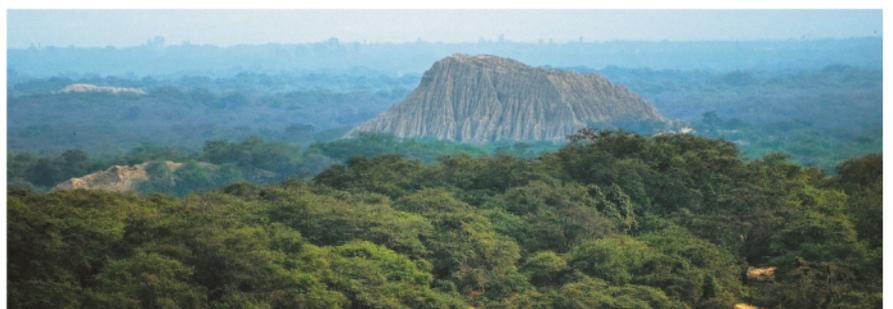


Policy brief

Diálogos académicos:
Aportes de la Academia a Nuestro Desafío Climático (NDC)



¿NUESTRO OCÉANO SIN ALIENTO?: CÓMO VARÍA EL OXÍGENO EN EL MAR PERUANO



GRUPO IMPULSOR DE
**ACCIÓN CLIMÁTICA
DE LA ACADEMIA**

Con el apoyo de:



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

¿NUESTRO OCÉANO SIN ALIENTO?: CÓMO VARÍA EL OXÍGENO EN EL MAR PERUANO

Jorge Cardich¹, Abdelfettah Sifeddine², Renato Salvattecí³, Dennis Romero⁴, Francisco Briceño-Zuluaga⁵, Michelle Graco⁵, Tony Anculle⁵, Carine Almeida² and Dimitri Gutiérrez^{1,4}

¹ LID-CIDIS-Facultad de Ciencias y Filosofía, Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima, Perú, Av. Honorio Delgado 430, San Martín de Porres, Lima, Perú.

² Centre IRD France-Nord, LOCEAN, Paris, France,

³ Institute of Geoscience, Kiel University, Kiel, Germany,

⁴ Dirección General de Investigaciones Oceanográficas y Cambio Climático, Instituto del Mar del Perú – IMARPE, Callao, Peru,

⁵ Programa de Geociencias, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR, Santa Marta, Colombia

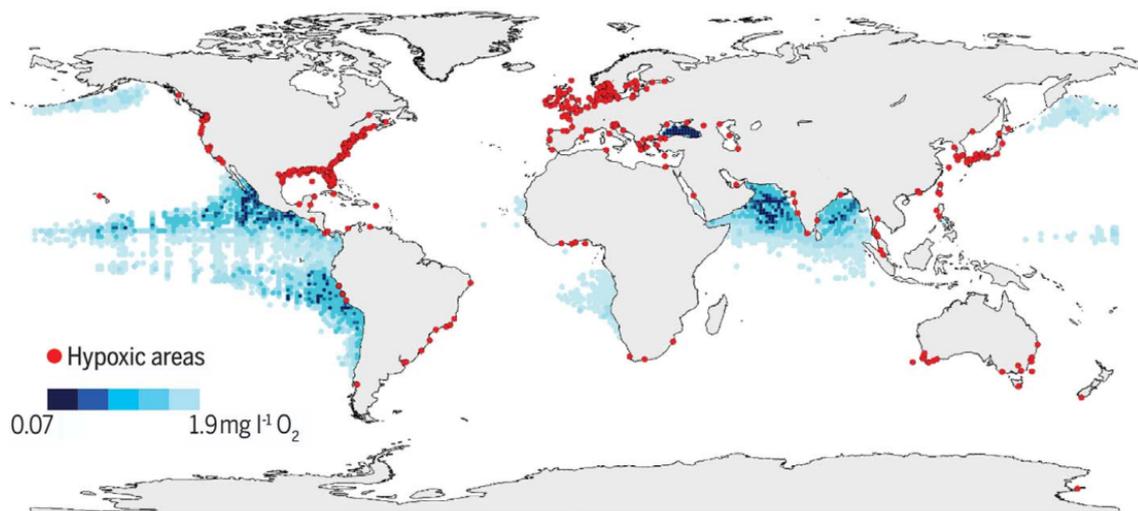
*Email: jorge.cardich.s@upch.pe

1. Descripción del problema

El océano global está perdiendo oxígeno por causa del calentamiento global (Stramma et al. 2008). Nuestro mar peruano es bastante susceptible a estos problemas puesto que, por su alta productividad y por factores de circulación oceánica, presenta un extenso volumen de agua ya de por sí con muy poco oxígeno y pH bajo, conocido como zona de mínima de oxígeno (ZMO; Helly & Levin 2004). Al igual que otras ZMOs del globo, se ha evidenciado que la ZMO del Pacífico Sur Este, cercana al Sistema de Corrientes de Humboldt, se ha estado expandiendo en las últimas décadas debido al calentamiento global. Sin embargo, no se conoce cuál es la variación temporal de la ZMO frente a Perú. Si las aguas de la ZMO llegasen a la zona costera, impactarían sobremanera a la ecología y metabolismo de los organismos marinos (Stramma et al. 2008). Aún más, si ya existe un impacto antrópico en la costa, se formaría un efecto sinérgico, generándose “zonas muertas” (Breitburg et al. 2018). Para una correcta evaluación de los impactos venideros en la zona marino costera y en la zona oceánica en relación al oxígeno y sobre la biodiversidad marina, es necesario conocer la dinámica natural de la ZMO.

2. Hallazgos (víctimas, tramas y contexto en particular)

“Cada una de las últimas tres décadas ha sido sucesivamente más caliente en la superficie terrestre que cualquier década anterior desde 1850” (IPCC 2014). Este calentamiento dirigido por el aumento de gases de efecto invernadero está generando directa e indirectamente la pérdida de oxígeno y el aumento de acidez en el mar. Estas tendencias aún no son totalmente entendidas en el mar peruano. La cercanía al ecuador y la presencia de una zona de mínima de oxígeno que inicia a baja profundidad y áreas de afloramiento costero son factores que podrían hacer responder al sistema marino peruano de manera distinta al escenario global. Ante esto, las zonas marinas costeras peruanas necesitan ser estudiadas en el tiempo en términos oceanográficos y ecológicos.

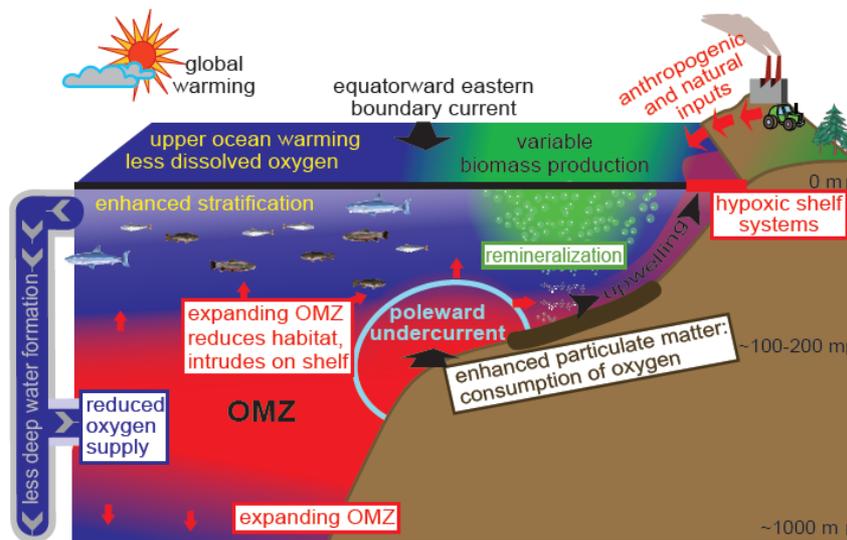


Concentración de oxígeno disuelto en el agua a 300 m de profundidad (en grados de azul) y áreas costeras hipóxicas (puntos rojos). Tomado de Breitburg et al. 2018

La pérdida de oxígeno (=desoxigenación) en el océano abierto y costero es evidente desde al menos la mitad del siglo XX (Breitburg et al. 2018). La desoxigenación está relacionada al aumento de los gases de efecto invernadero (como el CO₂) por actividad humana, lo que aumenta la temperatura. Un alza en la temperatura marina disminuye la solubilidad del oxígeno en el agua, incrementa las tasas de consumo por respiración de oxígeno y aumenta la estratificación en la columna de agua, evitando el intercambio gaseoso entre la atmósfera y el océano, y también entre las aguas superficiales y profundas. El contenido de oxígeno en el océano restringe a la productividad, biodiversidad y a los ciclos biogeoquímicos. El ecosistema marino puede colapsar con climas calientes y océanos pobres en oxígeno (como sucedió en extinciones masivas en la historia geológica de la Tierra) y, con el nivel actual de las actividades humanas, nos dirigimos hacia un océano global totalmente sin oxígeno al menos dentro de los próximos 1000 años. El océano global ha perdido un estimado del 2% de oxígeno en los últimos 50 años. Las zonas de mínima de oxígeno (ZMO), áreas oceánicas naturalmente con poco oxígeno por la pobre ventilación en masas de agua y por la degradación de la materia orgánica producto de una alta productividad primaria, se han expandido en estas últimas seis – siete décadas. Su área ganó 4.5 millones de km² y el volumen del agua completamente sin oxígeno se cuadruplicó. Las ZMOs están asociadas a áreas donde el afloramiento costero (subida de aguas profundas hacia la superficie debido al efecto de los vientos) es intenso (como Perú, norte de Chile, California, etc.). Aquí, el afloramiento de aguas sin oxígeno se ha intensificado en severidad y duración, con serias consecuencias biológicas.

En sistemas marino-costeros que están fuertemente influenciados por el sistema costero, un problema imperativo es el aumento de las cargas de nutrientes y materia orgánica de la agricultura, descargas de desagües y la quema de combustibles fósiles. Todos estos factores generan desoxigenación en el sistema marino-costero (Breitburg et al. 2018). Desde 1950, en más de 500 sitios costeros se ha reportado concentraciones de oxígeno menores a 2 mg/L (un valor usualmente usado como umbral de hipoxia). Estas zonas marino-costeras severamente impactadas son conocidas como “zonas

muertas”. Muchos otros lugares podrían estar en la misma situación, pero la falta de mediciones en ellos nos impide saberlo.



Impacto del calentamiento global y de la eutrofización costera sobre la concentración de oxígeno disuelto en el agua. Tomado de Stramma et al. 2010.

El aumento progresivo de zonas costeras fuertemente impactadas por enriquecimiento orgánico en las últimas décadas es reconocido. Los efectos de la intensa hipoxia originada en las zonas costeras sobre la biodiversidad marina también han sido documentados y catalogados como graves. Las bahías representan áreas donde el impacto ambiental del enriquecimiento orgánico es altamente relevante al haber zonas de retención de sedimentos y de baja circulación. Los sedimentos en estas áreas de las bahías son propensos a experimentar hipoxia estacional o, incluso, permanente. Consecuentemente, los procesos biogeoquímicos varían y presentan gradientes pronunciados que requieren ser descritos adecuadamente para entender el origen exacto de los mismos.

La zona costera de Perú alberga comunidades de organismos de una alta diversidad y con importancia comercial. Los servicios ecosistémicos brindados por las bahías son diversos e invaluableles. Además, estos ecosistemas son susceptibles a una variabilidad ambiental estacional marcada con una injerencia interanual de la variabilidad El Niño Oscilación Sur (ENOS). Los procesos y condiciones biogeoquímicas de los sedimentos de las bahías son afectados sobremanera, con escenarios de alto flujo orgánico hacia el fondo, eventos de oxigenación, y granulometría variante debido a las corrientes costeras.

3. Opciones de acción

Ante los resultados evidenciados por nuestra investigación y la situación actual de la normativa local, recomendamos:

- continuar y afinar los sistemas de monitoreo oceanográfico en los aspectos físico, químico y biológico.

- además, estos sistemas deben aumentar a lo largo del litoral peruano. El Instituto del Mar del Perú (IMARPE) cumple con esta labor, pero el estudio a una mayor escala temporal (hacia el pasado) ha sido enfocado en Callao y Pisco. Un mayor esfuerzo debe realizarse para realizar este tipo de estudios en zonas a diferentes profundidades en el margen continental peruano y en distintas localidades desde el norte hasta el sur.
- Reforzar y fomentar los estudios multidisciplinarios, dado que los resultados ecológicos, oceanográficos y paleoceanográficos son la base para modelos climatológicos que generarn las proyecciones a futuro que, a su vez, ayudan fuertemente a la toma de decisiones.
- Aprovechar esta información, aumentarla y complementarla para dar más evidencias que contribuyen a la delimitación y formación de áreas marinas protegidas para la conservación de la biodiversidad marina.
- Revisar y hacer más estrictas la leyes en relación a los desechos orgánicos vertidos en el mar.
- Fortalecer la colaboración entre instituciones del Estado e institutos académicos y darles un peso en las tomas de decisiones.

4. Referencias bibliográficas

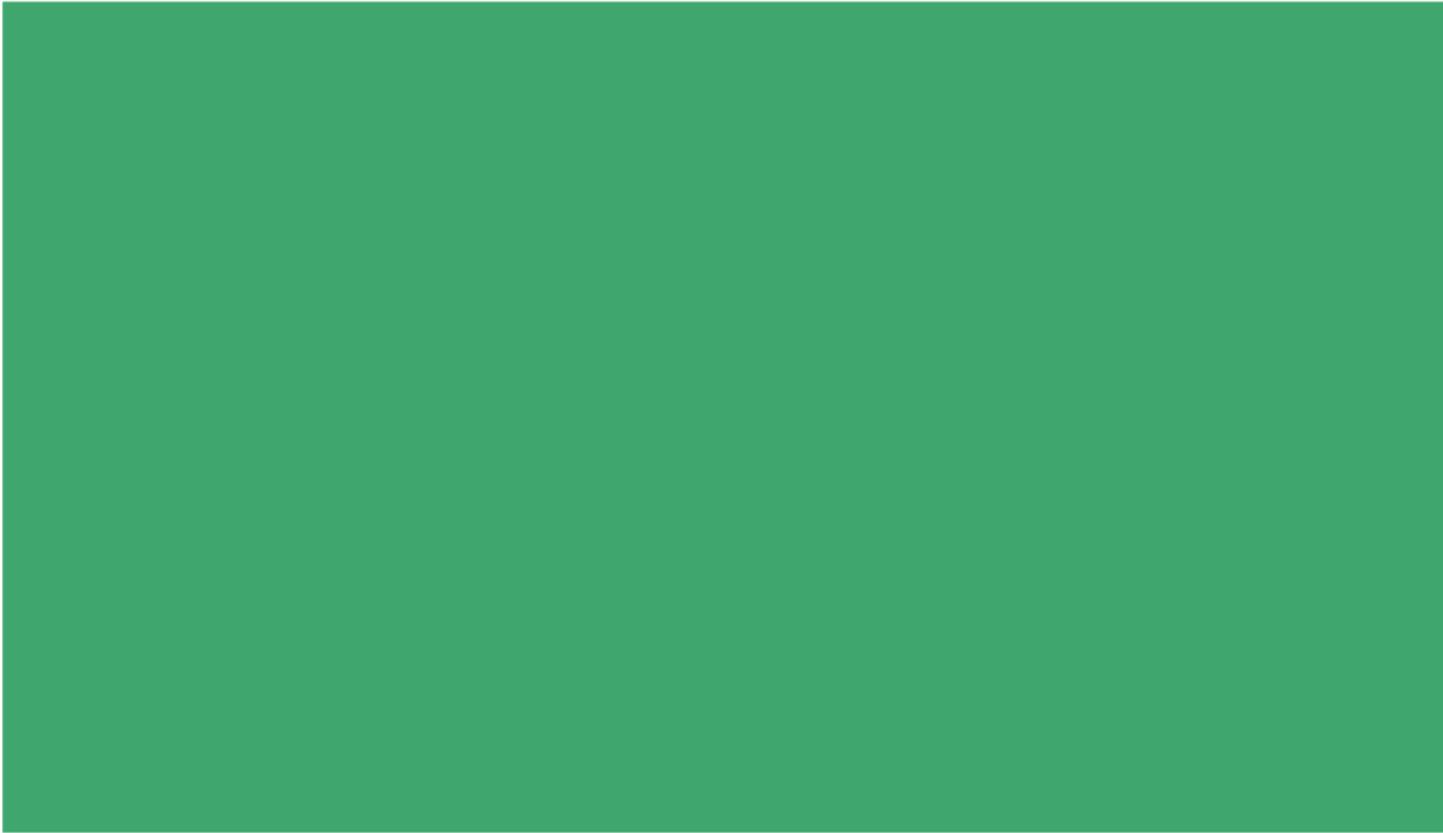
Breitbart, D., Levin, L. A., Oeschies, A., Grégoire, M., Chavez, F. P., Conley, D. J., et al. (2018). Declining oxygen in the global ocean and coastal waters. *Science* 359:eaam7240. doi: 10.1126/science.aam7240

Helly, J. J., and Levin, L. A. (2004). Global distribution of naturally occurring marine hypoxia on continental margins. *Deep Sea Res.* 51, 1159–1168. doi: 10.1016/j.dsr.2004.03.009

IPCC (2019), Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, en el contexto del reforzamiento de la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, el desarrollo sostenible y los esfuerzos por erradicar la pobreza.

Stramma, L., G. C. Johnson, J. Sprintall, and V. Mohrholz (2008), Expanding oxygen-minimum zones in the tropical oceans, *Science*, 320, 655–658, doi:10.1126/science.1153847

Stramma, L., Schmidtko, S., Levin, L. A., and Johnson, G. C.: Ocean oxygen minima expansions and their biological impacts, *Deep-Sea Res. Part I*, 57, 587–595, 2010.



**Diálogos académicos:
Aportes de la Academia a Nuestro Desafío Climático (NDC)**



**GRUPO IMPULSOR DE
ACCIÓN CLIMÁTICA
DE LA ACADEMIA**

Con el apoyo de:



PERÚ

Ministerio
del Ambiente