

IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA ACUICULTURA EN ESPAÑA

PNACC
Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE



Oficina Española de Cambio Climático



FUNDACIÓN
OESA

OBSERVATORIO ESPAÑOL DE ACUICULTURA

IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA ACUICULTURA EN ESPAÑA



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

Madrid, 2014



Aviso Legal: los contenidos de esta publicación podrán ser reutilizados, citando la fuente y la fecha, en su caso, de la última actualización

Autores:

Cristina García Díez, técnico de la Fundación OESA
Javier Remiro Perlado, director de la Fundación OESA.

Revisión:

Aída Velasco Munguira; José Ramón Picatoste
D.G. Oficina Española de Cambio Climático. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Agradecimientos:

Se agradece a la Fundación OESA su colaboración en la elaboración de este estudio.



MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

Edita:

© Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
Secretaría General Técnica
Centro de Publicaciones

Distribución y venta:
Paseo de la Infanta Isabel, 1
28014 Madrid
Teléfono: 91 347 55 41
Fax: 91 347 57 22

Impresión y encuadernación:

Taller del Centro de Publicaciones del MAGRAMA

Diseño y maquetación:

NIPO: 280-14-190-3 (papel)
NIPO: 280-14-191-9 (línea)
ISBN: 978-84-491-1415-1
Depósito Legal: M-30897-2014

Tienda virtual: www.magrama.es
centropublicaciones@magrama.es

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado:

<http://publicacionesoficiales.boe.es/>

Datos técnicos: Formato: 29,7 x 21 cm. Caja de texto: 13x24 cm Composición: una columna Tipografía:
Times New Roman a cuerpo 10. Encuadernación: fresado. Papel: interior en papel Igloo de 90g.
Cubierta en couché mate de 250 g. Tintas: 4/4.

En esta publicación se ha utilizado papel libre de cloro de acuerdo con los criterios medioambientales de la contratación pública.

A efectos bibliográficos este trabajo debe citarse como sigue:

Cristina García Díez, C. & Remiro Perlado, J. P. 2014. Impactos del Cambio Climático sobre la Acuicultura en España. Oficina Española de Cambio Climático, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid, 38 pág.

Las opiniones que se expresan en esta obra son responsabilidad de los autores y no necesariamente del MAGRAMA o de su personal.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
EL CAMBIO CLIMÁTICO	1
IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN ESPAÑA	2
Clima pasado, presente y futuro	2
Temperatura	3
Precipitación	3
Otras variables.....	3
Impactos sobre los ecosistemas acuáticos	4
Ecosistemas acuáticos continentales	4
Ecosistemas acuáticos marinos	6
Sistemas costeros	9
EL SECTOR DE LA ACUICULTURA EN ESPAÑA	10
Establecimientos	11
Sistemas de cultivo	12
Procesos de cultivo	14
Producción	15
Moluscos	15
Peces marinos	17
Peces continentales	19
Microalgas	20
EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA ACUICULTURA	21
Temperatura, salinidad y estratificación	21
Acidificación	22
Floraciones de algas	23
Disponibilidad de alimentos	23
Tormentas	25
VULNERABILIDAD DE LAS ESPECIES CULTIVADAS EN ESPAÑA	26
Moluscos	26
Peces marinos	27
Peces de agua dulce	27
Microalgas	27
OPCIONES DE ADAPTACIÓN	28
Acrónimos	33
Glosario	34
Bibliografía	36

INTRODUCCIÓN

Desde la aprobación en el año 2006 del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC), la evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático se ha considerado un objetivo prioritario para España. El Tercer Programa de Trabajo del PNACC, elaborado para el periodo 2014-2020, incluye entre sus ámbitos de trabajo y líneas de actividad prioritarias la evaluación de los *impactos y adaptación al cambio climático sobre la acuicultura en España*.

Este documento es el resumen de una recopilación no exhaustiva de referencias en publicaciones científicas y técnicas sobre los impactos del cambio climático a nivel general y sus repercusiones en el sector acuícola para poder establecer estrategias de adaptación. No obstante, se han actualizado y adaptado datos estadísticos y la información relativa al sector acuícola y al último informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC). El documento completo original se puede consultar en el siguiente enlace:

<http://www.fundacionoesa.es/publicaciones/cambio-climatico-y-acuicultura>

Con todo lo expuesto en el presente estudio y demás estudios elaborados en el marco del proyecto “Acuicultura y cambio climático”, cofinanciado por la Fundación Biodiversidad y ejecutado por la Fundación OESA durante 2013, se puede pronosticar la necesidad inmediata y primordial de elaborar una evaluación exhaustiva del impacto del cambio climático proyectado en la acuicultura española. Esta evaluación se realizaría con el fin de identificar su vulnerabilidad explorando las opciones de adaptación que minimicen dichos impactos, contemplando distintos escenarios de cambio climático y horizontes temporales a lo largo del siglo XXI. Para ello se utilizarían trabajos previos como los escenarios climáticos por regiones realizados por la Agencia Española de Meteorología (AEMET) y los escenarios oceanográficos de Puertos del Estado.

EL CAMBIO CLIMÁTICO

Según el 5º Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC), el calentamiento en el sistema climático es inequívoco y, desde la década de 1950, muchos de los cambios observados no han tenido precedentes en los últimos decenios a milenios. La atmósfera y el océano se han calentado, los volúmenes de nieve y hielo han disminuido, el nivel del mar se ha elevado y las concentraciones de gases de efecto invernadero han aumentado. Las emisiones continuas de gases de efecto invernadero causarán un mayor calentamiento y nuevos cambios en todos los componentes del sistema climático. Para contener el cambio climático, será necesario reducir de forma sustancial y sostenida las emisiones de gases de efecto invernadero.

La atmósfera:	<ul style="list-style-type: none"> • Cada uno de los tres últimos decenios ha sido sucesivamente más cálido en la superficie de la Tierra que cualquier decenio anterior desde 1850. En el hemisferio norte, es probable que el período 1983-2012 haya sido el período de 30 años más cálido de los últimos 1 400 años (nivel de confianza medio).
Los océanos:	<ul style="list-style-type: none"> • El calentamiento del océano domina sobre el incremento de la energía almacenada en el sistema climático y representa más del 90% de la energía acumulada entre 1971 y 2010 (nivel de confianza alto). Es prácticamente seguro que la capa superior del océano (0-700 metros) se haya calentado entre 1971 y 2010, y es probable que se haya calentado entre la década de 1870 y 1971.
La criosfera:	<ul style="list-style-type: none"> • En los dos últimos decenios, los mantos de hielo de Groenlandia y la Antártida han ido perdiendo masa, los glaciares han continuado menguando en casi todo el mundo y el hielo del Ártico y el manto de nieve en primavera en el hemisferio norte han seguido reduciéndose en extensión (nivel de confianza alto).
El nivel del mar:	<ul style="list-style-type: none"> • Desde mediados del siglo XIX, el ritmo de la elevación del nivel del mar ha sido superior a la media de los dos milenios anteriores (nivel de confianza alto). Durante el período 1901-2010, el nivel medio global del mar se elevó 0.19 metros [0.17 a 0.21 metros].
El ciclo del carbono y otros ciclos biogeoquímicos:	<ul style="list-style-type: none"> • En los últimos 800.000 años, las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono, metano y óxido nítrico han aumentado a niveles sin precedentes. Las concentraciones de dióxido de carbono han aumentado en un 40% desde la era preindustrial debido, en primer lugar, a las emisiones derivadas de los combustibles fósiles y, en segundo lugar, a las emisiones netas derivadas del cambio de uso del suelo. Los océanos han absorbido alrededor del 30% del dióxido de carbono antropógeno emitido, provocando su acidificación.

Figura 1. Cambios observados en el sistema climático. Fuente: IPCC 2013.

A efectos prácticos todo el mundo acepta que es imposible evitar el cambio climático en su totalidad y que la capacidad de adaptación tiene que aumentar en todas partes, incluso en los países de altos ingresos. La adaptación se centra en los efectos del cambio climático y en la adopción de políticas y prácticas efectivas que doten a la sociedad de las condiciones y requisitos necesarios para hacer frente a los efectos del cambio climático, admitiendo los evidentes cambios. Las opciones de adaptación son muchas y van desde opciones tecnológicas hasta un cambio en el comportamiento a nivel individual. Otras estrategias de adaptación son los sistemas de alerta temprana en relación con fenómenos extremos, el perfeccionamiento de la gestión de los riesgos, las opciones de seguros y la conservación de la diversidad biológica.

Los seres humanos han estado adaptándose al cambio en las condiciones climáticas durante siglos. Sin embargo, el cambio climático que el mundo está experimentando tiene lugar con mucha más rapidez que en ningún otro momento en la Tierra en los últimos 10.000 años. La respuesta española frente a estos factores es el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC), desarrollado por la OECC y aprobado en el año 2006, que establece el marco de referencia y coordinación nacional para las iniciativas y actividades de evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático.

IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN ESPAÑA

Clima pasado, presente y futuro

El fenómeno de variabilidad climática del hemisferio norte más influyente en la Península Ibérica es la Oscilación del Atlántico Norte (NAO), la cual presenta una estrecha vinculación con la temperatura y con la variación interanual y decenal de la precipitación. Las proyecciones de clima para el siglo XXI muestran una tendencia positiva de dicha oscilación, lo que se traduce en una disminución de la precipitación peninsular, sobre todo en la mitad sur, y un incremento general de temperatura en la Península Ibérica.

Temperatura

Las temperaturas del aire muestran un calentamiento generalizado al alza en todo el territorio español, con incrementos entre 1-2°C en el periodo comprendido entre 1850 y 2005 (VVAA 2011). La subida de temperatura ha afectado a todas las estaciones del año por igual, pero en los últimos 30 años el calentamiento ha sido mucho más pronunciado en primavera y en verano.

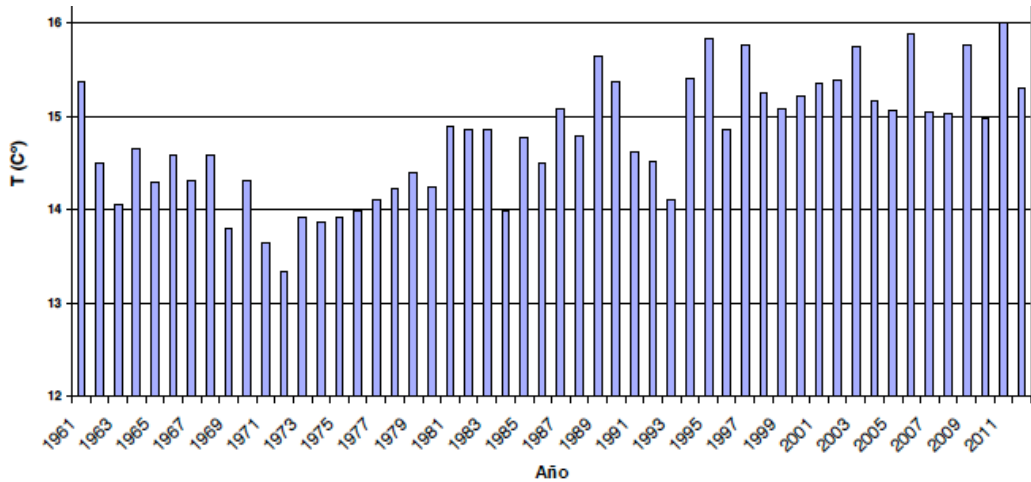


Figura 2. Serie de temperaturas medias anuales sobre España. Fuente: AEMET 2012.

España verá su temperatura máxima aumentar en 1-2°C para el período 2011-2040, de 3-5°C durante el período 2041-2070 y de 5-8°C el último tercio del siglo XXI, es decir, 2071-2100. En lo que respecta a las temperaturas mínimas, estas aumentarán entre 4-6°C durante el último tercio del siglo XXI.

Precipitación

Las series pluviométricas más largas de la Península Ibérica, desde el siglo XIX, no muestran una señal clara o una tendencia general significativa. La precipitación anual en las tres décadas más recientes ha disminuido de forma significativa en la Península Ibérica en relación a las décadas de los 60 y 70. La década 2000-2010 registra los valores más bajos de precipitación anual desde el año 1950. Sin embargo, la señal de cambios en la precipitación por efecto del cambio climático es débil en comparación con la de temperatura (Bladé et al. 2010).

Otras variables

Además, existen otras variables climáticas que pueden afectar a la producción acuícola en España como la reducción generalizada de la humedad relativa debido al aumento de temperatura, reducción en la nubosidad excepto en el noroeste peninsular y solo en los meses de invierno, cambios en la evapotranspiración sobre todo en los meses de verano y la velocidad del viento que parece mostrar un comportamiento bastante irregular tanto espacialmente como en la distribución anual.

Impactos sobre los ecosistemas acuáticos

Ecosistemas acuáticos continentales

Las precipitaciones anuales, e incluso estacionales, son de suma importancia para la perdurabilidad de los ambientes acuáticos españoles, los cuales son extremadamente sensibles al clima, debido a que la inmensa mayoría tiene un tiempo de residencia del agua reducido y, por tanto, depende de dicha precipitación. Tal como se ha visto anteriormente en relación a la evolución y tendencia de la precipitación cabe esperar que estos ecosistemas se vean seriamente perjudicados, ya que los niveles y caudales de la mayoría de ríos, lagos, embalses y humedales se vinculan a la precipitación a corto plazo de modo muy directo. Además de la precipitación, la temperatura del agua de estos ecosistemas está directamente relacionada con el aumento de la temperatura global del aire causado por el efecto del aumento de GEI en la atmósfera.

España es el país del mundo con mayor número de embalses por habitante, según WWF existen alrededor de 1.300, además tenemos 2.500 lagos alpinos mayores de 0,2 ha en las grandes cadenas montañosas (Pirineos, Sierra Nevada, Sistema Central, Sistema Ibérico, Cordillera Cantábrica), 50 lagos cársticos en Ciudad Real, Cuenca, Girona, Huesca y Lleida, 11 grandes cuencas hidrográficas con numerosos cursos fluviales temporales y permanentes, más de 500 lagos generados por actividades mineras y alrededor de 800 humedales de extensión superior a 0,2 ha, incluyendo lagos someros y albuferas (Álvarez Cobelas et al. 2005).

Por todo esto se considera que España posee uno de los conjuntos de ecosistemas acuáticos continentales más diversos del Mundo, aunque, eso sí, de pequeño tamaño en general. Estos ecosistemas, además, están incluidos en cuencas hidrográficas muy grandes que, a menudo dependen de las aguas subterráneas y experimentan intensas fluctuaciones en su volumen, relacionadas con el balance hídrico local (principalmente por los usos para agricultura), que afectan a su funcionamiento ecológico. Su importancia internacional deriva de que: 1º) las características climáticas, geológicas, fisiográficas, hidrológicas y paisajísticas de la Península Ibérica hacen que España posea la mayor diversidad de sistemas acuáticos continentales de Europa; 2º) hay 68 Sitios Ramsar con una superficie total aproximada de 285.185 ha; 3º) en su mayoría son ambientes distintos de los europeos templados fríos, con multitud de lugares endorreicos y ecosistemas temporales muy fluctuantes, los cuales tienen una flora y fauna muy singulares; 4º) muchos humedales tienen una fauna relictiva de la Era Terciaria; 5º) los lagos alpinos de Sierra Nevada son los lagos glaciares más meridionales de Europa; 6º) nuestros ecosistemas acuáticos continentales son objetivo preferente de la Directiva Marco Europea del Agua (Directiva 2000/60/CE), la cual los incluye en la Región Ibérico-Macaronésica distinguiendo los Pirineos como una región particular.

Estacionalidad

Todo apunta a que existe una alta certeza de que el cambio climático hará que parte de estos ecosistemas pasen de ser permanentes a estacionales y algunos desaparecerán. Aunque la magnitud de estos cambios aún no puede precisarse, sí se puede prever que los ecosistemas más afectados serán: ambientes endorreicos, lagos, lagunas, ríos y arroyos de alta montaña (1600-2500 metros), humedales costeros y ambientes dependientes de las aguas subterráneas.

Caudal y calidad del agua

Un descenso de la precipitación favorecerá el incremento de la temperatura fluvial, hecho que puede ser relevante para las zonas salmonícolas. La disminución de los

caudales generará un descenso en la concentración del oxígeno disuelto, especialmente importante si, además, hay contaminación orgánica y aumento de la temperatura. Los aumentos de temperatura harán ascender la nitrificación de los suelos y, por escorrentía, el nitrato en los ríos (Jenkins et al. 1993). Y lo mismo sucederá con el nitrógeno orgánico en cuencas predominantemente agrícolas (Bernal et al. 2003). Este efecto será más patente como resultado de las inundaciones intensas que tengan lugar tras las sequías, reduciendo el hábitat de los salmónidos.

En 2003 Friedland et al. relacionaron la disminución de las capturas de salmones en los ríos de la cornisa cantábrica con aumentos en la temperatura del agua de mar, producto del cambio climático. La fauna de los tramos medios puede invadir progresivamente los tramos altos si aumenta la temperatura del agua, sustituyendo a la fauna más estenoterma fría de las zonas de montaña. Como consecuencia de esto, las poblaciones de truchas autóctonas se irán fraccionando al reducirse su hábitat, hecho que favorecería procesos de deriva genética y, eventualmente, de especiación. En este proceso, las actuaciones de reintroducción y gestión de especies de interés piscícola pueden ser determinantes en el devenir de poblaciones locales.

Recientemente, el Observatorio de Seguimiento del Cambio Global de Sierra Nevada ha publicado los resultados preliminares de un estudio en 7 ríos de Sierra Nevada más los del Programa de Recuperación de las poblaciones de trucha común en Andalucía, en funcionamiento desde 2003. Dichos resultados indican una posible relación entre la densidad de trucha común en el Espacio Natural de Sierra Nevada y las precipitaciones acumuladas. Se ha visto que cuando las precipitaciones acumuladas son bajas, se producen descensos en la densidad de las poblaciones de trucha estudiadas, pero no de manera inmediata, sino trascurrido un tiempo desde el inicio del periodo de sequía. Por otro lado, la densidad de trucha común también se ve afectada después de un periodo de altas precipitaciones acumuladas, como las acaecidas en otoño de 2009 y principios de 2010. En ambos periodos, debido a la repentina modificación del hábitat que producen, hay una relación directa sobre las poblaciones de trucha común en el año en que ocurren, disminuyendo su densidad. La relación detectada entre el régimen pluviométrico anual y las variaciones en densidad de las poblaciones de trucha común parece indicar que esta especie es muy sensible a las variaciones ambientales, tal como demuestra la influencia de las sequías y lluvias torrenciales en el número de ejemplares detectados en los muestreos.

De igual manera, no hemos de olvidarnos de las charcas extremeñas, situadas en las dehesas ganaderas de Extremadura. En estas charcas crece de forma espontánea la tenca, especie muy apreciada en la cocina tradicional extremeña. Esta especie, aunque presenta una resistencia a las condiciones adversas superior a la de la carpa y soporta mejor que la mayoría de los peces bajos niveles de oxígeno en el agua, no es inmune a los periodos de sequías causados por el cambio climático. Actualmente, esta especie sufre mucho las altas temperaturas estivales que evaporan grandes superficies de agua favoreciendo los procesos de eutrofización y, temiéndose, en un futuro, la desaparición de parte de estas charcas.

Especies invasoras

Otra de las afecciones del cambio climático en los ecosistemas acuáticos continentales serán las invasiones biológicas. En el caso de la ictiofauna, una de las consecuencias del aumento de la temperatura del agua es la generación de nuevos óptimos de tolerancia fisiológica que podrían permitir a especies de aguas cálidas expandirse, adaptarse y establecer poblaciones autosostenibles, así como favorecer el establecimiento de especies exóticas introducidas. Por otro lado, y como ya se ha visto, las nuevas condiciones podrían provocar un desplazamiento de las especies adaptadas a aguas más frías que dejarían así un nicho vacío potencialmente ocupable por especies exóticas.

No está claro qué ocurrirá con los ciprínidos autóctonos (barbo, boga). Pueden verse sustituidos por especies más termófilas y, en general, introducidas (black bass, siluro, etc.). Las condiciones de bajos caudales favorecen la dominancia de especies exóticas introducidas como la perca sol (*Lepomis gibbosus*) y el black bass (*Micropterus salmoides*) sobre la comunidad íctica. Asimismo, el efecto de las especies exóticas introducidas podría amplificarse desplazando a las especies autóctonas en zonas donde pueden volverse una presa fácil por parte de especies piscívoras alóctonas (Matthews y Marsh-Matthews 2003).

Por otro lado, los cambios en los regímenes hidrológicos debidos a la fusión de las masas de nieve en alta montaña por los efectos del incremento en las temperaturas podrían favorecer la proliferación de especies como la trucha arco-iris (*Oncorhynchus mykiss*). Fausch et al. (2001) observaron que en las zonas ocupadas con éxito por esta especie las condiciones hidrológicas coincidían con las de su zona de origen donde hay inundaciones invernales y corrientes lentas en verano. La alteración de los regímenes de flujo resultantes del cambio climático puede influir en la frecuencia de los escapes desde instalaciones de acuicultura así como en la tasa de transmisión secundaria de especies no nativas a través de redes fluviales (Rahel y Olden 2008).

Además de la ictiofauna se ha observado la presencia del alga de agua dulce *Tetrasporidium javanicum* desde 2005, descubierta en los trópicos (Java, Asia), y especie indicadora de aguas turbias y de altas temperaturas. Este alga se ha visto en varias localidades de la península: Mérida (Badajoz), río Algar (Alicante), tramos bajos del río Ebro, ríos del macizo central gallego y en el norte de Portugal (VVAA 2011).

Ecosistemas acuáticos marinos

España es un país con una longitud de costa de casi 8.000 Km incluyendo los archipiélagos. Está bañada tanto por el Océano Atlántico por occidente como por el Mar Mediterráneo por oriente, lo que permite y favorece una gran diversidad de ambientes, tal como sucede con su biodiversidad terrestre. Debido a estas dos grandes influencias marinas en España se pueden encontrar ambientes con condiciones bóreo-atlánticas en la costa gallega, mediterráneas en toda la franja levantina e incluso ambientes subtropicales y macaronésicos en las costas e islas canarias.

El gran Giro Subtropical en el Océano Atlántico afecta a la costa atlántica ibérica, localizada en una zona de baja intensidad de circulación entre la Corriente del Atlántico Norte y la Corriente de Azores, ocasionando un cambio en la dirección de las corrientes. En otoño e invierno predomina la dirección al interior del Golfo de Vizcaya. En verano, a lo largo de toda la costa y coincidiendo con vientos dominantes del norte y nordeste, se producen episodios de afloramiento, algunas veces de gran intensidad, provocando las condiciones bóreo-atlánticas asociadas a la menor temperatura del agua y a un mayor contenido de nutrientes. En la costa occidental de Cádiz se produce un giro anticiclónico asociado al agua atlántica que entra al Mediterráneo por el Estrecho ocasionando afloramiento de cierta intensidad en el Mar de Alborán. Las costas canarias orientales están influenciadas por los afloramientos en la costa sahariana disminuyendo su influencia hacia el oeste, aunque se han descrito plumas de afloramientos hasta Tenerife.

Todos estos procesos alrededor de las costas españolas explican la gran biodiversidad marina y potencialidad en los recursos. Dentro de los ecosistemas marinos con un gran valor como reservorio de biodiversidad y protegidas por la ley, en algunas regiones españolas, destacan los estuarios y marismas y las praderas de angiospermas marinas: *Posidonia oceanica* en el Mediterráneo; *Cymodocea nodosa*, *Zostera noltii* y *Halophila decipiens* en las aguas de Canarias; *Zostera marina* y *Z. noltii* en el Atlántico Ibérico, y los campos de algas en

las zonas intermareales y submareales de las costas rocosas del Atlántico y del Mediterráneo.

Variables físico-químicas

El incremento de la temperatura junto a las emisiones de CO₂ y de otros GEI desencadena una amplia serie de cambios físicos y químicos en la atmósfera y en el medio marino (Fig.3) alterando el régimen de vientos, la temperatura, la precipitación, los afloramientos o los aportes continentales y la evaporación.

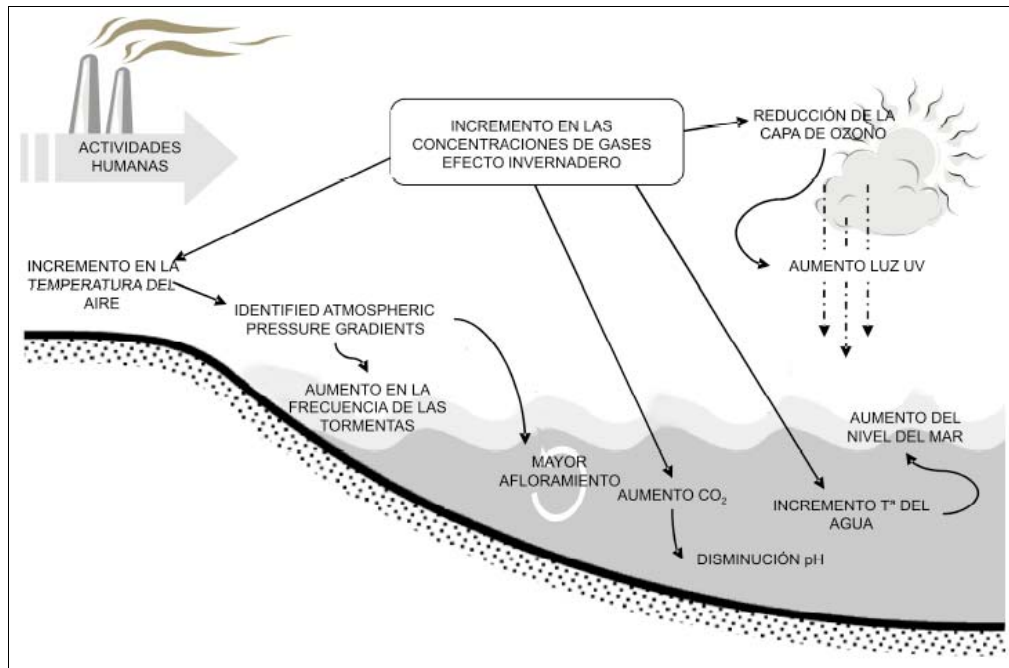


Figura 3. Cambios abióticos asociados al cambio climático. Fuente: Harley et al. 2006.

Productividad

Debido a estos efectos se prevé una reducción de la productividad primaria de las aguas españolas, dadas sus características de mares subtropicales o templados cálidos. Esta disminución está relacionada con la concentración de las microalgas marinas (fitoplancton) que varían su crecimiento con los cambios en el océano asociados al incremento de la temperatura, la cual modifica la disponibilidad de nutrientes e incrementa la estratificación en aguas del talud continental u oceánicas (Castro et al. 2009). El cambio en la productividad marina afectaría directamente a la disponibilidad de alimento para los organismos filtradores e indirectamente a toda la red trófica marina. Algunos cultivos extensivos de organismos filtradores, como mejillón o almeja, podrían encontrarse entre los afectados, incluyendo organismos de gran interés económico como el percebe. Si se produjera, como resultado del cambio climático, un cambio en la intensidad y frecuencia del oleaje se podrían ver afectadas las poblaciones de la zona intermareal, algunas de las cuales puede tener interés comercial (Borja et al. 2004). Varela et al. (2009) observaron una tendencia decreciente en la concentración de clorofila y en la abundancia de las diatomeas en las aguas costeras de Galicia.

...“tanto el cambio en el régimen de lluvias como unos inviernos más cálidos están teniendo un impacto en el negocio de la recogida de la cría del mejillón y del percebe”...Josefa Fernández (mariscadora gallega), Testigo del clima, WWF 2010

Desplazamiento de especies

La dispersión geográfica en la distribución de las especies vendría asociada por cambios en las propiedades termohalinas en el océano, esperando cambios en las distribuciones de muchas especies, tanto pelágicas como bentónicas. Este desplazamiento afectará a la mayoría de los grupos de organismos, tanto vegetales como animales, generando la aparición de especies de origen meridional, o la desaparición de especies de origen septentrional. Como consecuencia de estos efectos, se espera encontrar interacciones entre las nuevas y las antiguas especies, relaciones biológicas que generen efectos indirectos no dependientes directamente del cambio ambiental. Entre las especies que pueden verse afectadas se encuentran especies anadromas (reproducción en el río y crecimiento en el mar), como salmón y esturión o catadromas (reproducción en el mar y crecimiento en el río), como la anguila. Previsiblemente, también se producirán cambios en la distribución geográfica de especies costeras explotadas, o incluso modificaciones en la abundancia de sus poblaciones. Esto ocasionará la aparición de especies de peces y otros grupos taxonómicos con afinidades subtropicales expandiéndose hacia aguas más frías del norte.

.... “La prolongación de la época estival está modificando el periodo de desove de determinadas especies, como la nécora o la almeja”.... “Las temperaturas del agua más elevadas parecen ser también responsables de la presencia ya habitual de especies típicas de aguas más cálidas, como **la corvina, que ahora está muy extendida en la zona**”....Evaristo Fernández (Patrón Mayor, Cofradía de Pescadores), Testigo del clima, WWF 2010

Estos cambios en composición de las comunidades se han relacionado con el reclutamiento de las poblaciones de peces amenazados por los cambios en la circulación atmosférica que repercuten en las corrientes marinas y que, a su vez, pueden modificar el transporte y supervivencia de los estadios larvarios y juveniles.

Anadón et al. (2009) observaron cómo especies bóreo-atlánticas del litoral cantábrico están sufriendo una mediterraneización, al verse sus poblaciones reducidas y desplazándose su distribución hacia el interior del Golfo de Vizcaya, siendo reemplazadas por otras de aguas más cálidas. Estos cambios son coherentes con la respuesta más probable al cambio climático de estas comunidades, y los datos disponibles parecen apoyar las predicciones realizadas a partir de los escenarios del IPCC.

Como ya se ha visto anteriormente se espera una redistribución de las especies de peces y otros grupos taxonómicos hacia el norte (Bañón 2009). En Canarias, por ejemplo, se ha visto un aumento de especies litorales de peces óseos de procedencia tropical en las últimas décadas, algunas de las cuales han creado poblaciones estables, destacando el gallo aplomado (*Canthidermis sufflamen*) y el caboso tropical (*Gnatholepis thomsoni*) (Brito 2008). Por otro lado estaría, por ejemplo, la estrella *Marthasterias glacialis*, una especie de origen templado que se ha enrarecido notablemente en las islas, especialmente en las occidentales. También se ha detectado una tendencia a la degradación y muerte de las colonias de corales negros (*Antipathella wollastoni*) en fondos someros en las islas más occidentales.

Por último, cabe mencionar los blooms de medusas que se suceden desde la década de los 90, con máximos poblacionales en la época estival, observadas en diversos mares del mundo. Aunque son un fenómeno natural y los incrementos masivos de individuos parecen tener un comportamiento cíclico, la frecuencia de estas proliferaciones ha sido atribuida por especialistas a causas climáticas (Gili 2011). El descenso de

precipitaciones atribuible al cambio climático y el incremento de la temperatura del agua son fenómenos que se barajan como factores clave que agudizan el problema: el aumento de la temperatura del agua (0,6°C desde el siglo XIX) ha hecho que estos animales encuentren cada vez más zonas aptas (más cálidas y salinas) para reproducirse.

Enfermedades

El calentamiento global también se relaciona con la expansión de microorganismos tóxicos a áreas donde no se conocían. En este sentido, se ha detectado en las costas del Mediterráneo y de Canarias la presencia de especies de dinoflagelados bentónicos tóxicos tropicales, como *Gambierdiscus toxicus*, citado en Canarias en 2005 por primera vez, que causa la enfermedad tropical cigüatera al introducirse en la cadena trófica por peces herbívoros. La ingesta de peces contaminados puede tener consecuencias fatales para los humanos, de lo cual hay testimonios en El Hierro desde 2004 (Martín Esquivel 2011).

El aumento de parásitos en cultivos de almeja y ostra puede ser otra consecuencia importante del cambio climático sobre los cultivos marinos. La reciente detección del parásito de almejas y ostras *Perkinsus spp.* en las costas gallegas, posiblemente introducido por el cultivo de almeja y ostra japonesas, se ve favorecida por temperaturas superiores a los 20°C. Incrementos térmicos estivales podrían facilitar su expansión así como los daños provocados por estos parásitos.

Especies invasoras

En cuanto a las especies exóticas, Bañón et al. (2002) contribuyeron con cuatro citas nuevas de peces registradas en los últimos años en aguas de Galicia: *Physiculus dabwigkii*, *Neoscopelus microchir*, *Pisodonophis semicinctus* y *Gaidropsarus granti*. El hecho de que especies atlánticas como *P. semicinctus* y *G. granti* se observaran anteriormente en el Mar Mediterráneo, donde no se conocían, y ahora se encuentran en aguas gallegas, representa un nuevo límite norte de su distribución en el Atlántico nororiental, y parece indicar un desplazamiento gradual de estas especies hacia el norte, usando el Estrecho de Gibraltar como válvula de escape en este movimiento norteño. Igualmente, en el Mediterráneo, así como en aguas atlánticas europeas, este fenómeno ha aumentado rápidamente en los últimos diez años. Otro ejemplo es la llegada de *Seriola rivoliana* (un pez tropical) a las aguas europeas del Atlántico; su aparición también está relacionada con el aumento de la temperatura del agua (Quéro et al. 1998).

Por todo lo anterior se prevén impactos en los cultivos marinos de especies cuyos aportes alimenticios procedan del medio natural, es decir, moluscos como el mejillón de las Rías Gallegas. Los cultivos de especies alimentados con piensos deberán verse menos afectados. Otra cuestión es si el cambio ambiental supera los límites fisiológicos de las especies (oxígeno disuelto, temperatura, salinidad), en cuyo caso pueden producirse severos daños. Sin embargo, estos impactos también pueden generar oportunidades sobre el potencial interés comercial de algunas especies nuevas de peces subtropicales, e incluso produciendo una adaptación en el desarrollo fisiológico de moluscos bivalvos.

Sistemas costeros

El efecto esperado más visible en las costas es el aumento del nivel del mar, esto es una consecuencia inmediata del aumento en la temperatura del mar, pues al aumentar la temperatura disminuye la densidad del agua, con lo que la misma masa ocupa un mayor volumen. Éste es el fenómeno de expansión térmica, responsable del 50% de aumento del nivel del mar durante el siglo XX. Este aumento del nivel del mar también está muy

influenciado por el retroceso de los glaciares y las capas de hielo de los casquetes. Durante el siglo XX el nivel del mar creció de media globalmente 1,7 mm/año (IPCC 2013).

En España, los mareógrafos de las costas Atlánticas han registrado aumentos sostenidos del orden de 1,4 mm/año, si se considera todo el siglo XX, y de más de 2 mm/año si se considera sólo la segunda mitad del siglo XX. Por el contrario, en las costas Mediterráneas, las tendencias observadas durante la última mitad de siglo son menores e incluso negativas. La presión atmosférica, más alta de lo normal en la zona entre los años 60 y 90, y el incremento continuado de salinidad han contrarrestado, en parte, el aumento de nivel del mar observado a nivel global. Con todo, los registros del Mediterráneo Occidental que abarcan todo el siglo XX muestran tendencias positivas de 1,2 mm/año.

Este aumento del nivel del mar probablemente inducirá a un retroceso en la línea de costa y tendrá especial impacto en regiones insulares y litorales y no tanto en los ecosistemas marinos propiamente. Adicionalmente, el litoral también se verá afectado por los aportes de sedimentos de los ríos y las obras costeras, ambos muy influyentes en la estabilidad del litoral a corto plazo. Las zonas de hipoxia aumentarán debido a que cuando la temperatura del mar aumenta la solubilidad de los gases disminuye y con ello la concentración de oxígeno, provocando un aumento de los impactos para la vida marina.

Se ha observado una intensificación de las tormentas provocando una tendencia a una mayor duración de los temporales que ha provocado, durante los últimos 50 años, un aumento importante de la altura de ola en el litoral cantábrico y gallego; además, se han registrado cambios en la dirección del oleaje en los archipiélagos y de forma muy marcada en el norte de Cataluña; por el contrario, en el Golfo de Cádiz se observa una tendencia clara hacia un clima marítimo más benigno, así como una disminución de la marea meteorológica en toda la costa española (Losada 2007). Según Peña (2011) las playas de España se encuentran, en su conjunto, en regresión debido a múltiples factores, argumentando que la dinámica observada en algunas no puede ser explicada solo por factores antrópicos o diferentes a las tendencias de cambio en las dinámicas marinas asociadas al cambio climático.

EL SECTOR DE LA ACUICULTURA EN ESPAÑA

La acuicultura en nuestro país tiene un papel muy significativo en el desarrollo social y económico de determinadas zonas, superando, en algunas CCAA, a la pesca en importancia.

La producción acuícola en 2012 fue de 266.684 toneladas, correspondiendo mayoritariamente a acuicultura marina, y solo el 6,31% de lo producido correspondió a acuicultura continental. La acuicultura marina, a su vez, está representada principalmente por la producción de moluscos que representa el 77,53%, mientras que un 22,4% corresponde a la producción de peces (Tabla 1).

La principal especie de moluscos que producimos en España es el mejillón muy por encima del resto con un 98,5% de la producción acuícola de moluscos nacional.

Si atendemos a la producción de peces se observa que la dorada y la trucha arco iris son las principales especies producidas junto con la lubina (Tabla 2). En España se producen otras muchas especies de peces entre las que se encuentran el rodaballo, la corvina, el atún, la anguila, el besugo, etc. siendo uno de los países con mayor biodiversidad acuícola en el mediterráneo.

Tipo Acuicultura	Grupo Especies	Toneladas
Acuicultura Marina	Peces	42.902,66
	Crustáceos	163,82
	Moluscos	206.762,84
	Otros invertebrados	0,006
	Plantas acuáticas	2,28
	TOTAL	249.831,62
Acuicultura Continental	Peces	16.852,09
	Crustáceos	0,60
	TOTAL	16.852,69

Tabla 1. Producción 2012 por grupos de especies en toneladas. Fuente: MAGRAMA

La producción de peces, especialmente dorada, lubina, rodaballo y túnidos, tanto de acuicultura marina como continental, supone aproximadamente un 22% del total y, aunque este porcentaje es bajo ha experimentado un espectacular crecimiento multiplicándose casi por dos en los ocho últimos años.

Especies	Toneladas
Mejillón	203.663
Dorada	16.607
Trucha arco iris	16.304
Lubina	14.455
Rodaballo	7.767
Atún Rojo	2.987
Almeja japonesa	1.081
Ostra plana europea	693
Corvina	645
Ostión japonés	561

Tabla 2. Ranking de las 10 principales especies acuícolas en España en 2012. Fuente: MAGRAMA

La acuicultura en España empleó en el año 2012, según los últimos datos del MAGRAMA, a 19.892 personas ó 5.743 Unidades de Trabajo por año (UTAs). Aproximadamente un 4,5% trabaja en acuicultura continental y del resto dedicado a la acuicultura marina, el mayor porcentaje (10.030 personas) trabaja en estructuras de cultivo vertical (bateas), trabajando en jaulas 925 de las 19.892 personas empleadas en 2012. Si tenemos en cuenta que este incremento en términos de empleo se ha producido en un periodo en el que el incremento de la producción se ha visto claramente ralentizado a nivel nacional y europeo, podemos afirmar que un relanzamiento en términos productivos del sector generaría un número importante de oportunidades, sobre todo en muchas zonas rurales y litorales de nuestra geografía donde existen pocas posibilidades de desarrollo social y económico y donde la acuicultura puede jugar un claro papel de dinamizador de la actividad socio-económica.

Establecimientos

Los últimos datos facilitados por el MAGRAMA, correspondientes al año 2012, indican que en España contamos con 5.132 establecimientos con producción, distribuidos de la siguiente forma (Tabla 3):

Tipo de establecimiento	Año 2012	
	Estab. con cultivo	Estab. con producción
En tierra firme	191	169
En enclaves naturales	113	84
De cultivo horizontal	1.176	1.164
De cultivo vertical	3.782	3.669
De cultivo de jaulas	50	46
TOTAL	5.312	5.312

Tabla 3. Número de establecimientos según ubicación. Fuente: MAGRAMA

Como se aprecia, la mayor parte de las instalaciones acuícolas son cultivos verticales, principalmente bateas como corresponde a los altos valores de producción de mejillón que tenemos en nuestro país. Los cultivos en tierra son aquellos en los que se emplean construcciones y/o artefactos ubicados en tierra firme, incluyendo: tanques y canalizaciones, estanques y sistemas de recirculación.

Los cultivos comprendidos dentro del apartado de enclaves naturales, incluyen aquellos que se llevan a cabo en esteros y marismas, albuferas, charcas y pequeños embalses, lagos y lagunas y los correspondientes a cultivos horizontales hacen referencia a los parques de cultivo, los bancos naturales cultivados, las mesas y otros sistemas de cultivos sobreelevados.

En último lugar, en número, se encuentran los cultivos en jaulas, y otros artefactos, ubicados en aguas marinas.

Sistemas de cultivo

Según el grado de control que se realiza:

√ Sistemas extensivos

Son cultivos de baja intensidad que se basan en el aprovechamiento de las condiciones naturales y que no requieren grandes manipulaciones. Que un cultivo sea extensivo no implica que tenga una baja productividad. Un claro ejemplo lo encontramos en los esteros gaditanos o en los parques de cultivo de las costas gallegas.

√ Sistemas semi-intensivos

Son cultivos de intensidad moderada en los que existe intervención humana puntual o bien una baja densidad de cultivo. Un ejemplo podrían ser tanques con una baja densidad de cultivo, por ejemplo de trucha, o bien un sistema extensivo con una elevada carga de intervención humana.

√ Sistemas intensivos

Son sistemas de cultivo controlados, con elevados rendimientos y un alto grado de tecnificación. La alimentación es suministrada en su mayor parte en forma de piensos y se vigilan los parámetros de cultivo como puede ser la temperatura o los niveles de oxígeno. En estos sistemas se supervisan todas las fases del cultivo y por ello implican mayores costes, aunque estos se ven compensados por el aumento de rendimiento y el mayor control que se puede ejercer sobre la producción.

Según el medio en el que se lleve a cabo:

√ Aguas marinas

Son aquellas aguas saladas que conforman los mares y océanos. Se incluyen en esta categoría las aguas salobres.

√ Aguas continentales

Son aquellas aguas dulces que conforman los ríos, charcas y estanques.

Según el lugar de cultivo de peces:

√ Viveros flotantes

Los viveros son unos recintos formados por un soporte del que cuelgan unas redes que cierran por completo la estructura. Estos sistemas se emplean principalmente en la fase de engorde del cultivo de peces, en la que los juveniles pueden provenir de instalaciones en tierra o de capturas en mar abierto.

√ Tanques

Los tanques son unos recintos impermeables y resistentes fabricados en cemento, fibra de vidrio, PVC u otros materiales, cuyo diseño favorece el cultivo y el flujo continuo de agua. Estas instalaciones son muy útiles cuando no se dispone de una zona favorable en el mar, ya que permanecen en tierra, y permiten un control en todo momento de las características físico-químicas y de la alimentación.

√ Charcas

Las charcas (o estanques) son zonas de agua dulce y cálidas, muy típicas de las dehesas de la Comunidad Autónoma de Extremadura donde se emplean predominantemente para el cultivo de la tenca. Las charcas se van secando a medida que se acerca la estación cálida, lo que condiciona el modo de cultivo y su estacionalidad en el mercado.

√ Esteros

Los esteros son zonas pantanosas afectadas por las mareas y que discurren de forma paralela a la línea de costa. El cultivo de peces en esteros consiste en estanques de tamaño y número variable, que puede ser extensivo o intensivo, en función de las cargas que se manejen.

Según el lugar de cultivo de moluscos:

√ Bateas

Las bateas son unas estructuras flotantes de unos 500m² de las que cuelgan de 400 a 500 cuerdas en las que se fija la semilla de mejillón. Las cuerdas utilizadas para el cultivo suelen medir de 9 a 12 m. Las bateas también se utilizan para el engorde de ostras y vieiras por medio de cestillos que cuelgan de las cuerdas.

√ Long-line

Consisten en una serie de boyas de plástico o barriles de madera que se unen mediante cuerdas a las que se atan otras cuerdas que caen verticales al fondo. Debido a su elasticidad se utilizan en lugares abiertos, expuestos a olas y corrientes. En España este sistema es utilizado con cierta frecuencia en Andalucía.

√ Parques de cultivo

Los parques de cultivo son espacios habilitados en la región intermareal de las zonas costeras que presentan importantes oscilaciones de marea, quedando su superficie expuesta en el periodo de bajamar. En estos parques se cultivan moluscos, principalmente berberecho, almeja fina, babosa y japonesa; y cuando el sustrato es de mayor dureza, otros como la ostra.

√ Esteros

Los esteros son zonas pantanosas afectadas por las mareas y que discurren de forma paralela a la línea de costa. El cultivo de moluscos en esteros es similar al que se realiza en los parques de cultivo.

Procesos de cultivo

Procesos de cultivo en peces:

√ Mantenimiento de los reproductores

Los reproductores son los ejemplares seleccionados para la obtención de puestas controladas.

√ Puesta

Los huevos fecundados que se consideran óptimos se recogen y limpian para después trasladarse a unos tanques de incubación.

√ Cultivo larvario

Una vez que las larvas han eclosionado se mantienen en salas con excelente calidad de agua, temperatura constante y alimentación a base de rotíferos y artemias.

√ Destete

Las larvas ya son alevines y comienzan una primera fase de pre-engorde durante la cual hay que extremar las precauciones para evitar el canibalismo y mantener un buen control higiénico en los tanques.

√ Pre-engorde

Durante esta fase los alevines son alimentados de 4 a 6 veces al día con piensos secos y se van agrupando en función de su tamaño.

√ Engorde

Durante el engorde los sistemas de cultivo son muy variados, con numerosas posibilidades. Los más utilizados son: tanques en tierra y viveros flotantes. Una vez que se alcanza la talla comercial se procede al despesque y su posterior comercialización o transformación.

√ Comercialización

Se traslada el pescado fresco a los puntos de ventas donde los podremos encontrar en distintos tamaños, bien en un talla de ración o bien de mayor peso hasta los dos kilos.

√ Transformación

En esta fase el pescado se deriva a fábricas de conservas o envasado para transformar el producto antes de llevarlo a los puntos de venta.

Procesos de cultivo de moluscos (cultivo en bateas):

√ Obtención de semillas

El primer paso del cultivo es la obtención de las semillas que, en el caso de los mejillones se llaman “mejillas”. Son obtenidas del medio natural por colectores que se dejan en el mar a la espera de que se fijen.

√ Encordado

Las semillas se colocan en el sustrato en el que se van a dejar crecer. En el caso de los mejillones se colocan en cuerdas, las ostras y vieiras en cestas.

√ Desdoble

En el caso de los cultivos en cuerdas y cestas es necesario hacer repartos periódicos de la carga en dos o tres nuevas cuerdas o cestas para disminuir la densidad y que crezcan mejor.

√ Recolección y selección

Aproximadamente un año después del encordado, una vez alcanzado el tamaño óptimo de venta, se recogen los moluscos adultos con ayuda de grúas.

√ Depuración

Los moluscos se mantienen, durante dos o tres días, en tanques de agua de mar limpia que es filtrada favoreciendo la eliminación de contaminantes.

√ Comercialización y transformación

Una vez que el producto cumple con la reglamentación sanitaria se puede llevar a los puntos de venta para su comercialización en sus distintas formas, pudiendo pasar antes a una fábrica envasadora y transformadora donde se prepara para su consumo en conserva, al vacío, etc.

Producción

Moluscos

En el año 2012 esta producción supuso 206.762 tn, el 77,5% de la producción acuícola nacional. Este subsector se asienta sobre todo en el tradicional cultivo de mejillón en las 5 rías gallegas y representa un importante motor de desarrollo social y económico de estas zonas estrechamente vinculadas a los sectores marítimo, pesquero y acuícola.

Mejillón

En los últimos años la producción de mejillón ha experimentado una cierta estabilización en el entorno de las 190.000-210.000 tn, encontrándose el principal elemento de diferencias interanuales en la mayor o menor frecuencia de aparición de los episodios de mareas rojas que impiden la recolección regular del mejillón en las bateas. En el año 2012 la producción fue de 203.663 tn. El sector mejillonero afirma que existe una minoración en la producción real de mejillón derivada del sistema de

comercialización y producción.

Según datos del MAGRAMA cinco son las CCAA en las que se cultiva mejillón, lideradas por Galicia, cuya producción representa el 98% por la producción de esta especie con 199.105 tn, seguida de Cataluña (2.933 tn), la Comunidad Valenciana (385 tn), Baleares (123 tn) y Andalucía (1.115 tn). Según datos publicados por la Xunta de Galicia en 2012 se produjeron 227.228 tn de mejillones con un valor económico de 94 M€.

La semilla de mejillón se recolecta del medio natural para su encordado en las bateas (Fig.4) usualmente entre los meses de octubre a abril, o bien mediante el uso de cuerdas colectoras entre los meses de marzo a junio. En Galicia la normativa sobre recolección de semilla de mejillón autoriza esta actividad en los bancos naturales entre los meses de diciembre a abril, y al uso específico de cuerdas colectoras entre los meses de abril a septiembre.

El cultivo de mejillón, principalmente, se hace en bateas, pero existen otras formas de cultivo como son las bancadas (menos utilizadas) o el cultivo en “*long-line*”. Además también existe la posibilidad del marisqueo, éste menos extendido al ser utilizado el mejillón fijado a las rocas para la obtención de la semilla (mejilla).

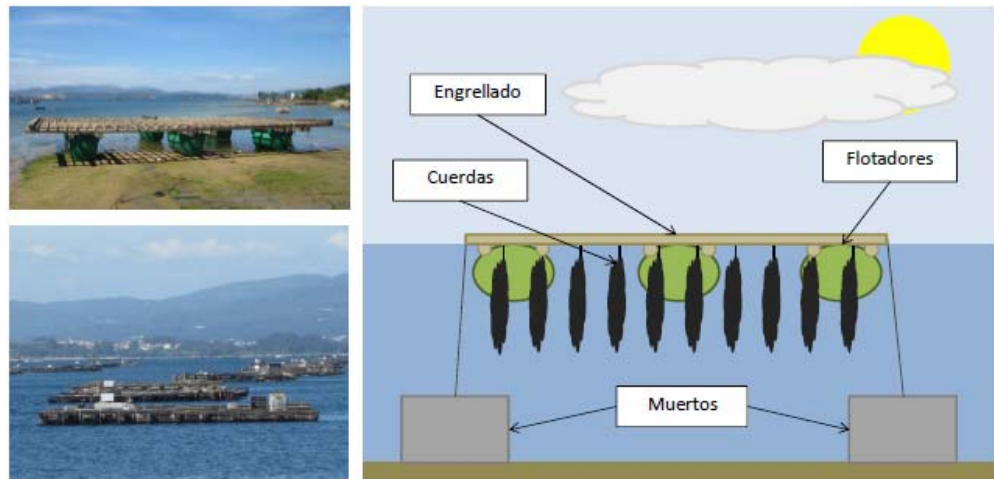


Figura 4. Sistema de cultivo del mejillón en batea.
 Diagrama y fotos del Grupo de Ingeniería Ambiental y Bioprocesos (BioGrup)
 del Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Santiago de Compostela (USC)

Almeja

Se cultivan tres tipos de almejas: fina, babosa y japonesa. La almeja japonesa es la segunda especie de molusco en importancia en términos productivos. La semilla para la producción de almeja procede de criaderos y en menor medida de su recogida en bancos naturales. España produjo en 2012, casi 150 millones de unidades de semilla para su cultivo, en Galicia y Cantabria, que alcanzaron un valor en el mercado de 1,4 M€.

El cultivo de almeja se realiza en parques de cultivo o en bancos naturales con buena corriente de agua y a distintas profundidades según la especie. En los tres casos su cultivo se basa en el cuidado de los fondos arenosos, la eliminación de algas, el control de los depredadores, la oxigenación del sustrato, el rareo de la población cuando sea excesiva y la siembra de ejemplares juveniles.

Ostra

En cuanto a las ostras, dos son las especies producidas: la ostra plana europea y la ostra japonesa. La producción agregada en 2012 para ambas especies fue de 1.255 tn y su valor económico 4,2 M€.

Galicia es la principal productora de ostra plana europea, con 693 tn en 2012, seguida de Valencia (2 tn). El cultivo de esta especie se ha visto amenazado en el pasado por diversos factores, como la presencia del parásito *Bonamia ostreae* que impide que alcance la talla comercial, la sobrepesca o la disminución de la calidad ambiental del agua, entre otros, lo que ha provocado que las poblaciones naturales sean residuales en nuestros días. A pesar de ello existen buenas expectativas de cara a su recuperación apoyadas en diversos proyectos de investigación nacionales y europeos.

El cultivo de ostra puede realizarse a través de varias técnicas: cultivo intermareal en parques de cultivo o en cultivo vertical en bateas utilizando cestillos. En el año 2012 se produjeron 547.000 unidades de semilla de ostra plana en Galicia y unos 1,4 millones de unidades de ostra japonesa. El cultivo de ostras en España depende en gran medida de la importación de semilla para la siembra procedente de diversos países vecinos.

Oreja de mar

La oreja de mar, también conocida como abalón, es un molusco gasterópodo cuyo consumo es muy apreciado en el mercado asiático. En el año 2014 se pondrán en el mercado desde una granja localizada en Galicia las primeras cosechas de oreja de mar y de cara al año 2015 se prevé una producción de 15 tn. Su cultivo es tecnológicamente más complejo que el del resto de moluscos criados en España pero permite un notable control sobre el mismo.

Peces marinos

En 2012 se cultivaron en España 18 especies de peces en aguas marinas con una producción total de 42.902 tn y un valor económico ligeramente superior a los 272 M€. A pesar de este elevado número de especies en cultivo conviene indicar que son únicamente 7 las que cuentan con una producción superior a las 200 tn: dorada, lubina, rodaballo, atún rojo, corvina, besugo y anguila.

Estos cultivos se desarrollan en la práctica totalidad de las CCAA con costa, siendo característicos los cultivos de peces planos en la vertiente cantábrica, especialmente en Galicia, y más recientemente en Andalucía. Respecto al cultivo de peces marinos en viveros flotantes, estos se desarrollan en la vertiente mediterránea y suratlántica, incluyendo Canarias, donde existe un elevado potencial de desarrollo del sector y en el caso de los cultivos en enclaves naturales, estos se ubican principalmente en Andalucía, siendo un sistema de cultivo tradicional que aprovecha salinas y humedales para la crianza de peces, moluscos y crustáceos (Fig.5).



> Cultivo de peces marinos (dorada, lubina, corvina, besugo y atún rojo) en viveros flotantes en zonas próximas a la costa



> Cultivo de peces marinos (rodaballo y lenguado) en instalaciones en tierra



> Cultivo de peces marinos y otras especies en enclaves naturales (esteros)

Figura 5. Principales sistemas de cultivo de peces en España

Dorada

Aunque hoy en día sigue llegando a los puertos pesqueros españoles una pequeña cantidad de dorada silvestre capturada por los barcos de pesca (816 tn en el año 2012), su volumen permanece relativamente constante en torno a esa cuantía, mientras que la dorada de crianza supone el 95,3% del total, siendo la especie más producida. España cuenta con 4 criaderos de dorada en la Comunidad Valenciana, Islas Baleares, Cantabria y Andalucía, que en conjunto obtuvieron una producción en el año 2012 de 54,9 millones de unidades. A pesar de este dato, la producción española de dorada de talla comercial requiere de la importación de 17 millones de juveniles adicionales procedentes de Francia, Italia y Grecia. Simultáneamente, se exportan aproximadamente 2 millones de juveniles de dorada anualmente desde España a Portugal.

Lubina

La segunda especie en producción por debajo de la dorada es la lubina, de la cual, según los datos del MAGRAMA en el año 2012 se produjeron 14.455 tn de acuicultura, 1.042 tn de ellas en aguas salobres en los esteros andaluces.

Rodaballo

El rodaballo es la tercera especie con mayor producción en España, segundo productor en el mundo después de China. Al contrario que en la dorada y la lubina, en el caso del rodaballo sigue existiendo una parte importante del aprovisionamiento de esta especie que procede de la pesca extractiva europea (5.940 tn en el año 2011), procedente principalmente de los Países Bajos, representando el rodaballo de crianza el 65,3% del total comercializado en ese año. En España este porcentaje se eleva hasta el 99% ya que la flota española apenas captura esta especie. Galicia es, con diferencia, la principal comunidad autónoma productora de rodaballo en España ya que ostenta el 97,4%. Existen producciones reducidas de rodaballo en Cantabria y el País Vasco. Los datos elaborados por el MAGRAMA arrojan una producción de rodaballo de 7.767 tn en el año 2012.

La producción de juveniles de rodaballo en España en el año 2012 ascendió a 18.950.000 unidades, cifra un 10,6% superior a la del año 2011. En Galicia se produce la práctica totalidad de los alevines de esta especie y en torno a 5 millones fueron exportados a Portugal.

Corvina

La corvina era hace apenas unos años la especie con mejores perspectivas de crecimiento a nivel europeo y mediterráneo, siendo denominada por algunos como el salmón mediterráneo. A pesar de estas buenas perspectivas y del importante crecimiento que ha experimentado su cultivo a nivel europeo, hasta alcanzar las 4.000 tn en el año 2010, en los dos últimos años se ha producido un retroceso significativo superior al 31%, registrándose en el año 2012 2.730 tn. Las principales causas de esta disminución del cultivo de corvina son comerciales, derivadas de la dificultad existente para introducir en los mercados cantidades significativas de un nuevo producto desconocido en gran medida por los consumidores españoles y administrativas, relacionadas con las dificultades surgidas para la cría de corvina en las Islas Canarias.

Atún rojo

El atún rojo es un semicultivo, conocido como engrase, consistente en la captación del medio natural de ejemplares de esta especie para su posterior engorde en viveros flotantes en el mar. El cultivo de atún rojo se inicia en 1995 en el Mediterráneo, a partir de la captura de individuos de gran tamaño con el arte de cerco de jareta en las áreas naturales de puesta durante los meses de mayo y junio que, tras ser transferidos del cerco a las jaulas de transporte, son remolcados hasta los lugares en la costa donde se encuentran las granjas de cultivo, en el caso español en Andalucía, Región de Murcia y Cataluña. En el caso de Andalucía, todos los ejemplares proceden de las capturas propias de la almadraba, y en ningún caso, de capturas de cerco con jareta. El total de capturas admisible (TAC) de atún rojo para el Atlántico oriental y el mediterráneo fue fijado por la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico (ICCATN) en las 13.500 tn para el año 2013. A España le corresponden 2.500 toneladas, pero la compra de cuotas a otros operadores permite prácticamente duplicar esta cantidad. En el año 2012, el MAGRAMA recoge una producción de atún rojo de 2.987 tn.

España también es pionera en la investigación con esta especie con el objetivo de cerrar el ciclo productivo de esta especie, eliminando la necesidad actual de capturar ejemplares del medio para su engorde. En los últimos años se ha avanzado de manera sustancial en estas investigaciones.

Anguila, lenguado y besugo

La producción de anguila (460 tn) es una actividad tradicional en España, con diversos niveles de intensidad de su cultivo.

El lenguado es una de las especies más prometedoras en la acuicultura española, habiendo muy buenas expectativas de cara a su crecimiento y consolidación en los próximos años.

La producción de besugo se realiza en una única empresa en Galicia que produce 186 tn, manteniéndose estable en los últimos años. No se prevé un incremento significativo de la producción de esta especie en los próximos años.

Peces continentales

Trucha

El cultivo de trucha en España tiene sus inicios en el año 1129 con la construcción del primer criadero de peces en Galicia. En 1864 se construye el Laboratorio Ictiogénico del Real Sitio de la Granja de San Ildefonso y surge la primera piscifactoría privada de España, pero es a partir de 1960 cuando se produce la revolución industrial en el sector. Así, en 1961 se instala la primera piscifactoría moderna en Navarra y comienza un desarrollo productivo que alcanza su máximo histórico en el año 2001 con algo más de 35.000 tn. A partir de este año la producción y las instalaciones dedicadas a esta actividad han ido disminuyendo paulatinamente hasta estabilizarse en torno a las 17.000 tn en los últimos años. Esta situación contrasta con la evolución del cultivo de esta especie a nivel mundial.

En cuanto al sistema productivo, el cultivo de truchas se realiza en tanques construidos sobre el margen de los ríos abasteciéndose de aguas dulces limpias y oxigenadas.

Esturión

En cuanto al esturión, cabe destacar que en España se cultivan 2 especies distintas:

esturión del Adriático (*Acipenser naccarii*) y en mucho menor medida esturión siberiano (*Acipenser baerii*). El fin fundamental del cultivo de esturión es la obtención de caviar, de hecho la acuicultura del esturión en Europa se orienta esencialmente a la producción de caviar (80% en valor), hasta el punto de que en la actualidad la UE exporta (en valor) más caviar del que importa. No hay que olvidar que España es el único país donde se ha logrado producir caviar y esturión certificado ecológico.

Tenca

La tenca es una especie con una larga tradición de consumo en nuestro país, principalmente en las CCAA de Extremadura, Castilla y León y Andalucía. Su producción, a pesar de esta larga tradición en su consumo y cultivo, no ha experimentado el desarrollo esperado. En el año 2012 se criaron, según datos del MAGRAMA, algo más de 16,7 tn de esta especie, exclusivamente en Extremadura.

El cultivo se desarrolla de manera extensiva y semiintensiva en las comúnmente denominadas “charcas”. Una buena parte de las explotaciones ganaderas cuentan con una o varias lagunas de este tipo que pueden destinarse también a la producción de tencas, grandes charcas tenqueras, construidas para el aprovechamiento motriz de molinos de grano, que se convirtieron en explotaciones donde la tenca convive con otras especies, como pardillas y colmillejas, y, en ocasiones, con el carpín y la carpa.

La producción se destina mayoritariamente a la pesca deportiva y es consumida por los propios pescadores, tanto en las instalaciones públicas como privadas. Extremadura produjo en el año 2012 alrededor de 2.733 miles de individuos en sus instalaciones públicas de cultivo, que fueron destinados a la repoblación, venta para engorde o a la venta a las organizaciones de pescadores y ayuntamientos.

Microalgas

En diversas regiones de España se localizan establecimientos dedicados a la producción comercial de microalgas. El objetivo de estos cultivos es la producción de biocombustibles, nutrición humana, alimentación animal o cosmética. Existen diversos proyectos en ejecución que permitirán incrementar de manera sustancial una producción de algas que, en el año 2012 ascendió a 2,28 tn.

La utilización de macroalgas para usos como la obtención de agar y gelatinas o como fertilizante agrícola es tradicional en la costa norte de España. La mayor parte son obtenidas del medio natural sin mayor intervención humana. Sin embargo, también es posible su cultivo, de manera independiente o vinculado a otros cultivos, dentro de lo que se conoce como cultivos multitrofos integrados.

EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA ACUICULTURA

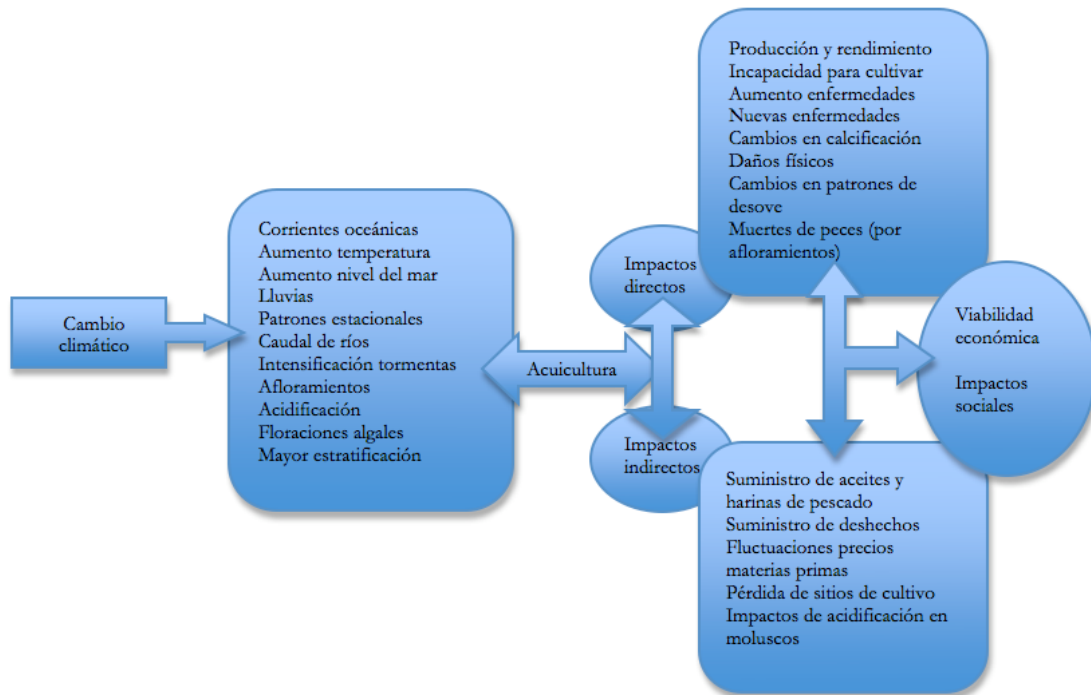


Figura 6. Representación esquemática de los mayores impactos potenciales del cambio climático sobre la acuicultura y las posibles formas de manifestarse. Fuente. FAO/NACA 2012.

Temperatura, salinidad y estratificación

Especial importancia tendrá la designación de las diferentes áreas aptas para el cultivo de las especies de acuicultura.

Considerando el aumento de temperatura global, se predice que estos cambios, serán más significativos en las aguas frías y que afectarán con más relevancia a la acuicultura de las regiones templadas, donde se cultivan salmónidos y moluscos. Se excedería el registro de temperaturas óptimas que soportan los organismos que se cultivan en la actualidad. Anestis et al. (2010) estudiaron la respuesta de los parámetros fisiológicos de *Mytilus galloprovincialis* al aumento de la temperatura del agua de mar, de acuerdo a los escenarios actuales del cambio climático. Encontraron que los valores del potencial de crecimiento (*SFG, scope for growth*) fueron negativos a temperaturas superiores a 24 °C, probablemente asociado a una reducción significativa en la tasa de aclaramiento.

El aumento de la temperatura del agua del mar también puede producir cambios en la determinación del sexo de los peces, incluso cambios pequeños de 1 o 2°C pueden alterar significativamente la proporción de sexos machos-hembras de 1:1 hasta 3:1 (Ospina-Álvarez & Piferrer 2008).

La subida de la temperatura del agua de mar también podrá afectar al control operacional en los cultivos con sistemas de recirculación cerrada ya que dicho aumento puede hacer proliferar las floraciones algales causando obstrucciones en conductos, tuberías, bombas, ocasionando cambios sobre el mantenimiento de los sistemas e incluso obligando a cambios de piezas por otros materiales, etc.

Se espera que, debido al efecto combinado de los cambios de temperatura y de salinidad resultantes del calentamiento climático, se reduzca la densidad de la superficie del océano, aumente la estratificación vertical y se registren modificaciones en la mezcla de la capa superficial. Es probable que como consecuencia del incremento de la estratificación vertical y de la estabilidad de la columna de agua en los océanos y lagos se reduzca la disponibilidad de nutrientes en la zona eufótica y que por lo tanto la producción primaria y secundaria disminuya.

Acidificación

Los océanos han disuelto hasta un 37% del CO₂ antropogénico liberado a la atmósfera por la quema de los combustibles fósiles entre 1980 y 2005 (Bindoff et al. 2007), contribuyendo a la mitigación parcial del calentamiento global. Esta disolución ha alterado dramáticamente la química del carbono inorgánico del agua de mar mediante la reducción de la saturación de CO₃²⁻ y el pH (Feely et al. 2004). La disminución de la concentración de CO₃²⁻ tiene efectos perjudiciales sobre los organismos calcificadores (Miller et al. 2009), mientras que los cambios en la presión parcial del CO₂ (pCO₂) y el pH se espera que afecten a la fisiología de los organismos marinos (Melzner et al. 2009). Los procesos oceánicos (ej, afloramientos) y continentales (ej, descargas a los ríos) pueden crear una zona costera con aguas poco oxigenadas sobresaturadas de CO₂ y con baja concentración de CO₃²⁻ y bajo pH (Koch & Gobler 2009). Por otra parte, la alcalinidad de las aguas continentales puede contribuir mayoritariamente a la concentración de CO₃²⁻ en la zona costera. Naturalmente una elevada alcalinidad puede prevenir o retrasar el CaCO₃ bajo saturación en las aguas costeras en función de futuros escenarios de acidificación de los océanos (Fernández-Reiriz et al. 2011).

Los bivalvos dominan la macrofauna de muchos estuarios y bahías costeras. La comprensión de su comportamiento fisiológico es crucial para determinar su productividad y flujos de energía. Los cambios en las variables ambientales pueden afectar a los procesos fisiológicos en los bivalvos, modificando su relación con su ecosistema. Estos efectos deben ser evaluados de forma integrada, teniendo en cuenta el importante papel que desempeñan estos organismos en términos de estructura ecológica y su valor como recurso económico de la pesca y la acuicultura en muchas zonas costeras. El potencial de importantes consecuencias ecológicas y económicas derivadas de los efectos de la acidificación del océano sobre los bivalvos y la necesidad de más investigación sobre especies de importancia comercial ha sido explícitamente reconocida (Cooley & Doney 2009).

La investigación científica sobre los efectos de la acidificación del agua de mar en los bivalvos ha aumentado rápidamente en los últimos años. Fernández-Reiriz et al. (2011) estudiaron la energía fisiológica de almejas juveniles (*Ruditapes decussates*) en altas condiciones de pCO₂ y observaron una reducida ingestión combinada con un aumento en la excreción, lo que generalmente se asocia con una entrada de energía reducida y probablemente contribuya a un crecimiento más lento de las almejas en los futuros escenarios de acidificación. Sin embargo, no hay estudios previos sobre el potencial de crecimiento de bivalvos bajo condiciones de incremento de la pCO₂. Otros estudios recientes han demostrado que los aumentos actuales y futuros en pCO₂ pueden agotar o alterar la composición de las poblaciones de moluscos en los ecosistemas costeros (Talmage & Gobler 2009).

Las respuestas de los bivalvos a la acidificación son complejas y sugieren un alto grado de variabilidad en su sensibilidad a este tipo de perturbación. Talmage & Gobler (2009) demostraron que niveles de CO₂ atmosféricos similares a los previstos para el siglo XXI pueden afectar a algunas especies de bivalvos (ej., *Mercenaria mercenaria*) más que a otras (ej., *Crassostrea virginica*).

Fernández-Reiriz et al. (2012) estudiaron el mejillón que se cultiva en las rías gallegas. Concretamente los estudios se realizaron sobre los juveniles que representan una etapa

importante para la vida de estas poblaciones, ya que disminuciones en el crecimiento y la supervivencia de las semillas pueden causar la disminución de las poblaciones de adultos (Arnold 2008). Hicieron distintos muestreos en cuanto a las concentraciones de pCO_2 , según lo predicho por los actuales escenarios de cambio climático. Se probaron tres niveles de pH: un nivel natural (control) y dos niveles de pH reducido (-0,3 y -0,6 unidades por debajo del pH del agua de mar control). El estudio mostró que los niveles de acidificación probados no tuvieron ningún efecto sobre la alimentación (aclaramiento y tasas de ingestión) ni sobre los índices metabólicos (V_{O_2}) de los juveniles de *M. galloprovincialis*. Por otro lado, las reducciones de pH probadas aumentaron la eficiencia de absorción, la excreción de amonio (V_{NH_4-N}) y el peso del tejido orgánico. Este patrón puede estar relacionado con la optimización de determinadas enzimas digestivas (amilasa, glucosidasa y peptidasa) bajo condiciones de pH reducido (Areekijseer et al. 2004), lo que podría facilitar la absorción de nutrientes. En general, estos resultados sugieren que *M. galloprovincialis* podría ser una especie ecofisiotipo tolerante a la acidificación por CO_2 , al menos en las aguas costeras altamente alcalinas. Sin embargo, los mitílidos también son capaces de dominar hábitats con alcalinidad baja y alto pCO_2 (Thomsen et al. 2010). En consecuencia, dada la amplia presencia de *M. galloprovincialis* en muchos sistemas en todas las costas del mundo, su comportamiento fisiológico puede pre-adaptarse para hacer frente a futuros escenarios de acidificación de los océanos.

Floraciones de algas

El noroeste de la Península Ibérica es el límite norte del Gran Ecosistema Marino Oriental que se extienden a lo largo de las costas atlánticas de África y Europa. En nuestras latitudes, los vientos costeros son favorables a la surgencia del agua fría y rica en nutrientes del este del Atlántico Norte Central durante la primavera y el verano y favorables al hundimiento de las aguas superficiales costeras durante el otoño y el invierno. Esta combinación única de los patrones del viento y la morfología costera hace que las Rías Bajas sea un lugar excepcional para el cultivo extensivo del mejillón *Mytilus galloprovincialis* en bateas (cuerdas colgantes). Los mejillones cultivados en estas rías tienen la tasa de crecimiento más alta del mundo, con una producción total de alrededor de 250.000 toneladas de mejillones al año. Pero las condiciones hidrográficas y dinámicas también causan las proliferaciones de microalgas nocivas (causantes de la toxina diarreica, paralizante y amnésica), vulgarmente conocidas como mareas rojas.

El periodo de vientos de componente norte ha disminuido un 45% su intensidad y un 30% su duración en los últimos 40 años. Esto ha causado que el tiempo de renovación del agua en las rías se duplique, lo que explicaría el aumento del número de días que las microalgas nocivas están presentes en las rías, impidiendo la extracción del mejillón por resultar tóxico. De acuerdo a esto, el tiempo de renovación de las Rías Bajas, donde se cultiva el 15% del mejillón en el mundo, ha aumentado en un 240%. Debido a la reducción de los afloramientos y la producción primaria en un momento decisivo del crecimiento, se ha detectado un menor crecimiento de mejillones de batea. Este hallazgo se considera una evidencia del impacto del cambio climático sobre el cultivo de este molusco.

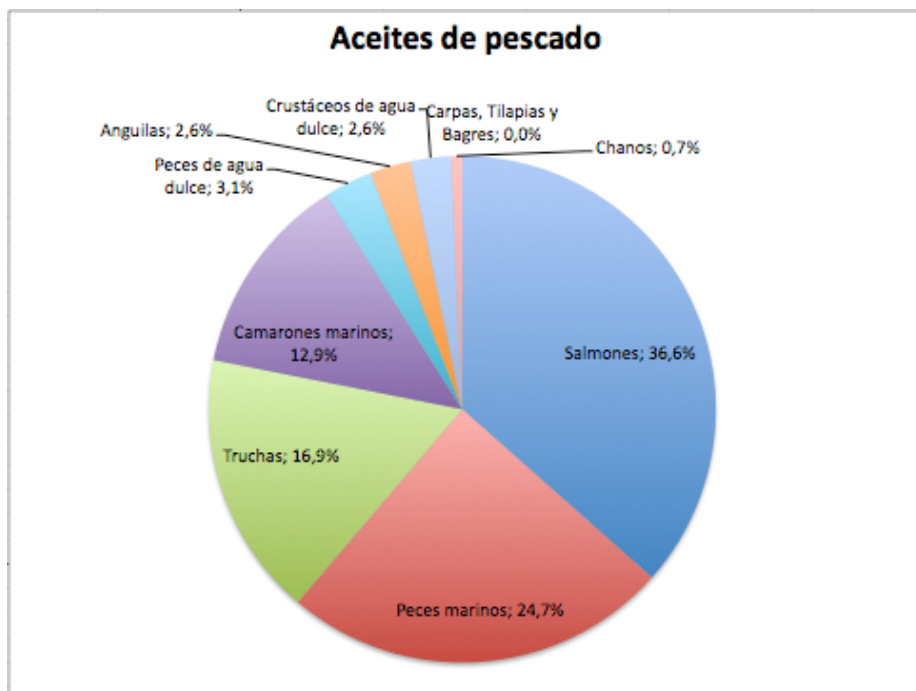
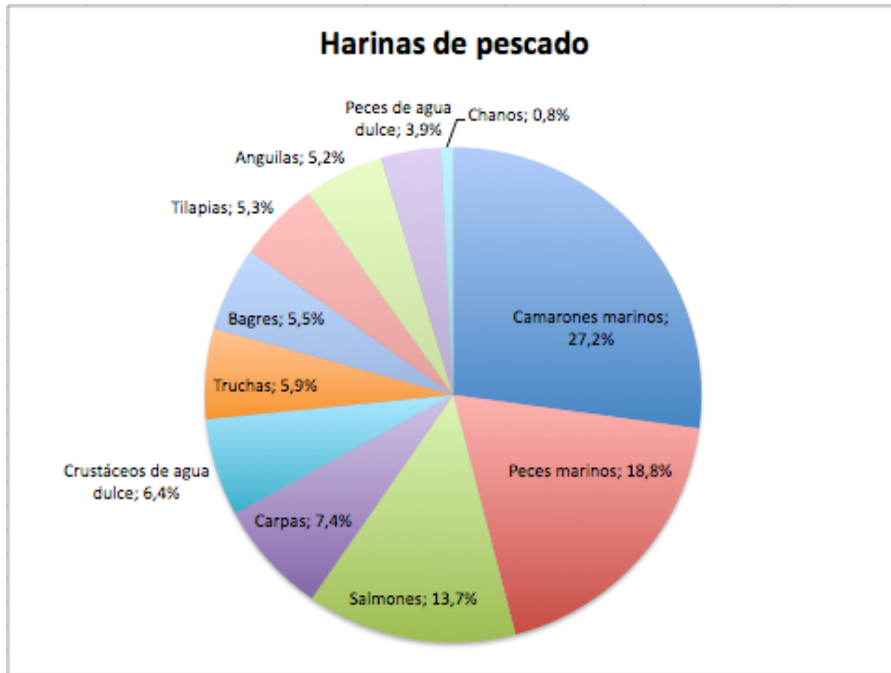
Se han detectado también incrementos de floraciones de dinoflagelados tóxicos en calas de la costa catalana y de las Canarias.

Disponibilidad de alimentos

El costo ecológico de los piensos para animales cultivados es muy alto, y la acuicultura de especies carnívoras, que en la actualidad representa solo una pequeña proporción de todos los productos cultivados, no es una excepción a este respecto.

Como las pesquerías representan una de las principales fuentes de insumos para la acuicultura al suministrar, en particular, piensos y en menor medida semilla, las alteraciones resultantes del cambio climático mundial que se registren en ellas se harán sentir en los sistemas de acuicultura.

El uso de la harina y el aceite de pescado es muy variado y el mayor uso conjunto de harina y aceite de pescado corresponde a los camarones, los peces marinos y los salmones (Figuras 7 y 8).



Figuras 7 y 8. Harinas y aceites de pescado usados en piensos acuícolas compuestos. Fuente: FAO 2012.

Las harinas y aceites de pescado se producen, principalmente, a partir de la sardina y la anchoveta peruana, esta pesquería se ve gravemente afectada por el fenómeno de El Niño, provocando variaciones importantes en los suministros a la industria transformadora de harinas y aceites de pescado limitando la disponibilidad de materia prima transformable.

El camino a seguir debería consistir en aumentar la acuicultura de peces omnívoros y filtradores.

Tormentas

Las fugas masivas de las instalaciones acuícolas causadas por los fenómenos meteorológicos extremos, muy distintas de las fugas de unos pocos individuos que tienen lugar normalmente a lo largo del tiempo, podrían influir en la estructura genética de las poblaciones nativas y perjudicarlas a largo plazo. Existe también el riesgo potencial de transmisión de patógenos a través de los movimientos de los peces escapados y salvajes.

Tabla 4. Repercusiones potenciales del cambio climático en los sistemas de acuicultura.
Fuente: adaptado de De Silva & Soto (2009)

Generador del cambio	Repercusiones en la acuicultura	Repercusiones operativas
Subida en la temperatura de la superficie del mar	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento de la proliferación de algas perjudiciales - Disminución del O₂ disuelto - Aumento de las enfermedades y parásitos - Prolongación de las temporadas de crecimiento - Cambios en la ubicación y ámbito de distribución de las especies adecuadas - Reducción de la mortalidad natural en invierno - Aumento del índice de crecimiento y de transformación alimentaria - Competencia, parasitismo y depredación producidos por la alteración de los ecosistemas locales, competidores y especies exóticas 	<ul style="list-style-type: none"> - Cambios en la infraestructura y en los costos operacionales - Aumento del número de organismos obstrutores, plagas, especies nocivas y depredadores - Cambios en los niveles de producción - Cambio en la disponibilidad de piensos procedentes de pesquerías
Cambios en otras variables oceanográficas	<ul style="list-style-type: none"> - Disminución de los índices de flujo y de la disponibilidad de alimento para crustáceos - Cambios en la abundancia de las especies usadas para la producción de alimentos y harinas 	<ul style="list-style-type: none"> - Acumulación de desechos bajo las redes - Aumento de los costos operativos

Generador del cambio	Repercusiones en la acuicultura	Repercusiones operativas
Subida del nivel del mar	<ul style="list-style-type: none"> - Pérdida de áreas dedicadas a la acuicultura - Pérdida de áreas que proporcionan refugio para larvas y juveniles - Aumento del riesgo de inundaciones por tormenta y por la propia subida del nivel del mar - intrusión salina 	<ul style="list-style-type: none"> - Daños a las infraestructuras - Cambios en la determinación de zonas adaptadas a las actividades acuícolas - Aumento en los costes de los seguros - Reducción de la disponibilidad de agua dulce
Intensificación de las tormentas	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento del tamaño de las olas - Marejadas ciclónicas más altas - Aumento del riesgo de inundaciones por tormenta - Cambios en la salinidad - Daños estructurales 	<ul style="list-style-type: none"> - Escapes - Daños a las instalaciones - Aumento en los costes por diseño de nuevas instalaciones - Aumento en los costes de los seguros
Estrés hídrico y por sequía	<ul style="list-style-type: none"> - Cambios en la salinidad - Empeoramiento de la calidad del agua - Aumento de las enfermedades - Inseguridad en el abastecimiento hídrico 	<ul style="list-style-type: none"> - Daños a las instalaciones - Conflictos con los usuarios exteriores de aguas - Reducción de la capacidad productiva - Modificaciones en las especies cultivadas

VULNERABILIDAD DE LAS ESPECIES CULTIVADAS EN ESPAÑA

Moluscos

En Galicia encontramos los parques de cultivo, que son zonas de la playa que durante la bajamar quedan al descubierto y se aprovechan para sembrar con volandeiras, zamburiñas, berberechos, coquinas y almejas. Esta producción extensiva representa menos del 2% de la producción acuícola total nacional, sin embargo por el lugar que ocupan, dicha producción podrá sufrir importantes variaciones debido al aumento del nivel del mar, incremento de los temporales, fuertes marejadas, etc. haciendo muy vulnerables estos ecosistemas y sistemas tradicionales de cultivo. En la misma situación se encuentran los esteros del sur de la Península (Cádiz y Huelva) que son zonas bajas que se inundan con cada marea.

Los moluscos con concha son animales filtradores que obtienen su alimento del fitoplancton existente en el agua marina. La disponibilidad del fitoplancton está relacionada con el régimen de vientos, la temperatura del agua y los afloramientos costeros, y por la representatividad del mejillón en cuanto a su producción se considera que este grupo de especies es muy vulnerable a los efectos del cambio climático en nuestro país.

Los blooms de algas tóxicas, cada vez más frecuentes en el litoral gallego, provocan el cierre de la pesquería del cultivo del mejillón y demás moluscos filtradores cultivados en los parques intermareales como los berberechos, volandeiras o zamburiñas.

Peces marinos

Si se cultivan especies como la lubina, que requiere de aguas más frías que la dorada, en aguas donde la temperatura media es ya suficientemente alta, dichas especies encontrarán más dificultades en reproducirse y/o en crecer hasta los tamaños comerciales, disminuyendo su rentabilidad.

También presentan vulnerabilidad frente al potencial aumento de tormentas, las cuales pueden dañar las estructuras flotantes provocando roturas en las redes y el consecuente escape de peces, causando pérdidas económicas para la empresa e impactos sobre las especies y pesquerías locales.

Peces de agua dulce

En cuanto a la producción en aguas continentales, el cambio climático hará que parte de estos ecosistemas pasen de ser permanentes a estacionales, incluso puede que algunos hasta desaparezcan.

Para el cultivo de los salmónidos, una medida de adaptación consistiría en determinar si es posible desarrollar cepas tolerantes a temperaturas más altas comprendidas entre 19 y 20°C.

Es probable que el impacto del cambio climático en las poblaciones de peces salvajes ejerza efectos significativos en la acuicultura, en particular en cuanto a disponibilidad de materias primas para la producción de harina y aceite de pescado. Conviene diseñar dietas apropiadas en las que las cantidades de harina y aceite de pescado disminuyan gradualmente. Igualmente, el uso de aceites de pescado debería reducirse exclusivamente al momento previo a la cosecha para satisfacer la demanda de consumo.

El cambio en las precipitaciones al transformarse en lluvias torrenciales puede causar escapes de peces de los tanques fluviales, causando pérdidas económicas debido a estos escapes así como a las roturas de los tanques.

Microalgas

La producción de microalgas se debe realizar en zonas previamente analizadas y seleccionadas en función de varios factores limitantes para el crecimiento de estos seres vivos. Se han de tener en cuenta dos tipos de factores: internos y externos. La relevancia asociada a cada factor será concluyente para determinar los riesgos asociados al desarrollo de este tipo de tecnología, a escala piloto o industrial, en un lugar específico.

Así, la producción de microalgas será más o menos vulnerable según la idoneidad de la zona en la que se elija cultivar la microalga de interés. Por tanto, para seleccionar la zona más idónea donde cultivar microalgas y en el caso de la Península Ibérica se deberán tener en cuenta los siguientes factores:

o Temperatura

Para el cultivo microalgal son preferibles pequeñas oscilaciones de temperatura a lo largo del año, entre los valores más elevados de verano y los más bajos invernales. Es recomendable un clima templado, con temperaturas que no sean extremas.

Cada microalga presenta una temperatura óptima para su crecimiento, en la que la productividad de sus cultivos alcanzará valores más elevados. Por norma general, suelen tolerar un amplio intervalo de temperatura sin que se llegue a la muerte celular, si bien su productividad se afecta notablemente. Para poder llevar a cabo un buen control del cultivo,

es necesario conocer la temperatura óptima de crecimiento de la estirpe en cuestión, así como sus límites inferior y superior.

○ **Pluviosidad**

Los niveles de pluviosidad de una zona son influyentes debido a valores elevados de este parámetro suelen corresponderse con bajos valores de irradiancia, y por tanto, de productividad.

Además, este factor deber ser tenido en cuenta cuando en la instalación existan reactores abiertos, lo cuales podrían tener problemas de dilución del cultivo en caso de que la zona de implantación se caracterice por elevados índices de pluviosidad.

○ **pH**

El intervalo de pH en el que pueden cultivarse las microalgas varía considerablemente dependiendo de la estirpe. Normalmente, son capaces de desarrollarse en márgenes de pH de cierta amplitud, aunque para cada una de ellas existe un valor de pH óptimo, en el que su productividad es máxima. Pequeñas variaciones de pH, aunque no ocasionen la muerte del cultivo, pueden provocar reducciones sustanciales de la productividad del mismo.

○ **Salinidad**

Se pueden hallar microalgas en cualquier tipo de ecosistema: hipersalino, salino, aguas salobres y dulces. Cada una de las cepas que se pretendan cultivar puede presentar diferentes requerimientos salinos. El agua del lugar donde se establezca el cultivo debe de tener unas características de salinidad acordes a la demanda propia de la cepa a cultivar. De no ser así, implicaría un aumento de los costes por la adición o retirada de sal del medio.

OPCIONES DE ADAPTACIÓN

Las políticas de adaptación al cambio climático son una herramienta esencial en la lucha contra esta amenaza global y, junto a las acciones de reducción de emisiones, forman parte de un conjunto de medidas indispensables a desarrollar por todos los gobiernos y administraciones nacionales, regionales y locales. La adaptación será cada vez más un elemento clave a considerar dentro de cualquier estrategia nacional. No se podrán evitar algunos impactos del cambio climático y será necesario encontrar fórmulas adaptativas que permitan la viabilidad futura de muchas actividades y profesiones.

La política sobre cultivos marinos afecta a las políticas estatales y a las de las CCAAs, dado que se producen en aguas interiores. La política de fuerte desarrollo emprendida en las últimas décadas deberá ser sometida a evaluación, prestando atención a las modificaciones sobre los cambios en la productividad, y por tanto a su rendimiento y sostenibilidad.

La subida del nivel del mar y los cambios de los regímenes de vientos, oleaje y corrientes pueden provocar, entre otros, la erosión costera, la retracción de la costa y de playas y sistemas dunares, así como contaminar acuíferos costeros de agua dulce. Algunas de estas repercusiones tendrán un efecto negativo sobre ciertas actividades acuícolas situadas en zonas costeras, tal y como se ha puesto de relieve en este informe.

El acuícola es, por lo tanto, un sector muy vulnerable a los impactos del cambio climático y es necesario desarrollar estrategias de adaptación específica frente a los cambios en el mar y en los recursos marinos y continentales, que ya se están produciendo y que se acentuarán en el futuro. Con vistas a evitar la extinción de especies, las políticas de adaptación en el sector pesquero deben

asegurar el desarrollo de una pesca sostenible, apoyado, por ejemplo, en un sistema de certificación pesquera, como el Marine Stewardship Council (MSC).

Las políticas de adaptación tienen que dirigirse igualmente al consumidor final, informándole sobre cómo realizar un consumo responsable de los recursos pesqueros y acuícolas sin contribuir a la sobreexplotación de especies ni a su extinción. En este sentido, es necesario el apoyo de las administraciones públicas para que, de forma sincronizada con otros organismos, instituciones y la sociedad civil, promuevan campañas de consumo responsable, mejora del etiquetaje y concienciación.

Para la correcta adaptación se deben adoptar una serie de medidas institucionales y normativas como: la adopción de un enfoque ecosistémico de la acuicultura (EEA) como estrategia nacional o seguir potenciando la acuicultura sin piensos (organismos filtradores y algas). El propósito del EEA consiste en integrar la acuicultura con las actividades humanas, basándose en la mejor disposición del conocimiento acerca del ecosistema y su dinámica, con el fin de identificar y tomar medidas de los impactos críticos para la salud de los ecosistemas acuáticos, consiguiendo así un uso sostenible de los bienes y servicios que mantienen la integridad del ecosistema.

Este enfoque abarca todo el abanico de agentes interesados, esferas de influencia y otros procesos entrelazados. En el caso de la acuicultura, la aplicación del enfoque basado en el ecosistema supone que, al planificar el desarrollo comunitario, se abarquen los sistemas físico, ecológico, social y económico y se tomen en cuenta las aptitudes y experiencias de las partes interesadas, dentro del contexto social, económico y ambiental extendido de la acuicultura. El EEA subraya la necesidad de integrar la acuicultura con otros sectores (la pesca, la agricultura, el desarrollo urbano) que comparten y utilizan recursos comunes (la tierra, el agua, los piensos, etc.) y de concentrarse en diferentes escalas espaciales (granja; zona dedicada a la acuicultura, el cuerpo de agua o la cuenca hidrográfica donde se desarrolla la actividad) y la dimensión mundial (Soto et al. 2008). La escala referida a la demarcación hidrográfica sería la más apropiada y, sin embargo, normalmente las divisiones administrativas no suelen coincidir con las hidrográficas, y esto representa una seria dificultad porque las medidas de prevención y adaptación relacionadas con el cambio climático necesitan de una gestión de cuencas, es decir la protección de las zonas costeras contra los deslizamientos de tierra, la sedimentación, las descargas o, simplemente, la provisión de agua para la acuicultura.

La acuicultura marina puede proporcionar medios de adaptación a las comunidades agrícolas costeras. Por ejemplo, el cultivo de peces en balsas de agua para riego en agricultura puede mejorar la calidad nutritiva de esa agua al aumentar la concentración de nitrógeno por los desechos de los peces. En países como Egipto se hace cultivo integrado de dorada con aguas subterráneas salinas y el agua nitrificada de los tanques de dorada sirve para regar los cultivos donde pastan ovejas. Otra razón más por la cual el enfoque basado en las cuencas hidrográficas precisa de cambios normativos y acciones de integración entre diferentes sectores (p. ej., el sector agropecuario y la acuicultura), además del fomento de la capacidad y los requisitos en materia de infraestructuras.

Puesto que el cambio climático no reconoce fronteras políticas, las políticas de adaptación y la planificación de cuencas hidrográficas internacionales pueden representar un gran desafío. Sin embargo, las repercusiones del cambio climático, al suponer una amenaza común, pueden brindar la oportunidad de instituir una ordenación transfronteriza. El EEA representa una estrategia apropiada que asegura la sostenibilidad mediante una planificación consciente de las repercusiones del cambio climático.

Se debe establecer la capacidad de carga sostenible de los ecosistemas en los que se implantan los cultivos y las influencias que pueden provocar en el medio como medida adaptativa básica para lograr una producción sostenible. Además existen otros elementos relacionados que es preciso considerar en las políticas y en la planificación:

- Seguros en la acuicultura. Como medida de adaptación dirigida a limitar la quiebra de empresas acuícolas habría que promocionar y potenciar la contratación de seguros contra daños a las poblaciones y a la propiedad causados por los fenómenos climáticos extremos. Una cobertura de seguro adecuada garantizará por lo menos que haya fondos disponibles para que la empresa vuelva a funcionar. Esta medida será más importante entre los pequeños productores los cuales no están tan acostumbrados a contratar seguros como las empresas grandes.
- I+D+i. Las inversiones en investigación, desarrollo e innovación, así como la transferencia de tecnología juegan un papel muy importante en la adaptación al cambio climático. Es fundamental que los mecanismos de transferencia tecnológica lleguen a los pequeños productores. Se deberán hacer más esfuerzos de investigación en ingeniería de instalaciones y sistemas de cultivo, nuevas enfermedades y tratamientos preventivos, fisiología acuática animal, mejores piensos y prácticas de alimentación más acordes con el ecosistema.
- Diversificación. La diversificación proporciona terreno para la selección natural y para la adaptación. También se puede plantear que el cultivo de un número mayor de especies representa una forma de seguro y ofrece mejores posibilidades de adaptación bajo diferentes escenarios de cambio climático, en especial en cuanto a acontecimientos inesperados tales como enfermedades o problemas relacionados con el mercado.
- Selección de emplazamientos. Una buena planificación y ordenación de las zonas aptas para acuicultura puede ayudar a la adaptación al cambio climático. A la hora de diseñar los emplazamientos más adecuados es esencial determinar las posibles amenazas mediante un análisis de riesgos. Los viveros flotantes deberán ser fijados sólidamente al fondo o a una estructura de soporte, incluso usar sistemas sumergibles que los hagan más resistentes al embate de las olas. Los sistemas costeros en tierra deberán estar amparados por diques u otras estructuras protectoras. El calentamiento del agua y la insuficiencia de oxígeno asociada, el potencial aumento de la eutrofización, etc. son factores que es posible evitar o reducir a su mínima expresión en los lugares más profundos donde la circulación es más abundante. La probabilidad de difusión de enfermedades se puede limitar aumentando la distancia mínima entre las granjas e implantando programas de bioseguridad severos en los complejos o zonas dedicadas a la acuicultura.
- Prevención de riesgos. También es muy importante operar un sistema de notificación de riesgos, pero las comunicaciones deben ser fiables y rápidas y la información transmitida exacta. En este sentido, la calidad de los sistemas de información meteorológica ha mejorado muchísimo procurando impedir los grandes daños que puedan sufrir las infraestructuras y la biomasa. Una predicción meteorológica y del medio costero que avise con suficiente antelación y precisión de la posibilidad de eventos climáticos extremos (lluvias torrenciales) que reduzcan la salinidad del medio, unido a la existencia de protocolos de respuesta permitiría limitar los daños.

Los dispositivos de prevención más importantes deben comportar un protocolo de seguimientos crítico y efectivo de los cuerpos de agua y los organismos acuáticos. A nivel local se puede implementar un sistema de seguimiento integrado que permiten hacer una detección temprana de la presencia de algas y enfermedades, por ejemplo, mediante el uso del disco Secchi para detectar las floraciones algales nocivas. En este sentido, el Instituto Tecnológico para el Control del Medio Marino de Galicia dispone de un programa de seguimiento permanente accesible a través de Internet aportando información de situaciones de emergencia y de alerta temprana sobre mareas rojas y demás condiciones del agua útiles para el cultivo de mejillón.

- Introducción de nuevos cultivos. La puesta a punto de nuevos cultivos marinos, tanto animales como vegetales, puede ser una respuesta adaptativa a los cambios del medio. Pero hay que tomar en consideración los peligros que la introducción de especies foráneas cultivables puede

tener sobre las poblaciones autóctonas y sobre el ecosistema que las soporta. Igualmente, el control parasitológico de la introducción de especies cultivables debe ser una prioridad. Siempre se debe aplicar el principio de precaución para evitar que las especies introducidas escapen a los controles establecidos y se establezcan como especies invasoras¹. Su interacción con ecosistemas y especies autóctonas pueden provocar cambios negativos e imprevistos si escapan al control humano. Fomentando el desarrollo tecnológico y la introducción de técnicas de mejora en las instalaciones de acuicultura se evitarían los escapes de peces al medio natural. También, si el control sanitario no es suficiente, se puede incrementar el número de organismos patógenos con grave daño para los cultivos preexistentes.

- **Acuicultura multitrófica integrada (AMTI).** las especies de peces cultivadas se alimentan en los eslabones bajos de la cadena trófica, y con frecuencia en este tipo de acuicultura se prescinde de cualquier aporte externo de piensos. En occidente las especies utilizadas en acuicultura marina integrada son peces en viveros flotantes junto a macroalgas y organismos filtradores (moluscos). En España, de momento, no hay ninguna producción industrial de AMTI, sin embargo, sí que se están realizando estudios experimentales en Canarias, Andalucía y Murcia, entre otras Comunidades Autónomas.

Tabla 5. Resumen de las repercusiones del cambio climático en los sistemas de acuicultura y de las posibles medidas de adaptación.

Actividades	Impactos		Medidas de adaptación
	+/-	Tipo	
Todas: viveros, estanques; peces	-	Aumento de la temperatura por encima del rango óptimo de tolerancia	Cría selectiva para conseguir la tolerancia a temperaturas más altas
Agua dulce: viveros	-	Eutrofización y surgencia; mortalidad de la población	Mejor planificación; emplazamiento de las instalaciones, ajuste al cambio climático, regulación del seguimiento
Marina/continental; moluscos	-	Aumento de la virulencia de patógenos latentes	Ninguna; seguimiento para prevenir los riesgos sanitarios
Peces carnívoros	-	Limitación del suministro y precio de la harina y aceite de pescado	Sustitución harinas y aceites; nuevas fórmulas; uso de aceites antes de la cosecha; cultivo de especies de nivel bajo en la cadena trófica
Aumento del nivel del mar y otros cambios en la circulación			
Todas; principalmente en las regiones estuarinas y lagunas costeras	+/-	Infiltración de aguas saladas; pérdida de hábitat	Desplazamiento aguas arriba de las especies estenohalinas: cambio costoso, nuevas especies eurihalinas en las instalaciones viejas
		Pérdida de tierras agrícolas	Adopción de medios de vida alternativos por medio de la acuicultura; creación de capacidad e infraestructuras

¹ Real Decreto 1628/2011, de 14 de noviembre, por el que se regula el listado y catálogo español de especies exóticas invasoras.

Actividades	Impactos		Medidas de adaptación
	+/-	Tipo	
Peces marinos carnívoros	-/+	Optimización reformulación piensos	Reducción de los suministros de piensos; pero se fomenta el uso de piensos granulados: costos mayores/menor degradación ambiental
Cambios y pérdidas de hábitat	-	Influencia indirecta en la acuicultura de estuario; poca disponibilidad de semilla	Ninguna
Acidificación			
Cultivo de moluscos	-	Repercusiones en el proceso de calcificación de la concha/ deposición	Ninguna
Estrés hídrico (más sequías, etc.)			
Acuicultura continental	-	Escorrentías Limitaciones en el uso y captación	Mayor eficiencia en el uso del agua; sistemas de recirculación; mejoras en la gestión entre distintos usuarios; Utilización de especies de peces de crecimiento rápido
Parques de cultivo de zonas costeras	-	Disponibilidad reducida de reservas de semillas salvajes/ cambios en las épocas de recolección	Adopción de semillas propagadas artificialmente; mayores costos
Fenómenos meteorológicos extremos			
Viveros flotantes y otros	-	Destrucción de instalaciones; pérdida de poblaciones; pérdidas de actividades comerciales; fugas masivas de ejemplares con repercusiones potenciales en la biodiversidad	Fomento de la contratación de seguros individuales o colectivos; mejora de los diseños de las instalaciones para minimizar las fugas masivas; fomento del uso de especies autóctonas para minimizar las repercusiones en la biodiversidad

Acrónimos

AMTI	Acuicultura multitrófica integrada
CMCCNU	Convención Marco sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas
FAN	Floraciones Algales Nocivas
FAO	Organización Mundial para la Agricultura y la Alimentación
FEAP	Federación Europea de Productores de Acuicultura
FMAM	Fondo Fiduciario del Fondo para el Medio Ambiente Mundial
GEI	Gases de Efecto Invernadero
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático
OECC	Oficina Española de Cambio Climático
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

Glosario

El presente glosario está basado en el publicado en el Cuarto y Quinto Informes del IPCC (2007, 2013).

Acidificación del océano: Disminución del pH del océano durante un período prolongado, normalmente decenios o períodos más largos, causado primordialmente por la incorporación de dióxido de carbono de la atmósfera, pero también por otras adiciones químicas o sustracciones del océano. La acidificación del océano antropógena hace referencia a la proporción de la disminución del pH causada por la actividad humana (IPCC, 2011, pág. 37).

Adaptación: Iniciativas y medidas encaminadas a reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos ante los efectos reales o esperados de un cambio climático. Existen diferentes tipos de adaptación; por ejemplo: preventiva y reactiva, privada y pública, y autónoma y planificada. Algunos ejemplos de adaptación son la construcción de diques fluviales o costeros, la sustitución de plantas sensibles al choque térmico por otras más resistentes, etc.

Antropogénico: Resultante de la actividad del ser humano o producido por este.

Cambio Climático: según el artículo 1 de la Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC) de las Naciones Unidas, “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”. La CMCC diferencia, pues, entre el cambio climático atribuible a las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y la variabilidad climática atribuible a causas naturales.

Cambio de nivel del mar/Aumento de nivel del mar: El nivel del mar puede cambiar, tanto en términos mundiales como locales, por efecto de: i) cambios de conformación de las cuencas oceánicas, ii) cambios de la masa total de agua, o iii) cambios de la densidad del agua. En condiciones de calentamiento mundial, el aumento de nivel del mar puede estar inducido por un aumento de la masa de agua total procedente del deshielo de la nieve y hielo terrestres, o por un cambio de densidad del agua debido al aumento de la temperatura del agua del océano o a una mayor salinidad. El aumento de nivel del mar es relativo cuando el nivel del océano aumenta localmente respecto del terrestre, debido a una elevación del océano y/o al hundimiento de la tierra.

Ciclo del carbono: Término utilizado para describir el flujo del carbono (en diversas formas; por ejemplo, como dióxido de carbono) en la atmósfera, los océanos, la biosfera terrestre y la litosfera.

Clima: El clima se suele definir en sentido restringido como el estado promedio del tiempo y, más rigurosamente, como una descripción estadística del tiempo atmosférico en términos de los valores medios y de la variabilidad de las magnitudes correspondientes durante períodos que pueden abarcar desde meses hasta miles o millones de años. El período medio habitual es de 30 años, según la definición de la Organización Meteorológica Mundial. Las magnitudes correspondientes son casi siempre variables de superficie (por ejemplo, temperatura, precipitación o viento). En un sentido más amplio, el clima es el estado del sistema climático en términos tanto clásicos como estadísticos.

Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC) de las Naciones Unidas: Fue adoptada en Nueva York el 9 de mayo de 1992 y rubricada ese mismo año en la Cumbre para la Tierra, celebrada en Río de Janeiro, por más de 150 países más la Comunidad Europea. Su objetivo último es “la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático”. Contiene cláusulas que comprometen a todas las Partes. En virtud de la Convención, las Partes incluidas en el Anexo I (todos los miembros de la OCDE en

el año 1990 y países de economía en transición) se proponen retornar, de aquí al año 2000, a los niveles de emisión de gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal que existían en 1990. La Convención entró en vigor en marzo de 1994.

Desarrollo sostenible: El concepto de desarrollo sostenible se introdujo por primera vez en la Estrategia Mundial para la Conservación (UICN, 1980), y se asienta en el concepto de sociedad sostenible y en la gestión de los recursos renovables. Fue adoptado por la CMCC en 1987 y por la Conferencia de Río en 1992 como un proceso de cambio que armoniza la explotación de los recursos, la dirección de las inversiones, la orientación del desarrollo tecnológico y el cambio institucional, y que acrecienta las posibilidades actuales y futuras de satisfacer las necesidades y aspiraciones de los seres humanos. El desarrollo sostenible integra dimensiones políticas, sociales, económicas y medioambientales.

Escenario: Descripción plausible y frecuentemente simplificada de un futuro verosímil, basada en un conjunto consistente y coherente de supuestos sobre las fuerzas originantes y sobre las relaciones más importantes. Los escenarios pueden estar basados en proyecciones, pero suelen basarse también en datos obtenidos de otras fuentes.

Estrés hídrico: Se dice que un país padece estrés hídrico cuando la cantidad de agua dulce disponible en proporción al agua que se detrae constriñe de manera importante el desarrollo. En las evaluaciones a escala mundial, se dice frecuentemente que una cuenca padece estrés hídrico cuando su disponibilidad de agua por habitante es inferior a 1.000 m³/año (sobre la base del promedio de la escorrentía por largos períodos). Un indicador de estrés hídrico utilizado también en ocasiones es un volumen de detracción de agua superior al 20% del agua renovable disponible. Un cultivo experimenta estrés hídrico cuando la cantidad de agua disponible en el suelo, y por ende la evapotranspiración real, son menores que la demanda de evapotranspiración potencial.

Evaluación de impacto (del cambio climático): Identificación y valoración, en términos monetarios y/o no monetarios, de los efectos del cambio climático sobre los sistemas naturales y humanos.

Impactos (del cambio climático): Efectos del cambio climático sobre los sistemas naturales y humanos. Según se considere o no el proceso de adaptación, cabe distinguir entre impactos potenciales e impactos residuales:

- Impactos potenciales: Todo impacto que pudiera sobrevenir en relación con un cambio proyectado del clima, sin tener en cuenta la adaptación.
- Impactos residuales: Impactos del cambio climático que sobrevendrían tras la adaptación.

Proyección: Evolución potencial de una magnitud o conjunto de magnitudes, frecuentemente calculada con ayuda de un modelo. Las proyecciones se diferencian de las predicciones en que las primeras están basadas en determinados supuestos -por ejemplo, sobre el futuro socioeconómico y tecnológico, que podrían o no cumplirse- y, por consiguiente, adolecen de un grado de incertidumbre considerable.

Resiliencia: Capacidad de un sistema social o ecológico para absorber una alteración sin perder ni su estructura básica o sus modos de funcionamiento, ni su capacidad de autoorganización, ni su capacidad de adaptación al estrés y al cambio.

Vulnerabilidad: Grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático y, en particular, la variabilidad del clima y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad dependerá del carácter, magnitud y rapidez del cambio climático a que esté expuesto un sistema, y de su sensibilidad y capacidad de adaptación.

Bibliografía

- AEMET. (2012). Resumen Anual Climatológico 2011. En <http://www.aemet.es/>
- Álvarez Cobelas M., Catalán J. & García de Jalón D. (2005). Impactos sobre los ecosistemas acuáticos continentales. En: Evaluación preliminar de los impactos en España por los efectos del cambio climático. Ministerio Medio Ambiente, 840 pp.
- Anadón R., Fernández C., García Florez L., Losada I. & Valdés L. (2009). Costas y Océanos. En R. Anadón & N. Roque.i (coords.) Evidencias y efectos potenciales del Cambio Climático en Asturias . Gobierno del Principado de Asturias, Oviedo. pp 126-171.
- Anestis A., Pörtner H.O., Karagiannis D., Angelidis P., Staikou A., Miachaelidis B. (2010). Response of *Mytilus galloprovincialis* (L.) to increasing seawater temperature and to martellosis: Metabolic and physiological parameters. *Comp Biochem Physiol A* 156: 57–66.
- Areekijseree M., Arunee E., Kovitvadhi U., Thongpan A., Mingmuang M., Pakkong P., Rungruangsak-Torrissen K. (2004). Temperature and pH characteristics of amylase and proteinase of adult freshwater pearl mussel, *Hyriopsis (Hyriopsis) bialatus* (Simpson 1900). *Aquaculture* 234: 575–587.
- Arnold, W.S. (2008). Application of larval release for restocking and stock enhancement of coastal marine bivalve populations. *Rev Fish Sci* 16: 65–71.
- Bañón R. (2009). Variacións na diversidade e abundancia ictiolóxica mari.a en Galicia por efectos del Cambio climático. En: Evidencias e impacto do cambio climático en Galicia . Xunta de Galicia, Santiago de Compostela. pp. 355-372.
- Bañón R., del Río J.L., Piñeiro C. & Casas M. (2002). Occurrence of tropical affinity fish in Galician waters, north-west Spain. *Journal of the Marine Biological Association of the U.K.*, 82: 877-880. En: Capdevila-Argüelles L., B. Zilletti y V.A. Suárez Álvarez. 2011. Cambio climático y especies exóticas invasoras en España. Diagnóstico preliminar y bases de conocimiento sobre impacto y vulnerabilidad. Oficina Española de Cambio Climático, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid, 146 Pp.
- Bernal S., Butturini A., Nin E., Sabater F. & Sabater S. (2003). Leaf litter dynamics and N₂O emission in a Mediterranean riparian forest: implications for soil nitrogen dynamics. *Journal of Environmental Quality* 32: 191-197.
- Bindoff, N., J. Willebrand, V. Artale, A. Cazenave, J. Gregory, S. Gulev, K. Hanawa, C. Le Quere, S. Levitus, Y. Nojiri, C. K. Shum, L. Talley & A. Unnikrishnan. (2007). Observations: oceanic climate change and sea level. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H. L. Miller, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 385-432.
- Bladé I., Cacho I., Castro-Díez Y., Gomis D., González-Sampériz P., Míguez-Macho G., Perez F.F., Rodríguez-Fonseca B., Rodríguez-Puebla C., Sánchez E., Sotillo G., Valero-Garcés B. & Vargas-Yáñez M. (2010). Clima en España: Pasado, presente y futuro. Informe de evaluación del cambio climático regional . Eds. F.F. Pérez & R. Boscolo. CLIVAR España. MARM y MICINN.
- Borja A., Bald J. & Muxika I. (2004). El recurso marisquero de percebe (*Pollicipes pollicipes*) en el biotopo marino protegido de Gaztelugatxe y en áreas explotadas de Bizkaia. Report No.101, Gobierno Vasco.
- Brito, A. (2008). Influencia del calentamiento global sobre la biodiversidad marina de las Islas Canarias. En: J. Afonso-Carrillo, (ed.) Naturaleza amenazada por los cambios en el clima. Actas de la III Semana Científica Telesforo Bravo. Instituto de Estudios Hispánicos de

- Canarias. pp. 141-161.
- Castro C.G., Alvarez-Salgado X.A., Nogueira E., Gago J., Pérez F.F., Bode A., Ríos A.F., Rosón G. & Varela M. (2009). Evidencias biogeoquímicas do cambio climático. Evidencias e impactos do cambio climático en Galicia. Xunta de Galicia, Santiago de Compostela. pp. 303-326.
- Cooley S.R., Doney S.C. (2009). Anticipating ocean acidification's economic consequences for commercial fisheries. *Environ Res Lett* 4:024007.
- De Silva S.S. & Soto D. (2009). El cambio y la acuicultura: repercusiones potenciales, adaptación y mitigación. En K. Cochrane, C. De Young, D. Soto y T. Bahri (eds). Consecuencias del cambio climático para la pesca y la acuicultura: visión de conjunto del estado actual de los conocimientos científicos. FAO Documento Técnico de Pesca y Acuicultura, No 530. Roma, FAO. pp. 169-236.
- FAO. (2012). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2012. Roma. 231 págs.
- FAO/NACA. (2012). Farming the Waters for People and Food. R.P. Subasinghe, J.R. Arthur, D.M. Bartley, S.S. De Silva, M. Halwart, N. Hishamunda, C.V. Mohan & P. Sorgeloos, (Eds.) Proceedings of the Global Conference on Aquaculture 2010, Phuket, Thailand. 22–25 September 2010. FAO, Rome and NACA, Bangkok. 896 pp.
- Fausch K.D., Taniguchi Y., Nakano S., Grossman G.D. & Townsend C.R. (2001). Flood disturbance regimes influence rainbow trout invasion success among five Holarctic regions. *Ecological Applications*, 11:1438–1455.
- Feely R.A., Sabine C.L., Lee K., Berelson W., Kleypas J., Fabry V.J. & Millero F.J. (2004). Impact of anthropogenic CO₂ on the CO₃Ca system in the oceans. *Science* 305: 362-366.
- Fernández-Reiriz M.J., Range P., Alvarez-Salgado X.A., Espinosa J., Labarta U. (2012). Tolerance of juvenile *Mytilus galloprovincialis* to experimental seawater acidification. *Mar Ecol Prog Ser* 454: 65-74.
- Fernández-Reiriz M.J., Range P., Alvarez-Salgado X.A., Labarta U. (2011). Physiological energetics of juvenile clams *Ruditapes decussatus* in a high CO₂ coastal ocean. *Mar Ecol Prog Ser* 433: 97–105.
- Gili, J.M. (2011). En: <http://www.rtve.es/alacarta/audios/en-dias-como-hoy/dias-como-hoy-cada-vez-hay-masmedusas-nuestras-playas/1157260/>
- Harley C.D.G., Randall Hughes A., Hultgren K.M., Miner B.G., Sorte C.J.B., Thornber C.S., Rodriguez L.F., Tomanek L. & Williams S.L. (2006). The impacts of climate change in coastal marine systems. *Ecology Letters*, 9: 228-241.
- IPCC. (2007). Climate change 2007: synthesis report. Inter-Governmental Panel on Climate Change. (Also available at www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4-syr-topic/pdf/)
- IPCC (2013). Cambio climático 2013. Bases físicas. (<http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>)
- Jenkins A., McCartney M. & Sefton C. (1993). Impacts of climate change on river quality in the United Kingdom. Report to Department of Environment. Institute of Hydrology. Wallingford. 39 pgs.
- Koch R., Gobler C.J. (2009). The effects of tidal export from salt marsh ditches on estuarine water quality and plankton communities. *Est Coasts* 32: 261–275.
- Losada, I. (2007). Impactos del cambio climático en la costa española. Ciclo: el clima que viene. Fundación Juan March.
http://www.march.es/Recursos_Web/Culturales/Documentos/conferencias/PP2454.pdf
- Martín Esquivel, J.L. (2011). El calentamiento climático afecta a la biodiversidad de las Islas Canarias. *Boletín de la Red de Seguimiento del Cambio Global* 1: 22-25.

- Matthews W.J. & Marsh-Matthews E. (2003). Effects of drought on fish across axes of space, time and ecological complexity. *Freshwater Biology*, 48: 1232–1253.
- Melzner F., Gutowska M.A., Langenbuch M., Dupont S. & others. (2009). Physiological basis for high CO₂ tolerance in marine ectothermic animals: pre-adaptation through lifestyle and ontogeny? *Biogeosciences* 6: 2313–2331.
- Miller A.W., Reynolds A.C., Sobrino C., Riedel G.F. (2009). Shellfish face uncertain future in high CO₂ world: Influence of acidification on oyster larvae and growth in estuaries. *PLoS One* 4: e5661.
- Ospina-Álvarez N., Piferrer F. (2008). Temperature-Dependent Sex Determination in Fish Revisited: Prevalence, a Single Sex Ratio Response Pattern, and Possible Effects of Climate Change. *PLoS ONE* 3(7): e2837. doi:10.1371/journal.pone.0002837.
- Peña C. (2011). Sostenibilidad de la costa y cambio climático: experiencias españolas., presentado el 13 de mayo de 2011 en Taller Regional sobre Impactos y Adaptación al Cambio Climático en las Zonas Costeras de América Latina y Caribe. Santander, España.
- Quéro J.C., Du Buit M.H. & Vayne J.J. (1998). Les observations de poissons tropicaux et le réchauffement des eaux dans l'Atlantique européen. *Oceanologica Acta*, 21(2): 345-351. En: Capdevila-Argüelles L., B. Zillett y V.A. Suárez Álvarez. 2011. Cambio climático y especies exóticas invasoras en España. Diagnóstico preliminar y bases de conocimiento sobre impacto y vulnerabilidad. Oficina Española de Cambio Climático, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid, 146 Pp.
- Rahel F.J. & Olden J.D. (2008). Assessing the Effects of Climate Change on Aquatic Invasive Species. *Conservation Biology*, 22 (3): 521–533.
- Soto, D., Aguilar-Manjarrez, J., Brugère, C., Angel, D., Bailey, C., Black, K., Edwards, P., Costa-Pierce, B., Chopin, T., Deudero, S., Freeman, S., Hambrey, J., Hishamunda, N., Knowler, D., Silvert, W., Marbà, N., Mathe, S., Norambuena, R., Simard, F., Tett, P., Troell, M. & Wainberg, A. 2008. Applying an ecosystem-based approach to aquaculture: principles, scales and some management measures. In D. Soto, J. Aguilar-Manjarrez & N. Hishamunda, eds. Building an ecosystem approach to aquaculture, pp. 15–35. FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings 14. Rome, FAO.
- Talmage S.C., Gobler C.J. (2009). The effects of elevated carbon dioxide concentrations on the metamorphosis, size and survival of larval hard clams (*Mercenaria mercenaria*), bay scallops (*Argopecten irradians*), and Eastern oysters (*Crassostrea virginica*). *Limnol Oceanogr* 54: 2072–2080.
- Thomsen J., Gutowska M.A., Saphörster J., Heinemann A. & others. (2010). Calcifying invertebrates succeed in a naturally CO₂-rich coastal habitat but are threatened by high levels of future acidification. *Biogeosciences Discuss* 7: 5119–5156.
- Varela M., Bode A., Gómez Figueiras F., Huete-Ortega M. & Maraón E. (2009). Variabilidade e tendencias interanuais no fitoplankton mari.o das costas de Galicia. Evidencias e impacto do Cambio Climático en Galicia. Xunta de Galicia. pp. 355-372.
- VVAA. (2011). Biodiversidad en España. Base de la Sostenibilidad ante el Cambio Global. Observatorio de la Sostenibilidad en España.
- WWF. (2010). Testigos del clima. Impactos y testimonios del cambio climático en España. 34 pp.

IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA ACUICULTURA EN ESPAÑA



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE