



Introducción a la acidificación oceánica:

Lo que es, lo que sabemos y lo que puede suceder.

Editado por Dan Laffoley, John M. Baxter, Carol Turley y Nelson A. Lagos

Diciembre del 2017



UNIÓN INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA



Oficinas gubernamentales de Suecia
Ministerio de Medio Ambiente y Energía

La designación de entidades geográficas y la presentación del material en este libro no implican la expresión de ninguna opinión por parte de la UICN respecto a la condición jurídica de ningún país, territorio o área, o de sus autoridades, o con referencia a la delimitación de sus fronteras y límites.

Los puntos de vista que se expresan en esta publicación no reflejan necesariamente los de la UICN.

Publicado por: UICN, Gland, Suiza

Derechos de Autor: © 2017 Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales.

Se autoriza la reproducción de esta publicación con fines educativos y otros fines no comerciales sin permiso escrito previo del titular de los derechos de autor siempre y cuando se mencione explícitamente la fuente.

Se prohíbe reproducir esta publicación para la venta o para otros fines comerciales sin permiso escrito previo del titular de los derechos de autor.

Citación: Laffoley, D., Baxter, J.M., Turley, C., Jewett, L., y Lagos, N.A., (editores). 2017. Una introducción a la acidificación del océano: Lo que es, lo que sabemos y lo que puede suceder. UICN, Gland, Suiza, 30 pp.

Fotos de portada: Grupos de interés y público conociendo las consecuencias de la acidificación de los océanos, Chile.
Crédito de foto: Nelson A. Lagos.

Diseño: Imre Sebestyén jr. / Studio Unit Graphics

Traducción: INTUITIV, (www.intuitivme.com)

Producido por: UICN

Impreso por: UICN

Disponible en: UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza)
Programa Empresas y biodiversidad (BBP)
Rue Mauverney 28
1196 Gland
Suiza
Tel +41 22 999 0000
Fax +41 22 999 0002
marine@iucn.org
www.iucn.org/publications

Contenido

Prólogo	5
1. ¿Qué es la acidificación oceánica?	6
2. ¿Cómo difiere la acidificación oceánica del cambio climático?	7
3. ¿Por qué están preocupados los científicos?	8
4. ¿Qué sabemos?	10
5. La acidificación oceánica no es el único factor de estrés relacionado con el clima.	12
6. ¿Cómo podría afectar nuestra región?	13
7. ¿Qué podemos hacer al respecto?	15
8. Las diez prioridades de Mónaco para abordar la acidificación de los océanos	16
9. Tomar medidas para la acidificación oceánica a nivel local.	17
Unirse.	17
Financiar.	17
Colaborar.	17
Monitorear	17
Comunicar	18
Adaptarse.	18
Más información acerca de la acidificación de los océanos – fuentes útiles de información adicional	19
Películas.	23
Información adicional.	25
Fuentes y colaboradores	25
Apoyo y financiación	25

Prólogo



La acidificación oceánica ya se puede cuantificar y comienza a causar problemas económicos e inquietudes en varios países. Sólo planificando con anticipación, monitoreando nuestras aguas regionales, creando capacidades de previsión e invirtiendo de forma adecuada ahora, podremos mejorar nuestras perspectivas en el futuro. Con el tiempo, los problemas solo pueden aumentar y el número de regiones afectadas y grupos y sectores involucrados, simplemente, se extenderá. Nuestras emisiones actuales de dióxido de carbono nos han atrapado en un ciclo cerrado empeorando de las condiciones de acidificación para las generaciones venideras. La recuperación de la química de los océanos llevará mucho más tiempo.

Mientras los gobiernos trabajan juntos para evitar las consecuencias, reduciendo las emisiones de dióxido de carbono y con ello, la causa fundamental de la acidificación oceánica, es necesario en este momento tomar medidas a nivel de las regiones para reducir las causas locales y gestionar las consecuencias inevitables de las emisiones del pasado. Esto será un proceso de inversión a largo plazo en la ciencia, las personas y los sistemas. Actuando

ahora, nos daremos más tiempo para planificar y adaptarnos, lo cual, en última instancia, reducirá los costos sociales, económicos y medioambientales para la sociedad en un futuro.

Tenemos que trabajar juntos para ir un paso adelante de la acidificación progresiva. Este documento se basa en materiales desarrollados por el Grupo Internacional de Referencia sobre la Acidificación de los Océanos (Ocean Acidification International Reference User Group) y otras iniciativas financiadas por mi Fundación. ¡Espero que estimule la discusión y, mucho más importante, la acción!

SAS el Príncipe Alberto II de Mónaco

1. ¿Qué es la acidificación oceánica?

Durante los últimos 200 años aproximadamente, la quema generalizada de combustibles fósiles, la deforestación y la producción de cemento han liberado más de 500 mil millones de toneladas métricas de dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera de las cuales aproximadamente la mitad en los últimos 30 años. Esta liberación masiva de carbono previamente “almacenado” incrementa el efecto invernadero natural y pone en peligro la futura estabilidad del clima de la Tierra.

Los océanos absorben alrededor del 27% del CO₂ atmosférico derivado de la quema de combustibles fósiles y de los cambios en los usos del suelo. La emisión de cada vez más y más CO₂ en la atmósfera, conlleva a que los océanos absorban mayores cantidades de dióxido de carbono a un ritmo cada vez más rápido. Cuando el CO₂ adicional liberado en la atmósfera se disuelve en el agua de mar, tienen lugar una serie de reacciones químicas que resultan en el proceso conocido como la acidificación oceánica, también denominado “el otro problema del CO₂” o “el gemelo malvado del cambio climático”). El CO₂ se disuelve en el agua de mar para formar ácido carbónico, cambiando

la química de los océanos hacia condiciones más ácidas. Estos cambios químicos alteran la capacidad del sistema marino para ajustarse a otros cambios de CO₂ que se producen naturalmente a lo largo de los milenios, cambiando significativamente la química de los mares y llevando a una acidificación progresiva.

En los últimos 200 años, la acidez del agua de mar se ha incrementado en un 30%. Cabe señalar que el aumento de la acidez del agua de mar reduce el estado natural “básico” o “alcalino” de los océanos y fuerza artificialmente el equilibrio ácido/base del agua de mar hacia un medio más ácido. Las proyecciones futuras, si las emisiones de CO₂ continúan sin disminuir (Evolución sin cambios), muestran que, en el 2060, la acidez del agua de mar podría aumentar en un 120%. Según nuestro conocimiento, la tasa actual de cambio es 10 veces superior a cualquier cosa experimentada previamente en los últimos 55 millones de años.

Diferentes niveles de confianza en la ciencia acerca de la acidificación oceánica.

Derivado del Resumen para los Responsables Políticos IGBP, IOC, SCOR 2013.

NIVEL DE CONFIANZA	CIENCIA
MUY ALTO	La capacidad de los océanos para actuar como sumideros de carbono disminuye a medida que se acidifica
	La acidificación de los océanos está causada por las emisiones de CO ₂ atmosférico derivadas de la actividad humana que acaban en los océanos
	El legado de las emisiones históricas de combustibles fósiles en la acidificación del océano se seguirá sintiendo durante siglos
	La acidificación oceánica antropogénica se está produciendo actualmente y se puede cuantificar
	La reducción de las emisiones de CO ₂ ralentizará el avance de la acidificación
ALTO	Los océanos se están acidificando más rápidamente que lo han hecho millones de años atrás
	Factores de estrés múltiples provocan los efectos de la acidificación de los océanos
	Las comunidades de corales de aguas frías están amenazadas y podrían no sostenerse más
	Algunas praderas marinas y fitoplancton se podrían beneficiar de la acidificación oceánica
	La combinación de la acidificación y de la temperatura del océano afecta negativamente a muchos organismos
MEDIO	Si las emisiones de CO ₂ siguen en la misma trayectoria que actualmente, la erosión de los arrecifes coralinos superará probablemente su proceso de construcción durante el presente siglo
	La variabilidad de las respuestas de las especies a la acidificación oceánica y otros factores de estrés puede conducir a cambios en los ecosistemas marinos, pero la magnitud de los impactos es difícil de predecir
	La acidificación antropogénica afectará negativamente a muchos organismos calcificadores
	Las conchas de los pterópodos (caracoles marinos) ya se están disolviendo
	La acidificación oceánica podría tener efectos directos en la fisiología, el comportamiento y la resistencia de los peces
BAJO	La fijación de nitrógeno por algunas cianobacterias podría verse estimulada por la acidificación oceánica
	El declive de industria marisquera llevará a pérdidas económicas, pero la magnitud de estas pérdidas es incierta
	Se prevé impactos socioeconómicos negativos de la degradación de los arrecifes coralinos, pero la magnitud del costo es incierta
	Los impactos de la acidificación oceánica en los ecosistemas podría afectar a los grandes predadores y a la pesca
	La acidificación del océano alterará los ciclos biogeoquímicos a escala global

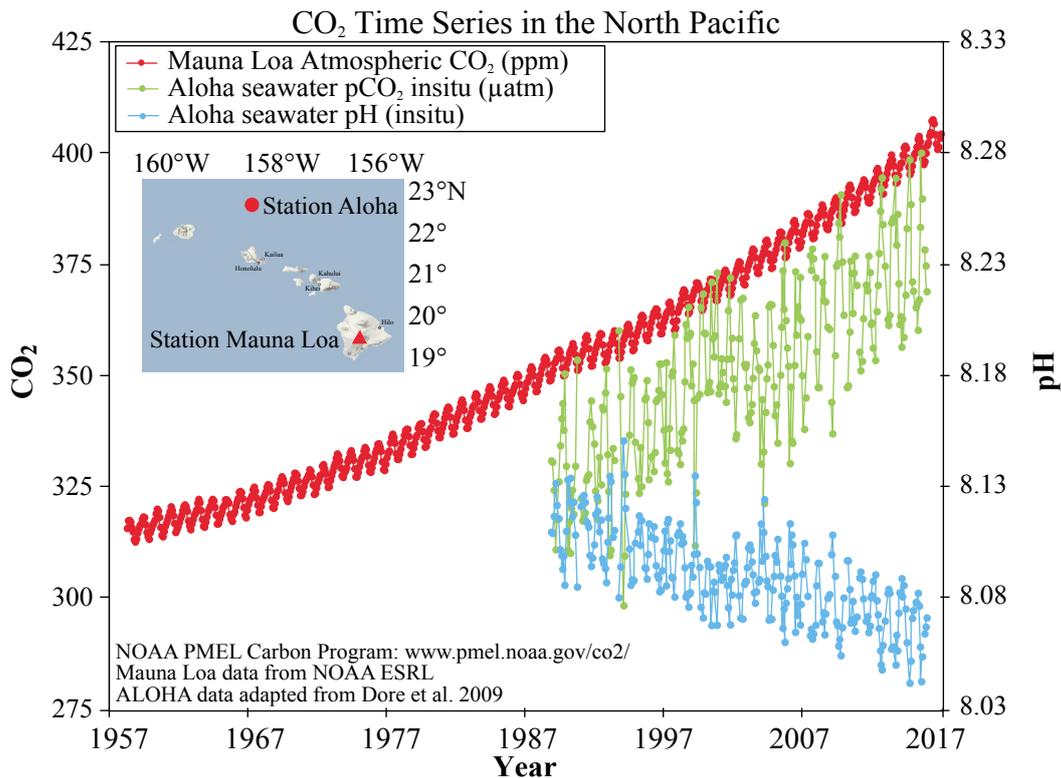
2. ¿Cómo difiere la acidificación oceánica del cambio climático?

La acidificación oceánica solo ha recibido atención científica recientemente, aunque sus implicaciones podrían llegar a ser tan importantes como las asociadas con el calentamiento global. De hecho, mientras que este último resulta un tanto elusivo y difícil de monitorizar, la acidificación oceánica es cuantificable, predecible y progresiva.

La acidificación del océano es muy distinta al cambio climático. El cambio climático es la consecuencia de una mezcla de gases de efecto invernadero que hacen que el sistema terrestre absorba más energía solar, proceso generalmente conocido como calentamiento global. La acidificación, en cambio, es causada casi únicamente por los niveles crecientes de CO_2 atmosférico que se disuelven en los océanos. Aunque persiste un cierto grado de incertidumbre sobre los impactos que resultan

del cambio climático, los cambios químicos que están ocurriendo en los océanos son conocidos y predecibles.

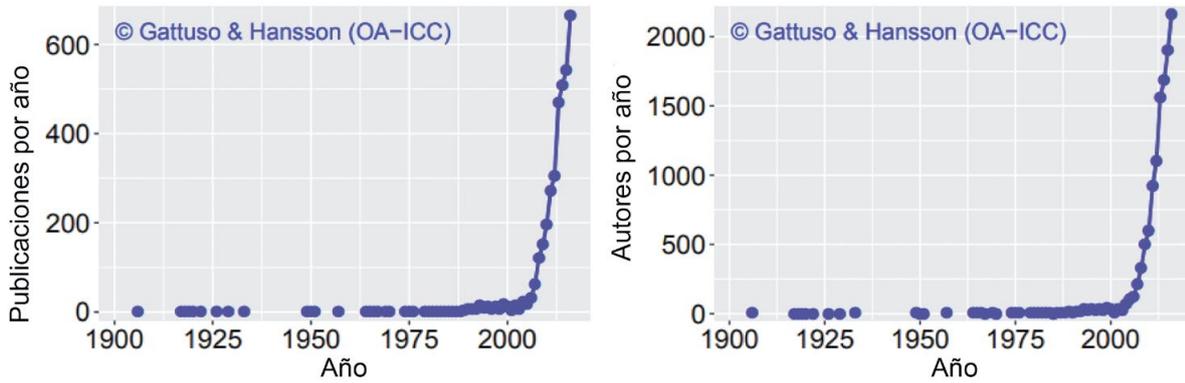
El proceso de disolución del CO_2 en el agua de mar es, en gran parte, independiente del cambio climático, aunque el aumento de temperatura del agua marina reduce la solubilidad del CO_2 ¹. La reducción de las concentraciones de otros gases de efecto invernadero no afecta a la acidificación de los océanos además de ayudar a disminuir el aumento de la temperatura global. La mitigación de la acidificación oceánica, que es causada principalmente por las concentraciones atmosféricas de CO_2 , puede requerir, en consecuencia, objetivos que difieren de los objetivos de mitigación del cambio climático, ya que los impactos del primero pueden ocurrir en umbrales diferentes que los efectos más amplios del clima en la atmósfera. Del mismo



Data: Mauna Loa (ftp://afjp.cmdl.noaa.gov/products/trends/co2/co2_mm_mlo.txt) ALOHA (http://hahana.soest.hawaii.edu/hot/products/HOT_surface_CO2.txt)
 Ref: J.E. Dore et al., 2009. Physical and biogeochemical modulation of ocean acidification in the central North Pacific. *Proc Natl Acad Sci USA* **106**:12235-12240.

¹ Pero hay que considerar que los científicos contemplan una posible retroalimentación con el cambio climático, por ejemplo, por el aumento de la entrada de carbono en las aguas costeras provocado por el incremento de escorrentías y el deshielo del permafrost.

Número anual de publicaciones peer review sobre la acidificación oceánica y número de autores involucrados, 1900-2016. Datos de la base de datos bibliográficos del Centro de Coordinación Internacional sobre la Acidificación de los Océanos del OIEA (OA-ICC), actualizado a partir de Gattuso y Hansson, 2011.

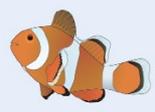


	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Publicaciones	23	19	32	62	122	151	197	273	305	471	510	542	665
Autores	71	108	122	215	328	498	597	923	1103	1564	1683	1899	2167

sencillas” y mostraron una considerable variabilidad en los resultados. Posteriormente, en la última década, se ha apreciado mejor la importancia de la temporalidad experimental, de la condición fisiológica y de las

interacciones con otros factores, proporcionando una mejor comprensión y, por lo tanto, mejorando nuestra habilidad de previsión en “condiciones reales”. El aumento de las publicaciones sobre acidificación

Resumen de los efectos de la acidificación en grupos taxonómicos seleccionados. Los efectos son un porcentaje medio del aumento o reducción en una respuesta dada, o una ausencia global de respuesta negativa o positiva.
Según Kroeker et al. 2013.

TAXÓN	RESPUESTA	EFEECTO MEDIO	TAXÓN	RESPUESTA	EFEECTO MEDIO
 Algas calcificadoras	Supervivencia		 Crustáceos	Supervivencia	
	Calcificación			Calcificación	
	Crecimiento			Crecimiento	
	Fotosíntesis	-28%		Desarrollo	
	Abundancia	-80%		Abundancia	
 Corales	Supervivencia		 Peces	Supervivencia	
	Calcificación	-32%		Calcificación	
	Crecimiento			Crecimiento	
	Desarrollo			Desarrollo	
	Abundancia	-47%		Abundancia	
 Coccolitóforos	Supervivencia		 Algas carnosas	Supervivencia	
	Calcificación	-23%		Calcificación	
	Crecimiento			Crecimiento	+22%
	Fotosíntesis			Fotosíntesis	
	Abundancia			Abundancia	
 Moluscos	Supervivencia	-34%	 Pastos marinos	Supervivencia	
	Calcificación	-40%		Calcificación	
	Crecimiento	-17%		Crecimiento	
	Desarrollo	-25%		Fotosíntesis	
	Abundancia			Abundancia	
 Equinodermos	Supervivencia		 Diatomeas	Supervivencia	
	Calcificación			Calcificación	
	Crecimiento	-10%		Crecimiento	+17%
	Desarrollo	-11%		Fotosíntesis	+12%
	Abundancia			Abundancia	

No evaluado o con demasiado pocos estudios
 Mejora < 25%
 Ninguna respuesta globalmente positiva o negativa
 Reducción <25%
 Reducción >25%

oceánica (y el número de países e investigadores involucrados) ha sido particularmente importante desde el 2008, tras el segundo Simposio Internacional sobre los Océanos en un Mundo de Altos Niveles de CO₂ (Symposium on “The Ocean in a High CO₂ World”).

Aunque es difícil pronosticar con precisión las consecuencias de la acidificación del océano debido a las muchas incógnitas sobre el comportamiento humano y las respuestas de los ecosistemas oceánicos, podemos aprender del pasado cuáles serán los resultados más probables y observar aquellas áreas que hayan estado sometidas a acidificación natural a largo plazo. Las comunidades de organismos que se encuentran en las emanaciones de aguas volcánicas frías y ricas en CO₂ del lecho marino (no las fumarolas extremadamente calientes de las profundidades oceánicas), con un pH inferior y similar al previsto para las próximas décadas, muestran que ciertas especies de microalgas, algas y praderas marinas pueden crecer muy bien en tales áreas, pero en comparación con otras zonas similares, no sujetas a niveles de pH bajos, la biodiversidad global es más reducida y la corrosión de las estructuras calcáreas de algunos organismos marinos es evidente.

Cabría esperar que a medida que los niveles de pH y de carbonato del agua de mar siguen bajando, habrá “ganadores” y “perdedores” en los ecosistemas marinos, siendo inevitable los cambios en las comunidades. Los animales y plantas más propensos a ser afectados primero son aquellos que tienen conchas o esqueletos

a base de carbonato de calcio. Los organismos pueden responder a cambios perjudiciales en su entorno de cuatro modos: pueden migrar, adaptarse, evolucionar o morir.

La pregunta clave no es si la vida oceánica en su totalidad puede migrar, adaptarse y/o evolucionar en respuesta a la acidificación de los océanos, sino cuál será su capacidad para responder con suficiente rapidez a la acidificación “rápida”, y hacerlo de tal manera que las “nuevas” comunidades que aparezcan proporcionen los mismos bienes y servicios esenciales que utilizamos y que nos ayudan. Incluso los procesos de migración podría ser difícil para algunas especies, especialmente para especies sedentarias. Esto significaría que en aquellos organismos cuyas fases tempranas de vida se encuentran flotando en la columna de agua (estadio larvario), tendrían que desplazarse a nuevos lugares donde haya espacio para asentarse y unas condiciones correctas para desarrollarse. Sin embargo, las larvas son conocidas por ser particularmente sensibles a la acidificación oceánica y esta capacidad podría no ser posible.

Es la primera vez, desde que los humanos están presentes en la Tierra, que hemos alterado tan drásticamente la química fundamental de una parte tan grande del ecosistema global. Estamos, en efecto, en el proceso de llevar a cabo un experimento a escala planetaria que nos lleva a territorios inexplorados y que requerirán un esfuerzo y una determinación inmensos para que pueda revertirse.

4. ¿Qué sabemos?

Sabemos ahora que muchas especies de importancia ecológica, comercial y cultural probablemente serán adversamente impactadas bien de forma directa por la acidificación de los océanos, o indirectamente a través de la alteración de las redes tróficas y de los hábitats. Sin embargo, la respuesta varía enormemente entre las especies y algunas podrían verse afectadas positivamente. Además, las respuestas pueden variar con el tiempo a través de la aclimatación y de la adaptación entre generaciones. Por lo tanto, existe todavía una incertidumbre considerable sobre el impacto global a largo plazo de la acidificación a escala de los ecosistemas.

La combinación de los resultados de numerosos experimentos de laboratorio demuestran que los efectos negativos significativos incluyen la reducción de la supervivencia, el deterioro de la calcificación, el retraso en crecimiento y desarrollo, las alteraciones del comportamiento y de las interacciones presa-depredadores, junto con una disminución de la abundancia de individuos. Los efectos positivos (por ejemplo, derivados de una mejora en el proceso fotosintético o en la pérdida de competidores y depredadores) incluyen un aumento de las tasas de crecimiento en algunas algas carnosas y diatomeas. Estos efectos positivos deben considerarse en el contexto de un conjunto muchísimo más amplio de

respuestas negativas que interactuarán y resultarán inevitablemente en un entorno oceánico muy cambiado en el futuro, a menos que se reduzcan las emisiones de CO₂ de forma rápida y sustantiva.

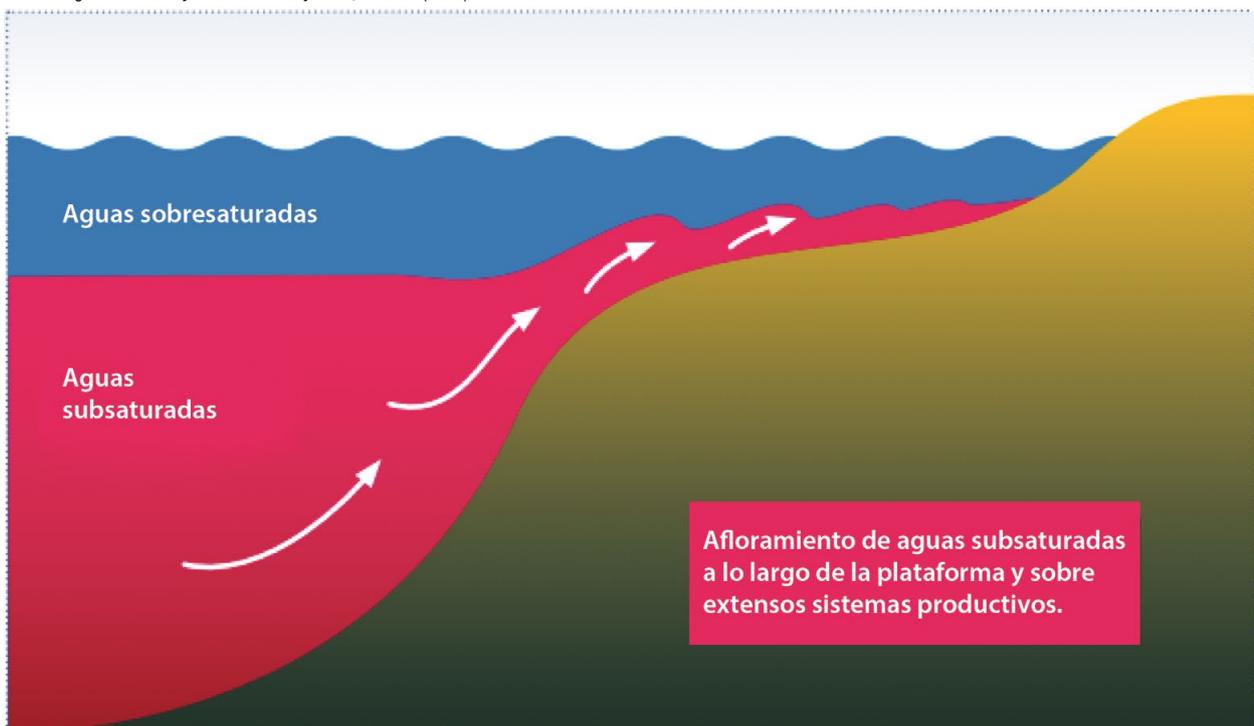
La acidificación del océano no sólo está disminuyendo progresivamente la capacidad de muchos organismos para construir sus conchas y esqueletos, sino que también afectará progresivamente la estructura y las funciones de los ecosistemas. Podría provocar una reacción en cadena de impactos, a través de la red trófica marina, por la reducción o incluso la pérdida de especies clave en esta red, desde los organismos más pequeños a los más grandes situados en la parte superior de la cadena trófica. Las mariposas marinas (pterópodos), pequeños caracoles nadadores, son un buen ejemplo de un grupo de organismos sensibles a la acidificación de los océanos y que constituyen un alimento importante para muchos peces, aves y ballenas. Algunos mariscos también son sensibles y particularmente vulnerables, y esta vulnerabilidad ya está repercutiendo negativamente en la industria multimillonaria de los criaderos de ostras de la costa oeste de los Estados Unidos. Algunas larvas de peces también podrían ser vulnerables en el futuro, lo que, combinado con la sensibilidad de los mariscos, podría

amenazar la seguridad alimentaria de muchos de los cientos de millones de personas, entre las más pobres del mundo, que dependen del mar como su principal fuente de proteínas. La mayoría de las regiones oceánicas se volverán inhóspitas para los arrecifes coralinos, lo que afectará la seguridad alimentaria, el turismo, la protección de las costas y la biodiversidad. A medida que aumenten la acidez y la temperatura del mar, se reducirá la capacidad de los océanos para seguir absorbiendo CO₂ atmosférico, y consecuentemente agravará la velocidad del cambio climático.

Mientras que la acidificación de los océanos ocurrirá en todo el mundo, será más intensa en algunas partes que en otras, y los impactos también variarán, debido a las diferencias en los patrones de temperatura y de circulación. Los niveles de carbonato en el agua de mar que actualmente son lo suficientemente altos como para permitir que las estructuras de carbonato de calcio como conchas y esqueletos permanezcan intactas (es decir, unas condiciones “sobresaturadas”), pueden caer a niveles que significarían que estas estructuras duras comiencen a disolverse (es decir, unas “condiciones de subsaturación”).

La invasión estacional de aguas subsaturadas como la que está ocurriendo ya en la costa occidental de América del Norte podrían tener impactos graves en industrias importantes como la de la ostra.

Fuente según Carol Turley basado en Feely et al., Science (2008).



Las proyecciones basadas en modelos muestran que el océano Ártico será el primero en atravesar este umbral químico de acidificación, cuando las aguas pasen de encontrarse saturadas en carbonato cálcico a subsaturadas. Si los niveles de CO₂ atmosférico (y oceánico) continúan aumentando al ritmo actual, se proyecta que, en el 2018, alrededor del 10% del océano Ártico habrá cruzado este umbral, y que la mitad lo habrá hecho en 2050. Para el año 2100, es probable que todo el océano Ártico esté subsaturado. Las observaciones más recientes ya confirman que la subsaturación está ocurriendo a un ritmo más rápido de lo esperado en las aguas del Ártico occidental.

Otras áreas de preocupación inmediata son las regiones costeras que periódicamente experimentan eventos de afloramientos en los que las aguas oceánicas más profundas circulan a las plataformas continentales hasta

alcanzar las zonas cercanas a la costa. Esto expone los ecosistemas someros más productivos de los océanos a aguas más frías que contienen más nutrientes, pero también más CO₂. A medida que avanza la acidificación oceánica, la capa de agua superior sobresaturada, se hace cada año más somera.

Estos eventos naturales de afloramiento favorecerán una alteración más frecuente de las capas superficiales por agua subsaturada. Los organismos costeros que secretan conchas calcáreas no están acostumbrados a tales eventos, y las exposiciones periódicas a estas condiciones tan distintas pueden afectar a estas comunidades. Los afloramientos de aguas subsaturadas ya están ocurriendo en la costa oeste de Norte América y de Sudamérica, y es posible que comiencen a producirse en otros lugares donde las condiciones del mar lo permitan.

5. La acidificación oceánica no es el único factor de estrés relacionado con el clima

Los océanos han absorbido más del 90% del calor adicional de la Tierra desde la década de los 70, y esto ha conllevado a un calentamiento del mar y una disminución del contenido de oxígeno (debido a una menor solubilidad del oxígeno en las aguas causado por el calentamiento y la disminución del suministro de oxígeno hacia las capas más profundas por una menor mezcla).

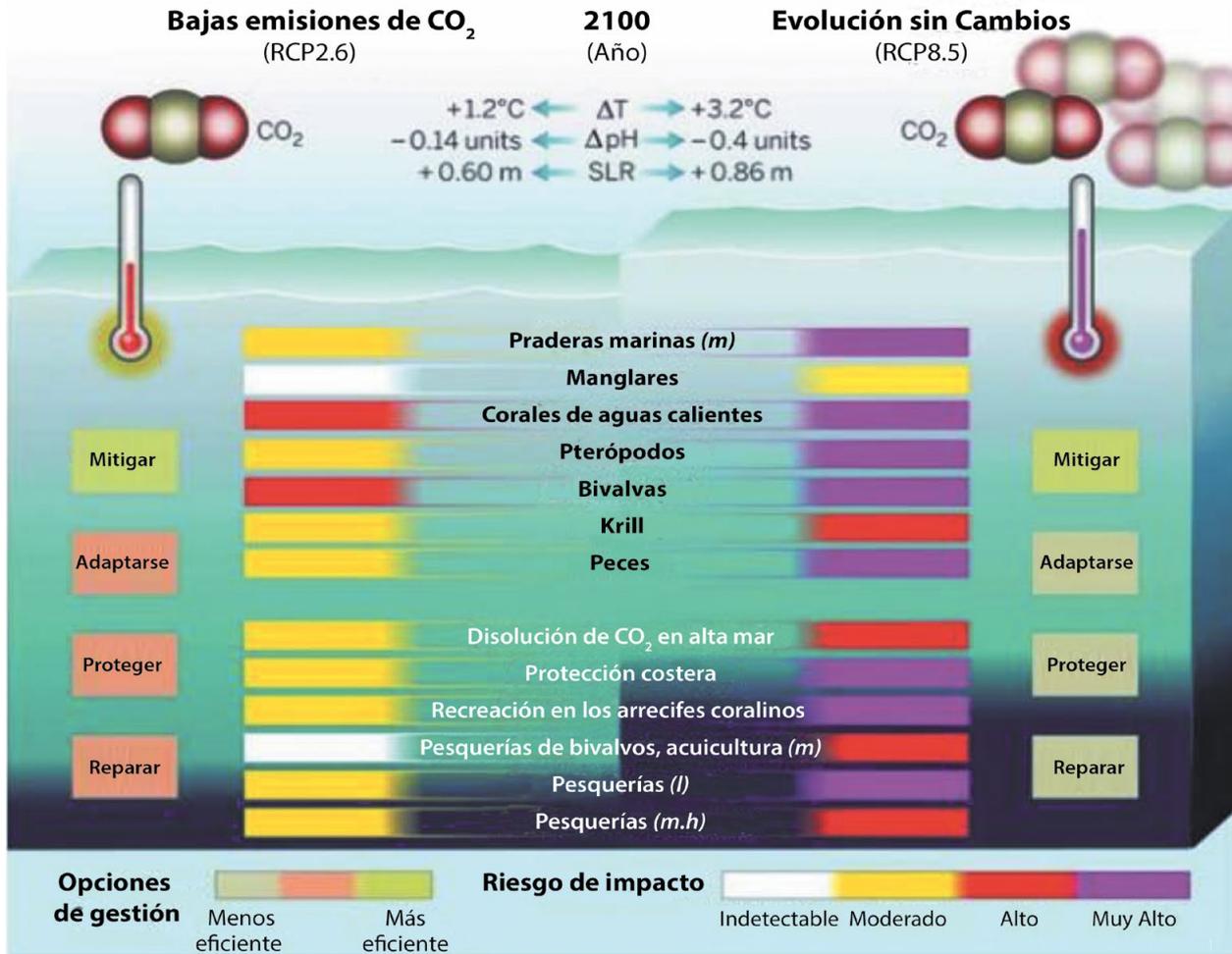
Ya se ha producido un calentamiento global medio de la superficie del mar de aproximadamente 0,83°C y es probable que esto aumente en algunas regiones oceánicas, a medida que aumenten los gases de efecto invernadero en la atmósfera. Menos mezcla en un océano más cálido, particularmente en los trópicos, significa que una menor cantidad de nutrientes serán traídos de las aguas profundas, más ricas en nutrientes, hacia las aguas superficiales, más pobres. Ya que este proceso define la productividad de los océanos, podría disminuir la pesca de forma significativa en estas regiones. El calentamiento del agua también tiene efectos directos sobre la fisiología de los organismos

marinos y está provocando un desplazamiento geográfico de algunas especies hacia aguas más frías.

Dado que los peces y muchos otros organismos marinos dependen del oxígeno para vivir, una disminución en las concentraciones de oxígeno aumentará su estrés fisiológico, mientras que la expansión de zonas con niveles muy bajos de oxígeno podría resultar en su exclusión de estas regiones.

La acidificación oceánica, el calentamiento y la disminución de los niveles de oxígeno causan estrés en los organismos marinos, y en algunas regiones, la vida marina podría sufrir más de uno de estas presiones al mismo tiempo. La sinergia entre las mismas podría así aumentar las amenazas para la vida marina y los bienes y servicios que ofrecen en comparación con las que pueden provenir de un factor estresante actuando sólo. No obstante las interacciones probablemente sean complejas y aún no se conocen plenamente. Hay indicios cada vez mayores de que un escenario de altas emisiones de CO₂ (coherente con una Evolución

Cambios físicos y químicos en los océanos e impactos sobre los organismos y servicios ecosistémicos según los escenarios de emisiones de CO₂: el más exigente (RCP2.6) y de la tendencia actual ("business as usual scenario") (RCP8.5). Según Gattuso et al. 2015.



sin Cambios) alterará rápidamente y significativamente muchos ecosistemas y redes tróficas a través de uno o más de estos factores de estrés, y que representa un riesgo alto o muy alto para la pesca y la acuicultura de mariscos en regiones vulnerables. Un escenario de bajas emisiones de CO₂ (coherente con el Acuerdo de París de mantener el aumento de la temperatura

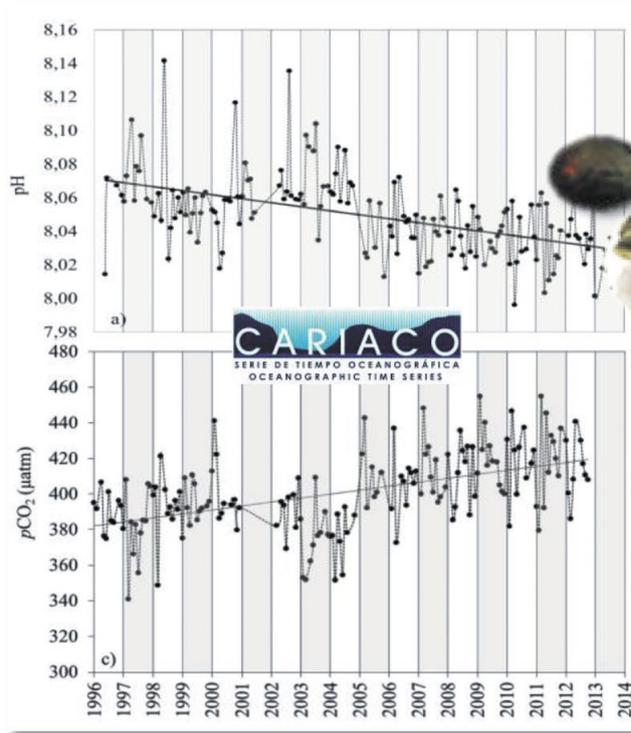
global por debajo de los 2°C) reduciría el riesgo considerablemente, pero no del todo. Por ejemplo, el riesgo para los ecosistemas de corales, incluso en un escenario de bajas emisiones, sigue siendo alto. Esto significa que, si bien una reducción urgente de las emisiones es esencial, la adaptación también es importante..

6. ¿Cómo podría afectar nuestra región?

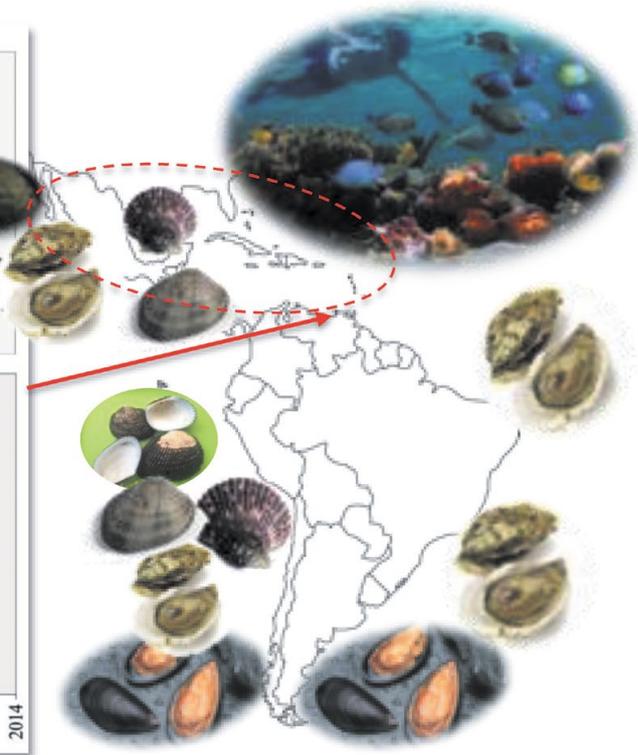
Las costas de América Latina y el Caribe incluyen ejemplos de todos los ecosistemas y recursos marinos vulnerables a los impactos de la acidificación oceánica. La estructura y función de las costas rocosas y arenosas, estuarios, manglares, lagunas costeras,

praderas marinas, marismas y fiordos, entre otros, están moduladas por procesos ecológicos clave que proporcionan un hábitat esencial para las etapas críticas de la vida de los organismos marinos. En estos ecosistemas, los efectos de la acidificación de los

Tendencias temporales en el pH y la pCO₂ registradas por el Programa Cariaco. También se muestran los recursos marinos vulnerables (abalones, ostras, vieiras, mejillones) y la distribución regional de los arrecifes coralinos (en círculo rojo) a lo largo de las costas de América Latina y el Caribe



Astor et al. 2017. Mem. Fund. La Salle de Cienc. Nat. 181-182



océanos podrían verse exacerbados por factores a nivel local. Por ejemplo, en todas las islas del Caribe, el estado de saturación de carbonato en el agua de mar, una condición química necesaria para construir los esqueletos de coral, ha disminuido aproximadamente un 3% por década. Esto, junto con la tendencia decreciente en los niveles de pH de los últimos 20 años, sugiere que los impactos en los organismos marinos calcificadores y sus ecosistemas ya están ocurriendo en la región. Los arrecifes coralinos están ampliamente distribuidos a lo largo del Mar Caribe y las costas del Golfo de México. Representan una importante zona de gran biodiversidad y brindan una variedad de servicios ecosistémicos para las comunidades costeras como la pesca y el turismo. La reducción de la calcificación de los esqueletos de coral, como resultado de la acidificación oceánica, disminuirá la integridad estructural de los arrecifes, haciendo que las comunidades costeras sean cada vez más vulnerables y expuestas a las olas y a las tormentas.

A lo largo del margen occidental de América del Sur, el afloramiento costero de la Corriente de Humboldt mejora la productividad y sostiene una de las industrias pesqueras y acuícolas más productivas e importantes

del planeta. México y la mayoría de los países de América Central tienen actividades pesqueras en ambas costas, del Pacífico y el Caribe. Los desembarques registrados para las pesquerías costeras que operan en América Latina y el Caribe muestran tendencias a la baja que han sido estimadas en un 3% de los 1,8 millones de toneladas de producción acuícola mundial, una actividad que mostró un crecimiento importante en la última década.

La acuicultura de pequeña escala todavía es practicada por más de 100.000 familias en los países de esta región. Chile, Brasil, Ecuador y México tienen una producción acuícola especialmente importante, gran parte de la cual se basa en especies como mejillones, vieiras, gambas, ostras y almejas. En general, las comunidades costeras de estos países dependen en gran medida de la pesca artesanal y la producción acuícola, especialmente como fuente de empleo y de alimento.

En la región de afloramiento del norte de Chile, la acidificación del océano y las bajas temperaturas han llevado a una reducción de la calcificación de las conchas y han reducido la tasa de crecimiento de las vieiras cultivadas en un 25% aproximadamente.

Mientras que en Chile existe cierta capacidad para producir vieiras en viveros, en Perú, la acuicultura de vieiras depende de la disponibilidad de semillas en las poblaciones naturales que a su vez depende en gran medida de las condiciones ambientales, regularmente amenazadas por la acidificación y las bajas temperaturas en las regiones de afloramiento. Los estudios también indican que la producción de biomasa de la acuicultura de mejillones va a ver reducida en un 20-30% debido a la acidificación oceánica en las aguas de la Patagonia, donde tanto la acuicultura a pequeña escala como a escala industrial dependen del suministro de semillas del medio natural. Ambas regiones de afloramiento así como las aguas de la Patagonia son naturalmente ricas en CO_2 y ya tienen un pH oceánico equivalente al que se proyecta en alta mar para finales de siglo. Por lo tanto, a medida que aumente el CO_2 atmosférico, su absorción por estas aguas exacerbará progresivamente los impactos de la acidificación en la región. La adaptabilidad de estos sistemas socio-ecológicos dependerá de su capacidad para cambiar las especies explotadas, las artes de pesca y las estrategias de

cultivo. Si las especies involucradas son vulnerables, esa capacidad de cambio se reducirá en gran medida, especialmente si las poblaciones naturales se agotan debido a las condiciones estresantes impuestas por la acidificación de los océanos.

Los impactos de la acidificación oceánica alterarán la cantidad, la composición y la distribución de los recursos disponibles para las actividades pesqueras y acuícolas. Además, estos impactos estarán asociados con la aparición de otros factores de estrés climáticos, como el calentamiento, la hipoxia y el aumento del nivel del mar en la región. Juntos, pueden afectar la infraestructura costera en la costa del Caribe y, por lo tanto, podrían conducir a un aumento del costo de producción, procesamiento y distribución de alimentos. Finalmente, estos impactos ocurrirán en paralelo a la sobrepesca regional, la calidad ambiental reducida y un mayor número de presiones sociales y económicas sobre los recursos marinos y los ecosistemas de América Latina y el Caribe.

7. ¿Qué podemos hacer al respecto?

La acidificación de los océanos debe ser reconocida por lo que es: un desafío global de escala e importancia sin precedentes. Ahora es el momento de actuar y el objetivo de esta acción debe ser el de reducir y, finalmente, revertir el rápido aumento del CO_2 atmosférico y sus niveles futuros. Sin embargo, existe un desfase entre la reducción de las emisiones de CO_2 y revertir la acidificación creciente, por lo que la acidez en los océanos seguirá aumentando durante algunos años después de que se hayan reducido las emisiones de CO_2 . Esto refuerza la necesidad de reducir lo antes posible las emisiones y la penalización por retrasos en la realización de recortes significativos. La reducción de las emisiones de CO_2 producidas por la quema de combustibles fósiles, la fabricación de cemento y la deforestación son la única forma realista de comenzar a lograr dicha reducción. También necesitamos proteger, conservar y mejorar los sumideros y depósitos naturales de carbono en la tierra y en los océanos para evitar que más CO_2 llegue a la atmósfera y, por lo tanto, a los océanos.

No hay soluciones prácticas para remediar la acidificación de los océanos una vez que haya ocurrido,

y es posible que tengamos que depender de la naturaleza para que siga su curso. Con el fin de que los océanos vuelvan a su equilibrio de carbonato, será, inevitablemente, un proceso de recuperación a largo plazo que podría demorar 10.000 años, y puede que la recuperación biológica dure aún más. La mitigación de la acidificación oceánica solo puede lograrse a través de una reducción real, sostenida y sustancial de las emisiones para estabilizar los niveles atmosféricos de CO_2 mediante recortes en las emisiones y la aplicación de tecnologías que eliminen activamente el CO_2 .

Además de la acción mundial sobre las emisiones, también existe una serie de medidas regionales y locales que deben emprenderse para mantener y recuperar la salud de los océanos. La gravedad de los impactos de la acidificación oceánica probablemente dependa, en parte, de la interacción de la acidificación con otros factores ambientales de estrés, como el aumento de la temperatura del mar, la disminución de los niveles de oxígeno, la sobrepesca y las fuentes de contaminación terrestres. Necesitamos identificar las regiones oceánicas que parezcan más resistentes

a la acidificación. Debemos garantizar, a través de una buena gestión y protección, que la resiliencia de dichas áreas se mantenga o se restaure para crear refugios en el futuro. Para áreas más amplias, también debemos buscar formas de aumentar la resiliencia de

sus ecosistemas a las presiones que la acidificación oceánica y otros factores climáticos de estrés impondrán, de modo que tengan capacidad de resistir a los cambios y recuperarse más rápidamente.

8. Las diez prioridades de Mónaco para abordar la acidificación de los océanos

- Cambiar el énfasis de la investigación científica sobre especies individuales hacia los ecosistemas, con el fin de entender los impactos sobre las interacciones interespecíficas y las redes tróficas, y ayudar a establecer los parámetros de los modelos.
- Diseñar estudios experimentales a largo plazo para entender los fenómenos de adaptación y de aclimatación.
- Tomar en cuenta los factores de estrés múltiples y la variabilidad natural para conocer mejor los impactos futuros en “condiciones reales”.
- Apoyar los esfuerzos para reducir las emisiones antropogénicas de CO₂ a una escala y una velocidad suficientes para evitar los peligros del cambio climático y de la acidificación oceánica.
- Invertir en enfoques de gestión marina adaptativa adecuados para gestionar bien los sumideros de carbono, fomentar una mayor resiliencia de los ecosistemas y proteger la diversidad genética, así como difundir los éxitos locales y regionales en términos de adaptación.
- Hacer coincidir el desarrollo de redes de observación de acidificación oceánica con las necesidades de las comunidades locales, las industrias, las regiones y los gobiernos para garantizar la escala de inversión y el apoyo necesarios que ayuden a desarrollar las capacidades de pronóstico en las escalas espaciales y temporales requeridas para la toma de decisiones.
- Aumentar los esfuerzos de coordinación y colaboración internacional que respalden los programas nacionales de investigación, mantengan estándares, datos y sistemas comunes, respalden el despliegue y la interpretación efectiva de esfuerzos de monitoreo, y mejoren la comunicación en las comunidades.
- Identificar y desarrollar relaciones con nuevos grupos de interés que puedan verse afectados por la acidificación oceánica.
- Apoyar investigación para comprender los impactos económicos actuales y futuros de la acidificación oceánica y asiste en la identificación de ejemplos de impactos locales y regionales.
- Invertir en educación y comunicación dirigidas al público en general, a los responsables del desarrollo de políticas y a la capacitación científica, con el fin de mejorar las capacidades en regiones vulnerables que actualmente carecen de tales.

9. Tomar medidas para la acidificación oceánica a nivel local

Existen varias formas de actuar y ayudar a combatir la acidificación:

Unirse

Existen redes científicas y políticas internacionales que pueden ayudar a ampliar los conocimientos sobre la acidificación del océano y sus impactos específicos en su país y región. La Red Mundial de Observación de la Acidificación Oceánica (www.GOA-ON.org) se fundó hace cinco años en un esfuerzo para expandir el acceso a los datos sobre la acidificación de los océanos, tanto acerca de cómo la química del océano está cambiando, como acerca de cómo los ecosistemas marinos se están viendo afectados, a través de la creación de capacidades y del desarrollo de mejores prácticas. Para ser miembro de la red, debe rellenarse el formulario disponible en el sitio web, que proporciona acceso a diversas oportunidades de capacitación, tutoría y uso compartido de datos). También puede considerarse unirse a la Red regional Latinoamericana sobre la Acidificación Oceánica (LAOCA), dentro de la GOA-ON. A través del Centro de Coordinación Internacional sobre Acidificación de los Océanos, supervisado por la OIEA, se proporciona información diaria sobre los hallazgos científicos más recientes y otras noticias sobre la acidificación oceánica. Se puede suscribir para recibir esta información mediante el correo electrónico.

Financiar

La investigación científica para entender mejor los riesgos que plantea la acidificación de los océanos para los recursos marinos y las comunidades humanas que depende de ellos no es barata. Gobiernos, organizaciones no gubernamentales, fundaciones privadas y donantes individuales se están sumando a los esfuerzos para contribuir a trabajos científicos globales sobre la acidificación de los océanos. En los EE. UU., la Fundación Océanos (*Ocean Foundation*) anunció la creación de Amigos de la GOA-ON (*Friends of GOA-ON*), una asociación público-privada que permite reunir fondos de una variedad de fuentes con el objetivo de expandir la capacidad científica en todo el mundo.

Hasta la fecha, han recibido fondos del Departamento de Estado de los EE. UU., del Gobierno de Suecia y de varias fundaciones estadounidenses para continuar la capacitación y la provisión de equipos científicos en África, las islas del Pacífico y el Caribe.

Colaborar

Se puede avanzar más rápido juntos. LAOCA es una red de 36 científicos de ocho países de América Latina que ha producido más de 120 publicaciones y ayudado a formar 48 doctores. LAOCA también está conectada con la red mundial más amplia de Observación de la Acidificación Oceánica que busca proporcionar un acceso directo a los datos sobre la acidificación de los océanos en América Latina. Sólo mediante la combinación de datos de América Latina en el contexto mundial de los océanos, podremos empezar a entender los impactos presentes y futuros a nivel local. Por ejemplo, científicos de Chile están trabajando con la industria marisquera para solventar el deterioro de la calidad del agua por la acidificación de los océanos. Gran parte de este trabajo recoge la experiencia de la costa oeste de Estados Unidos, donde también han experimentado dificultades en la última década con la cría de larvas de mariscos, debido a la acidificación.

Monitorear

Lo que no medimos, no podemos manejar. Con la expansión de las observaciones sobre acidificación de los océanos en regiones costeras en la última década, ahora entendemos que la química del carbonato de las regiones costeras, altamente influenciada por las presiones humanas, es tan variable que es extremadamente difícil detectar su impacto aislado. Las escorrentías procedentes de la costa, la pesca y los cambios de temperatura debido al cambio climático son otros factores de estrés en las aguas costeras. Por lo tanto, es necesario medir la química del carbono en aguas costeras a escalas espaciales mayores. Además, determinar aquellos aspectos del ecosistema marino que se ven particularmente afectados por la acidificación de los océanos y medir sus cambios en el tiempo son

necesarios para toda Latinoamérica. En última instancia, utilizar la guía de la GOA-ON y trabajar en el marco de la LAOCA sería altamente recomendable.

Comunicar

A medida que se genere el conocimiento, es imprescindible que comuniquemos ampliamente los resultados. Muy poca gente entiende los riesgos que plantea la acidificación de los océanos a sus medios de subsistencia. Una vez informada, la gente se encuentra generalmente más propensa a tomar medidas para mitigar (reducir el CO₂) o adaptarse (reducir el estrés en los ecosistemas marinos). Es imperativo que se difunda la información sobre lo que sabemos acerca de la acidificación oceánica a una amplia audiencia. En los Estados Unidos y Europa, se han desarrollado algunos programas de comunicación eficaces y se probado con diversas audiencias. En los sitios web a continuación se puede obtener más información, videos y folletos. Comunicando sobre la acidificación del océano a los tomadores de decisiones al más alto nivel, también reforzamos la necesidad de reducción de las emisiones

de CO₂, que es la acción más importante que se pueda tomar para disminuir el impacto de la futura acidificación de los océanos.

Adaptarse

Las comunidades más directamente afectadas por la acidificación oceánica ya están explorando opciones para que sus medios de subsistencia sean “a prueba de acidificación”. Criaderos de mariscos en los Estados Unidos y en Chile utilizan tecnologías de observación para monitorear la calidad del agua y añaden soluciones buffer para proteger a las larvas de mariscos de la acidificación oceánica cuando estas están más sensibles, facilitando que la industria se recupere. Científicos están investigando cómo criar variedades de ostras, almejas, abalones e incluso corales más resistentes. Otros científicos están explorando si el uso de algas marinas y otras macroalgas podría extraer CO₂ del agua, creando así un ambiente más saludable para el cultivo de mariscos. Las estrategias de adaptación necesitan ser testeadas científicamente y compartidas cuando resulten exitosas.

Más información acerca de la acidificación de los océanos – fuentes útiles de información adicional

El Centro de Coordinación Internacional sobre la Acidificación Oceánica proporciona noticias e informaciones útiles sobre la acidificación de los océanos: <https://www.iaea.org/ocean-acidification/page.php?page=2181>

La Red Mundial de Observación de la Acidificación de los Océanos (Global Ocean Acidification Observing Network) tiene miembros en todo el mundo y usted también puede unirse: <http://www.goa-on.org/GOA-ON.php>

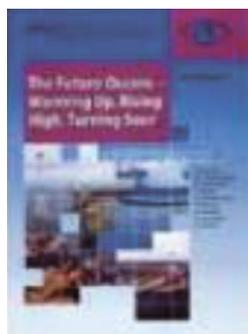
La acidificación de los océanos se presentó como un nuevo tema en el comunicado de prensa de la primera reunión mundial sobre los Océanos en un Mundo con Alto Niveles de CO₂ en el año 2004. Desde entonces, se ha producido una rápida aumento de trabajos y preocupación sobre este tema. A continuación, se encuentra una selección de los informes más relevantes que, conjuntamente, proporcionan una fuente muy completa de conocimiento sobre el tema:

Desde ese primer anuncio, la primera publicación



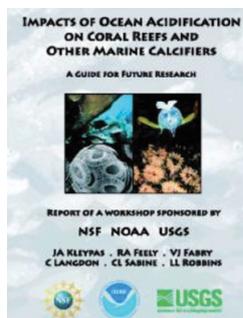
importante sobre la acidificación de los océanos surgió a continuación. El informe de políticas de la Royal Society del 2005 (*Acidificación oceánica como fruto del aumento de dióxido de carbono atmosférico*) reconoció que la acidificación de los océanos es una amenaza significativa

para muchos organismos calcificadores, y que tiene el potencial de alterar las cadenas tróficas y otros procesos ecosistémicos conduciendo a una reducción de la biodiversidad en los océanos. El grupo de trabajo designado a esta labor hizo una serie de recomendaciones específicas en políticas, incluyendo la reducción de emisiones de CO₂ acumulados para evitar daños inminentes debidos a la acidificación de los océanos.



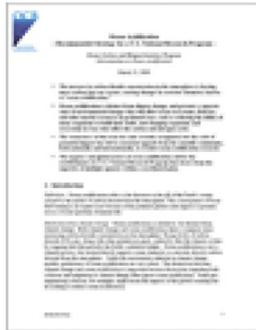
En 2006, el Consejo Asesor Alemán sobre Cambio Global lanzó *Los océanos futuros: calentándose, elevándose, volviéndose agrios* (The Future Oceans - Warming Up, Rising High, Turning Sour). Este informe presenta los riesgos de la acidificación en el contexto de otros procesos de cambio climático en los

océanos. Se instó a los responsables políticos a que reconocieran el papel del CO₂ como un peligro para los océanos en las futuras negociaciones de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).



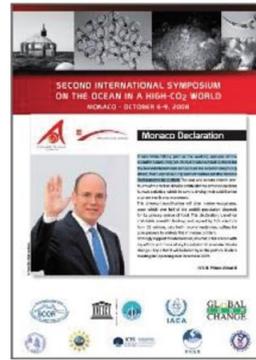
Impactos de la acidificación oceánica en los arrecifes coralinos y otros calcificadores marinos: una guía para la investigación futura salió de un esfuerzo conjunto entre la NSF, el USGS y la NOAA. Se trata de un informe de 2006 sobre el estado de la ciencia con

respecto a las consecuencias biológicas de la acidificación, y más particularmente, sobre cómo afecta a los organismos calcificadores. El informe termina con una agenda de recomendaciones en investigación y subraya la necesidad de investigar los cambios biológicos a largo plazo inducidos por la acidificación en un contexto histórico.



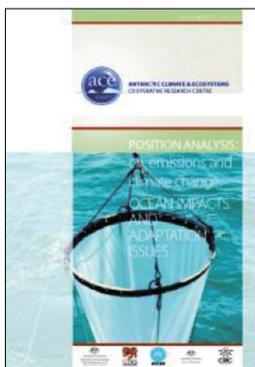
El Programa de los Estados Unidos sobre Carbono y Biogeoquímica de los Océanos (OCB) patrocinó, junto con la NOAA, la NASA y la NSF, un taller para desarrollar una estrategia estadounidense de investigación. Alrededor de 100 científicos participaron

en este plan para investigar los impactos de la acidificación oceánica en cuatro ecotipos marinos: arrecifes coralinos, márgenes costeros, sistemas del alta mar tropical-subtropical y regiones polares. Las recomendaciones de investigación fueron divulgadas en 2008 en *Impactos actuales y futuros de la acidificación oceánica en los ecosistemas marinos y los ciclos biogeoquímicos*.



En el año 2009, un documento adicional de gran importancia fue producido. *La Declaración de Mónaco* surgió del segundo simposio internacional *Océanos en un Mundo con Altos Niveles de CO₂*, y fue aprobada por 155 científicos de 26 países, con el apoyo de SAS el Príncipe

Alberto II de Mónaco. Hace un llamamiento a los responsables políticos para que actúen rápidamente en estabilizar el CO₂ atmosférico a un nivel seguro, no solo para evitar cambios climáticos peligrosos sino también para evitar el problema adicional de la acidificación de los océanos.



También en el 2008, se redactó un importante documento para la toma de decisiones por el gobierno australiano: *Análisis de posición: Emisiones de CO₂ y cambio climático: Impactos y problemas de adaptación de los océanos*. Este documento trató de describir el proceso de acidificación, esbozar los efectos

biológicos y humanos y asesorar al gobierno australiano en temas relevantes para el desarrollo de políticas. Fue acompañado por un folleto de una página (*Acidificación de los océanos: impactos australianos en el contexto mundial*) que abordaba la acidificación oceánica en términos científicos: lo que se conoce, lo que debe ser conocido y qué se puede hacer.



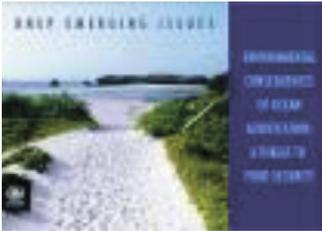
El Informe Científico para políticas de la Fundación Científica Europea (European Science Foundation) sobre los *Impactos de la acidificación de los océanos* (2009) incluyó recomendaciones para una mejor coordinación de la investigación y colaboración

en la acidificación oceánica tanto a nivel nacional como internacional, junto con la integración de esfuerzos entre ciencias naturales y sociales, que asistieran a entender mejor los impactos en los recursos naturales y humanos.



Preguntas más frecuentes sobre la acidificación de los océanos (2010) fue publicado por la OCB, EPOCA y UKOA en respuesta a la creciente investigación en todas las disciplinas y a la creciente necesidad de respuestas claras de expertos a

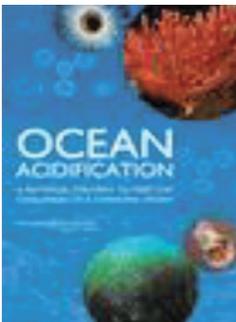
las preguntas más frecuentes. Conto con la contribución de un total de 27 expertos de 19 instituciones y cinco países.



Consecuencias ambientales de la acidificación de los océanos: una amenaza para la seguridad alimentaria.

Boletín de Asuntos Emergentes del

PNUMA (2010). Con 1.000 millones de personas dependiendo de recursos marinos como única fuente de proteínas y una población mundial en expansión que depende cada vez más de fuentes de alimentos marinos, incluyendo la acuicultura, este informe fue el primero donde la acidificación oceánica se relacionó con un riesgo potencial para la seguridad alimentaria.



Consejo Nacional de Investigación de las Academias Nacionales de EE. UU. Acidificación de los Océanos. Una estrategia nacional para enfrentar los desafíos de unos océanos cambiantes (2010). Esta publicación, solicitada por el Congreso de EE. UU, es

un paso entre los muchos datos por científicos y fuentes de financiación estadounidenses para formar un Programa Nacional de Investigación sobre la Acidificación de los Océanos.



En las próximas décadas y siglos, la salud de los océanos se verá cada vez más afectada por, al menos, tres factores que interactúan: el aumento de la temperatura del agua de mar, la acidificación de los océanos y su

desoxigenación. *Caliente, agrio y sin aliento: Océanos bajo estrés* (www.oceanunderstress.com), informe que resume el conocimiento actual sobre estos tres factores de estrés y cómo pueden actuar conjuntamente en “puntos calientes” de vulnerabilidad de los océanos. Producido por el Laboratorio Marino de Plymouth, en colaboración con los principales

programas y laboratorios de investigación, desde 2011 se ha puesto a disposición de los responsables de políticas de la CMNUCC. Se encuentra disponible en varios idiomas y se actualiza periódicamente.



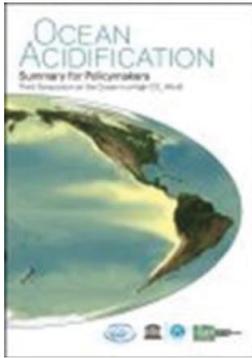
El 4º Informe de Evaluación (2007) del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) reconoció la acidificación oceánica por primera vez en un informe del IPCC. El 5º Informe de Evaluación (2013-2014) incluyó una evaluación detallada del cambio

climático y de la acidificación de los océanos (<https://www.ipcc.ch/report/ar5/>). El IPCC está actualmente en su sexto ciclo de evaluación y también está llevando a cabo un Informe especial sobre los océanos y la criosfera en un clima cambiante y otro sobre los Impactos de un calentamiento Global de 1,5°C.



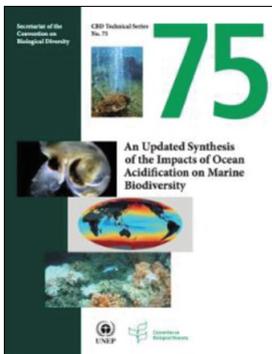
El grupo de trabajo del Programa sobre Monitoreo y Evaluación del Ártico (AMAP) del Consejo Ártico publicó un informe sobre la Acidificación del Océano Ártico en 2013 (<http://www.AMAP.no/Documents/doc/Arctic-Ocean-Acidification-2013-an-overview/1061>). El informe aborda la

cuestión de la intensificación de la acidificación oceánica en las aguas frías árticas y presenta los resultados de la evaluación del AMAP para una audiencia general. Para consulta, también existe un informe más completo y videos (<https://vimeo.com/65512340>).



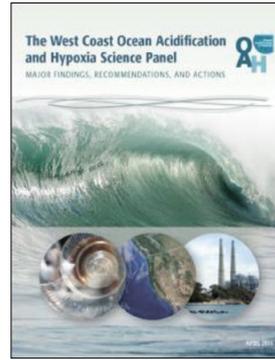
La serie de simposios internacionales *Océanos en un Mundo de Altos Niveles de CO₂* ha producido resúmenes excelentes y maravillosamente ilustrados para los responsables políticos. El último, *Resumen sobre la acidificación de los océanos para los responsables políticos*, publicado en el 2013, resume

los nuevos hallazgos en investigación presentados en el tercer Simposio celebrado en 2012, y está disponible en inglés, francés, alemán y español.



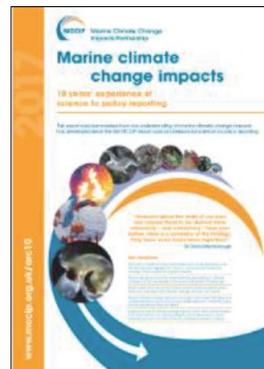
La Convención sobre Diversidad Biológica (CDB) publicó un informe de síntesis sobre los *Impactos de la acidificación oceánica sobre biodiversidad marina* en el 2009. En el año 2014, la CDB publicó una *Síntesis actualizada de los impactos de la acidificación oceánica en*

la biodiversidad marina (<https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-75-en.pdf>). Este documento explica información científica compleja sobre la acidificación de los océanos de forma clara y comprensible, y proporciona un punto de referencia importante para los científicos, los políticos y cualquier persona interesada en entender cómo la acidificación de los océanos afecta nuestros mares, su biodiversidad y los servicios vitales que ofrecen.



Publicado en el 2016, el *Informe del Panel Científico sobre la Acidificación y la Hipoxia del Océano de la Costa Oeste* (www.westcoastOAH.org), es una colaboración entre las contrapartes de gestión marina en California, Oregón, Washington y Colombia Británica. La

acidificación y la hipoxia de los océanos son dos fenómenos distintos que desencadenan una amplia gama de impactos en los ecosistemas marinos. El panel los consideró conjuntamente porque coexisten con frecuencia y presentan un desafío colectivo para la costa oeste de América del Norte. En particular, la acidificación y la hipoxia de los océanos comparten un conjunto similar de factores causantes: el aumento de los niveles atmosféricos de CO₂ y los insumos locales de nutrientes y carbono orgánico.



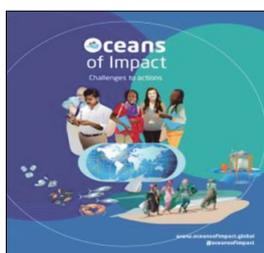
El Consorcio para los Impactos Marinos del Cambio Climático (en inglés, Marine Climate Change Impacts Partnership, MCCIP) fue creada en el 2005 como un marco de coordinación en el Reino Unido para proporcionar evidencia de los impactos marinos del cambio climático a los

tomadores de decisiones. Los boletines de MCCIP proporcionan actualizaciones periódicas sobre el estado actual de los conocimientos científicos de forma clara y concisa. El último boletín, del 2017 (www.mccip.org.uk/arc10), se basa en una serie de trabajos *peer-review* producidos por más de 50 autores, siguiendo la metodología de informes anteriores. Los artículos, incluyendo uno sobre acidificación de los océanos, son accesibles a través de http://www.mccip.org.uk/media/1760/2017arc_sciencereview_001_oac.pdf



La Red Alemana de Investigación sobre Acidificación Oceánica BIOACID (impactos BIOLógico de la ACIDificación Oceánica) publicó sus conclusiones en el año 2017, después de ocho años de extensa investigación interdisciplinaria, con este resumen para responsables políticos:

https://www.oceanacidification.de/wp-content/uploads/2017/10/BIOACID_brochure_e_web.pdf

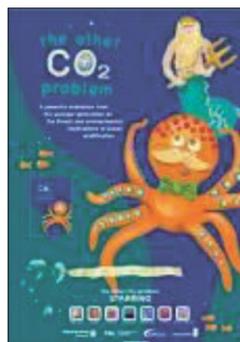


Esta publicación, fue elaborada por una asociación internacional científica para las negociaciones sobre cambio climático de la COP23 de la CMNUCC, celebrada en Bonn bajo la

Presidencia de Fiyi. Proporciona datos basados en evidencias científicas para la formulación de políticas sobre los impactos del aumento de las concentraciones de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero en los océanos y los sistemas humanos: www.oceansofimpacts.global

Películas

En la última década se han producido un gran número de películas para explicar la acidificación de los océanos a una amplia audiencia y cómo se está abordando el tema mediante estudios científicos y la formación de colaboraciones innovadoras en divulgación, políticas y ciencia. Hemos seleccionado varias de ellas, en base a su libre disponibilidad y utilidad para una amplia gama de audiencias:



Un grupo de estudiantes de 11-15 años de la Escuela Ridgeway en Plymouth, trabajando con el Laboratorio Marino de Plymouth, han expresado sus preocupaciones acerca del estado de los océanos en el mundo a través de una película contundente.

El Otro Problema del CO₂,

realizada en 2009, es una animación de 7 minutos protagonizada por personajes del reino del Rey Poseidón, bajo el mar, y lamenta el hecho de que Doctorpus, Britney Estrella, Michelle Mejillón, Derek la Diatomea y otras criaturas submarinas estén sufriendo a medida que el océano se vuelve más ácido a consecuencia de las actividades humanas. Los niños y su animación ganaron el Premio Bill Bryson de Divulgación Científica de la Real Sociedad de Química. La animación ha sido traducida al francés, español, italiano y catalán (www.oceanunderstress.com).



El poderoso cortometraje, *Acidificación de los océanos: Conectando la ciencia, la industria, la política y el público*, lanzado en 2011 por el Laboratorio Marino de Plymouth como parte de las actividades de

divulgación del Programa del Reino Unido para la Investigación sobre la Acidificación Oceánica, reúne una amplia gama de sectores interesados en la acidificación de los océanos. Ha sido proyectado en los principales eventos de todo el mundo, incluyendo las COP de la CMNUCC y de la CBD, la Expo Mundial 2012, el Congreso de los Mares de Asia Oriental y la Cumbre de la Tierra Río+20. Las versiones subtituladas de esta película de 12 minutos están disponibles en inglés, portugués, español, francés y coreano (www.oceanunderstress.com).

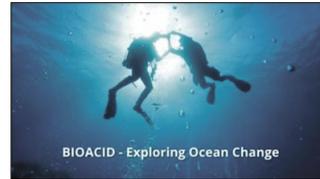


Producido en el año 2012, este video narra los impactos de la acidificación oceánica en los criaderos de ostras a lo largo de la costa oeste de los Estados Unidos, y en cómo el futuro de la pesca marisquera del país puede verse afectado (<https://www.youtube.com/watch?v=x7Mpl9dZljk>).

costeras, y que tienen el potencial final de impactar a todos sus habitantes (<https://www.youtube.com/watch?v=7h08ok3hFSs>).



Este dibujo animado de 3 minutos y de ritmo rápido por la Alianza para la Educación Climática en 2014, describe la acidificación



Esta película de 8 minutos, producida en 2016 por la Red de Investigación Alemana BIOACID, examina los efectos de la acidificación en la vida marina, desde los microbios hasta los peces y los ciclos biogeoquímicos del océano (y en todos aquellos que dependemos del mar). (<https://www.youtube.com/watch?v=pnp8uQh6VAI>).

de los océanos, incluye una descripción útil y divertida de cómo la química funciona e impacta la vida marina, y de por qué debemos preocuparnos (<https://www.youtube.com/watch?v=DLg2NMjzh2o>).



En este documental de 30 minutos de BBC Science del 2016, Roger Harrabin se une a una expedición científica a los respiraderos de CO₂ en el remoto extremo oriental de Papúa Nueva



Esta película de 10 minutos, *Probando las aguas: acidificación en el Mediterráneo* (<https://vimeo.com/101795615>) se

Guinea. Estos arrecifes coralinos y los respiraderos de CO₂ son laboratorios naturales donde los científicos estudian los efectos de la acidificación oceánica. Muestran una visión preocupante del futuro de los corales tropicales a medida que las concentraciones crecientes de CO₂ en la atmósfera hacen el agua de mar sea más ácida. (<https://www.youtube.com/watch?v=VCo1wo8gAzQ>).

produjo en el 2014 desde el proyecto científico financiado por la Comunidad Europea MedSeA, que estudió los impactos de la acidificación y del calentamiento de los océanos en el mar Mediterráneo.



Oregón es el punto cero para los impactos de la acidificación oceánica. La química del agua en su costa ya está



En este video de 5 minutos se muestra la puesta en marcha de la Red Latinoamericana sobre Acidificación Oceánica

cambiando drásticamente. Para conocer de forma rápida la ciencia, los impactos y los vacíos de información detrás de la acidificación de los océanos en Oregón, vea este video del 2016 donde investigadores, miembros de la industria y líderes políticos se unen para entender mejor estos cambios químicos a lo largo de sus aguas

(LAOCA), en la cual los científicos latinoamericanos destacan los impactos de la acidificación de los océanos en los recursos marinos y los ecosistemas de la región, así como presentan la necesidad de una coordinación nacional e internacional para enfrentar los retos impuestos por esta amenaza (<https://youtu.be/Xx3HOqGiXjg>)

Información adicional

Se puede bajar una copia de este nuevo informe sobre la acidificación oceánica en www.iucn.org/resources/publications.

Si tiene cualquier consulta adicional, póngase en contacto con nosotros en marine@iucn.org.

Fuentes y colaboradores

Este documento se basa en:

Feely, R., *et al.* 2008. Evidence for Upwelling of Corrosive "Acidified" Water onto the Continental Shelf. *Science* 320, 1490 (2008); DOI: 10.1126/science.1155676

Gattuso J-P, Hansson L. (2011). *Ocean Acidification*. Oxford University Press.

Gattuso J-P, Magnan A, Bille R, Cheung WWL, Howes EL, Joos D, Allemand D, Bopp L, Cooley SR, Eakin CM, *et al.* (2015). Contrasting futures for ocean and society from different anthropogenic CO₂ emissions scenarios. *Science* 349, aac4722-1.

IGBP, IOC, SCOR. (2013). Ocean Acidification Summary for Policymakers – Third Symposium on the Ocean in a HighCO₂ World. International Geosphere-Biosphere Programme, Stockholm, Sweden <http://www.igbp.net/publications/summariesforpolicymakers/summariesforpolicymakers/oceanacidificationsummaryforpolicymakers2013.5.30566fc6142425d6c9111f4.html>

Kroeker KJ, Kordes RL, Crim R, Hendriks IE, Ramajo L, Singh GS, Duarte CM & Gattuso J-P. (2013). Impacts of ocean acidification on marine organisms: quantifying sensitivities and interactions with warming. *Global Change Biology* 19, 1884-1896.

Laffoley, D. d'A. & Baxter, J.M. (eds).(2015). Tackling ocean acidification – improving prospects by planning ahead. 15pp.

Laffoley, D. d'A & Baxter, J.M. (eds). (2015). The Monaco Ocean Acidification Action Plan. Heralding the next era of action on ocean acidification. 19pp.

IGBP, IOC, SCOR. (2013). Ocean Acidification Summary for Policymakers – Third Symposium on the Ocean in a High-CO₂ World. International Geosphere-Biosphere Programme, Stockholm, Sweden.

Ocean Acidification Reference User Group. (2010). Ocean Acidification: Questions Answered. Laffoley, D. d'A & Baxter, J.M. (eds). European Project on Ocean Acidification (EPOCA). 24 pp.

Apoyo y financiación

Agradecemos a todos los científicos y expertos que, directamente o a través de las publicaciones, han contribuido al desarrollo de este informe. Sus contribuciones han asegurado que este documento represente un amplio consenso acerca de la información y de las acciones necesarias para combatir la acidificación de los océanos.

Este informe fue producido con el apoyo financiero del Ministerio Sueco de Medio Ambiente y Energía, y su contenido se basa en informes financiados principalmente por la Fundación Príncipe Alberto II de Mónaco.



UNIÓN INTERNACIONAL PARA LA
CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA

SEDE MUNDIAL
Rue Mauverney 28
1196 Gland, Suisse
Tel +41 22 999 0000
Fax +41 22 999 0002
www.iucn.org

