periódicos.

■ Los puertos como receptores de especies introducidas

El tráfico marítimo constituye el principal vector en la introducción de especies a nivel global (Bailey *et al.*, 2020), realizando el papel clave de los puertos como “puntos calientes” para la detección de especies introducidas. Los puertos funcionan como un reservorio para la llegada y posterior expansión de especies introducidas. De hecho, las características ambientales de estos puertos suponen un filtro, facilitando la presencia de especies introducidas en comparación con las nativas. Los puertos son ambientes embolsados, con bajo hidrodinamismo y presencia de sustancias contaminantes, como metales pesados, pesticidas y alta concentración de nutrientes (Kenworthy *et al.*, 2018). Estas condiciones impiden que especies sensibles a una pobre calidad ambiental se establezcan en puertos, pero permiten la colonización de especies generalistas y tolerantes al estrés, características que presentan muchas especies introducidas.

En concreto, los barcos permiten que las especies viajen de dos formas: a través del agua de lastre, utilizada por los grandes buques para equilibrar su carga; o como *biofouling*, constituido por comunidades incrustantes que crecen en estructuras sumergidas, como los cascos de las embarcaciones (Figura 2). En general, el agua de lastre ha recibido más atención en términos de bioseguridad en comparación con el *biofouling*. De hecho,



Figura 2. Invertebrados marinos asociados al casco de una embarcación en un puerto deportivo.

a los invertebrados también les gusta viajar: los briozoos como modelo de estudio de las invasiones marinas

mientras que el agua de lastre es un vector regulado en aguas europeas, para el *biofouling* solo se han proporcionado recomendaciones prácticas sin un peso legislativo (IMO, 2012), haciendo que sea uno de los principales vectores de introducción sin regulación.

Así, el papel de las embarcaciones recreativas ha pasado muy desapercibido en comparación con el de los grandes buques comerciales. A pesar de ello, son consideradas vectores de alto riesgo, especialmente en la expansión de poblaciones introducidas. La velocidad de cruce de las embarcaciones recreativas es menor que la de los grandes buques, facilitando que sus especies asociadas sobrevivan el viaje. Además, pasan un mayor tiempo atracadas en los puertos, haciendo que estén más expuestas a la colonización de especies introducidas. Los puertos deportivos también presentan una mayor superficie para ser colonizada que los puertos comerciales, y una mayor diversidad de sustratos y ambientes que sirven de hábitat para invertebrados marinos (pantalanes flotantes, boyas, cabos, escaleras...), fabricados con diferentes materiales. Estas embarcaciones recreativas también conectan los puertos deportivos (hábitats muy expuestos a la introducción de especies) con zonas naturales cercanas, las cuales resultan inaccesibles para los grandes buques. De hecho, se ha observado que las embarcaciones recreativas de buceo contribuyen al transporte de especies introducidas hacia áreas marinas protegidas (Parretti et al., 2020).

■ Los briozoos como polizones y centinelas

Uno de los grupos taxonómicos mayoritarios en las comunidades de estructuras artificiales portuarias son los briozoos. Conocidos como “animales musgo” o “corales de encaje” (aunque realmente no tengan nada que ver con ellos), son un filo de animales coloniales sésiles y filtradores, que generalmente pasan desapercibidos, a pesar de ser muy comunes en la gran diversidad de hábitats que ofrece el medio marino. Mientras que algunas especies pueden estar presentes en hábitats prístinos, otras se consideran generalistas y aparecen en ambientes más perturbados como los puertos. Cada colonia de briozoo está compuesta por cientos de unidades estructurales llamadas “zooides”, los integrantes de la colonia, que pueden llevar a cabo funciones diferentes y especializarse en ellas (alimento, defensa, reproducción...). A pesar de estar compuestos de una

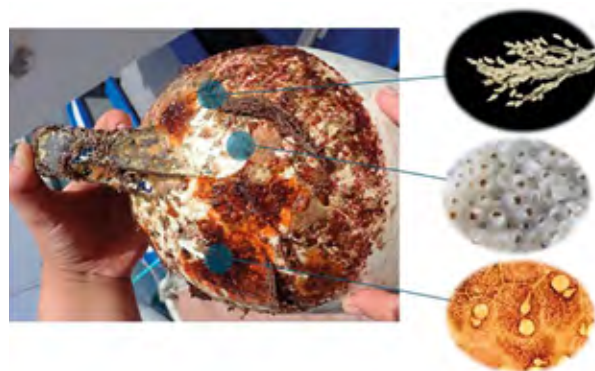


Figura 3. Diferentes especies introducidas de briozoos asociadas a una boya en el puerto (izquierda) y su visualización con lupa (derecha).

misma unidad estructural, los briozoos presentan una gran diversidad morfológica (Figura 3), algunos con estructuras incrustantes calcáreas de colores llamativos como el género *Schizoporella*, y otros arborescentes y delicados como el género *Bugulina*. En ojos inexpertos pueden ser confundidos con pequeñas algas, hidrozooos o esponjas incrustantes. Y es que su pequeño tamaño juega en su contra, pasando inadvertidos en su complejidad estructural a menos que sean vistos a través de una lupa.

Los briozoos presentan ciertas características que enfatizan su interés como modelo para el estudio de las invasiones marinas, como su carácter sésil, su rápido crecimiento y reproducción, su facilidad para colonizar una gran diversidad de sustratos artificiales (algunas especies muestran preferencia por plásticos) y su tolerancia a ambientes estresados y fluctuantes. Este conjunto facilita que los briozoos sobrepasen sus barreras biogeográficas naturales como polizones, con el potencial de ser invasores en las áreas que los reciben. De hecho, en aguas andaluzas podemos encontrar briozoos que repercuten negativamente a nuestras aguas, como el globalmente extendido “briozoo espagueti”, *Amathia verticillata*. Esta especie puede generar colonias masivas de hasta dos metros de longitud, recubriendo y obstruyendo estructuras portuarias, embarcaciones, tuberías e instalaciones industriales marinas, desencadenando también un mayor gasto de combustible para los usuarios de las embarcaciones. Otras muchas especies de briozoos introducidas se están expandiendo por aguas del Mediterráneo rápidamente, generando estructuras calcáreas masivas como *Celleporaria brunnea*.

A pesar de su frecuencia en estructuras artificiales y la presencia de especies que ya causan

impactos en nuestras aguas, las comunidades de briozoos en ambientes portuarios han sido poco estudiadas, incluso en aquellos que tienen una presión marítima y turística alta. Asignar la identidad de las especies es el primer paso, y el más determinante, en el estudio de las invasiones marinas. Muchas especies de briozoos de ambientes portuarios son difíciles de identificar, presentando una morfología similar a otros congéneres, por lo que algunas especies introducidas se han estado confundiendo durante años con especies nativas de la zona, impidiendo una gestión adecuada. Esto pone de manifiesto la importancia de la taxonomía, aquella disciplina que desgraciadamente está en situación crítica en la actualidad. Y es que la taxonomía se encarga de proporcionar una “etiqueta funcional” a cada especie, haciendo que sea reconocible junto a sus características intrínsecas, como su hábitat, forma de vida, o historia biogeográfica. Es la ciencia que nos permite ver que cada taxón es una joya evolutiva. Sin esa etiqueta, es imposible evaluar la relación de una especie con un área del planeta. Además de la dificultad en la identificación de los briozoos, muchos tienen

una historia biogeográfica incompleta, imposibilitando conocer dónde se han originado. Es el caso de las especies que se denominan “cosmopolitas” en muchos casos, con distribuciones geográficas muy amplias. Las especies cuya área nativa se desconoce son conocidas como “criptogénicas”, y no deben ser consideradas ni como nativas, ni como introducidas. Estas especies son muy problemáticas de cara a la gestión, ya que se encuentran en un vacío legal que pausa la gestión hasta que la historia biogeográfica de la especie se estudie más a fondo. Estas lagunas de conocimiento señalizan la importancia de la ciencia básica, crucial para resolver estas cuestiones.

Además de actuar como polizones, los briozoos arborescentes funcionan como ingenieros del ecosistema en puertos, sirviendo como hábitat para otros organismos de menor tamaño, como pequeños crustáceos, poliquetos o moluscos, entre otros grupos (*Figura 4*). Estos pequeños animales son capaces de viajar asociados a otros invertebrados sésiles, como los briozoos, y alcanzar nuevas zonas. Generalmente pasan desper-

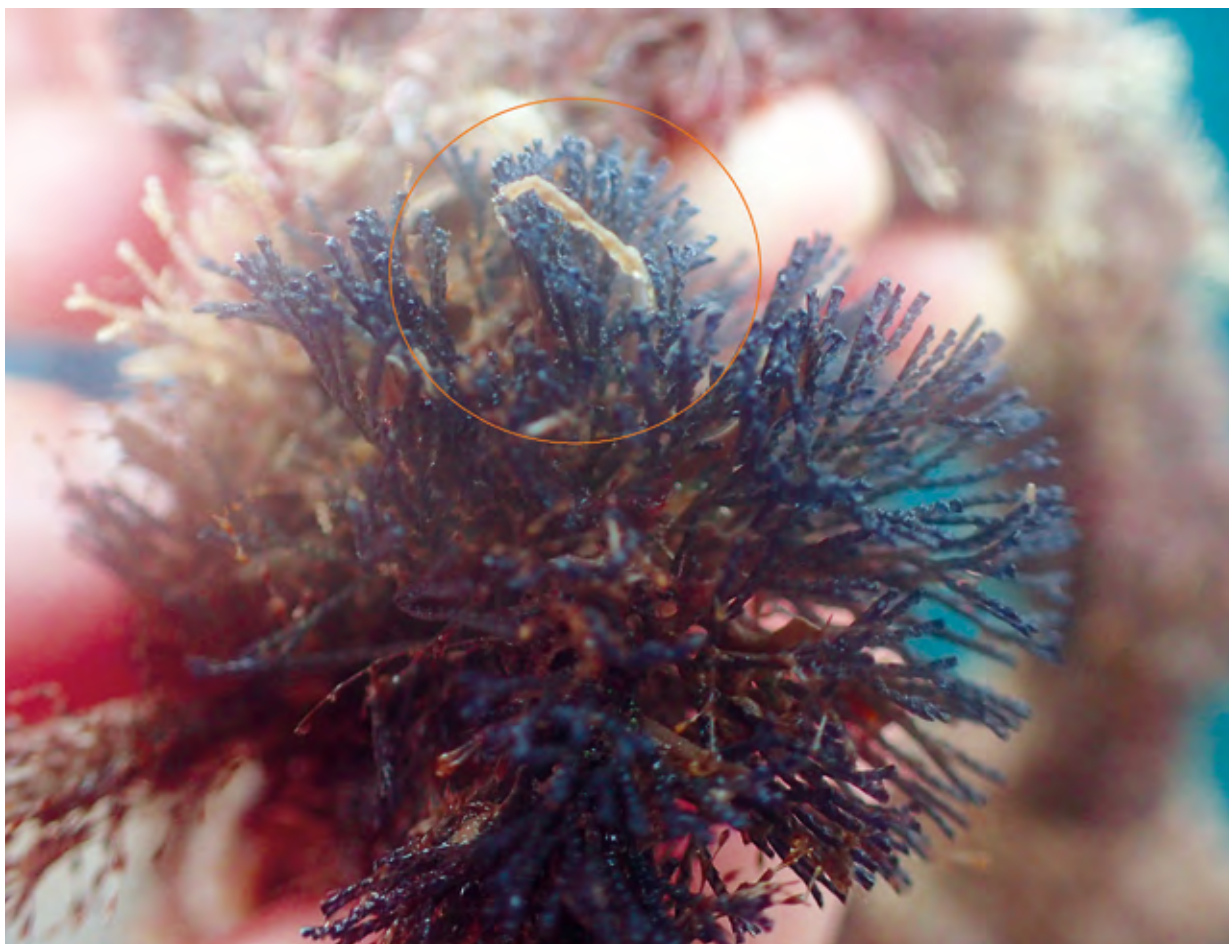
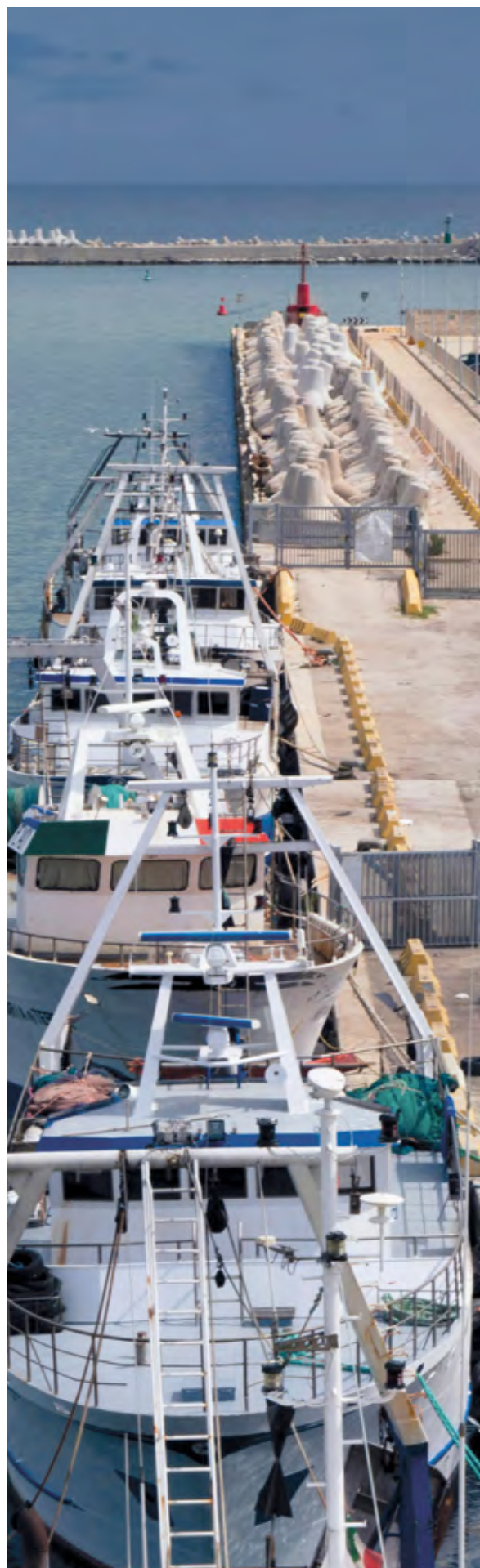


Figura 4. Crustáceo caprellídeo asociado al briozoo arborescente *Virididentula dentata* en un puerto deportivo.

cibidos y son difícilmente detectables, conociéndose como “invasores ocultos”, pero algunos de ellos ya generan impactos negativos en nuestras aguas. Los briozoos pueden ser muy útiles para la detección temprana de estas especies, y también para estudiar su dinámica de invasión e impactos. Por ejemplo, el briozoo arborescente *Bugula neritina* ha permitido confirmar que la llegada de un crustáceo invasor (el caprélido *Caprella scaura*) ha desplazado al residente *Caprella equilibra*, haciendo que esta especie desaparezca de zonas en las que anteriormente estaba presente (Ros et al. 2015; Ruiz-Velasco et al. 2024). Por ello, los briozoos son herramientas de monitoreo muy útiles para las invasiones marinas. ☉

Referencias

- Bailey, S.A., Brown, L., Campbell, M.L., Canning-Clode, J., Carlton, J.T., Castro, N., Chainho, P., Chan, F.T., Creed, J.C., Curd, A., Darling, J. (2020). *Trends in the detection of aquatic non-indigenous species across global marine, estuarine and freshwater ecosystems: a 50-year perspective*. Diversity and Distributions, 26, 1780-1797.
- International Maritime Organization (IMO). (2012). *Guidance for minimizing the transfer of invasive aquatic species as biofouling (hull fouling) for recreational craft*. Marine Environment Protection Committee, 1/Circ.792, 12 November 2012.
- Kenworthy, J.M., Rolland, G., Samadi, S., Lejeune, C. (2018). *Local variation within marinas: effects of pollutants and implications for invasive species*. Marine Pollution Bulletin, 133, 98-106.
- Ojaveer, H., Galil, B.S., Carlton, J.T., Alleway, H., Gouletquer, P., Zaiko, A. (2018). *Historical baselines in marine bioinvasions: Implications for policy and management*. PLOS ONE, 13(8), e0202383.
- Parretti, P., Canning-Clode, J., Ferrario, J., Marchini, A., Botelho, A.Z., Ramalhosa, P., Costa, A.C. (2020). *Free rides to diving sites: the risk of marine non-indigenous species dispersal*. Ocean & Coastal Management, 190, 105158.
- Ros, M., Vázquez-Luis, M., Guerra-García, J.M. (2015). *Environmental factors modulating the extent of impact in coastal invasions: the case of a widespread invasive caprellid (Crustacea: Amphipoda) in the Iberian Peninsula*. Marine Pollution Bulletin, 98, 247-258.
- Ruiz-Velasco, S., Ros, M., Navarro-Barranco, C., Guerra-García, J.M. (2024). *Is the invasive Caprella scaura Templeton, 1836 displacing its resident congener Caprella equilibra Say, 1818 in marinas of the South Iberian Peninsula? A long-term spatio-temporal approach*. Marine Pollution Bulletin, 205, 116661.
- Sardain, A., Sardain, E., Leung, B. (2019). *Global forecasts of shipping traffic and biological invasions to 2050*. Nature Sustainability, 2, 274-282.





Alfonso Bravo Paneque. (Coleg. COBA nº 4206).

PRIMER PREMIO de la VI edición premios COBA TFG.

— “Comprendiendo la memoria inmunológica frente a la malaria desde una perspectiva de célula única”

La malaria es una enfermedad infecciosa que representa uno de los mayores desafíos para la salud a nivel global. Según la Organización Mundial de la Salud, en 2022 afectó a unos 249 millones de personas y causó más de 600.000 muertes. La causa de esta enfermedad son parásitos del género *Plasmodium*, transmitidos por la picadura de mosquitos *Anopheles*. Una vez en el cuerpo, el parásito invade los glóbulos rojos, destruyéndolos, y generando los síntomas característicos de la enfermedad. En individuos de poblaciones endémicas, los síntomas de la malaria varían considerablemente según la edad, la especie de *Plasmodium* que causa la infección y el grado de inmunidad adquirida. En estas poblaciones, donde la exposición a la malaria es frecuente, muchas personas desarrollan inmunidad parcial (también llamada “inmunidad clínica”) que puede modificar la presentación de los síntomas. Sin embargo, un porcentaje considerable de la población tienen mayor riesgo de desarrollar formas clínicas graves, al no lograr una inmunidad tolerante. Este contexto plantea cuestiones relevantes sobre la regulación de la respuesta inmunitaria frente a la malaria y el papel de las células para adquirir memoria inmunológica más efectiva. Comprender estos mecanismos es fundamental para avanzar en el diseño de estrategias de intervención y vacunas más adecuadas.

El mantenimiento y la activación de la memoria inmunológica ocurre en los órganos linfoides, como el bazo y los ganglios linfáticos. En el contexto de la infección por *Plasmodium*, el bazo desempeña un papel esencial, ya que filtra los antígenos circulantes en la sangre y contribuye a la activación de linfocitos y a la formación de células memoria. Histológicamente, en el bazo murino se distinguen tres zonas principales: la pulpa roja, la pulpa blanca y la zona marginal. La pulpa blanca, a su vez, se divide en la zona T, rica en linfocitos T, y la zona B, donde se localizan los folículos (primarios y secundarios), que contienen una gran diversidad de células B.

El proceso de regulación de la inmunización depende de una compleja red de interacciones celulares, en las que las células B desempeñan un papel central. Cuando el organismo se enfrenta por primera vez a un patógeno, estas células se activan y se transforman en distintos tipos con funciones especializadas. Algunas comienzan a producir anticuerpos de manera inmediata, mientras que otras permanecen como células de memoria, listas para actuar en caso de una reexposición a los patógenos. En una segunda infección, estas células de memoria responden de forma más rápida y eficaz, lo que permite una defensa más especializada frente al agente infeccioso.

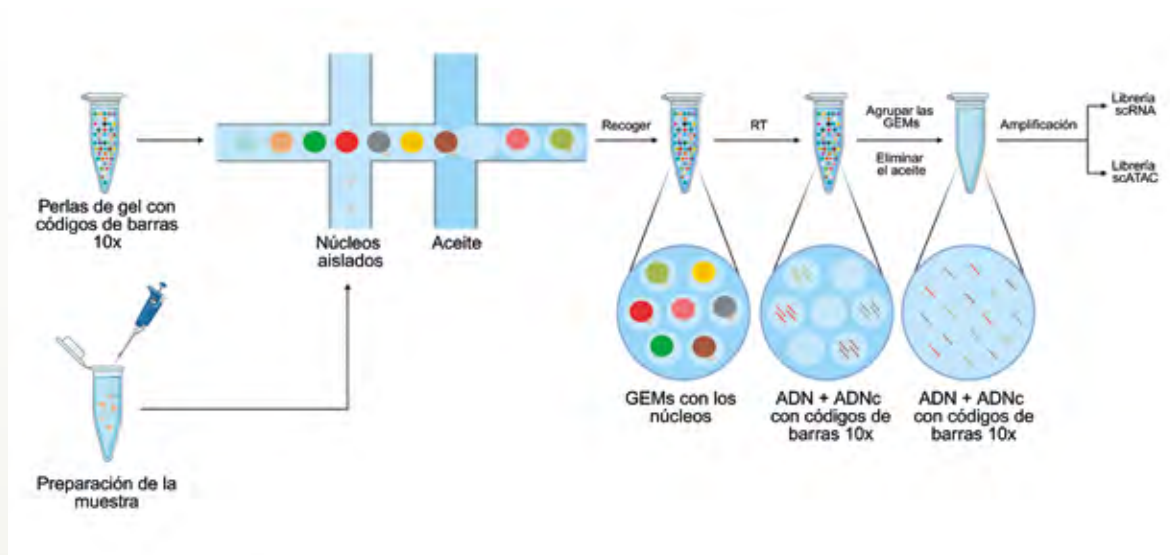


Figura 1. Flujo de trabajo de *Chromium Single Cell Multiome ATAC + Gene Expression*. Cada núcleo celular se encapsula en una perla de gel (GEM) junto con reactivos específicos y un código de barras molecular único. En el interior de estas microgotas, se lleva a cabo la retrotranscripción del ARN y la captura de regiones de cromatina accesible. El código de barras permite asignar cada fragmento de ARN o ADN a su célula de origen. Así, se obtienen de forma paralela los datos de expresión génica (scRNA-seq) y de accesibilidad de la cromatina (scATAC-seq) para cada célula individual. Perlas de gel en emulsión (GEMs). Retrotranscripción (RT).

En los últimos años, la secuenciación de célula única se ha consolidado como un recurso elemental que habilita estudiar a gran nivel de detalle procesos inmunológicos complejos, como la adquisición de la memoria inmunológica. Entre las técnicas más utilizadas destacan el scRNA-seq (secuenciación de

ARN mensajero a nivel de célula única), que permite identificar qué genes están activos en cada célula, y el scATAC-seq (secuenciación de la accesibilidad de la cromatina a nivel de célula única), que analiza el estado de apertura o cierre de regiones del ADN, lo cual está directamente relacionado con la regulación transcripcional, es decir, la activación o represión génica. Además, la posibilidad de medir simultáneamente ambas características de cada célula ha potenciado la resolución de estos estudios, ofreciendo una visión más

integrada de los procesos de regulación del sistema inmunitario.

En este contexto, aprovechamos esta aproximación integradora, combinando datos transcriptómicos y epigenómicos de cada célula, para estudiar cambios en células del sistema inmunitario murino ante una primera infección y una posterior reinfección utilizando una cepa no letal de *Plasmodium*.

En los últimos años, la secuenciación de célula única se ha consolidado como un recurso elemental que habilita estudiar a gran nivel de detalle procesos inmunológicos complejos, como la adquisición de la memoria inmunológica

Con el objetivo de estudiar estos cambios inmunológicos en un modelo murino, se diseñó un experimento controlado de infección. El procedimiento de infección experimental se desarrolló en un grupo de investigación de la Facultad de Veterinaria de la Universidad Complutense de Madrid (UCM). Una

vez recuperados los ratones de la infección, se recolectaron bazo de ratones infectados en distintos momentos post-infección. A partir

de estas muestras, se generaron suspensiones celulares utilizando gradientes de densidad para purificar las células mononucleares presentes en el bazo. Estas suspensiones celulares se procesaron para obtener simultáneamente la expresión génica y la accesibilidad de la cromatina de cada célula utilizando el equipamiento Chromium X (10x Genomics). Esta plataforma se basa en un sistema de microfluídica, donde cada núcleo celular se encapsula en una perla de gel en emulsión (GEM), dentro de la cual se amplifica tanto el ADNc como los fragmentos de cromatina abierta, dando lugar a las librerías de scRNA-seq y scATAC-seq por tipo celular (Figura 1). Posteriormente, los datos brutos de secuenciación fueron procesados mediante herramientas de programación y análisis bioinformático diseñadas para trabajar con este tipo de información a nivel celular. Todos los datos generados en este experimento son parte del proyecto de tesis de Montserrat Coronado Brieva, investigadora predoctoral de la UCM.

En este trabajo, se ha analizado una selección de poblaciones de células B derivadas de

bazos de ratones que se habían recuperado de una primera infección del parásito y también de una reinfección posterior. Se comenzó integrando los datos de cada modalidad de las distintas muestras, lo que permitió generar representaciones UMAP tanto para los perfiles de expresión génica (Figura 2A) como para los de accesibilidad de la cromatina (Figura 2B). En estas representaciones, cada punto correspon-

de a una célula individual, que se distribuye acorde a la similitudes de las características cuantificadas.

Posteriormente, se integraron los datos generados de ambas ómicas (modalidades) y se utilizaron distintas técnicas de agrupamiento. A partir del objeto integrado y las agrupaciones, se inician los análisis posteriores de expresión y accesibilidad diferencial. La integración de los datos multiómicos permite la identificación de subpoblaciones específicas de células B, entre las que destacan las células B de memoria, células B del centro germinal y células plasmáticas. Las subpoblaciones más agrupadas comparten características transcripcionómicas y epigenómicas más similares.

La integración de los datos multiómicos permite la identificación de subpoblaciones específicas de células B, entre las que destacan las células B de memoria, células B del centro germinal y células plasmáticas

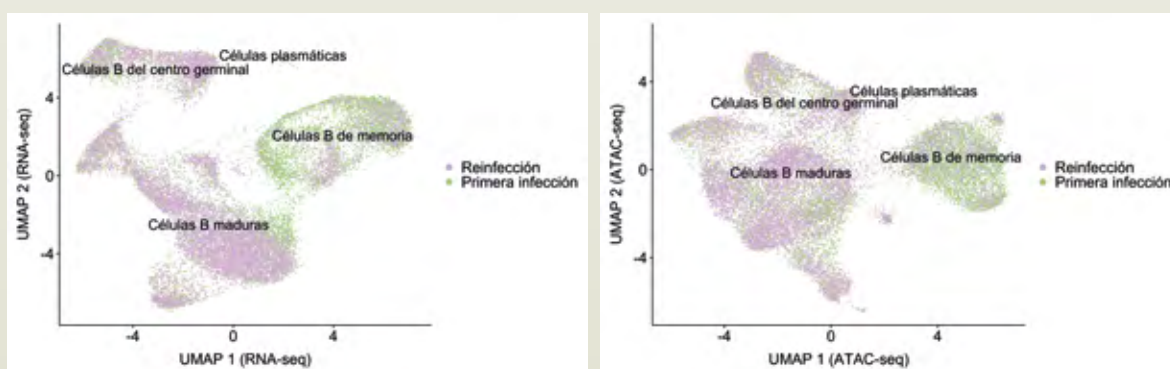


Figura 2: Representaciones de las principales subpoblaciones de células B identificadas. UMAP de los datos de scRNA-seq (A) y scATAC-seq (B).

Un análisis detallado mostró que, durante la primera infección, las células B de memoria están activas en procesos relacionados con la activación inmunológica y la regulación de la inflamación. Sin embargo, en la reinfección, estas mismas células parecen estar más involucradas en la reorganización de la estructura del ADN y en mecanismos que favorecen su

supervivencia y respuesta rápida.

Por ejemplo, las células B de memoria activan genes que les permiten reconocer al patógeno y generar mayor energía para combatirlo. Entre ellos destacan genes como *Cd52* y *Cd74*, que

ayudan en la presentación del patógeno y en procesos inflamatorios. Sin embargo, cuando el cuerpo se enfrenta por segunda vez al mismo patógeno (reinfección), estas células ya están “entrenadas” y activan genes más especializados que remodelan la cromatina para responder mejor. Aquí destacan genes como *Arid1b* y *Cr2*, que ayudan a mejorar la respuesta inmune.

En el caso de las células B del centro germinal, que son fundamentales para generar anticuerpos de alta calidad, mostraron diferencias claras entre la primera infección y la reinfección, indicando una adaptación del sistema inmunitario para enfrentar la amenaza de manera más eficiente. Tras una primera infección, se favorece que las células del centro germinal puedan crecer y dividirse rápidamente, destacando genes como *Igkc* y *Ppia*. En la reinfección, activan genes que les permiten controlar mejor su actividad, como *Calcl* y *Jarid2*, lo que hace la respuesta más precisa.

Por último, se llevó a cabo un análisis orientado a identificar genes con niveles de expresión elevados y localizados en regiones genómicas

accesibles, con el objetivo de detectar cambios de regulación en genes relevantes para la respuesta inmunológica. Este enfoque permitió destacar, entre otros, a *Cd74*, altamente expresado en células B de memoria durante la primera infección, donde participa en el procesamiento del patógeno y la activación de rutas inflamatorias, y a *Cecr2*, más relevante en

centroblastos durante la reinfección, cuya función en la regulación de la estructura del ADN está asociada a la expresión de genes implicados en la muerte celular,

contribuyendo así al equilibrio del sistema inmunológico.

En definitiva, este trabajo pone de manifiesto el gran potencial de las técnicas multi-ómicas a nivel de célula única para estudiar y caracterizar procesos biológicos altamente complejos, como la regulación de la respuesta inmunitaria. Concretamente, se destaca como los perfiles de expresión y accesibilidad de la cromatina de las células B de bazo de ratón cambian entre los distintos estados de infección de los ratones, evidenciando una adaptación funcional específica frente a una infección primaria y una reinfección por *Plasmodium*. Generalmente, en las diferentes subpoblaciones de células B identificadas durante la primera infección predominan genes y factores de transcripción asociados a la regulación inflamatoria, y en reinfección vinculados a la remodelación de la cromatina. Estos hallazgos podrían ayudar a identificar mecanismos que pueden ser claves para favorecer una respuesta inmunitaria más eficiente ante la reexposición a patógenos, permitiendo la adquisición de una memoria inmunológica más robusta y duradera. ©

Este trabajo pone de manifiesto el gran potencial de las técnicas multi-ómicas a nivel de célula única para estudiar y caracterizar procesos biológicos altamente complejos, como la regulación de la respuesta inmunitaria

La BIOLOGÍA en el CINE

— Peces y cetáceos vistos por el cine

Eduard-Josep Chifré i Petit. (CBC 2246 C).
Licenciado en Biología, Historia, Antropología y
Máster en Intervención Ambiental: Contextos Psicológicos Sociales y de Gestión.

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia del cine la presencia de peces y cetáceos ha formado parte del argumento de muchas películas y documentales. En este ensayo comentaremos algunas de estas producciones cinematográficas, así como el tratamiento que el cine ha dado a estos seres vivos.

Entre los peces utilizados por el cine y que mencionaremos en este texto destacaremos: el bacalao, el pez espada, el esturión, la perca del Nilo, la sardina, el salmón, el tiburón y las pirañas. En relación con los cetáceos nos referiremos aquí a las orcas, las ballenas y los delfines.

A continuación, vamos a hacer un repaso de estas películas y documentales.

EL BACALAO

En relación con este pez mencionaremos las películas **“Captains courageous”** (Capitanes intrépidos, 1937) y **“Terranova”** (1990).

Obra maestra basada en un libro de Rudyard Kipling (1865-1936), ambientada en los años 20 del siglo pasado, y que contó con unos grandes intérpretes de Hollywood.

Harvey Cheyne (Freddie Bartholomew), es un niño rico y mal criado que cae al mar desde un trasatlántico. Es recogido por un pescador llamado Manuel (Spencer Tracy) y ha de trabajar a bordo de un barco de pesca el **“We’re Here”**, que ha salido del puerto pesquero de Gloucester (Massachusetts, EE. UU.) para pescar bacalao en Terranova. Hasta que no acabe la temporada de pesca Harvey no podrá regresar a su casa.

El largometraje es un buen recurso pedagógico para tratar temáticas tales como la forma de pescar el bacalao en Terranova en las primeras décadas del siglo XX, los accidentes a bordo de un barco pesquero, la evolución histórica de la pesca del volán o el tratamiento de los residuos pesqueros.



“Captains courageous” (Capitanes intrépidos, 1937)
Película dirigida por Victor Fleming y protagonizada por Spencer Tracy (Manuel), Freddie Bartholomew (Harvey Cheyne), Lionel Barrymore (capitán Disko Troop), Melvyn Douglas, Mickey Rooney y John Carradine.

Otros aspectos relacionados con la pesca que podemos estudiar con esta cinta son la religiosidad de la gente del mar, las supersticiones (la buena y la mala suerte), la sostenibilidad de la pesca, o la navegación a vela.

“Terranova” (1990)

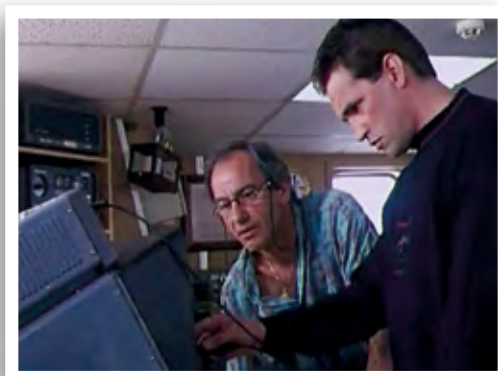
Film del director Ferran Llagostera, interpretado por Simón Andreu, Amparo Larrañaga, Patxi Bisquert y Agustín González.

Película basada en el libro “*La mar és mala mujer*” de Raúl Guerra Garrido (1935-2022).

Largometraje sobre la pesca del bacalao en Terranova. Nos muestra el difícil encaje entre la experiencia del viejo pescador y las nuevas tecnologías pesqueras.

La cinta es muy adecuada para desarrollar temáticas que tengan alguna relación con la pesca del bacalao en Terranova y nos proporciona herramientas para debatir como la experiencia de los pescadores puede complementarse con el uso de las nuevas tecnologías pesqueras.

Otros aspectos que se pueden tratar con este film son el problema de los descartes pesqueros, las supersticiones, la sostenibilidad de la pesca o la subasta del pescado.



La película también permite comparar la actividad pesquera descrita en este largometraje con la que nos muestra la cinta “*Captains courageous*” (Capitanes intrépidos, 1937), y conocer cómo ha evolucionado la pesca del bacalao en el siglo XX.

PEZ ESPADA

En este bloque comentaremos las películas “*The perfect storm*” (La tormenta perfecta, 2000) y “*The old man and the sea*” (El viejo y el mar, versiones de 1958 y 1989).

“The perfect storm” (La tormenta perfecta, 2000)

Film basado en hechos reales, de Wolfgang Petersen, protagonizado por George Clooney, Mark Wahlberg, Diane Lane y Mary Elizabeth Mastrantonio.

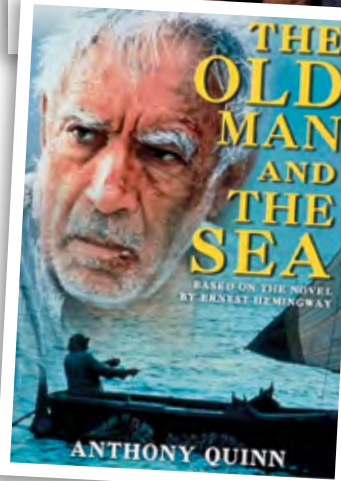
A finales de 1991, desde el puerto pesquero de Gloucester (Massachusetts, EE. UU.) un barco pesquero, el “*Andrea Gail*”, zarpa con el objetivo de pescar pez espada en una zona muy alejada llamada Flemish Cap, cerca de Terranova. De regreso se cruza con un huracán y dos tormentas que confluyen en el mismo punto dando lugar a lo que se llamó “*The perfect storm*” (La tormenta perfecta) o “*Halloween storm*” (La tormenta de la noche de las brujas) porque tuvo lugar alrededor del día de “*Halloween*”.

El largometraje nos ofrece la posibilidad de trabajar temáticas tales como la pesca en Terranova, la zona pesquera de Flemish Cap, el puerto pesquero de Gloucester o los accidentes y la seguridad en el mar. También es adecuada para tratar temas relacionados con los temporales marinos, las artes de pesca o el reparto de las ganancias de la actividad pesquera.

“The old man and the sea” (El viejo y el mar, versiones de 1958 y 1990)

Mencionaremos aquí dos adaptaciones de esta historia. La de 1958 dirigida por John Sturges y protagonizada por Spencer Tracy y la de 1990 realizada por Jud Taylor con Anthony Quinn en el papel principal del film.

Las dos películas están basadas en el libro “*The old man and the sea*” (El viejo y el mar) de Ernest Hemingway (1899-1961).



Santiago es un viejo pescador que lleva mucho tiempo sin pescar nada. Un día captura un gran pez espada, pero ha de defender su trofeo frente a los tiburones.

Las dos adaptaciones cinematográficas de esta obra de Hemingway nos facilitan diversos recursos didácticos para tratar temas relacionados con la vida de un viejo pescador, la navegación a vela o la pesca en solitario del pez espada.

ESTURIÓN

Hablaremos aquí de la película **“O theos agapaei to haviari”** (El pirata, 2012).



“O theos agapaei to haviari” (El pirata, 2012)

Film dirigido por Yannis Smaragdis con Sebastian Koch, Yevgeni Stychkin, John Cleese Juan Diego Boto y Catherine Deneuve de protagonistas.

Es la historia del pirata griego Ionnis Varvakis convertido en hombre

de negocios que en el siglo XIX se enriqueció comercializando caviar por todo el mundo además de luchar por la independencia de Grecia del Imperio Otomano.

Cinta muy útil para desarrollar temas que tengan relación con la producción y la comercialización del caviar, su extracción del esturión y como se preparaba para ser conservado durante largo tiempo antes de su distribución.

LA PERCA DEL NILO

Citaremos en este apartado el documental **“Le cauchemar de Darwin”** (La pesadilla de Darwin, 2004).

“Le cauchemar de Darwin”
(La pesadilla de Darwin, 2004)

Cinta de Hubert Sauper, narra como la introducción en los años 60 del siglo XX de la perca del Nilo en el lago Victoria de Tanzania ocasionó la desaparición de las especies autóctonas de aquel

lago, la pérdida de biodiversidad y cambios en la vida de las personas que vivían de la pesca en aquella zona de África.

Film muy adecuado para estudiar temáticas tales como la pesca en el lago Victoria, el estado ecológico de aquel lago, el problema de las especies introducidas, el caso de la perca del Nilo, o la dependencia económica de una sola especie. También es muy útil para tratar temas relacionados con el tráfico de armas en la zona del lago Victoria, la incidencia del SIDA en aquel lugar de África, el problema de la droga, la situación de la mujer o la vida de los niños de aquel lugar.

LA SARDINA

Comentaremos la producción televisiva **“Salaó”** (Salazón, 2013)

“Salaó” (Salazón, 2013)

Miniserie dirigida por Jesús Font, interpretada por Joan Carreras, Olalla Moreno, Luís Zahera, María Castro y Victoria Luengo.

A mediados del siglo XIX, un joven de Blanes (Girona), por problemas políticos y amorosos viaja a Galicia para dirigir una empresa de salazón. La serie narra el desarrollo de la industria de la salazón en Galicia y sus vínculos con Catalunya.

La cinta es adecuada para tratar temas relacionados con la situación de la sardina en las costas catalanas de aquella época y la situación de la industria de la salazón en la Galicia del siglo XIX. También es un buen recurso didáctico para estudiar los inicios de la industria conservera y su desarrollo, la

aparición y utilización de las primeras autoclaves, el tráfico de esclavos en el siglo XIX o las guerras carlinas.



SALMÓN

En relación con el salmón mencionaremos una película **“Salmon fishing in the Yemen”** (La pesca del salmón en el Yemen, 2011) y una serie de TV noruega **“Milliardærøya”** (La isla del salmón y la discordia, 2024).

“Salmon fishing in the Yemen”

(La pesca del salmón en el Yemen, 2011)

Película dirigida por Lasse Hallström y protagonizada por Ewan McGregor (Dr. Alfred Jones), Emily Blunt, Kristin Scott Thomas, Rachael Stirling y Amr Waked (jeque árabe).

El doctor Alfred Jones (Ewan McGregor) es un científico especialista en acuicultura. Su jefe le encarga que estudie la posibilidad de introducir el salmón en el Yemen por encargo de un jeque árabe (Amr Waked) muy aficionado a la pesca de esta especie. Jones no lo ve posible, pero recibe presiones del gobierno británico a quien le interesa quedar bien con el jeque.



Es un buen largometraje para tratar temáticas relacionadas con la acuicultura del salmón, la posibilidad de la repoblación de peces en los ríos mediante la piscicultura o la relación entre ciencia, política y medios de comunicación. También es un buen recurso pedagógico para estudiar la biología del salmón, la problemática de las especies introducidas en medios que no son los suyos, el impacto de las grandes obras hidráulicas en el territorio o la situación política del Yemen.

“Milliardærøya”

(La isla del salmón y la discordia, 2024)

Serie de TV noruega, de 6 capítulos, dirigida por Anne Bjørnstad, Eilif Skodvin y Marit Moum Aune, con Trine Wiggen, Svein Roger Karlsen y Ragne Grande de protagonistas.



La propietaria de una gran compañía noruega productora de salmón hace todo lo que puede para quedarse con la principal empresa rival y convertirse así en una líder mundial dentro de este sector productivo.

Es una producción televisiva que nos permite conocer aspectos relacionados con las jaulas de acuicultura, la sostenibilidad de esta actividad económica o los grandes intereses empresariales en este sector. También puede ser utilizada para comentar temas de bienestar animal o las posibles problemáticas ocasionadas por la fuga de salmones a causa de la rotura de las redes de las jaulas acuícolas.

EL TIBURÓN

El tiburón ha sido una especie marina bastante maltratada en el cine. En la mayoría de las películas en que aparecen estos peces son descritos casi siempre como animales asesinos, especializados en devorar personas. Entre estos largometrajes, destacaremos, por su calidad, el film **“Jaws”** (Tiburón, 1975).



“Jaws” (Tiburón, 1975)

Film dirigido por Steven Spielberg con Roy Scheider, Richard Dreyfuss, Robert Shaw y Murray Hamilton en los papeles principales.

Un enorme tiburón ataca y devora los bañistas de las playas turísticas de “Amity Island”, ubicadas en un lugar de la costa de los EE. UU. perjudicando el turismo de aquella zona.



Esta película tuvo diversas secuelas e imitaciones. Entre ellas mencionaremos **"Jaws 2"** (1978), **"Jaws 3"** (1983) y **"Jaws: The Revenge"** (Tiburón: La venganza, 1987).

PIRAÑAS

Las pirañas son otro ejemplo de peces que el cine ha tratado negativamente. Se las ha mostrado como peces feroces capaces de terminar con cualquier persona con la que se encuentran.

Dentro de este apartado mencionaremos la película **"Piranha"** (1978).

"Piranha" (1978)

Film dirigido por Joe Dante, protagonizado por Bradford Dillman y Heather Menzies.



En un campamento militar abandonado se llevan a cabo experimentos con una raza de pirañas que como podemos suponer ocasionarán todo tipo de mortalidades. Este largometraje también ha tenido diversas secuelas como **"Piranha II"** (1981).

ORCAS

Inicialmente las orcas fueron unos cetáceos bastante maltratados por el cine. Un ejemplo es el film **"Orca"** (Orca, la ballena asesina, 1977).

Posteriormente las orcas han recibido un mejor trato cinematográfico y el resultado han sido películas como: **"Luna: spirit of the whale"** (Luna: Espíritu de una ballena, 2007), **"Free Willy"** (¡Liberad a Willy!, 1993) y sus secuelas o **"El faro de las orcas"** (2016).

A continuación, vamos a comentar brevemente estos largometrajes.

"Orca" (Orca, la ballena asesina, 1977).

Film dirigido por Michael Anderson y protagonizado por Richard Harris (capitán Nolan), Charlotte Rampling y Bo Derek.

El capitán Nolan (Richard Harris) captura una orca embarazada. El macho de esta orca observa como su pareja y su cría mueren por culpa de Nolan. A partir de este momento la orca macho hará todo lo posible para vengarse del capitán Nolan.



"Luna: Spirit of the whale"

(Luna: Espíritu de una ballena, 2007)

Film realizado por Don McBrearty, con Adam Beach y Graham Greene de protagonistas.

En Vancouver llega una orca que los indios creen que es la reencarnación de su antiguo jefe. Los científicos quieren devolverla al mar para que se reúna con su grupo, pero los indígenas quieren que la orca se quede con ellos.

"Free Willy" (¡Liberad a Willy!, 1993)

Película de Simon Wincer, interpretado por Jason James Richter, Lori Petty, Michael Madsen y Jayne Atkinson.

Largometraje sobre una orca que vive en cautividad en un parque acuático, donde es infeliz. Allí un adolescente con problemas familiares congenia con el cetáceo y hará todo lo posible por devolverlo a la vida en libertad.

Este largometraje ha tenido diversas secuelas como es el caso de **"Free Willy 2"** (1995), **"Free Willy 3"** (1997) y **"Free Willy 4"** (2010).

"El faro las orcas" (2016)

Film de Gerardo Olivares, basado en hechos reales con Maribel Verdú (Lola), Joaquín Furriel (Beto) y Quinchu Rapalini (Tristán) en los papeles principales.

La película narra los esfuerzos de Lola (Maribel Verdú), madre de un niño autista, para lograr que su hijo Tristán (Quinchu Rapalini) mejore su sintomatología. Lola ha comprobado que el niño reacciona positivamente cuando, a través de la televisión, observa las orcas de la Patagonia argentina.

La madre de Tristán confía en que mediante el contacto con las orcas su hijo mejore la capacidad de relacionarse con su entorno. Para conseguirlo, cuenta con la ayuda de Beto (Joaquín Furriel), un agente rural argentino que tiene una relación particular con aquellos mamíferos marinos.

El largometraje nos ofrece diversos recursos pedagógicos para profundizar en la comprensión de temáticas relacionadas con las orcas y el autismo.

LAS BALLENAS

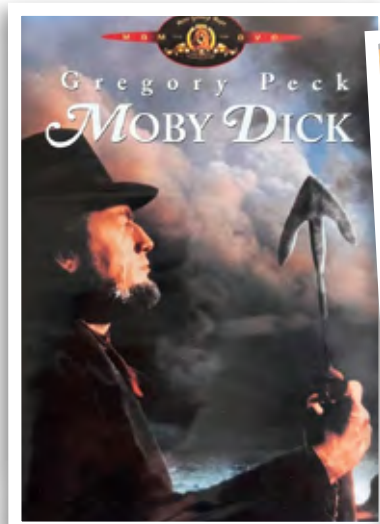
El trato que se ha dado a las ballenas en el cine ha sido semejante al de las orcas. En principio fueron mostradas como mamíferos capaces de hundir cualquier barco con que se cruzaran para posteriormente ser tratados con simpatía dado que son especies que están en peligro de extinción muchas de ellas.

Mencionaremos aquí las películas **“Moby Dick”** (1966), **“In the Heart of the Sea”** (En el corazón del mar, 2015) y **“Big miracle”** (Una aventura extraordinaria, 2012).

“Moby Dick” (1956)

Film dirigido por John Huston y protagonizado por Gregory Peck (capitán Ahab), Richard Basehart, Orson Welles y Friedrich von Ledebur. Film basado en la novela, **“Moby Dick”**, de Herman Melville (1819-1891).

El capitán Ahab (Gregory Peck) del barco **“Pequod”** está obsesionado con la caza de una ballena blanca **“Moby Dick”** a causa de la cual perdió una pierna cuando intentó capturarla por primera vez.



“In the Heart of the Sea” (En el corazón del mar, 2015)

Película realizada por Ron Howard con Chris Hemsworth, Benjamin Walker, Cillian Murphy, Tom Holland, Michelle Fairley y Charlotte Riley en los papeles principales.

El film, basado en hechos reales, narra las peripecias del barco ballenero **“Essex”** que en 1820 naufragó a consecuencia de un encontronazo con una ballena, en las aguas del sur del océano Pacífico. Este hecho inspiró a Herman Melville a escribir su famosa novela **“Moby Dick”**.

“Moby Dick” (1956) e **“In the Heart of the Sea”** (En el corazón del mar, 2015), son dos largometrajes muy adecuados para conocer los métodos que se utilizaban en el siglo XIX para capturar a estos mamíferos.

“Big miracle” (Una aventura extraordinaria, 2012)

Película de Ken Kwapis, con Drew Barrymore, John Krasinski, John Pingayak, Ahmaogak Sweeney, Kristen Bell y Ted Danson de protagonistas.

Film, basado en hechos reales, sobre una pareja de ballenas grises y su cría macho quienes, a finales de los años 80 del siglo pasado, quedaron atrapadas bajo el hielo del litoral costero de la ciudad de Barrow, ubicada al norte del Círculo Polar Ártico, en el estado de Alaska (EE. UU.). Las ballenas no podían acceder al mar abierto. Sólo les quedaba un pequeño agujero por el que emergían de vez en cuando para poder respirar y que debía mantenerse abierto para evitar su muerte.

El largometraje nos ofrece diversos recursos pedagógicos para estudiar la



etología de las ballenas grises, los vínculos afectivos que se establecen entre ellas o la manera que tienen de comunicarse. En la cinta también se muestra el trabajo de "Greenpeace" en favor del medio ambiente en general y de las ballenas en particular.

DELFINES

Destacaremos el documental "The cove" (2009) y la película "Dolphin Tale" (La gran aventura de Winter el delfín, 2011).

"The cove" (2009)

Film dirigido por Louie Psihoyos sobre las matanzas de delfines en Taiji (Japón).

El documental es un buen recurso didáctico para tratar temas tales como las matanzas de delfines



en Taiji (Japón), la situación de la industria pesquera en aquel país, el problema de la contaminación de la carne de los delfines por mercurio o la enfermedad de Minamata.

También nos permite debatir sobre como afecta a estos cetáceos su cautividad en los parques acuáticos.

"Dolphin Tale"

(La gran aventura de Winter el delfín, 2011)

Película basada en hechos reales, dirigida por Charles Martin Smith, protagonizada por Nathan Gamble, Harry Connick Jr., Ashley Judd, Kris Kristofferson y Morgan Freeman.

Un delfín pierde parte de su cola al quedar atrapado en un artilugio de pesca. Es trasladado a un acuario donde hacen todo lo posible para implantarle una prótesis que sustituya la cola que

ha perdido y que le permita nadar. Allí se establece una relación de amistad entre el delfín al que llaman Winters y un niño que se preocupa por este cetáceo.

El largometraje es un recurso pedagógico útil para

comentar temas relacionados con los accidentes a los que se ven expuestos los delfines causados por la actividad pesquera, su vida en cautividad o los centros de recuperación de estos cetáceos.



PARA CONCLUIR

En este ensayo sobre la presencia de peces y cetáceos en el cine hemos comentado diversas películas y documentales en los cuales estos seres vivos forman parte de su argumento. Muchas de ellas, tuvieron un gran éxito de público y algunas lo siguen teniendo muchos años, incluso décadas, después de su estreno.

Hay más largometrajes con presencia de peces y mamíferos marinos que no hemos mencionado por falta de espacio. No obstante, pensamos que las películas que hemos mencionado en este texto representan una buena muestra de los largometrajes que tienen en sus argumentos la presencia de estos seres vivos.

Por otra parte, también hay que decir que, además de peces y cetáceos, existen otros grupos de animales acuáticos o semiacuáticos que también han formado parte de la trama de producciones cinematográficas. Es el caso de reptiles, moluscos, crustáceos o aves. Lamentablemente no podíamos incluirlos a todos en el texto.

Acabaremos animando a que todos aquellos que no hayáis visionado alguna de estas películas, lo hagáis en breve. Estamos seguros de que, en general, os gustarán e incluso algunas de ellas os pueden ser de utilidad como recurso pedagógico. ☺



CELEBRACIÓN DE LA II SEMANA DE LA BIOLOGÍA FACULTAD DE BIOLOGÍA DE SEVILLA



Durante los días **3, 4 y 5 de febrero** se celebró la “**II Semana de la Biología**” organizada por la Facultad de Biología de Sevilla, Delegación de Alumnos, Grupo InfoCOBA y el Colegio Oficial de Biólogos de Andalucía.

Las actividades han sido diversas: desde Mesas Redondas sobre la Sanidad y Medio Ambiente hasta visitas de gran interés por parte de los alumnos a los centros IBIS y al CITIUS II de Sevilla.

La Conferencia inaugural: “*Papel del metabolismo mitocondrial en la fisiopatología de la enfermedad de Parkinson*”, fue presentada por la Dra. Patricia González Rodríguez del Departamento de Fisiología Médica y Biofísica. Instituto de Biomedicina de Sevilla (IBiS).

PROGRAMA

Lunes 3 de febrero

11:30h.

- Inauguración: II Semana de la Biología. decano de la Facultad de Biología, delegado de Estudiantes y gerente del COBA.



De izquierda a derecha: decano de la Facultad de Biología de Sevilla, Luis Jacinto Herrero; Dra. Patricia González Rodríguez, departamento de Fisiología Médica y Biofísica, Instituto de Biomedicina de Sevilla (IBiS) y el gerente del Colegio Oficial de Biólogos de Andalucía (COBA), Francisco J. Sallago.

12:00 - 13:00h

- Conferencia inaugural: “*Papel del metabolismo mitocondrial en la fisiopatología de la enfermedad de Parkinson*”.
Dra. Patricia González Rodríguez.
Departamento de Fisiología Médica y Biofísica.
Instituto de Biomedicina de Sevilla (IBiS).

16:30-18:00h

- Mesa Redonda: *La investigación como salida profesional de Biólogos y Bioquímicos.*
Moderadora: **María de la Cruz González García**, Profesora Titular del Departamento de Bioquímica Vegetal y Biología Molecular.
- **María López Beltrán**, estudiante Interna del Departamento de Microbiología de la Facultad de Biología.
- **Lucía González**, egresada del Máster Universitario en Análisis de Datos Ómicos y Biología de Sistemas.
- **María Rocío Martín Peláez**, becaria FPI del Departamento de Ecología de la Facultad de Biología.

CELEBRACIÓN DE LA II SEMANA DE LA BIOLOGÍA FACULTAD DE BIOLOGÍA DE SEVILLA

- **Irene Jiménez Guerrero**, contratada Juan de la Cierva incorporación del Departamento de Microbiología de la Facultad de Biología.
- **Irene García Fernández**, científica titular del CSIC. Instituto de Bioquímica Vegetal y Fotosíntesis (IBFV).
- **Fernando Gómez Herreros**, profesor contratado, doctor del Departamento de Genética de la Facultad de Biología.



Miembros de la Mesa Redonda: *La investigación como salida profesional de Biólogos y Bioquímicos.*

Martes 4 de febrero

9:30-11:00h.

- Visita al IBIS.



Grupo asistentes a la visita al IBIS.

12:30- 14:00h.

- Mesa redonda: *Biólogos y Bioquímicos en Sanidad.*
Moderador: **Representante de la Delegación de Alumnos.**
- **Ana Peciña**, facultativo Especialista de Área en la Unidad de Genética del Hospital V. del Rocío.
- **Francisco Romero Portillo**, catedrático de Microbiología de la Facultad de Biología.
- **Eduardo Morán**, biólogo facultativo especialista en Análisis Clínicos.
- **Mayte Cañete Reina**, bióloga sanitaria, embrióloga Clínica Senior por la E.S.R.H.E. y por ASEBIR. Embryocenter.



Miembros de la Mesa Redonda: *Biólogos y Bioquímicos en Sanidad.*

16:30- 18:00h.

CONFERENCIAS MEDIO AMBIENTE:

16:30- 17:00h

(+15 min preguntas):

- "*Conservación Marina en Hábitats Oscuros*"
Dr. Carlos Navarro Barranco, profesor titular del Departamento de Zoología.
Moderadora: **Irene Méndez Escudero**, estudiante Grado en Bioquímica.

CELEBRACIÓN DE LA II SEMANA DE LA BIOLOGÍA FACULTAD DE BIOLOGÍA DE SEVILLA

17:15 a 17:45h (+15 min preguntas):

▪ **“El Cambio Climático y la DANA”**

Dr. Enrique Figueroa Clemente, profesor emérito del Departamento de Biología Vegetal y Ecología.

Moderadora: **Patricia Marcano Pérez**, estudiante Grado en Biología.

Miércoles 5 de febrero

9:30-11:30h.

▪ **Visita CITIUS II.**



Grupo asistentes a la visita CITIUS.

12:00-13:00h.

▪ **Conferencia de Clausura: “Bases biológicas de la determinación sexual en humanos”.**

Dra. Isabel López Calderón, catedrática de Genética de la Facultad de Biología.



La conferencia de clausura fue impartida por la Dra. Isabel López Calderón, catedrática de Genética de la Facultad de Biología con el título *“Bases biológicas de la determinación sexual en humanos”*.

13:00- 14:00h.

▪ **Clausura y entrega de Premios de Fotografía.**
Decano del COBA, vicedecanas de estudiantes y de investigación de la Facultad de Biología, representación de Delegación de alumnos de la Facultad de Biología.



De izquierda a derecha: el gerente del Colegio Oficial de Biólogos de Andalucía (COBA), Francisco J. Sallago, decano de la Facultad de Biología de Sevilla, Luis Jacinto Herrero; Dra. Isabel López Calderón, catedrática de Genética de la Facultad de Biología; las vicedecanas de la Facultad de Biología, Rosa Luna y María José Huertas.

A la jornada de Clausura del día 5 de febrero asistieron en representación de la Facultad, el decano **Luis Jacinto Herrero**, por la Delegación de Alumnos, **Abraham Alguacil**, y por el Colegio Oficial de Biólogos de Andalucía (COBA), el gerente **Francisco J. Sallago**.

CELEBRACIÓN DE LA II SEMANA DE LA BIOLOGÍA FACULTAD DE BIOLOGÍA DE SEVILLA

“II Concurso de Fotografía” celebrado dentro de las actividades de la “II Semana de la Biología” en la US organizado por Facultad de Biología de Sevilla, Delegación de estudiantes, Grupo InfoCOBA y Colegio Oficial de Biólogos de Andalucía (COBA). Febrero 2025.

Reunido el jurado del Concurso de Fotografía con el objetivo de evaluar las más de 80 obras presentadas y tras una exhaustiva deliberación y considerando la calidad técnica, la creatividad y el impacto visual de las obras, se acuerda otorgar los siguientes premios:

PREMIOS PRINCIPALES



PRIMER PREMIO: Nº 9
Felipe Jesús Parra Perea,
por la obra “Atrapada”

<https://cobandalucia.org/wp-content/uploads/2025/02/1er-PREMIO-212x300.jpg>

Entrega el 1º premio el decano de la Facultad de Biología de Sevilla Luis Jacinto Herreros.



SEGUNDO PREMIO: Nº 38
Álvaro Alemany Rodríguez,
por la obra “La poderosa epigenética”

<https://cobandalucia.org/wp-content/uploads/2025/02/2o-PREMIO-300x212.jpg>

Entrega el 2º premio el gerente del C. Oficial de Biólogos de Andalucía, Francisco J. Sallago.



TERCER PREMIO: Nº 22
Carmen Ortega Troncoso,
por la obra “La puesta”

<https://cobandalucia.org/wp-content/uploads/2025/02/3er-PREMIO-212x300.jpg>

Entrega el 3º premio el representante de la Delegación de Estudiantes, Abraham Alguacil.



ACCÉSITS

1º ACCÉSIT al más votado por el público: Nº 84
Elena Calero Flor,
por la obra “Colorida Herida”.

2º ACCÉSIT a lo microscópico: Nº 16
Cintia Checa Rodríguez,
por la obra “Micromundos en conflicto”.

3º ACCÉSIT a la fotografía técnica: Nº 24
Rosa González Alcalde,
por la obra “Mirada precavida de una culebra de Montpellier”.

4º ACCÉSIT a la originalidad: Nº 68
Elena González Muñoz de Arenillas,
por la obra “Anhelando el sustento”.

El jurado felicitó a los galardonados por la calidad de sus trabajos y agradeció la participación de todos los concursantes en esta edición del certamen.

El Colegio Oficial de Biólogos de Andalucía quiere agradecer la participación en la II Semana de la Biología a todos los asistentes, a los ponentes de las conferencias, a los miembros de la Delegación de Alumnos y en especial al decano Luis Jacinto Herrero y a las vicedecanas María José Huerta y Rosa Luna, sin cuya implicación no hubiera sido posible la celebración de este concurso.





CELEBRACIÓN DE LA I SEMANA DE LA BIOLOGÍA FACULTAD DE CIENCIAS, UNIVERSIDAD DE GRANADA



Se ha celebrado por primera vez en la Universidad de Granada el evento “I Semana de la Biología UGR” durante los días 11, 12 y 13 de marzo, organizado por el Colegio Oficial de Biólogos de Andalucía (COBA) conjuntamente con la Facultad de Ciencias de Granada, y contando con la participación de los miembros del Grupo Info COBA de la UGR, junto con la coordinadora del grado de Biología, Dña. Carmen Pérez.

El objetivo de estas jornadas es establecer este evento como punto de encuentro anual en las diferentes universidades andaluzas para tratar, fomentar, dar valor y difundir la profesión de la Biología.

Las jornadas tuvieron entre otras actividades, charlas de alto nivel presentadas por profesores e investigadores de la UGR, visitas de interés como el itinerario por la Colección de Zoología de la Facultad, la visita a centros como el IFAPA y el Biobanco de Granada. Otras actividades en las que participaron los estudiantes fueron: “Pintar con bacterias” y el “Kahoot”. Y como curiosidad la presentación del “Codex Granatensis”, presentado en la conferencia por parte del director de la biblioteca universitaria de Granada.

El último día tuvo lugar el acto de clausura en el que contamos con la presencia del decano de la Facultad de Ciencias Experimentales D. Manuel Pérez Mendoza y el decano del COBA D. José Berros.

PROGRAMA

Martes 11 de marzo

10:00-12:00

- Visita al Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA).

12:00 - 12:10

- Presentación del acto “Semana de la biología”.

12:10 - 13:00

- Ponencia: *Experiencia como investigador en gestión y conservación de la fauna.*
Ponente: **Fabián Casas Arenas**, Departamento de Zoología.



CELEBRACIÓN DE LA I SEMANA DE LA BIOLOGÍA FACULTAD DE CIENCIAS, UNIVERSIDAD DE GRANADA

13:00 - 14:00

- Ponencia: *Bases genéticas y moleculares de la infertilidad.*
Ponente: **David Carmona López**,
Departamento de Genética.



Miércoles 12 de marzo

10:00-11:00

- Ponencia: *Aplicación de tecnologías de transcriptómica en biología.*
Ponente: **Lara Bossini Castillo**,
Departamento de Genética.



16:00 - 17:00

- Ponencia: *Presentación informativa sobre el Colegio de Biólogos de Andalucía (COBA).*
Ponente: **Francisco J. Sallago**, gerente del COBA.

11:00 - 12:00

- Conferencia: *El Codex Granatensis.*
Ponente: **Fernando Manuel Carrión Moles**.

17:00 - 18:00

- Actividad: *Pintar con Bacterias.*
Profesor a cargo: **Ignacio Moya y Alba Amaro**.



18:00 - 19:00

- Ponencia: *El origen de la multicelularidad en organismos unicelulares.*
Ponente: **Luis Miguel de Pablós Torró**,
Departamento de Parasitología.

12:00 - 13:00

- Ponencia: *Desde Biotecnología hasta la Inmunología y la Parasitología: Mi Viaje a Través de la Investigación Interdisciplinaria.*
Ponente: **Alberto Cornet Gómez**,
Departamento de Parasitología.

CELEBRACIÓN DE LA I SEMANA DE LA BIOLOGÍA FACULTAD DE CIENCIAS, UNIVERSIDAD DE GRANADA



Jueves 13 de marzo

Salón de Grados

10:00 - 11:00

- Visita a la Colección de Zoología.
Profesora a cargo: **Francisca Ruano Díaz**,
Departamento de Zoología.

11:00 - 12:00

- Ponencia: *Flores sin fronteras*.
Ponente: **Rocío Pérez Barrales**,
Departamento de Botánica.

11:00 - 13:30

- Visita al BIOBANCO
(2,5 horas un autobús).
Contacto: **Juan David Rejón**.

12:00 - 13:00

- Acto de clausura de la "I Semana de la Biología", con la presencia del decano de la Facultad de Ciencias Experimentales, **D. Manuel Pérez Mendoza**, el decano del COBA, **D. José Berros**, la coordinadora de Grado de Biología en la UGR, Dña. **Carmen Pérez** y una representante del Grupo InfoCOBA, **Daniela Aguilera**.

13:00 - 14:00

- Ponencia: *Del Plan de Acción Tutorial de Biología a la vida profesional*.
Ponente: **Marcos Moleón Paiz**,
Departamento de Zoología.

16:00 - 17:00



- Ponencia: *Vida más allá del expediente académico*.
Ponente: **Miguel Martín Hernández**,
Departamento de Bioquímica.

17:00 - 18:00

- Actividad: *Kahoot*. Se premia a los 3 mejores.
Estudiante a cargo: **Daniel Sánchez Correa**,
con ayuda de otros estudiantes del grado de Biología.



25 ANIVERSARIO DEL COLEGIO OFICIAL DE BIÓLOGOS DE ANDALUCÍA

ENTREGA DE INSIGNIAS A LOS QUE HAN CUMPLIDO 25 AÑOS DE COLEGIADOS



Coincidiendo con la Junta General Ordinaria del COBA, celebrada el día 17 de mayo en el Museo Casa de la Ciencia CSIC en Sevilla, tuvo lugar el acto de entrega por parte del decano José Berros Elbaz, de la insignia conmemorativa a las personas que han cumplido 25 años de colegiados.

Los asistentes que recibieron dicha insignia fueron:

NOMBRE COLEGIADO	Nº COLEGIADO	PROVINCIA	ANTIGÜEDAD
José Berros Elbaz	96	Málaga	25 años
Antonio José de Andrés Rodríguez	20	Sevilla	25 años
Elías Casado Granados	104	Córdoba	25 años
Eduardo Morán Fagúndez	157	Sevilla	25 años
José Daza Cordero	1338	Huelva	25 años
José M ^a Dorado Gómez	367	Sevilla	25 años
Francisco José Díaz Flores	479	Sevilla	25 años
Carlos Augusto Carrillo Maestro	751	Jaén	25 años
Antonio Amarillo Sánchez	880	Sevilla	25 años
Pedro Jiménez Hidalgo	385	Sevilla	25 años



Foto histórica de los tres decanos del COBA.

**25 ANIVERSARIO DEL COLEGIO
OFICIAL DE BIÓLOGOS DE ANDALUCÍA****ENTREGA DE INSIGNIAS A LOS QUE
HAN CUMPLIDO 25 AÑOS DE COLEGIADOS**

Como recuerdo del momento mostramos las fotos de la entrega a los colegiados asistentes que cumplían los 25 años como colegiados.





25

ANIVERSARIO DEL COLEGIO OFICIAL DE BIÓLOGOS DE ANDALUCÍA

El Colegio Oficial de Biólogos de Andalucía es una corporación de derecho público que se constituye bajo el amparo de la Ley aprobada por el Decreto 149/1999, de 22 de junio, de la Junta de Andalucía. Por lo que celebra del 22 de junio de 2024 hasta el 21 de junio de 2025 su 25 ANIVERSARIO.

¡¡PASIÓN POR LA BIOLOGÍA!!

©Alonso Bobo Massó



Colegio Oficial de
Biólogos de Andalucía

Oficina: Av. San Fco. Javier, nº 9
(Edificio Sevilla 2), Pta. 4ª, Mod. 7 y 8 - 41018 Sevilla
Telf.: 954 41 05 97 / oficina@cobandalucia.org
www.cobandalucia.org