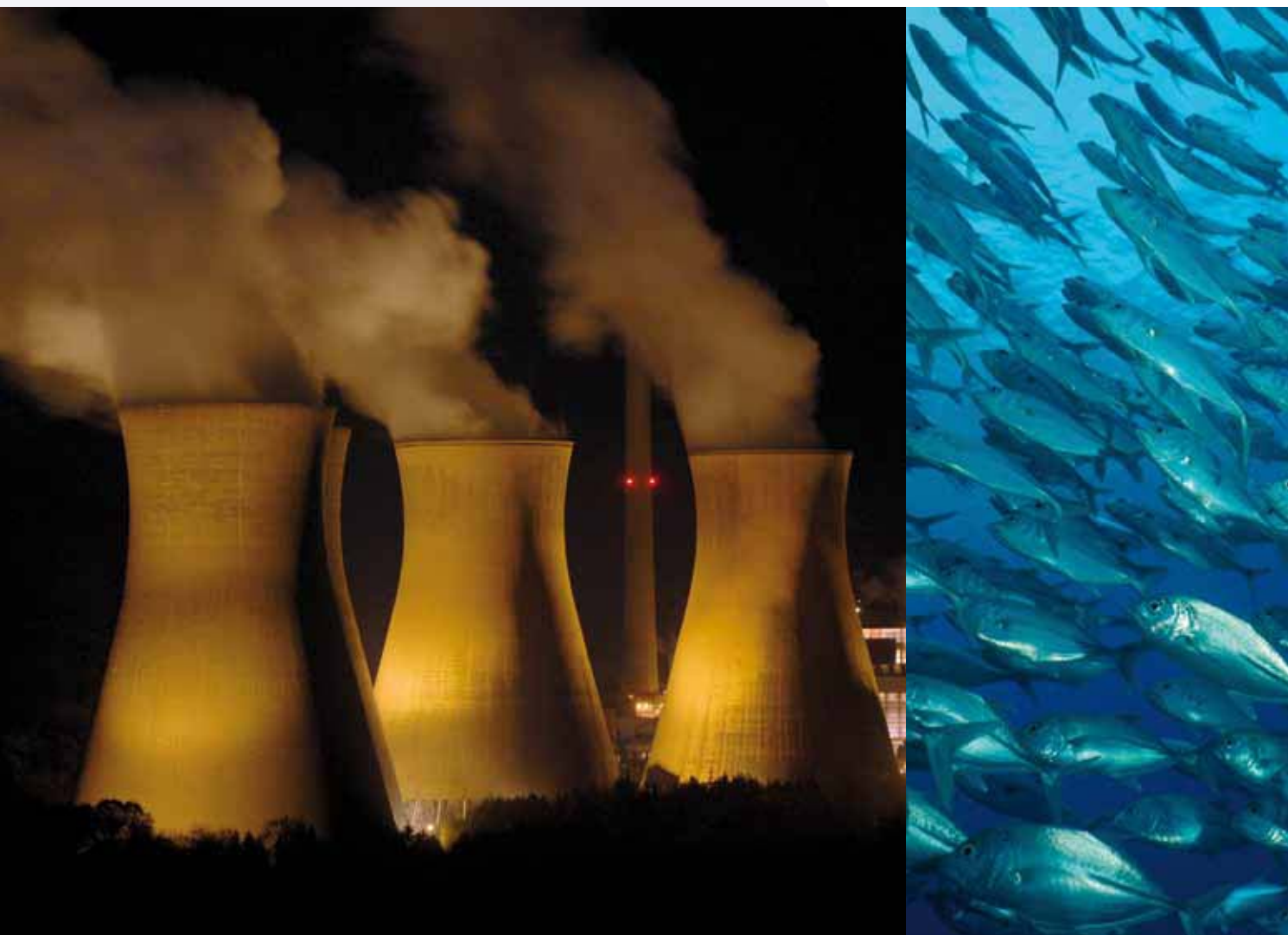


LA ACIDIFICACIÓN DEL OCEANO



Resumen del segundo Simposio científico
“El océano en un mundo con altos niveles de CO₂”
elaborado para gestores de políticas ambientales.

PATROCINADORES

Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO

Programa Internacional sobre la Geosfera y la Biosfera

Laboratorio de Medio Ambiente Marino de la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA-MEL)

Comité Científico de Investigaciones Oceánicas

SIMPOSIO SOBRE “EL OCEANO EN UN MUNDO CON ALTOS NIVELES DE CO₂”

El segundo simposio científico “El océano en un mundo con altos niveles de CO₂” tuvo lugar del 6 al 9 de octubre de 2008 en el Museo Oceanográfico de Mónaco con el alto patrocinio de Su Alteza Serenísima el Príncipe Alberto II. La reunión congregó a 220 científicos de 32 países con el fin de evaluar los conocimientos existentes sobre el impacto de la acidificación del océano en la química marina y los ecosistemas y de estudiar la repercusión desde el punto de vista socioeconómico y de las políticas.

En este documento se resumen las conclusiones de las nuevas investigaciones que se presentaron en el simposio. Los resultados se sintetizan en un informe científico, titulado “Research Priorities for Ocean Acidification” (2009), que se puede consultar en la siguiente dirección: www.ocean-acidification.net.

Antecedentes

El océano aproximadamente el 25% del CO₂ que se añade anualmente a la atmósfera como consecuencia de las actividades humanas, atenuando en gran medida las consecuencias que ese gas de efecto invernadero tiene en el clima.

Cuando el CO₂ se disuelve en el agua del mar, se forma el ácido carbónico. A causa de ese fenómeno, denominado acidificación del océano, el agua del mar se vuelve corrosiva para las conchas y esqueletos de muchos organismos marinos. Ello influye igualmente en la reproducción y fisiología de algunos de esos organismos.

En la actualidad se han observado esas consecuencias en organismos vivos de varias regiones de todo el mundo. Dentro de varias décadas, la química de los océanos tropicales no permitirá mantener el crecimiento de los arrecifes coralinos, al tiempo que grandes extensiones de los océanos polares pasarán a ser corrosivos para los organismos marinos calcáreos. Esas profundas transformaciones tendrán repercusiones en las redes alimentarias, la biodiversidad y la pesca.

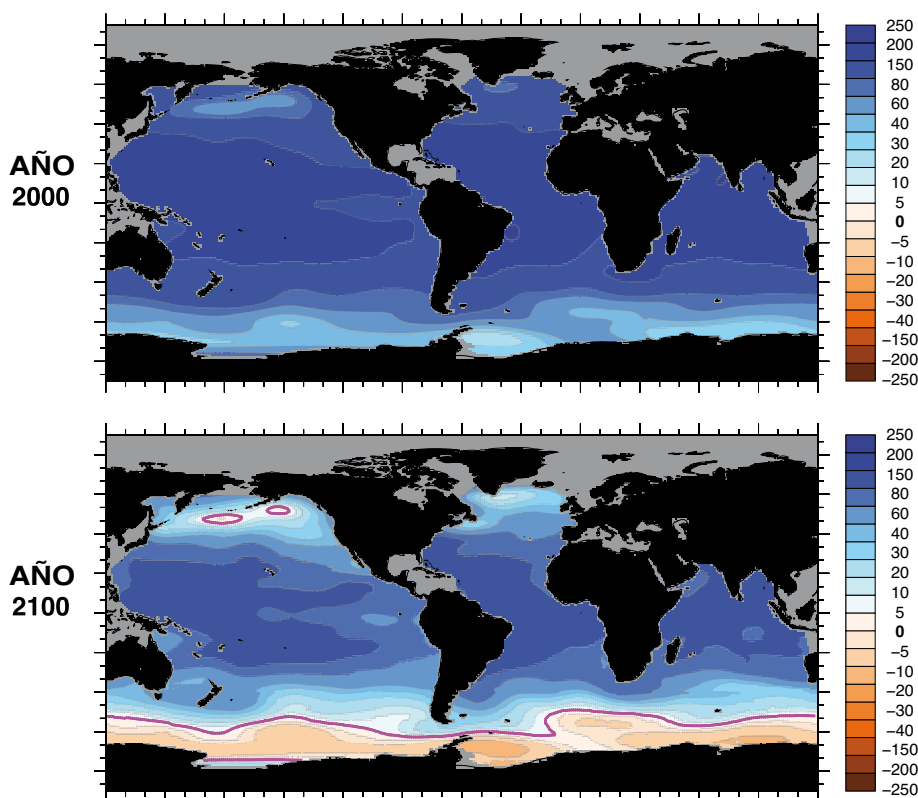
RECOMENDACIONES

Los efectos perjudiciales sólo podrán ser evitados si en el futuro se limitan los niveles de CO₂ en la atmósfera.

Se precisa de una red mundial de alerta temprana y predicción.

Se prevé que dentro de algunas décadas los océanos polares alcancen niveles de acidez suficientes para disolver algunas conchas.

Cálculo del estado de saturación de aragonito en función del exceso de concentración de iones de carbonato ($\mu\text{mol kg}^{-1}$). El color azul indica las aguas de superficie que propician la formación de carbonato de calcio y el rojo muestra las aguas que son corrosivas para los organismos que se calcifican. Adaptado de Orr et al. (2005) Nature 437, págs. 681-686. Diseño gráfico: James Orr, Laboratorio para el Medio Ambiente Marino (IAEA-MEL), Mónaco.



EL OCÉANO SE ESTÁ ACIDIFICANDO CON RAPIDEZ

La acidez del océano se ha incrementado en un 30% desde el comienzo de la revolución industrial. Si la concentración de CO₂ atmosférico sigue aumentando al ritmo actual, al final de este siglo el océano será corrosivo para las conchas de muchos organismos marinos. Se ignora cómo se podrán adaptar los organismos marinos y si esa adaptación será posible.

Ese incremento es 100 veces más rápido que cualquier cambio de la acidez que hayan experimentado los organismos marinos durante al menos los últimos 20 millones de años. Hace 65 millones de años, la acidificación del océano tuvo como resultado la extinción masiva de organismos marinos calcáreos, que son parte integrante de la red alimentaria marina. En aquella época, los arrecifes coralinos desaparecieron del registro geológico y tardaron millones de años en recuperarse.

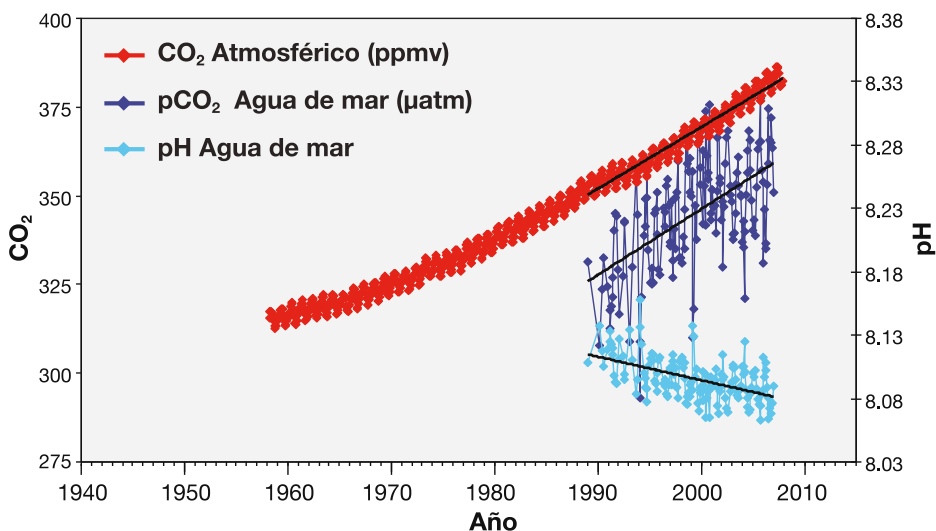
La actual acidificación provocada por el hombre constituye un fenómeno poco frecuente en la historia geológica de nuestro planeta.

Antecedentes

Hoy en día la concentración media de CO₂ atmosférico es de 385 partes por millón (ppm), lo que supone un incremento del 38% con respecto al nivel de 280 ppm de la época preindustrial.

La mitad de ese incremento se produjo durante los últimos 30 años. En la actualidad, las emisiones de CO₂ son superiores a las hipótesis más pesimistas previstas hace una década por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

Series de CO₂ y pH en el Pacífico Norte



Diseño gráfico: Richard A. Feely, Laboratorio del Medio Ambiente Marino del Pacífico, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica, Estados Unidos de América, datos atmosféricos de Pieter Tans y datos sobre el agua del mar de David Karl. Adaptado de Feely (2008) en Levinson y Lawrimore (comp.), Bull. Am. Meteorol. Soc., 89 (7): S58.

Las observaciones reunidas a lo largo de los últimos 25 años muestran que se ha producido una tendencia constante al aumento de la acidez en las aguas superficiales a raíz del incremento del CO₂ atmosférico.



LA ACIDIFICACIÓN DEL OCEANO ES UNA CONSECUENCIA DIRECTA DE LAS EMISIONES DE CO₂ Y NO DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Si bien el cambio climático y sus repercusiones encierran incertidumbres considerables, **actualmente se pueden observar los cambios químicos que se producen en el océano debido al incremento del CO₂ atmosférico y los cuales, en muchos casos, se podrán predecir en el futuro.**

Cuando el CO₂ se disuelve en el agua del mar, se forma el ácido carbónico. Esa reacción química provoca la acidificación del océano y **es independiente de otros efectos del cambio climático.**

La disminución de las temperaturas mundiales y la concentración de otros gases de efecto invernadero no reducirán la acidificación del océano. Este fenómeno no constituye un asunto climático secundario, sino que **es el otro problema que plantean las emisiones de CO₂.**

En las negociaciones destinadas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero se deberá tener en cuenta la acidificación del océano. Los métodos de la geoingeniería que se utilizan para hacer frente al cambio climático, por ejemplo, reflejando la luz del sol, no resolverán el problema de la acidificación del océano.



La disminución de las temperaturas mundiales y la concentración de otros gases de efecto invernadero no reducirán la acidificación del océano.

¿CÓMO REACCIONARÁN LOS ECOSISTEMAS MARINOS?

La mayoría de los estudios indican que cuando la acidificación aumenta, la calcificación disminuye, afectando a la formación de conchas y esqueletos. En lo que respecta a la calcificación, los organismos marinos reaccionan de distintas maneras en las diferentes etapas de su ciclo vital. **Algunas de las primeras etapas de vida son especialmente sensibles a la acidificación.**

En el caso de los animales marinos, entre ellos los invertebrados y algunos peces, la acumulación de CO₂ en el cuerpo también puede alterar procesos distintos de la calcificación, **lo que puede provocar cambios generales de la morfología, el estado metabólico, la actividad física y la reproducción del organismo en cuestión.**

Algunos grupos de fitoplancton, como los cocolitofóridos, podrían verse afectados negativamente por la acidificación del océano, mientras que otros, como por ejemplo, las cianobacterias que fijan nitrógeno, podrían resultar beneficiados por los elevados niveles de CO₂. **Los efectos que se producen en el fitoplancton y otras especies vulnerables podrían alterar las redes alimentarias marinas, lo que a su vez afectará a las pesquerías.**

A mediados de este siglo, se prevé que los índices de calcificación de los corales disminuirán alrededor de un tercio y **la erosión de los corales superará la tasa de crecimiento de los mismos.** Es posible que muchos arrecifes no subsistan.

Los experimentos han mostrado que la acidificación del océano dificulta la calcificación de los corales profundos. **En 2100, el 70% de los corales de agua fría estarán expuestos a aguas corrosivas.** Los ecosistemas de corales de agua fría proporcionan hábitat y zonas de alimento y desove para muchos organismos de aguas profundas, incluidas algunas especies piscícolas comerciales.

Antecedentes

La reproducción selectiva de una especie de ostra muestra que se puede aumentar la resistencia a la acidificación, lo que indica que **algunos organismos podrían tener cierto nivel de adaptación.** No obstante, se desconoce cómo se adaptarán la mayoría de los organismos a un ambiente de mayor acidez.

La gravedad de esos efectos podría depender en parte de **la interacción entre la acidificación y otras presiones ambientales como el incremento de las temperaturas oceánicas, la pesca excesiva y las fuentes terrestres de contaminación.** En dos especies de cangrejo la acidificación del océano disminuye la resistencia a las temperaturas extremas, lo que pone de manifiesto una mayor sensibilidad al calentamiento, así como la posibilidad de que se reduzcan las zonas de distribución de especies.

Los medios donde los niveles de CO₂ son naturalmente elevados, como algunas zonas costeras que se ven influidas por corrientes ascendentes de aguas o aportaciones fluviales, o zonas que reciben aportaciones de CO₂ de carácter volcánico o hidrotermal, ofrecen una visión de cómo serán los ecosistemas marinos del futuro. En esas zonas la biodiversidad es reducida y existe un gran número de especies invasoras.

A mediados de este siglo, es posible que muchos arrecifes no subsistan.



Fotografía: Armin Form

¿QUÉ CONSECUENCIAS TENDRÁ LA ACIDIFICACIÓN DEL OCÉANO EN LAS SOCIEDADES Y LAS ECONOMÍAS?

La acidificación del océano podría dar lugar a una reacción en cadena a través de la red alimentaria marina que afectará a la industria comercial de la pesca y el marisco, la cual mueve miles de millones de dólares, y poner en peligro **la seguridad alimentaria de millones de personas que figuran entre las más necesitadas del mundo**. Las larvas de pez y molusco podrían ser especialmente vulnerables.

Como consecuencia de la acidificación del océano, la mayoría de las regiones del océano podrían ser inhóspitas para los arrecifes coralinos, lo que influirá en **el turismo, la seguridad alimentaria, la protección de las costas y la biodiversidad**. Los arrecifes coralinos podrían resultar particularmente afectados a raíz de las distintas consecuencias de la decoloración de los corales provocada por el aumento de la temperatura del agua y la acidificación del océano.

La capacidad del océano de absorber CO₂ atmosférico está disminuyendo debido a la acidificación del océano, que hará más difícil estabilizar las concentraciones de ese tipo de CO₂.

El costo derivado de la estabilización del CO₂ atmosférico en un nivel que evite la mayoría de las consecuencias perjudiciales es menor que el costo de la inacción, y la estabilización se podría lograr con tecnología que pueda utilizarse ahora y en un futuro próximo.

Antecedentes

Cuando los pequeños organismos oceánicos mueren, su concha dura se hunde en el lecho oceánico, secuestrando el carbono durante largo tiempo. Ello forma parte de la bomba de carbono oceánico y si las conchas son más finas, estas transferirán menos carbono a los sedimentos marinos. Se puede estimar el costo del servicio que el bombeo de carbono oceánico presta a los ecosistemas aplicando los precios vigentes en los mercados de crédito del carbono. Teniendo en cuenta que el precio del mercado del carbono oscila entre 20 y 200 dólares estadounidenses por tonelada de carbono, la absorción por los océanos del CO₂ representa una subvención anual para la economía mundial de 40.000 a 400.000 millones de dólares, es decir, entre el 0,1% y el 1% del producto mundial bruto. **La disminución prevista de la eficiencia del bombeo de carbono oceánico podría suponer una pérdida de varios miles de millones de dólares anuales.**

Es posible que mediante las negociaciones internacionales destinadas a mantener los niveles de **CO₂ atmosférico por debajo de 550 ppm, o incluso 450 ppm, no se logre evitar que una gran parte de los océanos polares se vuelvan corrosivos** para las conchas de especies marinas esenciales. Incluso si se alcanzan esos niveles de CO₂, los pronósticos indican que el crecimiento neto de los corales en las zonas tropicales no podrá compensar su erosión y desintegración.

Fotografía: Arne Körtzinger



La acidificación del océano podría poner en peligro la seguridad alimentaria de millones de personas que figuran entre las más necesitadas del mundo.

LAS PRIMERAS ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN SOBRE LA ACIDIFICACIÓN DEL OCÉANO

La acidificación del océano es una disciplina relativamente nueva, pues **el 62% de los informes de investigación sobre el tema se publicaron a partir de 2004.**

A pesar de que se conocen mejor las consecuencias de la concentración elevada de CO₂ en una amplia gama de organismos marinos, todavía **no se pueden realizar predicciones válidas de las repercusiones** que ello podría tener en los ecosistemas marinos y la pesca en su conjunto ni determinar umbrales por encima de los cuales esos ecosistemas podrían no recuperarse.

Existen pocos sitios en que se hayan efectuado mediciones relativas a varias décadas de las variables químicas y de los ecosistemas que serían necesarias para proporcionar un punto de referencia que permita evaluar a su debido tiempo las consecuencias de la acidificación del océano. Se precisa una red mundial de alerta temprana y predicción coordinada entre los países para estudiar, gestionar y comprobar las acciones de estabilización.

Antecedentes

En la mayoría de los estudios sobre los organismos marinos sólo se han examinado las reacciones de determinadas especies a un factor ambiental, como el aumento de la acidez, el CO₂ o la temperatura. Hay que idear métodos para analizar la reacción de todo el ecosistema a distintos factores de forzamiento ambiental, utilizando las hipótesis que se prevén en las próximas décadas. Se han de efectuar estudios a largo plazo y experimentos de reproducción selectiva para comprender las respuestas en adaptación y evolución. Será importante determinar los genes que intervienen en la calcificación y el equilibrio ácido-base y disponer de medios para medir la expresión de esos genes a fin de conocer la adaptabilidad de los organismos marinos a los cambios de la acidez.

Las tasas actuales de acidificación indican que las posibilidades de atenuación son muy reducidas, especialmente a corto plazo. Conviene realizar investigaciones para saber si al añadir sustancias alcalinas al océano, se podría frenar la acidificación en zonas determinadas, y conocer la medida en que se pueden compensar las consecuencias de la acidificación reduciendo otras presiones ambientales, como la eutrofización, así como la manera óptima de gestionar los ecosistemas marinos para hacer frente a estos y otras amenazas combinadas. En los grupos de usuarios que dirijan las investigaciones deberían participar expertos en políticas que se interesen por asuntos que abarquen los sectores ambientales, industriales y de conservación pertinentes.

El 62% de los informes de investigación sobre la acidificación del océano se publicaron a partir de 2004.



Fotografía: Ulf Riebesell

ATROCINADORES DEL SIMPOSIO

El Comité Científico de Investigaciones (www.scor-int.org) es una institución no gubernamental que fue creada en 1957 por el Consejo Internacional de Uniones Científicas para promover la cooperación internacional en todos los ámbitos de las ciencias oceánicas.



La Comisión Oceanográfica Intergubernamental (<http://ioc-unesco.org>) fue instituida en 1960 por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) a fin de brindar a los Estados Miembros de las Naciones Unidas un mecanismo esencial para propiciar la cooperación mundial en el estudio del océano.



El Programa Internacional sobre la Geosfera y la Biosfera (www.igbp.net) es un programa internacional de investigación científica que estudia las interacciones entre los procesos biológicos, químicos y físicos y los sistemas humanos con objeto de elaborar y difundir los conocimientos necesarios para hacer **frente al cambio mundial**.



Laboratorio de Medio Ambiente Marino de la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA-MEL) (www.naweb.iaea.org/naml) promueve las iniciativas interinstitucionales del sistema de las Naciones Unidas destinadas a proteger los mares y lleva a cabo investigaciones sobre la acidificación del océano combinando isótopos con experimentos de manipulación y utilizando modelos numéricos para entender y predecir de modo más adecuado la manera en que la acidificación puede alterar los recursos marinos durante el siglo XXI.



www.ocean-acidification.net

AYUDA FINANCIERA Y EN ESPECIE

Los patrocinadores científicos y los comités organizadores del simposio agradecen con gratitud la ayuda financiera y en especie que se ha recibido de las siguientes organizaciones y organismos de financiación:

National Science Foundation de los Estados Unidos de América

Fundación Príncipe Alberto II de Mónaco

Comité Científico de Investigaciones Oceánicas

Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO

Organismo Internacional de Energía Atómica

Programa Internacional sobre la Geosfera y la Biosfera

Musée océanographique de Monaco

Centre Scientifique de Monaco

Consejo Internacional para la Exploración del Mar

Organización del Pacífico Norte para las Ciencias del Mar



Fotografía: Clara Natoli

Redactores: Maria Hood, Wendy Broadgate, Ed Urban y Owen Gaffney.
Diseño gráfico: Hilarie Cutler, Secretaría del IGBP

Los textos se pueden consultar en:
www.ocean-acidification.net.
Los textos impresos se pueden obtener escribiendo a la siguiente dirección de correo electrónico: comms@igbp.kva.se o llamando al siguiente número de teléfono: + 46 8 16 64 48.

Los resultados que se exponen brevemente en este documento se sintetizan en el informe científico de Orr et al. (2009) titulado Research Priorities for Ocean Acidification, consultable en: www.ocean-acidification.net.