

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/361281221>

La acidificación de los océanos, el otro problema al aumento del CO₂: perspectivas para la comprensión de sus efectos sobre los ecosistemas marinos en Argentina

Article · June 2022

CITATIONS

0

READS

100

4 authors:



Betina J. Lomovasky

National Scientific and Technical Research Council

59 PUBLICATIONS 614 CITATIONS

SEE PROFILE



Ana P. Osiroff

Servicio de Hidrografía Naval

14 PUBLICATIONS 245 CITATIONS

SEE PROFILE



María Soledad Yusseppone

National Scientific and Technical Research Council

19 PUBLICATIONS 133 CITATIONS

SEE PROFILE



Lucía C. Kahl

Servicio de Hidrografía Naval

13 PUBLICATIONS 25 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Sistema del carbono en el Océano Atlántico Sudoccidental [View project](#)



Strengthened capacities in marine and coastal management by applying nuclear and isotopic techniques (Argentinean counterpart- Latin American and Caribbean Regional IAEA project, RLA 7025). [View project](#)

La acidificación de los océanos, el otro perspectivas para la comprensión de sus efectos

Betina J. Lomovasky*, Ana Paula Osiroff**, María Soledad Yusseppone* y Lucía Carolina Kahl**

Accidificación del océano y sus efectos sobre los ecosistemas marinos

El Cambio Climático ha sido asociado principalmente con el calentamiento global producto de la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera como el dióxido de carbono (CO₂), entre otros. Si bien existen causas naturales para el aumento del CO₂ atmosférico, como las producidas por erupciones volcánicas, incendios naturales, etc., el incremento acelerado producido por la quema de combustibles fósiles desde la industrialización (FIGURA 1), está generando consecuencias en la circulación atmosférica, aumento en la intensidad de fenómenos extremos como sequías, inundaciones, aumento del nivel del mar, etc. Adicionalmente, otros procesos asociados al aumento del CO₂ atmosférico ocurren en los océanos.

El océano desempeña un importante rol como mitigador del cambio climático al capturar cerca del 25% del CO₂ antropogénico que es emitido a la atmósfera. El CO₂ gaseoso que es

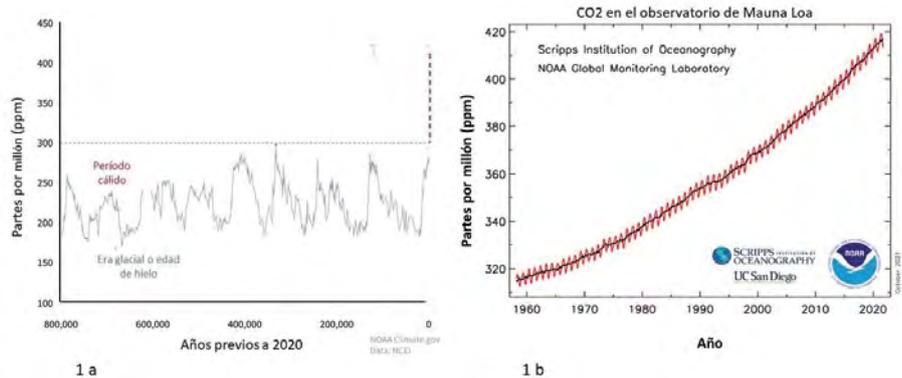


FIGURA 1. a) Registro histórico de la concentración de CO₂ atmosférico en partes por millón (ppm) b) Curva de Keeling con mediciones tomadas a partir de 1958 por el científico estadounidense Charles Keeling en el Observatorio Mauna Loa, Hawaii. Fuente: extraído y adaptado de <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/>.

absorbido por los océanos se disuelve transformándose en CO₂ acuoso, que al reaccionar con el agua produce ácido carbónico además de iones bicarbonato y carbonato. La suma de las concentraciones de las tres especies forma el denominado carbono inorgánico disuelto o carbono total (CT) y todos ellos constituyen el sistema de carbonatos (SC). Otro parámetro clave del SC es la alcalinidad total (AT) que representa la relación de conservación de masa de un ión hidrógeno. Esta serie de reacciones químicas produce la liberación del ión hidrógeno e interfiere con la disponibilidad del carbonato de calcio en el medio. La fuerte captura de CO₂ por parte del océano, altera la dinámica del sistema, con la consecuente disminución del pH y de la concentración del ión carbonato, fenómeno

denominado como acidificación del océano (AO). Ésta produce importantes consecuencias para los ecosistemas y los servicios ecosistémicos (esto es seguridad alimentaria y los medios de vida de millones de personas), sobre todo en sistemas donde los recursos pesqueros y la actividad recreativa son de vital importancia para los desarrollos económicos locales y regionales.

La concentración de CO₂ en el océano muestra gran variabilidad espacial y temporal. Dichas variaciones pueden ser debidas a causas físico-químicas y biológicas. Las causas físico-químicas se refieren al surgimiento de aguas profundas ricas en CO₂ y a variaciones en la temperatura del agua que influyen en la solubilidad de los gases, y se conoce como bomba física. Mediante la bomba biológica, el CO₂ es tomado de la superficie del mar, y utilizado por el fitoplancton en la fotosíntesis, luego es transportado a las profundidades del océano por hundimiento de materia orgánica particulada, por migración de zooplancton en la columna de agua, o por hundimiento de aguas super-

* Grupo de Ecosistemas Marinos y Costeros y Cambio Climático, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMyC), FCEyN en la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMDP), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Red de Investigación de Estresores Marinos-Costeros en Latinoamérica y el Caribe (REMARCO), Mar del Plata, Argentina. Email: lomovasky@mdp.edu.ar

** Departamento Oceanografía, Servicio de Hidrografía Naval (SHN), Buenos Aires, Argentina. Red de Investigación de Estresores Marinos-Costeros en Latinoamérica y el Caribe (REMARCO), Mar del Plata, Argentina. <https://remarco.org/>



problema al aumento del CO₂: sobre los ecosistemas marinos en Argentina

ficiales ricas en materia orgánica disuelta. Parte de ella se incorpora a los sedimentos.

La AO representa un desafío en la adaptación de los organismos marinos, pudiendo influir en el crecimiento, sobrevivencia, tasas netas de calcificación, descalcificación y tasas de fotosíntesis, tanto en organismos calcificadores (utilizan los carbonatos para la construcción de valvas y otras estructuras duras, ej.: almejas, vieiras, mejillones, crustáceos, erizos, corales, etc.), como en aquellos no calcificadores, al influir en procesos metabólicos a nivel celular (peces, etc). También la reproducción, los primeros estadios larvales y el reclutamiento de organismos en distintos niveles tróficos podrían estar afectados.

La reducción de la capacidad de adaptación de las especies marinas y ecosistemas a los impactos relacionados con el CO₂, puede producir pérdida de hábitat, reducción de la diversidad de especies, simplificación de la red trófica alimentaria y, por lo tanto, aumento de la sensibilidad de los ecosistemas al cambio climático global. La principal preocupación en relación a los efectos sobre los organismos está asociada a cuán rápido son capaces las especies de responder al aumento de la acidez del mar que está ocurriendo de manera acelerada y es allí donde los estudios experimentales cobran gran importancia.

Muchas especies de importancia ecológica, comercial y social podrían verse impactadas directa o indirectamente por la AO. Los efectos de la acidificación sobre los organismos se han estudiado en una gran diversidad de especies y las respuestas son variables (negativas y/o positivas). En

términos generales, es importante conocer si el efecto es positivo o negativo para la especie en cuestión y si ésta es capaz de sobrevivir a dichas condiciones y los costos que esto conlleva, es decir, las consecuencias en los organismos y sus poblaciones. Si el efecto es negativo, ese cambio ambiental podemos reconocerlo como un factor de estrés, que podría implicar un gasto adicional de energía para recuperar y mantener el equilibrio energético. Entender cómo los estresores relacionados a la AO actúan a nivel molecular, celular y de los tejidos y cómo esos efectos son trasladados a nivel individual (crecimiento somático, fecundidad, etc.) de las especies marinas, tendrá implicancias directas sobre las poblaciones y ecosistemas con consecuencias directas y/o indirectas en las funciones y servicios ecosistémicos que estas especies proveen.

Por tales motivos, la AO ha sido identificada por las Naciones Unidas como un problema ambiental global (Meta Objetivo de Desarrollo Sostenible 14.3), en el que se pide "reducir al mínimo y abordar los efectos de la acidificación de los océanos, incluso mediante una mayor cooperación científica a todos los niveles". A través de iniciativas globales, se elaboró la Metodología para el Indicador 14.3.1 "Acidez marina media (pH) medida en un conjunto acordado de estaciones de muestreo representativas", que documenta las directrices y las mejores prácticas para la presentación de datos sobre acidificación del océano.

En este sentido, se han fomentado las colaboraciones internacionales, a fin de aumentar la conciencia sobre la investigación oceánica y ayudar a salvar las diferencias entre la ciencia

y otros sectores de la sociedad. En este contexto, se han formado redes regionales de colaboración con el fin de establecer observatorios regionales y colaborar a los países en su implementación (GOA-ON con sus respectivos nodos regionales, Red de Investigaciones de Estresores Marinos-Costeros en Latinoamérica y el Caribe (REMARCO), e iniciativas del OA-ICC del IAEA, COI-UNESCO, The Ocean Foundation (TOF), Alliance OA, entre otros).

Comprensión actual de los impactos de la OA en los ecosistemas marinos en Argentina

Estudios llevados a cabo durante los últimos 20 años han demostrado que el Mar Patagónico (MP), es uno de los mayores sumideros (zonas de absorción) de CO₂ por unidad de superficie en el Océano Global. La bomba biológica juega un rol crucial en la regulación de los flujos de CO₂ y en el resto del sistema de los carbonatos en el MP. Por otro lado, cerca de la costa, la mezcla producida por la marea conduce a la formación de los denominados frentes de mareas, separando las aguas costeras bien mezcladas de las estratificadas (las aguas más profundas son más densas que las superficiales) de plataforma. Estos diferentes regímenes oceanográficos repercuten en las distribuciones del CO₂, dando como resultado que las aguas costeras se comportan como zonas de emisión de CO₂, mientras que las estratificadas de plataforma media y exterior tienen alta absorción de CO₂. Aunque el efecto biológico desempeña un papel dominante en el MP, las variaciones de CO₂ en la zona costera están dominadas por la bomba física (FIGURA 2).

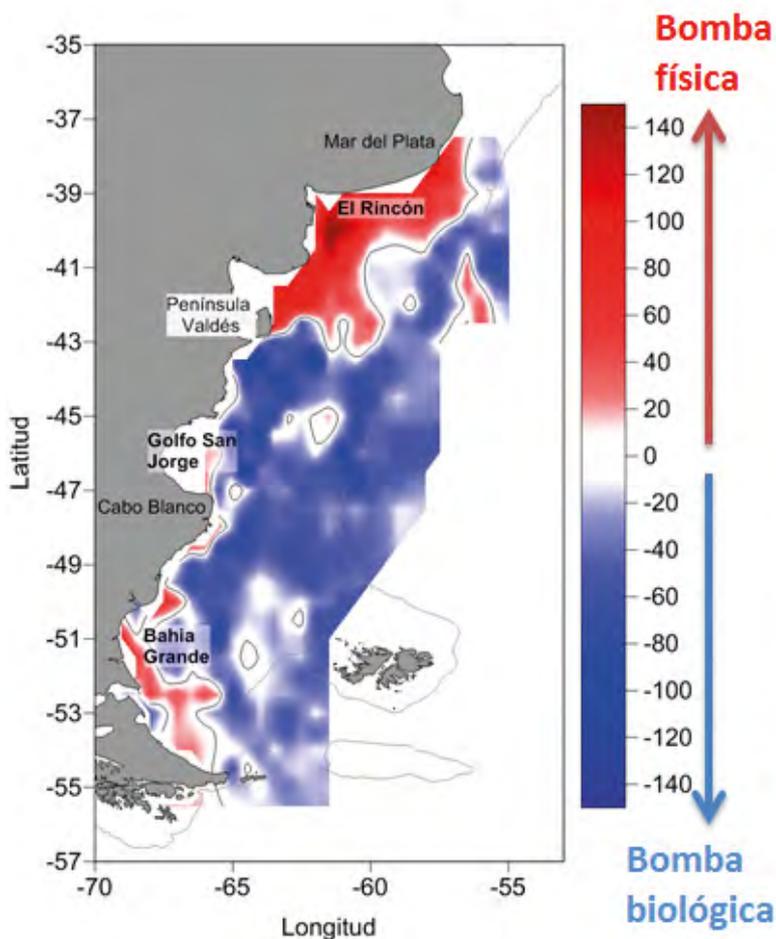


FIGURA 2. Importancia relativa entre los efectos biológicos y térmicos. La paleta de colores indica en rojo que domina la bomba física y en azul la biológica. Fuente: adaptado de KAHL et al., 2017.

Producto de la alta absorción de CO₂ antropogénico, se estima que en el Mar Argentino el pH ha sufrido en promedio una disminución de 0,1 unidades desde el período preindustrial hasta la actualidad, lo cual revela un proceso de acidificación, al igual que lo observado en otras regiones del globo.

Las distribuciones espaciales y temporales del pH, así como su variabilidad, son aún poco conocidas en esta región del Atlántico Sur. Pese a los avances científicos en relación al problema del CO₂, aún hay zonas de importancia oceanográfica-pesquera que no han sido exploradas en relación al tema. Para estudiar la variabilidad, es necesario disponer de series temporales de los parámetros medibles del SC (pH, pCO₂, AT, CT) en distintos sectores del Mar Argentino a fin de cuantificar las tendencias en la ab-

sorción de CO₂ del océano y cambios en el SC y su vinculación con la AO. La disposición de estaciones permanentes costeras permitiría monitorear áreas que influyen en forma directa sobre las comunidades costeras y sistemas socio-ecológicos locales y regionales.

La Argentina como parte del observatorio regional de la acidificación de los océanos

A partir del año 2020, Argentina ha sido incorporada al "Observatorio Latinoamericano de la Acidificación de los Océanos" de la red REMARCO conformado por 18 países de Latinoamérica y el Caribe. Las primeras 4 Estaciones de Monitoreo Ambiental Costero (EMAC) argentinas que conformarán el mismo ubicadas en la Provincia de Buenos Aires (FIGU-

RA 3) son: Santa Teresita (EMAC-ST: 36°32'S, 56°42'O); Villa Gesell (EMAC-VGESELL: 37°15'S, 56°57'O), Mar Chiquita (EMAC-MCH: 37°43'S, 57°25'O) y Mar del Plata (EMAC-MDP: 38°03'S, 57°33'O). Estas abarcan un área de casi 200 km de costa y representan sistemas con una alta variabilidad en factores físicos, químicos y biológicos, donde serán monitoreadas las variables del SC y fisicoquímicas asociadas. Esta información junto a estaciones autónomas continuas atmosféricas/oceanográficas que se instalarán como parte de la integración de REMARCO a la red de redes de la Iniciativa Pampa Azul, contribuirán al reporte del indicador ODS 14.3.1 por parte de Argentina, en función de los compromisos internacionales asumidos.

La AO podría alterar la cantidad, calidad y/o distribución de especies de importancia comercial con impacto sobre pesquerías artesanales o comerciales, como así también especies estructuradoras de comunidades. La AO podría incluso combinarse con otros factores ambientales (calentamiento, desoxigenación) o aquellos vinculados directamente a las actividades humanas, como la sobrepesca, y producir importantes costos socio ambientales. El abordaje experimental permite identificar cómo responden las especies a condiciones de AO establecidas artificialmente y diseñar planes de adaptación que contribuyan con las comunidades más afectadas y la sostenibilidad de los recursos. Actualmente diversas instituciones de Argentina se encuentran enfocadas en evaluar los efectos de la AO sobre: bivalvos de importancia comercial (Vieira patagónica *Zygochlamys patagónica*, Almeja amarilla *Mesodesma mactroides*, Mejillón *Mytilus edulis platensis*, el mejillín *Brachidontes rodriguezii* entre otros, por las autoras de este artículo; FIGURA 4), crustáceos, erizos, peces, fitoplancton y zooplancton, entre otras especies potencialmente vulnerables a este fenómeno.

Si bien la ciencia en torno a la AO está creciendo rápidamente, las investigaciones en el plano experimental sobre efectos de la AO sobre organismos son muy incipientes en nuestro país, con muy pocos resultados publicados hasta el momento. Las capacidades y estudios bajo estándares internacionales en función de la precisión en la medición de los parámetros asociados al SC en los estudios experimentales, está actualmente disponible para muy pocas instituciones, como así también los sistemas de control y manipulación de pH y/o pCO₂, por lo que presenta un desafío para aquellos grupos trabajando en la temática.

A través de esfuerzos de colaboración nacional e internacional que contemplen el estado actual del conocimiento del CO₂ en nuestro océano, la implementación de programas de monitoreo costero y el diseño de estudios experimentales, permitirán interpretar de manera

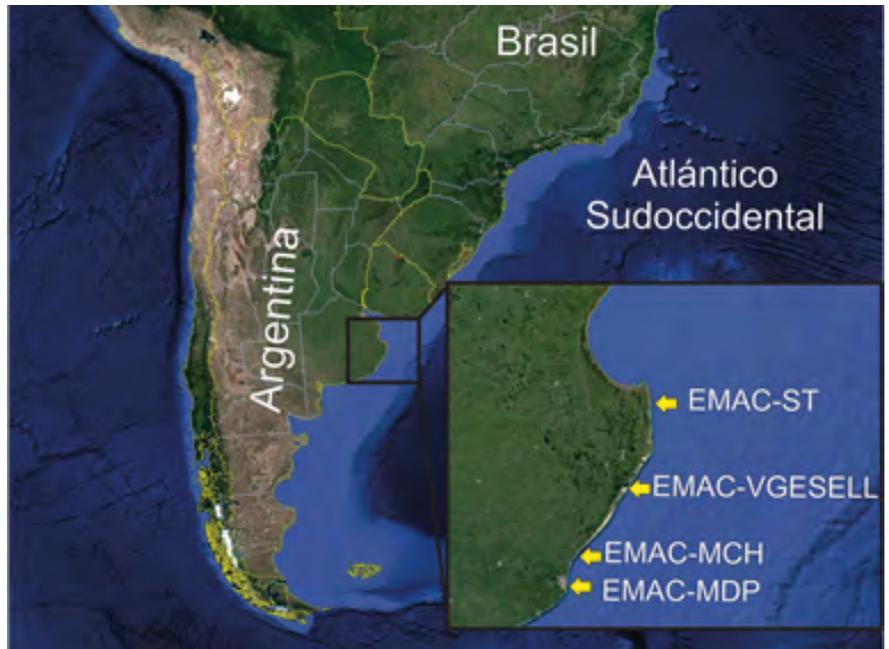


FIGURA 3. Estaciones de Monitoreo Ambiental Costeras que forman parte del Observatorio Regional Latinoamericano de la Acidificación del Océano, en Santa Teresita (EMAC-ST), Villa Gesell (EMAC-VGESELL), Mar Chiquita (EMAC-MCH) y Mar del Plata (EMAC-MDP). Fuente: Elaboración propia.

efectiva y coordinada los riesgos que conlleva la AO sobre los organismos, los ecosistemas y las comunidades que dependen de ellos y evaluar po-

sibles estrategias de adaptación a un océano en constante y acelerado cambio.



FIGURA 4. Fotografías de bivalvos comerciales y estructuradores de comunidades actualmente en estudio. a) Vieira patagónica *Zygochlamys Patagonica*, b) Almeja amarilla *Mesodesma Mactroides* y c) Mejillín *Brachidontes Rodriguezii*. Fuente: Foto de vieiras gentileza de Matías Schwartz.

BIBLIOGRAFÍA

BIANCHI, A. A., RUIZ PINO, D., ISBERT PERLENDER, H. G., OSIROFF, A. P., SEGURA, V., LUTZ, V., CLARA, M. L., BALESTRINI, C. F. y PIOLA, A. P. (2009). Annual balance and seasonal variability of sea-air CO₂ fluxes in the Patagonia Sea: their relationship with fronts and chlorophyll distribution. *Journal of Geophysical Research*, vol. 114 (C3).

DONEY, S. C., BUSCH, D. S., COOLEY, S. R. y KROEKER, K. J. (2020). The Impacts of ocean acidification on marine ecosystems and reliant human communities. *Annual Review of Environment and Resources*, vol. 45:1, pp. 83-112.

GATTUSO, J. P. y HANSSON, L. (2011). *Ocean Acidification*. Oxford University Press, p. 326.

KAHL, L. C., BIANCHI, A. A., OSIROFF, A. P., RUIZ PINO, D. y PIOLA, A. R. (2017). Distribution of sea-air CO₂ fluxes in the Patagonian Sea: Seasonal, biological and thermal effects. *Continental Shelf Research*, vol.13:143, pp. 18-28.

KAHL, L. C., (2018). *Dinámica del CO₂ en el Océano Atlántico Sudoccidental* (Tesis Doctoral). Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Buenos Aires, Argentina. Pp. 235.