



Recomendación relativa al riesgo de aparición de agentes patógenos en los moluscos bivalvos y nexo existente con el cambio climático

CCA 2022-19

Agosto de 2022



El Consejo Consultivo de Acuicultura (CCA) agradece el apoyo financiero de la UE





Índice

Índice	2
1. SÍNTESIS: OBJETIVO DEL PRESENTE DOCUMENTO.....	3
2. INTRODUCCIÓN	3
3. DIVERSIDAD DE LOS PATÓGENOS DE LOS BIVALVOS	4
4. PATÓGENOS EMERGENTES QUE AFECTAN A LA CONQUILICULTURA.....	5
5. CAMBIO CLIMÁTICO Y CONQUILICULTURA.....	6
6. EJEMPLOS DE MEDIDAS DE GESTIÓN DE RIESGOS EMERGENTES VIGENTES Y PROPUESTAS PARA MEJORAR LA RESILIENCIA, RESISTENCIA Y TOLERANCIA.....	8
7. CONCLUSIÓN	9
8. RECOMENDACIONES DEL CCA.....	9
REFERENCIAS	12



1. SÍNTESIS: OBJETIVO DEL PRESENTE DOCUMENTO

La recomendación que nos ocupa aborda el riesgo de aparición de patógenos en los moluscos bivalvos y el nexo existente con el cambio climático. Esta tiene por objetivo demostrar la fragilidad de la conquilicultura frente a cualquier cambio que sufra el entorno en que se practica e igualmente, ante la necesidad de ejecutar medidas adaptadas para preservar dicho sector económico de envergadura en Europa. En efecto, los moluscos se muestran muy dependientes de la buena calidad del medio en el que viven. En cambio, la cría de moluscos europea afronta casos de mortalidad recurrentes ligados a la aparición de nuevos patógenos. Al respecto, cabe la posibilidad de que los agentes mencionados estén ya presentes en el medio y acaben siendo patógenos como consecuencia de las alteraciones que hayan experimentado las condiciones ambientales. En ese sentido, el cambio climático desempeña un papel clave dada su repercusión en el medio marino y sus ecosistemas costeros, de unos años a esta parte.

2. INTRODUCCIÓN

La conquilicultura es un sector económico esencial en Europa, que representa aproximadamente a 8.500 empresas. A su vez, estas últimas dan empleo a más de 42.000 personas (Arzul et al., 2021) y cultivan una excelente variedad de moluscos: ostras, mejillones, berberechos, almejas, etc. Europa ostenta el 2º y 3º puesto en la clasificación mundial de productores de moluscos tras los continentes asiático y americano. En total, su producción de moluscos de cría comporta el 47 % del peso y el 23 % del valor de la producción acuícola europea (FAO, 2018).

La conquilicultura constituye una respuesta a la necesidad de desarrollar una industria alimentaria compatible con el cambio climático y se inscribe a la perfección en el [Pacto Verde Europeo](#), debido a su función socioeconómica de generación de riqueza y a la utilidad fundamental para el medio natural a través de los servicios que presta derivados del ecosistema. No obstante, depende en un grado considerable de su entorno y transformaciones. Desde hace varios años, la conquilicultura europea es víctima en especial de cuadros de mortalidad recurrentes originados por diversos factores asociados: evolución de la calidad del entorno, modificación de la fisiología de los moluscos y aparición de agentes patógenos. De hecho, en su entorno, los moluscos están circundados y hospedan comunidades de microorganismos, de los cuales, algunos pueden resultar patógenos en función de las condiciones ambientales del medio. Desde hace algunos años, se ha añadido otro factor desconocido a los ya mencionados: el **impacto del cambio climático en la cría de moluscos y, sobre todo, en la aparición de agentes patógenos emergentes**.

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CCNUCC) define el cambio climático actual como: «*un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables*». (IPCC, 2014a; IPCC, 2014b). Los ecosistemas costeros ya se han visto afectados por el cambio climático, fenómeno que se traduce en el calentamiento y acidificación de los océanos y el aumento del nivel del mar, entre otros. Los riesgos citados inciden de manera determinante y, en particular, en el sector económico de la acuicultura, así como en la pesca y el turismo. Al mismo tiempo, ponen en riesgo la seguridad alimentaria de los productos pesqueros para las personas y la salud de los bancos de moluscos (IPCC, 2019).



3. DIVERSIDAD DE LOS PATÓGENOS DE LOS BIVALVOS

La Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) designa, en su [Código sanitario para los animales acuáticos](#), a una enfermedad como «una infección, clínica o no, provocada por uno o varios agentes patógenos» y a un agente patógeno como «un microorganismo que provoca o contribuye al desarrollo de una enfermedad». (OIE, 2021). En cuanto a los agentes patógenos de los moluscos, estos son de naturaleza variada: virus, bacterias y parásitos protozoarios.

Ahora bien, la presencia de un agente patógeno no es sistemáticamente sinónimo de enfermedad y de mortalidad en los moluscos, pues los primeros tienden a desarrollarse y a inducir a la mortalidad cuando sobreviene un desequilibrio de interacciones entre moluscos, agentes patógenos, entorno y prácticas de cultivo (Arzul, 2020).

Según las zonas geográficas por las que se distribuyen, estos agentes patógenos se consideran ausentes o presentes en la UE. Hoy por hoy, se conoce a dos parásitos protozoarios a los que se ha catalogado de ausentes, y que son: El *Mikrocytos mackini*, presente en América del Norte desde la década de los sesenta del siglo pasado y asociado a la muerte del ostión del Pacífico (*Crassostrea gigas*) en Canadá; y el *Perkinsus marinus*, localizado mayormente en los Estados Unidos y causante por vez primera en 1946 de una cuantiosa cifra de muertes de ostiones de Virginia (*Crassostrea virginica*) [Ifremer (LGPM), 2018].

Existen otros agentes patógenos, como el virus *Ostreid herpesvirus* de tipo 1 (OsHV-1) y la bacteria *Vibrio aestuarianus*, que por el contrario, están muy asentados en la UE y son responsables de casos marcados de mortalidad, sobre todo, en Francia. Tanto es así que, desde el principio de los ochenta del siglo pasado, el herpesvirus se vincula con frecuencia a casos de mortalidad de los ostiones del Pacífico (*Crassostrea gigas*) y, más en concreto, de las semillas de ostras y ostras juveniles [Ifremer (LGPM), 2018].

Sin embargo, a partir de 2008, la aparición de un genotipo determinado del virus (a saber, el OsHV-1) desencadenó un ascenso de la mortalidad de entre un 60 % y un 80 % en las semillas (Soletchnik, 2009). Además de la mortalidad que causa estragos en las semillas, desde 2012, el 50 % de las ostras adultas que se pueden comercializar también se cuentan entre las víctimas que se cobran los patógenos. En los cuadros de mortalidad, se ha detectado sistemáticamente la bacteria *Vibrio aestuarianus* en las ostras (Garnier et al., 2007).

Los ejemplos de episodios de mortalidad enunciados previamente evidencian la complejidad que comporta el control de las enfermedades que atacan a los moluscos, lo endeble de nuestra capacidad para afrontar los desafíos de índole zoosanitaria y la necesidad de tener en cuenta las características intrínsecas a la conchalicultura. En verdad, la cría de moluscos se da generalmente en un medio natural y, por ende, los animales se hallan en contacto directo con el entorno. Hablamos de un medio abierto que, contrariamente al terrestre, está exento de barreras físicas, lo cual posibilita la propagación y transmisión rápida de los agentes patógenos.

Es más, dada su fisiología, los moluscos no generan anticuerpos ni adquieren inmunidad, lo que imposibilita la utilización de vacunas. Dicho lo cual, tanto las vacunas como los tratamientos de desinfección no se pueden aplicar en lugares abiertos. A lo anterior hay que añadir el hecho de que no



acusen signos clínicos específicos, aspecto que dificulta el diagnóstico. A la par, la frontera entre los animales silvestres y de cría no siempre está bien delineada, y los moluscos silvestres son portadores de numerosos microorganismos que son patógenos en potencia. Así pues, una vez asentado un agente patógeno en el entorno, resulta difícil erradicarlo, por no decir imposible (Arzul et al., 2021).

Por consiguiente, se hace indispensable prevenir la introducción y dispersión de tales enfermedades con el propósito de atenuar la repercusión que estas tengan en los moluscos bivalvos. De la misma manera, resulta primordial actuar de antemano ante la proliferación de afecciones mediante una normativa que se anticipa a la manifestación de agentes patógenos emergentes, y ello, por dos motivos: **mantener la producción sostenible de moluscos y fomentar que perdure el papel de vigía del estado de salud de los ecosistemas costeros** (Arzul, 2020).

4. PATÓGENOS EMERGENTES QUE AFECTAN A LA CONQUILICULTURA

La OIE (2021) cataloga **una enfermedad emergente** como «*una nueva aparición, [...] que causa un importante impacto en la sanidad animal o la salud pública; consecutiva a:*

- a. *una modificación de un agente patógeno conocido o a la propagación de éste a una zona geográfica o a una especie de la que antes estaba ausente; o*
- b. *un agente patógeno no identificado anteriormente o una enfermedad diagnosticada por primera vez».*

La Unión Europea también tipifica **el concepto de enfermedad emergente** en el artículo 6 de su Reglamento (UE) 2016/429:

«*[...] 2. Cualquier enfermedad no incluida en la lista constituye una enfermedad emergente [...] cuando tenga la potencialidad de ajustarse a los criterios previstos en el artículo 5, apartado 3, y:*

- a) *resulte de la evolución o la mutación de un agente patógeno existente;*
- b) *sea una enfermedad conocida que se propaga a una nueva zona geográfica, a una nueva especie o a una nueva población;*
- c) *se diagnostique por primera vez en la Unión; o*
- d) *esté causada por un agente patógeno no reconocido o que no se haya reconocido previamente.»*

En el cultivo de los moluscos, son numerosas las circunstancias que pueden favorecer que los agentes patógenos hagan acto de presencia. Concretamente, y a lo largo del proceso de cría, los moluscos se someten a muchos trasladados de zonas de producción, de lo cual se deriva la posibilidad de que propaguen especies invasivas o agentes patógenos con el cambio.

Además, los moluscos son animales de sangre fría y muy sensibles a los factores de estrés, que a menudo viven fuera de su área de distribución natural y en un entorno rico en agentes patógenos por naturaleza. Estos últimos se desarrollan principalmente en las poblaciones silvestres de moluscos para contaminar después una o varias zonas de producción. En general, toda transformación del



medioambiente, prácticas culturales o bien de la fisiología de los moluscos puede provocar la aparición de un patógeno que, a su vez, sea el desencadenante de las muertes de los animales a los que nos referimos. Al hilo de lo descrito, la alteración de las condiciones medioambientales puede originar una epidemia por la posibilidad de que incremente la prevalencia y virulencia de una enfermedad ya existente o por el hecho de que facilite el surgimiento de una afección inédita (Krause, 1998; Harvell et al., 1999; Burge et al., 2014).

Por último, la carencia de datos acerca de los patógenos y sus huéspedes entorpece los diagnósticos que se centran esencialmente en las enfermedades conocidas o tipificadas. Hoy por hoy, constatamos **la escasez de inventarios de patógenos y sus correspondientes huéspedes con presencia en los territorios nacionales y la insuficiencia de las medidas de supervisión y de gestión actuales.**

5. CAMBIO CLIMÁTICO Y CONQUILICULTURA

El medio marino, al igual que las actividades económicas que de él se derivan, como la conquilicultura, ya se han visto afectados por los efectos del cambio climático. Las alteraciones ambientales influyen en la salud y la productividad de los ecosistemas marinos en vastos espacios y durante periodos de tiempo prolongados (Harvell et al., 1999).

A decir verdad, es probable que el cambio climático suscite modificaciones en la biología de las poblaciones marinas y, con ello, las haga más propensas a contraer enfermedades. En particular, el **incremento de la temperatura de los océanos** acarrea numerosas consecuencias en la dinámica de las dolencias. En los Estados Unidos, en los últimos 25 años se ha atestiguado un aumento de las temperaturas invernales en la costa. Y de aquellos polvos, estos lodos: la subida ha estimulado la propagación del *Perkinsus marinus* y del *Haplosporidium nelsoni* (enfermedad MXS o «esfera X multinucleada») (Cook et al., 1998; Dittman et al.). La mortalidad de los parásitos disminuye con los inviernos más cálidos, caldo de cultivo de las infecciones más graves que padecen las ostras cuyo origen es la enfermedad MSX (Harvell et al., 1999). Sin embargo, las situaciones hipotéticas relativas a las emisiones futuras vaticinan que la temperatura de la superficie del océano aún puede crecer entre 0,6 °C y 2,0 °C en los 100 primeros metros de aquí a 2100 (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, IPCC, 2013) a sabiendas de que, desde 1970, la temperatura de los océanos se ha elevado (0,11 °C cada década) y ha absorbido más del 90% del calor excedente del clima.

La **acidificación de los océanos** (AO) desencadena una disminución de la concentración de iones de carbonato (CO_3^{2-}), un elemento integrante del carbonato de calcio (CaCO_3) indispensable para la creación de las conchas de los moluscos (Gazeau et al., 2007). Cada vez son más abundantes las publicaciones que exponen las consecuencias negativas de la AO en el desarrollo, crecimiento, calcificación, propensión a contraer ciertas enfermedades y la supervivencia de un gran número de especies de moluscos. A este respecto, hace prácticamente diez años ya se observaron las secuelas directas de la AO en la conquilicultura a escala local en la Costa Oeste de los Estados Unidos (Barton et al., 2015). Desde entonces, científicos y conquilcultores han puesto de manifiesto la estrecha correlación existente entre la acidez del agua y la mortalidad de las larvas de ostra (Barton et al., 2015) y trazado estrategias de adaptación local (Barton et al., 2015; Ekstrom et al., 2015).



Asimismo, cabe citar otras consecuencias del cambio climático cuyos efectos en el cultivo de moluscos apenas se ha documentado aún, si bien ya revelan un impacto de mayor calado en los ecosistemas marinos, como la estratificación de los océanos, la pérdida de oxígeno en superficie debido a la perturbación de la ventilación y de la biogeoquímica, la variación de la producción primaria neta y la transformación de las zonas de distribución geográfica y las actividades de temporada de las especies marinas (IPCC, 2019).

De manera general, el cambio climático y las actividades humanas han acelerado (Harvell et al., 1999; Burge et al., 2014):

- el tránsito de especies por todo el mundo, con lo cual se ha expuesto a algunas poblaciones marinas a nuevos patógenos. Por otro lado, se ha dado a entender que los fenómenos más destacados de mortalidad de moluscos bivalvos son fruto del traslado de «stocks» contaminados;
- y el debilitamiento de los animales de cría, que consumen energía, ya sea para aclimatarse o adaptarse a estas condiciones inéditas.

Por contra, y a tenor de los recientes hallazgos en el campo de la investigación genómica, los moluscos parecen estar dotados de una **capacidad de adaptación al cambio climático**. Según el descubrimiento, cabe pensar que los bivalvos posean cierta tolerancia y resiliencia a un conjunto de factores causantes de estrés ambiental y algún que otro rasgo de plasticidad fenotípica que les garantiza una adaptación genética a sus hábitats. Estas características serán determinantes a la hora de ayudar a las empresas dedicadas al cultivo de moluscos a «resistir al clima» (Byrne et al., 2020) y a nuevos patógenos (Yu y Guo, 2006; Lallias et al., 2009; Sauvage et al., 2010).

En realidad, algunas especies de moluscos – y, para ser más precisos, varias especies de ostras – presentan un alto grado de polimorfismo y una riqueza de secuencias repetitivas, lo que les permite dar muestras de una gran variación fenotípica (Zhang et al., 2012). Aun cuando estemos tentados a minimizar la función que desempeña la inmunidad en estos invertebrados, los flamantes avances que han acontecido nos han facultado para comprender mejor los genomas de los huéspedes y de sus parásitos. De esta forma, varios estudios han desvelado que los moluscos tienen unos sistemas inmunitarios innatos sorprendentemente sofisticados (Guo y Ford, 2016). Las principales vías de inmunidad innata están presentes en los moluscos a través de muchos receptores, reguladores y efectores inmunitarios amplios. Las familias extensas de genes aportan una enorme diversidad y complejidad a la respuesta inmunitaria innata, lo cual puede ser la clave de la defensa de los moluscos frente a distintos agentes patógenos en ausencia de inmunidad adaptativa (Guo y Ford, 2016).

En cambio, la base genética de la resistencia a las enfermedades o al estrés ambiental de la mayoría de especies de moluscos con interés comercial en todo el mundo (y, en especial, en la Unión Europea), sigue siendo prácticamente desconocida (Gómez-Chiarri et al., 2015). Por tanto, el estudio de los transcriptomas de los moluscos de interés y de sus parásitos y el progreso que se ha testimoniado en el conocimiento del ajuste fenotípico y/o la selección genética, habida cuenta de las complejas interacciones que se dan entre la plasticidad y la adaptación, podrían ser hilos de los que tirar a la hora de mejorar nuestra comprensión sobre la variación genética en la virulencia del parásito y la resistencia del huésped a las enfermedades (Guo y Ford, 2016; Byrne et al., 2020).



6. EJEMPLOS DE MEDIDAS DE GESTIÓN DE RIESGOS EMERGENTES VIGENTES Y PROPUESTAS PARA MEJORAR LA RESILIENCIA, RESISTENCIA Y TOLERANCIA

En Francia, el organismo responsable del control de los patógenos emergentes de los bivalvos es el intermediario de la red REPAMO (esto es, la Red de vigilancia de las Patologías de los Moluscos marinos). Creada en 1992, esta red lleva a cabo una misión normativa y de servicio público del Ministerio de Agricultura y de Alimentación delegada recientemente en las asociaciones interprofesionales de la conchalicultura y la pesca profesional. El objetivo de la REPAMO radica en detectar e identificar lo antes posible a los agentes patógenos y/o emergentes infecciosos tipificados asociados a los casos de mortalidad de los moluscos marinos silvestres y de cría. Esta vigilancia fáctica pasiva se fundamenta en la declaración que obligatoriamente deben realizar los profesionales de toda elevación anormal de la mortalidad.

Desafortunadamente, la red de vigilancia en cuestión es mejorable y no responde sino parcialmente al problema que entraña la lucha contra la introducción/aparición y proliferación de patógenos emergentes. Tanto es así que esta red únicamente se atiene a los patógenos listados y conocidos gracias al análisis histológico de las conchas. En el caso de otros agentes patógenos que no sean parásitos, este método es poco específico y, como mínimo, hay que esperar diez días para obtener los resultados. Este dilatado plazo hace incompatible la detección de agentes patógenos emergentes al igual que la implantación de medidas de gestión eficaces. Es más, no incluye seguimiento alguno de los parámetros medioambientales del medio.

A las anteriores hay que sumar en Europa otras iniciativas de vigilancia de los patógenos emergentes, como la labor que desempeña la red europea de profesionales de la Native Oyster Restoration Alliance (o Alianza para la Restauración de la Ostra Autóctona, NORA en inglés), orientada a la elaboración de políticas que reconozcan la importancia del hábitat creado por la ostra europea oriunda del continente, *Ostrea edulis*, y las ventajas que reporta su recuperación en el área íntegra de distribución histórica (Pogoda et al., 2019). La red NORA propone directivas en materia de seguridad biológica para la recuperación de las ostras autóctonas en Europa, concentrándose para ello en diferentes aspectos, como la producción de semillas de ostra, pero, sobre todo, en la prevención de la diseminación de *Bonamia* y otros patógenos marinos, enfermedades y especies invasoras. El cometido que tiene la red enunciada consiste en tener en cuenta el conjunto de enfermedades conocidas y adelantarse a la aparición de enfermedades o de especies invasoras inesperadas, posiblemente provocadas por el cambio climático y la alta temperatura del mar (Pogoda et al., 2020).

Por último, en el transcurso de los últimos años se ha engrosado la bibliografía dedicada a este tema mediante diversos informes científicos que efectúan una relación de recomendaciones destinadas a pulir las prácticas, con la finalidad de lograr una mayor resistencia, resiliencia o tolerancia frente a los patógenos emergentes. Entre ellos, se encuentra el proyecto [VIVALDI](#), que tiene por meta propiciar la sostenibilidad y la competitividad del sector europeo de la conchalicultura, azotado por un número creciente de casos de mortalidad en los últimos años. Para dicho fin se confeccionaron entre 2016 y 2020 herramientas y estratégicas que velaban por apuntalar la prevención y paliar el impacto de las enfermedades de los moluscos bivalvos. Entre las recomendaciones realizadas, cabe resaltar la



referente a la proyección de programas por selección que potencien la resistencia a las dolencias con arreglo a las buenas prácticas de producción (Arzul et al., 2021).

En otro orden de cosas, son varios los trabajos que recalcan la importancia de la definición y la necesidad de un reconocimiento único de los términos «resistencia», «resiliencia» y «tolerancia» en pro de instaurar mecanismos normativos que sostengan la gestión marina (Holbrook et al., 2021). Por tal razón, en aras de evitar que los debates que versan sobre la redacción de políticas necesarias lleguen a un punto muerto e impedir la dispersión de enfermedades en nuevos enclaves y poblaciones, parece preciso ejecutar tareas adicionales con las que despejar la ecuación de la incertidumbre práctica ligada a la fijación y aplicación de dichos términos (Holbrook et al., 2021).

Naturalmente, tanto la implicación como la participación de la totalidad de actores (autoridades competentes, asociaciones interprofesionales y profesionales e investigadores) sería una condición *sine qua non* para que tales proyectos fructifiquen. Las partes interesadas también deben estipular claramente los canales de comunicación que se van a emplear (Arzul et al., 2021).

7. CONCLUSIÓN

A pesar de las muchas investigaciones puestas en marcha, la evolución de los patógenos marinos y las consecuencias ambientales que estos puedan ocasionar siguen siendo inciertos (Harvell et al., 1999). Como contrapunto, se investiga poco y se está lleno de conocimientos acerca del cambio climático y su impacto en la conchalicultura y agentes patógenos conocidos y emergentes.

No obstante, los exiguos estudios realizados se hacen eco de diversas repercusiones económicas negativas del cambio climático, bien en cuestión de valor actual neto, de ingresos, de bienestar de los consumidores o incluso del valor nutricional de los productos (Falkenberg y Tubb, 2017; Narita y Rehdanz, 2017; Froehlich et al., 2018). En concreto, para 2100, se ha estimado la incidencia anual de la AO en la producción europea de moluscos en más de mil millones de dólares estadounidenses, cuantía repartida de modo desigual en función del país (Narita and Rehdanz, 2017). De forma más general, afirmaremos que el cambio climático y, más en particular, la AO, traerán variaciones de los bienes y servicios prestados por los ecosistemas orientados al cultivo de moluscos (Le Bihan-Charpentier, 2015; Smaal et al., 2019).

Así, diríase que resulta esencial **operar de una manera un tanto más exhaustiva con estos dos temas íntimamente ligados, como son el surgimiento de los agentes patógenos de los moluscos bivalvos y los efectos del cambio climático en la conchalicultura.**

8. RECOMENDACIONES DEL CCA

Para concluir, el Consejo Consultivo de Acuicultura recomienda **a la Comisión Europea:**

- preservar la calidad de las aguas destinadas al cultivo de moluscos dejando constancia del buen estado del que gozan los animales como se perfilaba en la recomendación de la CCA, que se puede consultar en: [AQUÍ](#), concerniente a la protección de la calidad de las aguas en las que se cultivan moluscos (abril de 2020);



- ponderar las consecuencias del cambio climático en la conquilicultura a largo plazo y, sobre todo, a través de modelos climáticos y socioeconómicos;
- prever financiación para la vigilancia zoosanitaria de los bancos de moluscos y para la regeneración de la calidad de las aguas en las que se practica la actividad directamente asociada a la buena salud de los moluscos;
- incluir estas necesidades de investigación en la visión y prioridades de trabajo de la Plataforma Tecnológica y de Innovación de la Acuicultura Europea (EATIP);
- añadir una página específica sobre la conquilicultura y el ámbito zoosanitario en el futuro portal de la Comisión Europea relativo a la acuicultura, para compartir toda la información asociada a los campos que se citan a renglón seguido: monitoreo de la biodiversidad, cambio climático, vigilancia zoosanitaria y patógenos emergentes, puesta en común de buenas prácticas vinculadas a la sanidad animal...;
- reconocer y consolidar los canales de comunicación, el intercambio de información referente a los asuntos citados e integrar tareas de definición de conceptos zoosanitarios normativos adaptados entre los actores europeos (Estados miembros, autoridades competentes, investigadores, representantes de los profesionales...), también con los actores internacionales.

Al mismo tiempo, el Consejo Consultivo de Acuicultura aconseja **a los Estados miembros:**

- defender la calidad óptima de las aguas en las que se crían moluscos aplicando la normativa en vigor y luchando contra las nuevas fuentes de contaminación, atajando para ello el origen de la contaminación y no centrándose en los profesionales que ejercen esta disciplina;
- incorporar a los conquilicultores en los procesos de evaluación de la calidad del agua;
- mejorar la detección e identificación de los patógenos emergentes: por medio del estudio de la diversidad de los patógenos conocidos, la metamorfosis de las condiciones ambientales, los distintos reservorios existentes (sedimentos, agua, plancton...), y a través del desarrollo de herramientas de alerta rápida de distintos patógenos que se ajusten a las necesidades de los profesionales (detectores pasivos, PCR a distintos cebos, secuenciación del ADN...);
- adecuar las estrategias de vigilancia zoosanitaria al cambio climático y a los patógenos emergentes: control programado, seguimiento de los parámetros medioambientales, medidas de gestión;
- mejorar los mecanismos de defensa de los moluscos procedentes de los criaderos mediante la optimización de los programas de selección genética y gracias al estudio de la virulencia de los patógenos, el registro de los marcadores asociados a una mejor supervivencia, la estimulación de la inmunidad y la medición de los mecanismos de defensa;
- reforzar la comunicación entre las autoridades competentes responsables de la calidad del agua y de las zonas litorales, la investigación y el sector de la conquilicultura;



- fortalecer el vínculo que se da entre la investigación y los profesionales por medio de la creación de programas de investigación aplicada (esto es, prácticas culturales, impacto medioambiental...) en conjunción con las necesidades de la profesión y proponiendo instrumentos y aplicaciones adaptados a esas necesidades;
- guiarse por la plataforma espejo de la EATiP y añadir las recomendaciones listadas a los programas de trabajo.



Recomendación relativa al riesgo de aparición de agentes patógenos en los moluscos bivalvos y nexo existente con el cambio climático

REFERENCIAS

- Anderson, R. M.** (1998) Analytic theory of epidemics, p. 23-50. In R. M. Krause (ed.), Emerging infections. Academic Press, New York, N.Y.
- Arzul I** (2020) Pourquoi les huîtres sont-elles de plus en plus souvent malades? The Conversation, <http://theconversation.com/pourquoi-les-huitres-sont-elles-de-plus-en-plus-souvent-malades-152005>
- Arzul I, Furones D, Cheslett D., Gennari L., Delangle E., Enez F., Lupo C., Mortensen S., Pernet F. et Peeler E.** (2021) Manuel de gestion des maladies des mollusques bivalves et de biosécurité - Projet H2020 VIVALDI -p.44.
- Barton A, Waldbusser GG, Feely RA, Weisberg SB, Newton JA, Hales B, Cudd S, Eudeline B, Langdon CJ, Jefferds I, et al** (2015) Impacts of Coastal Acidification on the Pacific Northwest Shellfish Industry and Adaptation Strategies Implemented in Response. *Oceanography* **28**: 146–159
- Burge CA, Mark Eakin C, Friedman CS, Froelich B, Hershberger PK, Hofmann EE, Petes LE, Prager KC, Weil E, Willis BL, et al** (2014) Climate Change Influences on Marine Infectious Diseases: Implications for Management and Society. *Annu Rev Mar Sci* **6**: 249–277
- Byrne M, Foo SA, Ross PM, Putnam HM** (2020) Limitations of cross- and multigenerational plasticity for marine invertebrates faced with global climate change. *Global Change Biology* **26**: 80–102
- Cook T, Folli M, Klinck J, Ford S, Miller J** (1998) The Relationship Between Increasing Sea-surface Temperature and the Northward Spread of *Perkinsus marinus* (Dermo) Disease Epizootics in Oysters. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **46**: 587–597
- Dittman DE, Ford SE, Padillai DK** EFFECTS OF *PERKINSUS MARINUS* ON REPRODUCTION AND CONDITION OF THE EASTERN OYSTER, *CRASSOSTREA VIRGINICA*. DEPEND ON TIMING. **11**
- Ekstrom JA, Suatoni L, Cooley SR, Pendleton LH, Waldbusser GG, Cinner JE, Ritter J, Langdon C, van Hoidonk R, Gledhill D, et al** (2015) Vulnerability and adaptation of US shellfisheries to ocean acidification. *Nature Clim Change* **5**: 207–214
- Falkenberg LJ, Tubb A** (2017) Economic effects of ocean acidification: Publication patterns and directions for future research. *Ambio* **46**: 543–553
- FAO** (2018) FIGIS - Fisheries Statistics - Aquaculture. <https://www.fao.org/figis/servlet/TabSelector>
- Froehlich HE, Gentry RR, Halpern BS** (2018) Global change in marine aquaculture production potential under climate change. *Nat Ecol Evol* **2**: 1745–1750
- Garnier M, Labreuche Y, Garcia C, Robert M, Nicolas J-L** (2007) Evidence for the Involvement of Pathogenic Bacteria in Summer Mortalities of the Pacific Oyster *Crassostrea gigas*. *Microb Ecol* **53**: 187–196
- Gazeau F, Quiblier C, Jansen JM, Gattuso J-P, Middelburg JJ, Heip CHR** (2007) Impact of elevated CO₂ on shellfish calcification. *Geophysical Research Letters*. doi: 10.1029/2006GL028554
- Gómez-Chiarri M, Warren WC, Guo X, Proestou D** (2015) Developing tools for the study of molluscan immunity: The sequencing of the genome of the eastern oyster, *Crassostrea virginica*. *Fish & Shellfish Immunology* **46**: 2–4
- Guo X, Ford SE** (2016) Infectious diseases of marine molluscs and host responses as revealed by genomic tools. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* **371**: 20150206
- Harvell CD, Kim K, Burkholder JM, Colwell RR, Epstein PR, Grimes DJ, Hofmann EE, Lipp EK, Osterhaus ADME, Overstreet RM, et al** (1999) Emerging Marine Diseases--Climate Links and Anthropogenic Factors. *Science* **285**: 1505–1510
- Holbrook Z, Bean TP, Lynch SA, Hauton C** (2021) What do the terms resistance, tolerance, and resilience mean in the case of *Ostrea edulis* infected by the haplosporidian parasite *Bonamia ostreae*. *Journal of Invertebrate Pathology* **182**: 107579
- Ifremer, Laboratoire Génétique et Pathologie des Mollusques Marins (LGPMM), Ifremer, Direction de la communication (DCOM)** (2018) Les agents pathogènes affectant les mollusques marins. Fiches pédagogiques.
- IPCC** (2014a) AR5 Synthesis Report: Climate Change 2014 — IPCC.
- IPCC** (2014b) AR5 Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability.
- IPCC** (2019) Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate —.
- IPCC** (2013) AR5 Climate Change 2013: The Physical Science Basis.



Recomendación relativa al riesgo de aparición de agentes patógenos en los moluscos bivalvos y nexo existente con el cambio climático

Krause RM (1998) 1 Introduction to emerging infectious diseases; stemming the tide. In RM Krause, ed, Biomedical Research Reports. Academic Press, pp 1–22

Lallias D, Gomez-Raya L, Haley CS, Arzul I, Heurtebise S, Beaumont AR, Boudry P, Lapègue S (2009) Combining Two-Stage Testing and Interval Mapping Strategies to Detect QTL for Resistance to Bonamiosis in the European Flat Oyster *Ostrea edulis*. *Mar Biotechnol* **11**: 570

Le Bihan-Charpentier V (2015) Analyse économique du risque en conchyliculture. These de doctorat. Nantes

Narita D, Rehdanz K (2017) Economic impact of ocean acidification on shellfish production in Europe. *Journal of Environmental Planning and Management* **60**: 500–518

Pogoda B, Boudry P, Bromley C, Cameron TC, Colsoul B, Donnan D, Hancock B, Hugh-Jones T, Preston J, Sanderson WG, et al (2020) NORA moving forward: Developing an oyster restoration network in Europe to support the Berlin Oyster Recommendation. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* **30**: 2031–2037

Pogoda B, Brown J, Hancock B, Preston J, Pouvreau S, Kamermans P, Sanderson W, Nordheim H von (2019) The Native Oyster Restoration Alliance (NORA) and the Berlin Oyster Recommendation: bringing back a key ecosystem engineer by developing and supporting best practice in Europe. *Aquat Living Resour* **32**: 13

Sauvage C, Boudry P, De Koning D-J, Haley CS, Heurtebise S, Lapègue S (2010) QTL for resistance to summer mortality and OsHV-1 load in the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*). *Animal Genetics* **41**: 390–399

Smaal AC, Ferreira JG, Grant J, Petersen JK, Strand Ø, eds (2019) Goods and Services of Marine Bivalves. doi: 10.1007/978-3-319-96776-9

Soletechnik P (2009) Mortalités exceptionnelles d'huîtres creuses dans les Pertuis Charentais. Synthèse des résultats 2008–2009.

Yu Z, Guo X (2006) Identification and mapping of disease-resistance QTLs in the eastern oyster, *Crassostrea virginica* Gmelin. *Aquaculture* **254**: 160–170

Zhang G, Fang X, Guo X, Li L, Luo R, Xu F, Yang P, Zhang L, Wang X, Qi H, et al (2012) The oyster genome reveals stress adaptation and complexity of shell formation. *Nature* **490**: 49–54

(2021) Code sanitaire pour les animaux aquatiques (2021). OIE - Organisation Mondiale de la Santé Animale



Consejo Consultivo de Acuicultura (CCA)

Rue Montoyer 31, 1000 Bruselas, Bélgica

Telf.: +32 (0) 2 720 00 73

Dirección de correo electrónico: secretariat@aac-europe.org

Twitter: @aac_europe

www.aac-europe.org