



## Las reservas marinas: centinelas del cambio global

**Autor:** Silvia Revenga Martínez de Pazos

**Institución:** Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente

**Otros autores:** Diego Kersting (Universidad de Barcelona); Cristina Laborda (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente);

## Resumen

Los principales objetivos de las reservas marinas son la protección de los hábitats marinos y sus comunidades biológicas. Estas figuras de protección son consideradas una de las herramientas más potentes para la conservación y regeneración de nuestros mares. Sin embargo, aunque su efectividad en este sentido es indiscutible, estas reservas no escapan a los efectos derivados del cambio global.

En este contexto, la Red de Reservas Marinas Pesqueras de España están adquiriendo un nuevo papel -el de centinelas del cambio global-, es decir, laboratorios naturales para el seguimiento y estudio de los cambios físico-químicos y biológicos asociados al cambio climático o a la presencia de especies invasoras.

Un claro ejemplo de estas zonas centinela es la Reserva Marina de las Islas Columbretes, gestionada por la Secretaría General de Pesca. A partir de los datos de temperatura del agua de mar, que se registra en Columbretes desde 1991, y al estudio de los arrecifes del coral endémico *Cladocora caespitosa*, realizado durante más de una década, se ha podido demostrar la estrecha relación existente entre las mortalidades que están sufriendo los organismos bentónicos marinos y el calentamiento de nuestro mar. Los estudios realizados en Columbretes nos muestran que la temperatura estival en las aguas de este archipiélago volcánico ha aumentado alrededor de 1,2 °C en 20 años y que la frecuencia de veranos anormalmente calurosos se ha cuadruplicado durante la primera década del siglo XXI.

Estos cambios en el régimen térmico del agua de mar están teniendo efectos negativos sobre muchas especies que viven ancladas al fondo marino y que, por lo tanto, no pueden desplazarse en búsqueda de aguas más frías.

Las reservas marinas, gracias a los estudios científicos a largo plazo que se realizan en ellas, están mostrando a la sociedad la realidad palpable del cambio climático en el medio marino, en el que ya se registran impactos irreversibles como la pérdida de arrecifes de coral centenarios.

Mediante el estudio, seguimiento y divulgación de la certeza del cambio global y sus efectos, las reservas marinas ofrecen, junto con la conservación y regeneración del medio marino, un nuevo servicio a la sociedad; que por su parte tiene la obligación de velar por la continuidad de estas figuras de protección.

**Palabras clave:** Cambio global, reservas marinas, coral, calentamiento, especies invasoras.

## 1. El cambio global

El cambio global está provocando importantes desajustes en nuestro planeta en una escala temporal y geográfica sin precedentes. Agrupa una serie de procesos que presentan una relación directa con la actividad humana y que tienen efectos directos o indirectos sobre el medio ambiente a escala global<sup>1</sup>. El más conocido, por la atención que ha recibido en los medios de comunicación y porque es perceptible en el día a día, es el cambio climático o calentamiento global, producido por el drástico aumento de gases de efecto invernadero en la atmósfera y principalmente por el CO<sub>2</sub> generado en la quema de combustibles fósiles.

Sin embargo, el cambio global incluye también otra serie de procesos menos conocidos. Por ejemplo las invasiones biológicas<sup>2</sup>, es decir, la introducción de especies en una zona en la que son completamente nuevas y en la que acaban siendo dominantes - generalmente en términos numéricos o de ocupación de territorio- debido a la falta de competidores y depredadores.

La comunidad científica ha demostrado, en base a sólidos datos y de manera inequívoca, que estos cambios son un hecho y que su celeridad no tiene precedentes. Durante los últimos años se han publicado artículos de revisión, algunos en revistas tan importantes como *Science*<sup>3</sup>, en los que se analizan los trabajos científicos realizados sobre el cambio climático. La principal conclusión de estos artículos es que existe un amplio consenso en la comunidad científica en cuanto a la existencia del calentamiento global y su relación directa con la actividad humana. Este consenso alcanza el 97 %<sup>4</sup>.

El cambio global afecta tanto a los ecosistemas terrestres como a los marinos, sin embargo, dadas las dificultades añadidas de la investigación científica en el mar, es aquí donde más trabajo queda por hacer para describir y entender el cambio global, sus efectos y la respuesta del ecosistema en su conjunto. Para poder realizar esta labor es necesario disponer de robustas series históricas de datos que permitan evaluar tendencias a lo largo de periodos de tiempo suficientemente extensos. Sin embargo, aunque las labores de toma de datos en el medio marino están cada vez más extendidas, la existencia de series de larga duración es aún escasa.

Las evidencias de que los efectos del cambio climático o calentamiento global están afectando a nuestros océanos son claras. Desde la alteración del patrón de corrientes oceánicas (cuyos motores principales son la temperatura y la salinidad, que provocan que las masas de agua sean más o menos densas), hasta los cambios de distribución de especies, mortandades masivas y la progresiva acidificación del agua de mar relacionada con el aumento del CO<sub>2</sub> atmosférico<sup>5</sup>.

Esta problemática coincide en tiempo y espacio con toda una serie de impactos que incrementan la vulnerabilidad del medio marino (contaminación, destrucción de hábitat, sobrepesca, etc.), además de otros procesos globales como la introducción de especies, que se considera una de las principales amenazas para la biodiversidad en los

ecosistemas costeros. En el caso del mar Mediterráneo se calculan en más de 1.000 las especies introducidas<sup>6</sup>, siendo uno de los mares más afectados por esta problemática. El transporte marítimo, los canales artificiales como el de Suez y la acuicultura, se consideran las principales vías de conexión entre mares y, por lo tanto, de transmisión de especies invasoras.

## **2. Las reservas marinas y las nuevas amenazas**

Las reservas marinas pesqueras de España son una de las herramientas para la gestión pesquera y la conservación de la biodiversidad de mayor eficacia a nivel local y regional. Sin embargo, las zonas protegidas por estas reservas no escapan a los impactos del cambio global, debido a la intensidad y escala geográfica de los procesos ya descritos. Las mortandades masivas por el calentamiento del agua o la presencia de especies invasoras han pasado a ser en la última década un fenómeno palpable y una de las principales preocupaciones en estos espacios protegidos.

No obstante, en este escenario de rápidos cambios las reservas marinas pesqueras han adquirido un nuevo papel que complementa los objetivos originales de protección y conservación. Estos espacios son en la actualidad laboratorios privilegiados desde los que estudiar y seguir a largo plazo la respuesta de las especies y comunidades biológicas a estas nuevas amenazas. ¿Por qué privilegiados? La protección que ofrecen las reservas permite descartar otros impactos antropogénicos que podrían distorsionar la información obtenida, es decir, es más fácil poder identificar la causa y su efecto sobre los organismos. Pero además, muchas reservas disponen de infraestructuras que facilitan enormemente la ardua tarea de realizar estudios en el mar.

Si las reservas marinas ya tenían un importante papel en la divulgación de la importancia de la conservación de nuestros mares, ahora son también un escaparate en el que mostrar a la sociedad la realidad del cambio global en el medio marino. Gracias a las reservas y a los programas de seguimiento científico que en ellas se desarrollan, se están realizando importantes avances de cara a entender y explicar los efectos del cambio global sobre las comunidades marinas y analizar su capacidad de recuperación.

## **3. La red de reservas marinas pesqueras de España**

Las reservas marinas pesqueras de España constituyen una red de 10 espacios protegidos por la Ley 3/2001, de Pesca Marítima del Estado, situadas en aguas españolas. De ellas, siete se localizan en el Mar Mediterráneo y las tres restantes en aguas del Océano Atlántico, en torno a las Islas Canarias (Figura 1). Son gestionadas por la Secretaría General de Pesca de forma exclusiva o junto con las comunidades autónomas en aquellas en las que se protegen también aguas interiores. Son consideradas, según la Ley, como “zonas de protección pesquera”.



Figura 1. Localización de las reservas marinas pesqueras de España.

Con ellas, a través de la regulación de actividades humanas que tiene lugar en su interior, se protegen un total de 102.304 hectáreas de superficie marina, de las cuales 10.427 hectáreas se corresponden con superficie marina en la que no tienen lugar usos humanos extractivos, estando permitida únicamente la realización de actividades científicas de interés debidamente justificadas y autorizadas por la SGP (Tabla 1). Como se menciona en la tabla adjunta, la reserva marina de las Islas Columbretes funciona como reserva integral en su totalidad ya que no se realizan actividades pesqueras en su interior a pesar de estar estas permitidas, por lo que la superficie funcional de reserva integral de las reservas marinas pesqueras en España sería de 12.805 hectáreas.

|                               |                                                | Superficie (ha)  |                  |                |
|-------------------------------|------------------------------------------------|------------------|------------------|----------------|
|                               | Reserva Marina                                 | Reserva Integral | Resto de Reserva | TOTAL          |
| 1.                            | Masia Blanca                                   | 457              | 0                | 457            |
| 2.                            | Levante de Mallorca – Cala Rajada              | 2.000            | 9.285            | 11.285         |
| 3.                            | *Islas Columbretes                             | 3.112            | 2.381            | 5.493          |
| 4.                            | Isla de Tabarca                                | 78               | 1.676            | 1.754          |
| 5.                            | Cabo de Palos-Islas Hormigas                   | 267              | 1.664            | 1.931          |
| 6.                            | Cabo de Gata-Níjar                             | 1.665            | 2.988            | 4.653          |
| 7.                            | Isla de Alborán                                | 695              | 955              | 1.650          |
| <b>TOTAL PENÍNSULA</b>        |                                                | <b>6.274</b>     | <b>18.949</b>    | <b>27.223</b>  |
| 8.                            | Isla Graciosa e islotes del norte de Lanzarote | 1.076            | 69.363           | 70.439         |
| 9.                            | Isla de La Palma                               | 837              | 2.618            | 3.455          |
| 10.                           | Punta de la Restinga – Mar de las Calmas       | 237              | 943              | 1.180          |
| <b>TOTAL CANARIAS</b>         |                                                | <b>2.150</b>     | <b>72.924</b>    | <b>75.074</b>  |
| <b>TOTAL RESERVAS MARINAS</b> |                                                | <b>10.424</b>    | <b>91.873</b>    | <b>102.297</b> |
| <b>%</b>                      |                                                | <b>10%</b>       | <b>90%</b>       | <b>100%</b>    |

**Tabla 1. Reparto de superficies de las reservas marinas pesqueras de la red.**

Nota: \*la reserva marina pesquera de las Islas Columbretes funciona de manera práctica como reserva integral en toda su superficie a pesar de que técnicamente no lo es, al no desarrollarse pesquerías a pesar de encontrarse autorizadas.

La red de reservas marinas pesqueras es una red de espacios protegidos pesqueros cuya historia de protección comienza hace 28 años con la declaración de la reserva marina de la Isla de Tabarca. Desde que esta primera reserva marina pesquera fue declarada se ha trabajado en la conservación del recurso pesquero, bajo cuyo paraguas se ha conseguido además el mantenimiento en excelente estado de conservación de los ecosistemas en los que habitan las especies pesqueras. La protección a través de una gestión basada en la regulación de usos humanos de forma que se tenga en cuenta el mantenimiento de los ecosistemas garantiza el buen estado ambiental, de manera que estos lugares se convierten en zonas de elevado interés ecológico y laboratorios de oportunidad para el estudio de fenómenos como los relacionados con el cambio global.

#### **4. La Red de Reservas Marinas: centinelas del cambio global**

##### ***La Reserva Marina de las Islas Columbretes***

En muchas de estas zonas de protección pesquera y medioambiental, los estudios de los efectos del cambio global sobre el ecosistema marino tuvieron un inicio parcialmente forzado por las circunstancias. En el Mediterráneo, la primera mortandad masiva de organismos bentónicos -aquellos que viven anclados al fondo marino- se describió en las costas noroccidentales en 1999<sup>7</sup> y se relacionó directamente con un calentamiento prolongado del agua de mar. Tras esta primera alarma, mortandades parecidas se han repetido a escala local y regional; volviéndose a registrar una alarmante mortandad tras el verano de 2003<sup>8</sup>, considerado como probablemente el más caluroso desde 1500<sup>9</sup>. Este fenómeno, registrado en el Mediterráneo noroccidental en este mismo año 2003, afectó a varios miles de kilómetros de costa y a cerca de una treintena de especies bentónicas<sup>8</sup>.

Es precisamente en agosto del 2003 cuando en la reserva marina de las Islas Columbretes, localizada a 60 Km de las costas de Castellón y gestionada por la Secretaría General de Pesca (MAGRAMA), saltan todas las alarmas. En los fondos de la bahía que encierra la caldera volcánica de L'Illa Grossa se estaba desarrollando la primera gran mortandad masiva relacionada con el calentamiento del agua. Las grandes colonias del coral endémico *Cladocora caespitosa* cambiaban su habitual color verdeparduzco por el blanco de los esqueletos de miles de pólipos que habían perdido el tejido debido a una necrosis masiva. Fue en este momento cuando se puso en marcha el seguimiento de este coral como bioindicador, a la vez que se detectaba la gran necesidad del registro continuo y preciso de la temperatura del agua de mar en la zona.

La reserva marina de las Islas Columbretes cuenta desde aquel momento con un protocolo de seguimiento del bioindicador *Cladocora caespitosa* y el registro periódico de la temperatura del agua de mar mediante un sistema de sensores que graban la temperatura del agua con frecuencia horaria a distintas profundidades. Los datos de temperatura obtenidos son aportados también a la red de medida de la temperatura del agua del Mediterráneo *T-Mednet* ([www.t-mednet.org](http://www.t-mednet.org)).

La valiosa información que está aportando la reserva marina no es solamente fruto de estas primeras mortandades. Cabe destacar que en Columbretes los guardas miden la temperatura superficial del agua de mar con un termómetro marino de mercurio todos los días desde 1991 (en 1990 se creó la reserva marina). De hecho, aunque la tecnología actual permite obtener datos más precisos con menos esfuerzo, la serie de 1991 ha mostrado ser de gran valor para los estudios sobre el cambio climático que se han realizado en Columbretes y se trata de una de las series históricas de temperatura del agua más antiguas del Mediterráneo.

Los estudios llevados a cabo en Columbretes nos muestran que la temperatura media estival en las aguas de este archipiélago volcánico ha aumentado alrededor de 1,2 °C en 20 años y que la frecuencia de veranos anormalmente calurosos se ha cuadruplicado durante la primera década del siglo XXI<sup>10</sup>. Desde la primera mortandad de corales en 2003, estos episodios se han ido sucediendo tras los veranos que han presentado una anomalía térmica positiva, es decir, aquellos en los que la temperatura media del agua ha superado la media de la serie histórica disponible (1991-2013)<sup>10</sup>. En este periodo de tiempo se han registrado un total de 9 episodios de mortandad, siempre en coincidencia con veranos anormalmente calurosos<sup>10</sup>.

Para evaluar la intensidad de la mortandad se calcula el porcentaje de la superficie de cada colonia que muere tras el verano. El valor medio de este porcentaje de mortalidad por colonia es el que se utiliza posteriormente para comparar entre años y es el que se ha utilizado para estudiar la relación existente entre las mortandades y la temperatura del agua. El análisis de estos datos nos muestra la existencia de una robusta correlación entre el aumento de la temperatura y la muerte de los corales. Además, los resultados obtenidos nos indican que veranos extremadamente calurosos, como lo fue el del 2003,

no solo provocan altos índices de mortalidad, sino que tienen un claro efecto sobre los veranos siguientes, induciendo mortalidades de intensidad mayor de lo esperado<sup>10</sup>.

Dada la escasez de series de datos de larga duración en el Mediterráneo, la información que está aportando la reserva marina de las Islas Columbretes es enormemente valiosa y los resultados obtenidos han permitido describir, por primera vez en este mar, la relación existente entre el calentamiento del agua y las mortalidades masivas. Una evidencia más de que el calentamiento del agua de mar se ha acelerado durante las últimas décadas y de las consecuencias sobre los organismos marinos.

Pero, como ya se ha comentado con anterioridad, el cambio global va más allá del cambio climático. En el 2006 una nueva problemática asalta los fondos marinos de las Columbretes, dos especies de algas invasoras son detectadas a la entrada de la Bahía de L'Illa Grossa...

Las algas *Caulerpa racemosa*, originaria del sudoeste australiano y *Lophocladia lallemandii*, de distribución Indo-Pacífica, llegan a Columbretes para quedarse y transformar en pocos años algunos de los paisajes submarinos del archipiélago. Una vez más surge en la reserva marina la necesidad de evaluar y seguir esta nueva amenaza y sus efectos. Tras la primera detección de las algas invasoras se posicionan transectos de seguimiento a lo largo y ancho de la reserva. Estos transectos se revisan anualmente para evaluar la evolución de ambas especies y su interacción con las especies autóctonas. En el medio marino la erradicación o control de especies invasoras es inviable, de aquí la gran importancia que tiene seguir el comportamiento invasor de estas especies y sus efectos sobre las especies autóctonas. Trabajo que aporta también información de gran interés para establecer medidas preventivas de cara a evitar la introducción de estas u otras especies en otras zonas.

La obtención de conclusiones en cuanto a la invasión y sus efectos depende de la obtención de largas series de datos, ya que la dinámica de la invasión y la respuesta de especies invasoras y autóctonas van evolucionando a medida que pasa el tiempo. Además, los efectos de la ocupación de los fondos por parte de estas algas pueden no ser detectables hasta pasados muchos años. Por poner un ejemplo relacionado con el antes mencionado coral *Cladocora caespitosa*, a partir de los estudios realizados sobre este coral y las algas invasoras se ha podido constatar que el coral presenta mecanismos químicos que evitan que las algas colonicen su superficie<sup>11</sup>. Por lo tanto, las colonias adultas del coral están a salvo de morir asfixiadas por las algas. Sin embargo, en algunas zonas las algas invasoras llegan a ser tan densas que no dejan ni un centímetro cuadrado libre en el que se puedan asentar nuevas colonias de coral, es decir, "los hijos" de las colonias adultas. Dado el lento crecimiento que presentan las colonias de *Cladocora*, el resultado de este posible fallo en el reclutamiento de nuevas colonias no será apreciable hasta dentro de bastantes años, pero puede comprometer gravemente el futuro de este coral.



### ***Otras reservas marinas objeto de estudio en el marco del cambio global***

En otras reservas marinas pesqueras de la red también se están desarrollando acciones relacionadas con el seguimiento, tanto directo como indirecto, de los diferentes fenómenos asociados al cambio global. Tal es el caso de la Reserva Marina de Tabarca, a través de la Universidad de Alicante, está aportando datos como zona de control para el programa de la *Mediterranean Science Commission* (CIESM) denominado “*Tropical Signals*”. Este proyecto se encuentra encaminado a la obtención de un registro y la realización de una evaluación de los efectos de la tropicalización del Mar Mediterráneo empleando macrodescriptores biológicos del calentamiento global. Para ello realizan un seguimiento de la extensión de especies foráneas e invasoras y variaciones de las condiciones ambientales (temperatura, salinidad y corrientes) entre otros. La aportación de datos se viene produciendo desde el año 2013, si bien los primeros pasos de recopilación de datos en esta reserva marina ya se producían de forma más parcial en el 2012 con el seguimiento de las poblaciones del coral invasor *Oculina patagonica*.

También la reserva marina de Cabo de Palos-Islas Hormigas, ha aportado datos para una serie histórica desde el año 2002 de seguimiento de la relación entre las mortalidades de gorgonias y de la especie invasora *Oculina patagonica* en relación con el aumento de la temperatura del agua. Actualmente la reserva marina se encuentra aportando estos mismos datos en el marco del proyecto COCONET, proyecto más general orientado a examinar las interconexiones de los espacios marinos protegidos del Mar Mediterráneo y del Mar Negro.

También en la Reserva Marina de Cabo de Palos-Islas Hormigas, el Instituto Español de Oceanografía (IEO) realiza un seguimiento de especies invasoras, en particular del alga introducida *Caulerpa racemosa* y la vulnerabilidad que provoca sobre las praderas de *Posidonia oceanica*.

En términos más generales, y en opinión de los expertos, el aumento de la temperatura de las aguas derivado del cambio global es el responsable de la aparición cada vez más frecuente de especies exóticas termófilas y tropicales, en zonas en las que anteriormente no existía constancia o bien los registros se producían de forma muy puntual. Tal es el caso del pez globo *Lagocephalus sceleratus*, especie tropical cuyo primer registro en el mediterráneo se produjo en el año 2003 en Turquía y que ha conseguido atravesar el mediterráneo en 11 años, puesto que ya se han producido registros de esta especie en las costas españolas. Algo similar ocurre con las especies ícticas *Sphoeroides pachigaster* y *Lagocephalus lagocephalus*, anteriormente esporádicos y ahora más frecuentes, o *Sparisoma cretense* (vieja) y el poliqueto *Hermodice carunculata* (gusano de fuego), que se van expandiendo del sur al norte del mediterráneo, según mencionan científicos expertos en la materia.

## **Continuidad y largo plazo**

La experiencia obtenida en el seguimiento y estudio del cambio global en las reservas marinas pesqueras de España, con especial relevancia de la reserva marina de las Islas Columbretes, pone de manifiesto la gran importancia de la obtención de datos de manera periódica y a largo plazo. En las tres reservas marinas citadas se cuenta con series históricas de datos sobre fenómenos relacionados con el cambio global. De aquí la gran importancia de que estos enclaves privilegiados sean considerados zonas centinela y de que se vele por la continuidad de los estudios, que requieren muchos años de datos para la obtención de conclusiones acertadas.

Mediante el estudio, seguimiento y divulgación de la certeza del cambio global y sus efectos, las reservas marinas ofrecen, junto con la conservación y regeneración del medio marino, un nuevo servicio a la sociedad. La Secretaría General de Pesca es consciente de este importante papel de las reservas marinas pesqueras, y por esta razón, debe informar e informa, no ya solo a los expertos como Oficina Española de Cambio Global, sino a toda la sociedad. La celebración del CONAMA brinda una oportunidad para desarrollar esta divulgación a toda la sociedad.

## **Agradecimientos**

Cristina Linares y Enric Ballesteros, y resto de investigadores que han colaborado en la realización de los estudios desarrollados por Diego Kersting en la reserva marina pesquera de las Islas Columbretes.

Alfonso Ramos Esplá, por sus comentarios sobre la entrada de especies termófilas y tropicales, y personal del IEO.

## Referencias

1. Vitousek PM (1994) Beyond Global Warming - Ecology and Global Change. *Ecology* 75:1861-1876.
2. Vitousek, PM, Loope LL, D'Antonio CM (1995) Biological invasion as a global change. p. 216–227. En: *Elements of Change*. Aspen Global Change Institute, Aspen, CO.
3. Oreskes N (2005) The scientific consensus on climate change (306: 1686, 2004). *Science* 307: 355.
4. Cook J, Nuccitelli D, Green SA, Richardson M, Winkler B, Painting R, Way R, Jacobs P, Skuce A (2013) Quantifying the consensus on anthropogenic global warming in the scientific literature. *Environmental Research Letters* 8 (art. 024024).
5. Doney et al. (2012) Climate change impacts on marine ecosystems. *Annual Review of Marine Science* 4:11-37.
6. Zenetos et al. (2012) Alien species in the Mediterranean Sea by 2012. A contribution to the application of European Union's Marine Strategy Framework Directive (MSFD). Part II. Introduction trends and pathways. *Mediterranean Marine Science* 13: 328-352.
7. Perez T, Garrabou J, Sartoretto S, Harmelin JG, Francour P, et al. (2000) Mass mortality of marine invertebrates: an unprecedented event in the Northwestern Mediterranean. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences III* 323: 853–865.
8. Garrabou et al. (2009) Mass mortalities in Northwestern Mediterranean rocky benthic communities: effects of the 2003 heat wave. *Global Change Biology* 15: 1090-1103.
9. Luterbacher J, Dietrich D, Xoplaki E, Grosjean M, Wanner H (2004) European seasonal and annual temperature variability, trends and extremes since 1500. *Science* 303: 1499–1503.
10. Kersting DK, Bensoussan N, Linares C (2013) Long-term responses of the endemic reefbuilder *Cladocora caespitosa* to Mediterranean warming. *PLoS ONE* 8: e70820.
11. Kersting DK, Ballesteros E, De Caralt S, Linares C (2014) Invasive macrophytes in a marine reserve (Columbretes Islands, NW Mediterranean): spread dynamics and interactions with the endemic scleractinian coral *Cladocora caespitosa*. *Biological Invasions* 16: 1599-1610.