

Los Océanos, Cambio Climático y Seguridad Alimentaria

Por Dr. Miguel Alfonso, Ph.D

Los océanos, que ocupan tres cuartas partes de la superficie del planeta, están más calientes, más ácidos y menos productivos que nunca. La solución pasa por dejar de emitir gases de efecto invernadero.

El 96,5 % del agua mundial se encuentra en los océanos, y absorbe gran parte del calor extra y del carbono que los humanos emitimos a la atmósfera. Son imprescindibles para la vida. También los aliados perfectos para hacer frente a la crisis climática. Sin embargo, el propio calentamiento global de la atmósfera está poniendo en jaque estos ecosistemas llenos de vida.

En 2020, sin ir más lejos, los océanos se recalentaron como nunca antes. «El calentamiento a largo plazo del océano es un indicador crítico del estado pasado y presente del sistema climático», advertía un

estudio publicado en *Advances in Atmospheric Sciences* a principios de año (Silvy, Y. et al. *Nature Climate Change* volume 10, 2020).

Según los hallazgos del equipo de

especialistas,

la temperatura de la parte superior del océano estuvo en el año pasado 234 zetajulios (ZJ) por encima de la media histórica y unos 20 más que en 2019.

Pero no se puede decir que sea un problema reciente. La temperatura de la parte superior del océano no ha dejado de aumentar desde la década de 1980. Desde 1986, el aumento anual

promedio es casi ocho veces mayor que la tasa lineal de 1958 a 1985. Cada década ha sido más cálida que la anterior y, en orden descendente, los años 2020, 2019, 2017, 2018 y 2015



registran las épocas de mayor calor acumulado por el mar desde 1955 (<https://www.climatica.lamarea.com/18-01-oceanos-recalentaron-2020/>). En la **figura 1** se muestra como ha sido el comportamiento de la temperatura en el océano global desde 1850 hasta el año 2020, evidenciándose un incremento de 1°C promedio para los últimos años.

Al calentamiento extra al que se le somete al océano, hay que sumarle otras consecuencias como la acidificación. Entre 2003 y 2018, el océano

absorbió una media del 23 % de las emisiones de CO₂. Sin embargo, una vez en el agua, el CO₂ incrementa la acidez de esta, lo que supone diversos problemas para muchas especies, incluyendo corales y crustáceos, así como para las personas, que dependen de estos ecosistemas marinos (**Figura 2**).

Otro grave problema iniciado con el calentamiento global de la atmósfera, fruto de las actividades humanas, es

la desoxigenación. Desde mediados del siglo pasado, se estima que se ha producido una disminución de entre el 1 % y el 2 % en el inventario de oxígeno oceánico en todo el mundo. En la actualidad, como recogía un informe de la **Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)**, existen cerca de 700 zonas en todo el mundo afectadas por condiciones de poco oxígeno, en comparación con las 45 que había en la década de 1960. Y en ese mismo periodo -60 años- las áreas del océano sin oxígeno se han cuadruplicado.

En este contexto, el informe prevé que los océanos pierdan entre el 3 y el 4 % de su stock de oxígeno a nivel mundial para el año 2100 bajo un escenario sin cambios (<https://www.climatica.lamarea.com/las-areas-del-oceano-sin-oxigeno-se-han-cuadruplicado-en-60-anos/>).

Un océano más cálido también significa tormentas y ciclones más potentes y destructivos. Además, fruto de la subida de temperaturas se produce un cambio en los patrones de precipitación, haciendo la lluvia más errática

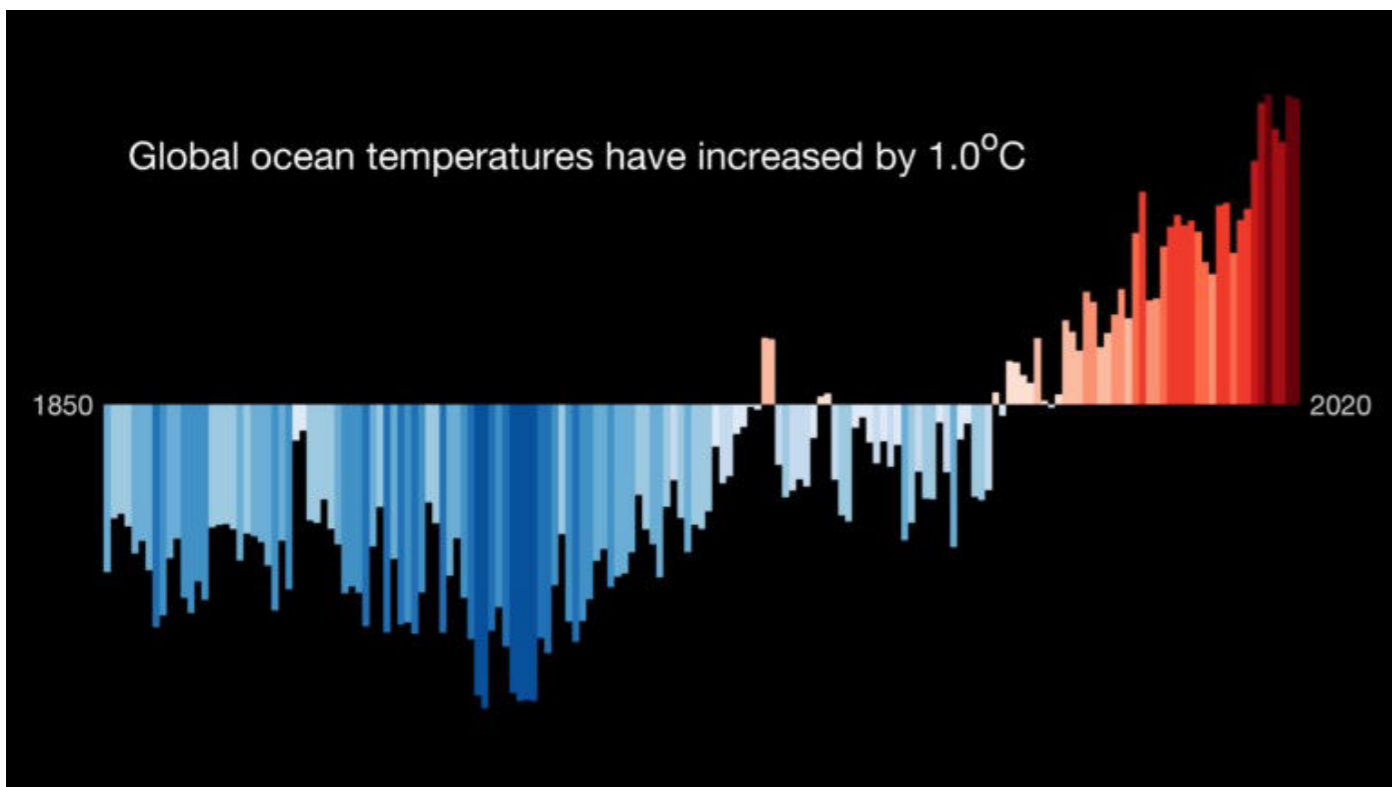


Figura 1. El cambio de la temperatura en el océano global desde 1850 a 2020. Fuentes: La marea climática Foto: Evolución de la temperatura oceánica. @ed_hawkins

y torrencial, pero también más escasa en las zonas secas. Y no solo eso: unos mares más calientes significan un mayor aumento del nivel del mar, debido, principalmente, a medida que se calientan los océanos se derrite el hielo de los polos y los glaciares a mayor velocidad.

Ante este panorama, y para estudiar de forma pautada las consecuencias globales futuras del calentamiento del planeta, los científicos trabajan con escenarios predefinidos de futuro, conocidos como escenarios RCP (https://es.wikipedia.org/wiki/Trayectorias_de_Concentraci%C3%B3n_Representativas). Basados en potenciales patrones

de emisión de gases de efecto invernadero, estos escenarios predicen que la temperatura media de los océanos aumentará entre 0,8 y 3,1 °C a finales del siglo XXI (<https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/long-term-climate-change-projections-commitments-and-irreversibility/>).

EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMATICO SOBRE LAS ZONAS TROPICALES

Considerando estos rangos de temperatura, los científicos tratan de predecir cuál será la respuesta de los ecosistemas a las condiciones ambientales futuras a través de experimentos en los que las especies marinas son sometidas a esos niveles de

temperatura.

Los resultados de estos estudios de laboratorio y las observaciones *in situ* de condiciones ambientales apuntan ya a que estaríamos acercándonos a los rangos fisiológicos tolerables por las especies de zonas tropicales [Miller, N. A. & Stillman, J. H. (2012) *Physiological Optima and Critical Limits. Nature Education Knowledge* 3(10):1]. Por tanto, el límite de habitabilidad de estas regiones podría estar más próximo de lo que pensábamos.

Otro fenómeno que se está observando como producto del calentamiento climático, es el desplazamiento de especies



Figura 2. Los arrecifes de coral no son plantas ni rocas, son animales coloniales, de los cuales depende hasta el 25% de las especies marinas, incluyendo las tortugas. Asimismo, los corales nos proveen seguridad alimentaria a través de la pesca, nos protegen de inundaciones, generan ingresos gracias a los millones de turistas que viajan para apreciarlos, sin embargo, están desapareciendo por el efecto antropogénico en las últimas décadas. Foto: Grant Thomas, finalista Ocean Adventure Photographer of the Year 2020.

marinas a diferentes latitudes. Efectivamente, un estudio publicado en la prestigiosa revista PNAS (Chaudhary, C. et al. PNAS April 13, 2021 118 (15) e2015094118; <https://doi.org/10.1073/pnas.2015094118>) constató que la respuesta de los organismos marinos de zonas tropicales al calentamiento global lleva en marcha al menos unas décadas (Figura 3).

El trabajo comprobó que entre 1955 y 2015 ha habido un desplazamiento general de especies marinas desde la zona ecuatorial hacia los polos (zonas más templadas de mayores latitudes). Este patrón de abandono de las

zonas tropicales, calculado usando datos de unas 50 000 especies marinas, podría ser de tal dimensión que estas regiones estarían dejando de ser los lugares del planeta con mayor biodiversidad. Y no solo eso, parece ser que el número de especies desplazadas aumenta década tras década, acelerando la “huida” de especies tropicales.

Si esta tendencia continúa, el impacto de la desaparición de la biodiversidad tropical será incalculable para la humanidad. En las zonas tropicales (donde se estima que vive el 85 % de la población humana más pobre del planeta) se ha estimado

que la pesca podría caer un 40 % hacia 2050 en relación a los valores del año 2000 debido al cambio climático [(Lam, V.W.Y., et al. *Climate change, tropical fisheries and prospects for sustainable development. Nat Rev Earth Environ* 1, 440-454 (2020). <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0071-9>)] Esto supondría un riesgo para la seguridad alimentaria y los ingresos provenientes del turismo en estas zonas.

Además, se estima que el aumento de la temperatura húmeda (medida en condiciones de humedad máxima) terrestre por encima del límite fisiológico

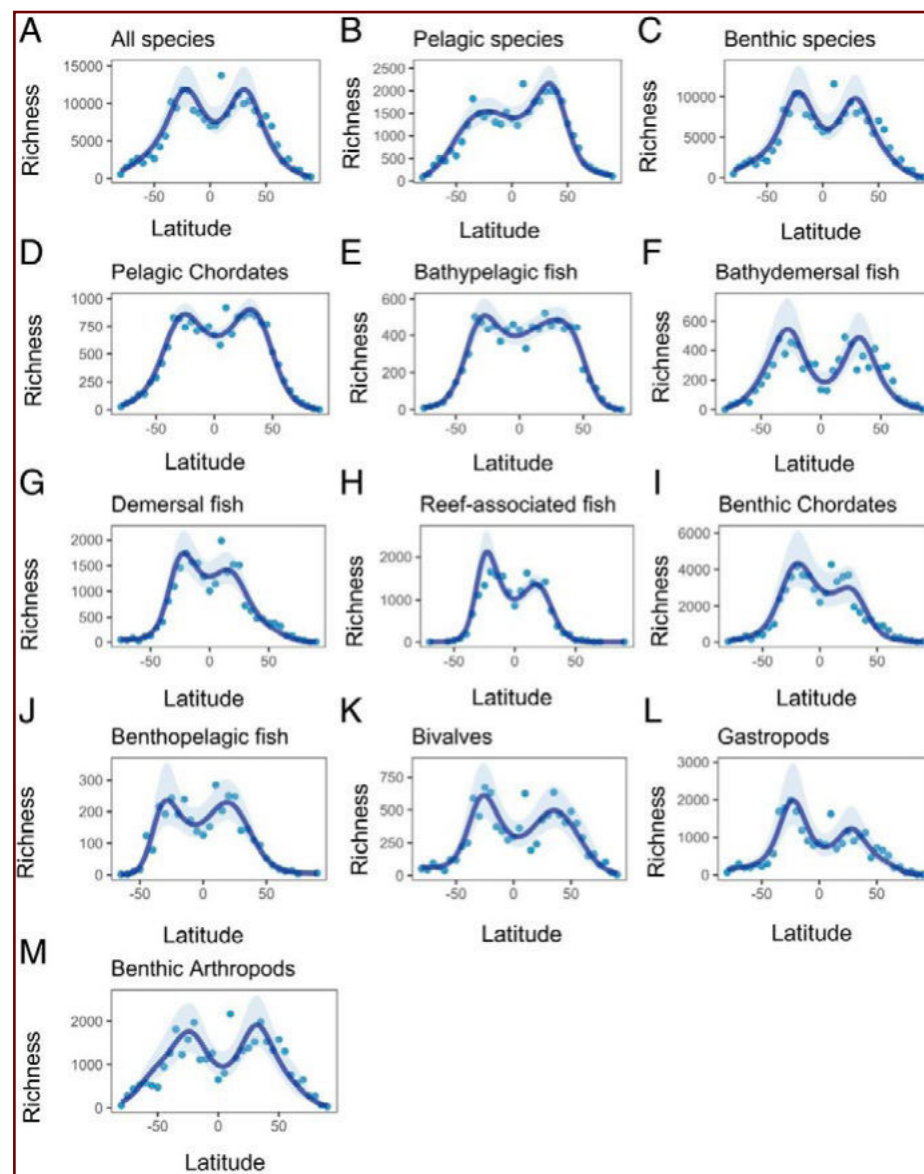


Figura 3. La distribución latitudinal de la riqueza de especies en taxones marinos en la escala de bandas latitudinales de 5° basada en GAM (el efecto del ajuste de latitud para el área de la plataforma): (A) todas las especies; (B) especies pelágicas; (C) especies bentónicas; (D y E) organismos en el medio pelágico; y (F - M) organismos que viven cerca, sobre o en el lecho marino. La región sombreada en cada gráfico muestra la envolvente de confianza del 95% para el ajuste (Chaudhary, C. et al. *PNAS* April 13, 2021 118 (15) e2015094118; <https://doi.org/10.1073/pnas.2015094118>).

científica se centra ahora en la búsqueda de opciones de mitigación y adaptación a las consecuencias del cambio climático en la pesca [(Sagueiro-Otero, D y Ojea, E. *Marine Policy* Vol 122, December 2020, 104123)]. Estas medidas – que no son exclusivas de las pesquerías tropicales porque el desplazamiento de stocks pesqueros hacia los polos es global– tienen sus pilares principales en la capacidad organizativa de las comunidades humanas e instituciones, y en el aprovechamiento del conocimiento científico y local [(Cinner, JE, Adger, WN, Allison, EH et al. *Nature Clim Change* 8, 117-123 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41558-017-0065-x>)].

¿LA COMIDA DEL FUTURO VENDRÁ DEL MAR?

El crecimiento de la población

humana, el aumento de los ingresos y los cambios en las preferencias aumentarán la demanda mundial de alimentos nutritivos en las próximas décadas. La desnutrición y el hambre todavía afectan a muchos países [FAO. *El estado mundial de la pesca y la acuicultura* (FAO, 2018); PNUD. *Objetivo de Desarrollo Sostenible 2, Objetivos de Desarrollo Sostenible*. <https://sustainabledevelopment.un.org/sdg2>], y las proyecciones de población e ingresos para 2050 sugieren una necesidad futura de más de 500 megatoneladas (Mt) de carne por año para el consumo humano.

La ampliación de la producción de cultivos alimentarios derivados de la tierra es un desafío, debido a la disminución de las tasas de rendimiento y la competencia por los escasos recursos hídricos y terrestres (Olsen, Y. *Aquacult. Environ. Interact.* 1, 187-200, 2011). Los productos del mar de origen terrestre (acuicultura de agua dulce y pesca de captura continental; entiéndase productos del mar para designar cualquier recurso alimenticio acuático, y los alimentos del mar para los recursos marinos específicamente) tienen

un papel importante en la seguridad alimentaria y el suministro mundial, pero su expansión también se ve limitada. Al igual que otras producciones terrestres, la expansión de la acuicultura terrestre ha tenido como resultado externalidades ambientales sustanciales que afectan el agua, el suelo, la biodiversidad y el clima, y que comprometen la capacidad del medio ambiente para producir alimentos [Foley, J. A. et al. *Nature* 478, 337-342 (2011); Foley, J. A. et al. *Science* 309, 570-574 (2005); Mbow, C. et al. in *Climate Change and Land* (IPCC Special Report) (eds Shukla, P. R. et al.) Ch. 5 (IPCC, 2019)]. A pesar de la importancia de la acuicultura terrestre en la producción de mariscos, muchos países, en particular China, el mayor productor de acuicultura continental, han restringido el uso de la tierra y las aguas públicas para este propósito, lo que limita la expansión [(De Silva, S. & Davy, F. *Success Stories in Asian Aquaculture* (Springer 2010)]. Aunque la pesca de captura continental es importante para la seguridad alimentaria, su contribución a la producción mundial total de productos del mar es limitada y la expansión se ve obstaculizada por las limitaciones del ecosistema. Por lo tanto, para satisfacer

las necesidades futuras (y reconociendo que las fuentes terrestres de pescado y otros alimentos también son parte de la solución), nos preguntamos si la producción sostenible de alimentos del mar tiene un papel importante en el suministro futuro.

Los alimentos del mar se producen a partir de las pesquerías silvestres y especies cultivadas en el océano (maricultura), y en la actualidad representa el 17 % de la producción mundial de carne comestible [FAO *Fisheries and Aquaculture Department. FishStatJ – Software for Fishery and Aquaculture Statistical Time Series*. <http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en> (2019); Edwards, P., Zhang, W., Belton, B. & Little, D. C. *Policy* 106, 103547 (2019); FAO. *FAOSTAT*. <http://www.fao.org/faostat/en/#home> (2020)]. Además de las proteínas, los alimentos del mar contienen micronutrientes biodisponibles y ácidos grasos esenciales que no se encuentran fácilmente en los alimentos de origen terrestre y, por lo tanto, están en una posición única para contribuir a la seguridad alimentaria y nutricional mundial [Kawarazuka, N. & Béné, C. *Food Secur.* 2, 343-357

soportable por los humanos (35 °C) [(Dunne, J., Stouffer, R. y John, J. *Nature Clim Change* 3, 563-566 (2013). <https://doi.org/10.1038/nclimate1827>)] dificultará la supervivencia de las sociedades en estas áreas y desencadenará migraciones climáticas cuyas consecuencias a nivel geopolítico son aún difíciles de predecir (<https://www.nytimes.com/interactive/2020/07/23/magazine/climate-migration.html>). Durante el desarrollo de este artículo, en la última semana de junio pasado,

en la Columbia Británica de Canadá y la zona oeste de EE.UU presentaron una ola de calor sin precedentes. La temperatura llegó hasta valores de 49 °C, produciendo más de 485 muertes repentinas para la habitabilidad de la zona (30 de junio, <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-57664170>).

Ante esta perspectiva, y en vista de la insuficiente ralentización de las causas que favorecen el cambio climático, la comunidad

(2010); Allison, E. H. *Poverty and Food Security (Working Paper 2011-65)* (WorldFish Center, 2011); Golden, C. D. et al. *Nature* 534, 317-320, 2016)].

Los informes ampliamente publicitados sobre el cambio climático, la sobrepesca, la contaminación y la maricultura insostenible dan la impresión de que es imposible aumentar de manera sostenible el suministro de alimentos del mar. Por otro lado, las prácticas insostenibles, las barreras regulatorias, los incentivos perversos y otras limitaciones pueden estar limitando la producción de productos del mar, y los cambios en las políticas y prácticas podrían apoyar tanto el suministro de alimentos como los objetivos de conservación [(Costello, C. et al. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 113, 5125-5129 (2016); Ye, Y. & Gutierrez, N.L. *Nat. Ecol. Evol.* 1, 0179 (2017)].

En un estudio publicado en *Nature* [(Costello, C., et al. *Nature* 588, 95-100 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2616-y>)], los autores investigaron el potencial de expandir la producción económica y ambientalmente sostenible de alimentos del mar para satisfacer la demanda mundial

de alimentos en 2050. Para ello, los investigadores estimaron la medida en que los alimentos del mar podrían aumentar de manera plausible en una variedad de escenarios, incluidos los escenarios de demanda en los que el *pescado de tierra* actúa como sustituto del mercado.

Los autores de este estudio plantean que la contribución futura de los alimentos del mar al suministro mundial de alimentos dependerá de una serie de factores ecológicos, económicos, políticos y tecnológicos. Las estimaciones basadas únicamente en la capacidad ecológica son útiles, pero

no capturan las respuestas de los productores a los incentivos y no tienen en cuenta los cambios en la demanda, los costos de los insumos o la tecnología [(Gentry, RR et al. *Nat. Ecol. Evol.* 1, 1317-1324 (2017); Troell, M., Jonell, M. & Henriksson, PJG. *Nat. Ecol. Evol.* 1, 1224-1225 (2017)]. Para tener en

cuenta estas realidades, los investigadores construyeron curvas de suministro global de alimentos del mar que explican explícitamente la viabilidad económica y las limitaciones alimentarias. En primer lugar, derivaron las vías conceptuales a través de las cuales se podrían incrementar los alimentos en los sectores

de la pesca silvestre y la maricultura. Luego derivaron empíricamente las magnitudes de estas vías para estimar el suministro sostenible de alimentos de cada sector de productos del mar a un precio dado [(Costello, C. et al. *The Future of Food from the Sea* <http://oceanpanel.org/future-food-sea> (Instituto de Recursos Mundiales, 2019)]. Finalmente, compararon estas curvas de oferta con escenarios de demanda futura para estimar la producción futura probable de productos del mar sostenibles a nivel mundial.

En ese sentido, en el estudio se describió cuatro vías principales por las cuales el suministro de alimentos del océano podría aumentar: (1) mejorar la gestión de las pesquerías silvestres; (2) implementar reformas de políticas de maricultura; (3) el avance de las tecnologías de piensos para la maricultura alimentaria; y (4) demanda cambiante, que afecta la cantidad ofrecida de los tres sectores de producción.

Aunque la producción de maricultura ha crecido de manera constante durante los últimos 60 años (Figura 4) y proporciona una contribución importante a la seguridad alimentaria (Belton,

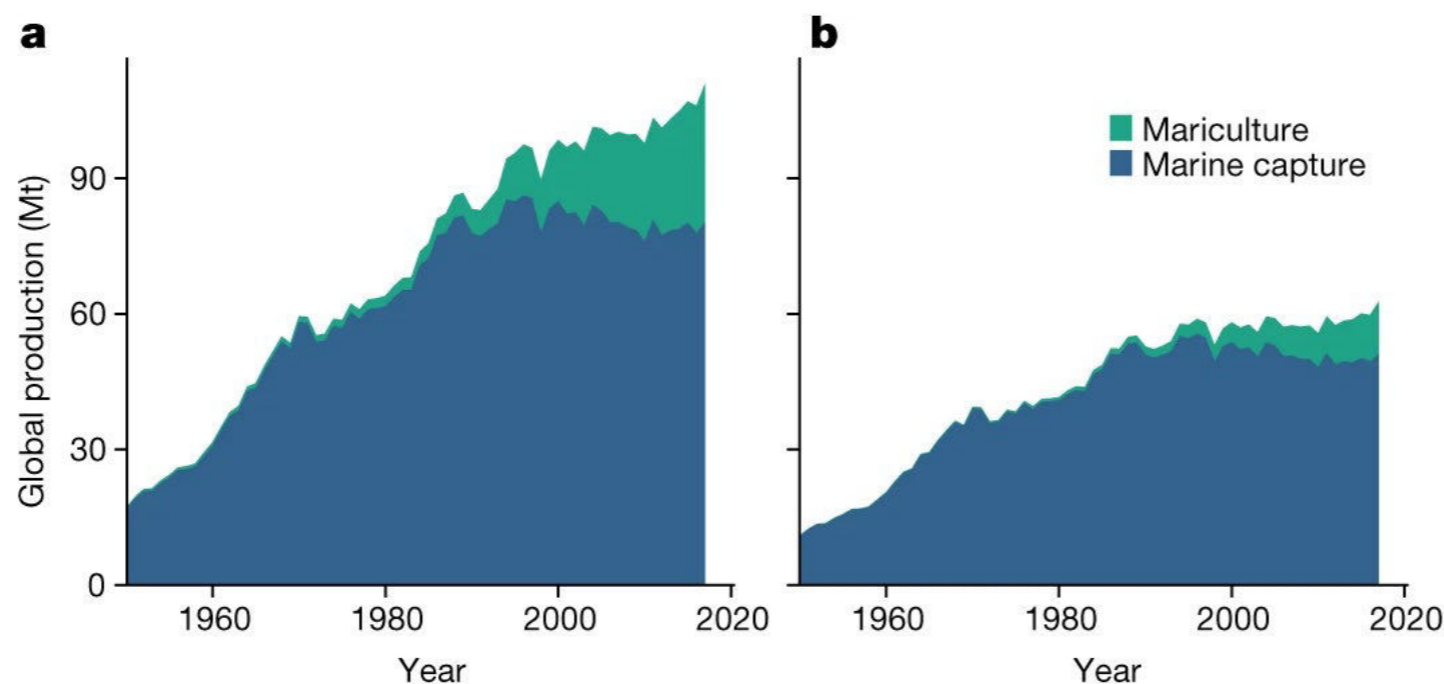


Figura 4. Cosecha marina y alimento del mar a lo largo del tiempo (excluidas las plantas acuáticas). Los datos son de Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO. [(FishStatJ - Software para series cronológicas estadísticas de pesca y acuicultura. <http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en> (2019)]. Las cosechas (producción en peso vivo) (a) se convierten en equivalentes de alimentos (producción comestible) (Edwards, P., et al. *Sea Politic.* 106, 103547 (2019)) (b). En b, también se asume que el 18% de los desembarques anuales de pesquerías marinas silvestres se destinan a fines no alimentarios (Cashion, T., et al. *Fish Fish.* 18, 1026-1037, 2017).

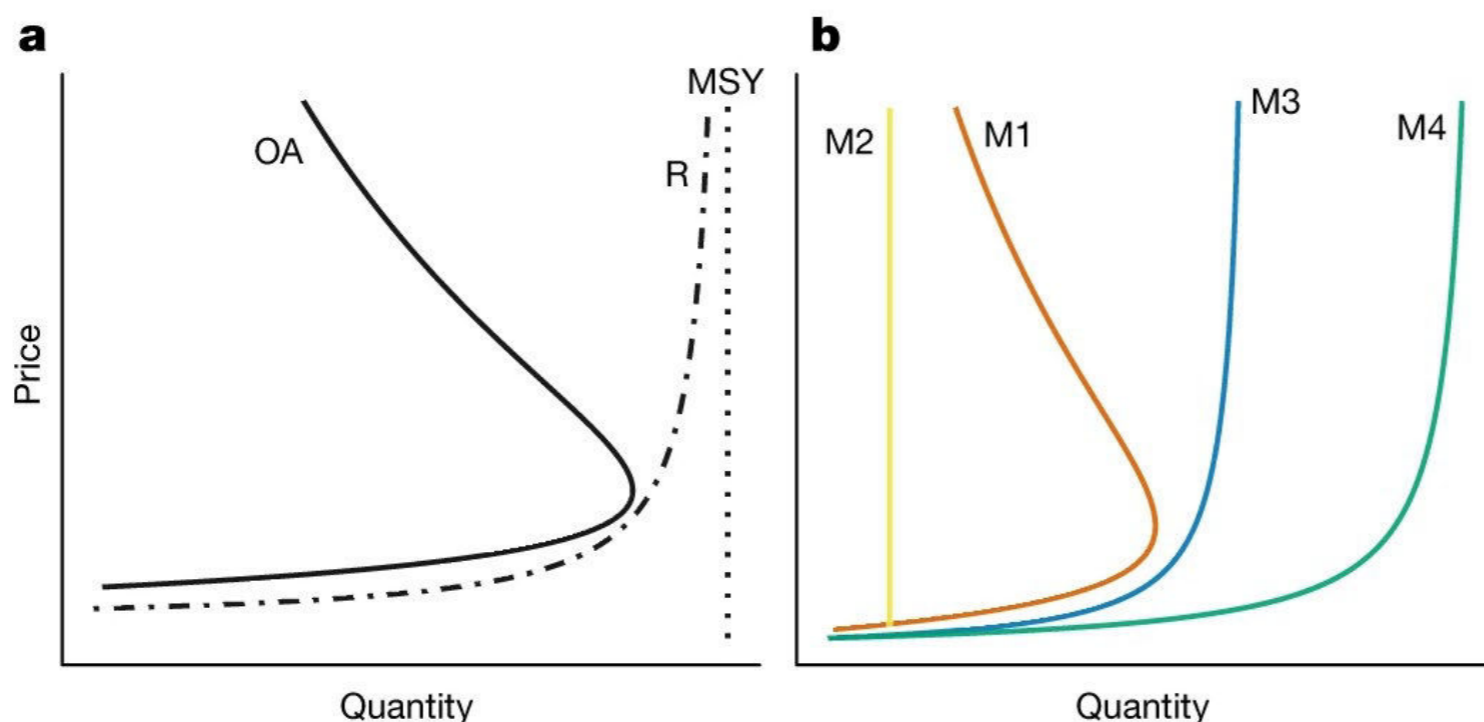
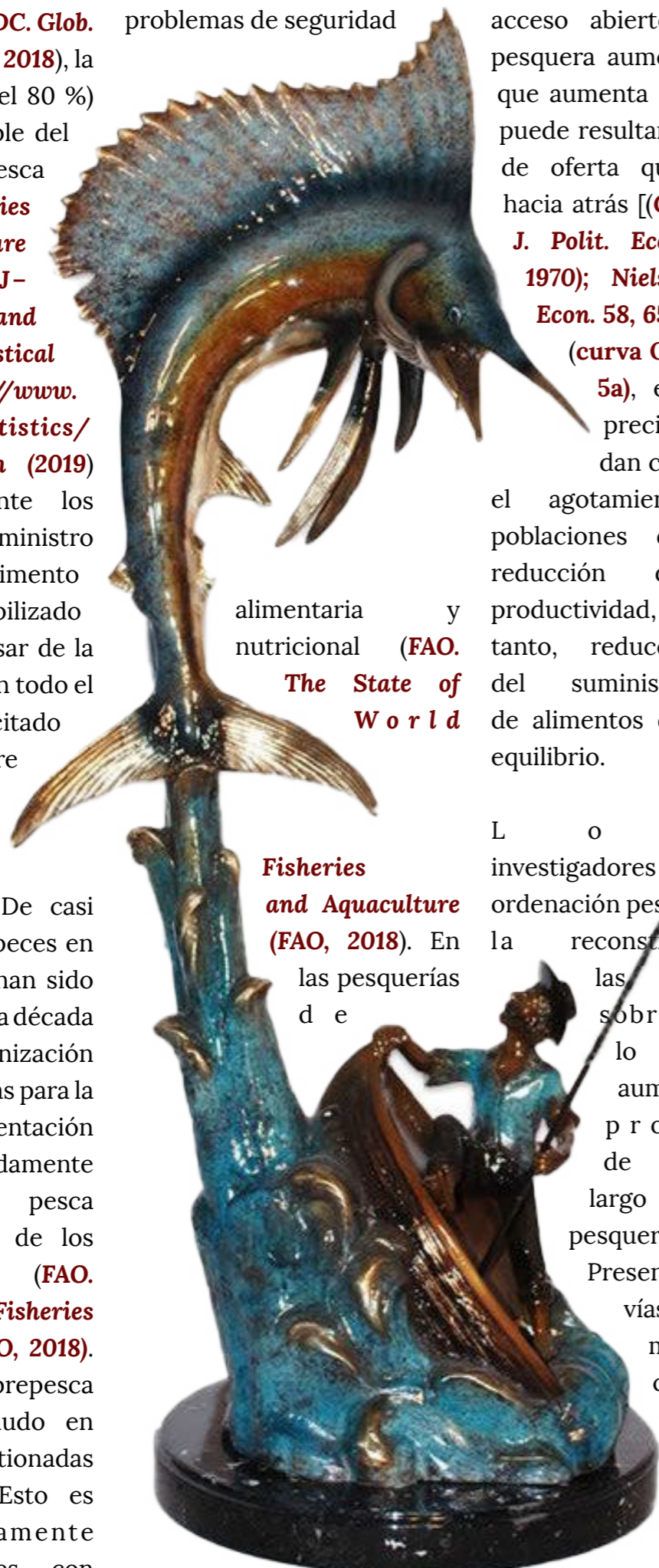


Figura 5. Curvas de oferta hipotéticas para la pesca silvestre y la maricultura, que muestran la influencia del precio en la cantidad de producción. a: Pesquerías silvestres. Las curvas representan pesquerías (OA) mal gestionadas (acceso abierto); reforma de la ordenación para todas las pesquerías (RMS); y reforma de la gestión económicamente racional (R). b: maricultura. Las curvas representan regulaciones débiles que permiten una producción ecológicamente insostenible (M1); políticas excesivamente restrictivas (M2); políticas que permitan una expansión sostenible (M3); y una menor dependencia de los ingredientes limitados para piensos para la producción de piensos marinos (M4).

B., Bush, SR & Little, DC. *Glob. Food Secur.* 16, 85–92, 2018), la gran mayoría (más del 80 %) de la carne comestible del mar proviene de la pesca silvestre (FAO Fisheries and Aquaculture Department. *FishStatJ—Software for Fishery and Aquaculture Statistical Time Series*. <http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en> (2019) (Figura 4b). Durante los últimos 30 años, el suministro de esta fuente de alimento silvestre se ha estabilizado a nivel mundial a pesar de la creciente demanda en todo el mundo, lo que ha suscitado preocupaciones sobre nuestra capacidad para aumentar la producción de manera sostenible. De casi 400 poblaciones de peces en todo el mundo que han sido monitoreadas desde la década de 1970 por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), aproximadamente un tercio no se pesca actualmente dentro de los límites sostenibles (FAO. *The State of World Fisheries and Aquaculture* (FAO, 2018). De hecho, la sobrepesca se produce a menudo en pesquerías mal gestionadas (“acceso abierto”). Esto es desproporcionadamente cierto en regiones con

problemas de seguridad



acceso abierto, la presión pesquera aumenta a medida que aumenta el precio: esto puede resultar en una curva de oferta que se inclina hacia atrás [(Copes, P. Scott. *J. Polit. Econ.* 17, 69–77, 1970); Nielsen, M. *Ecol. Econ.* 58, 650–664 (2006)] (curva OA en la figura 5a), en la que los precios más altos dan como resultado el agotamiento de las poblaciones de peces. y reducción de la productividad, y por tanto, reducción del suministro de alimentos de equilibrio.

alimentaria y nutricional (FAO. *The State of World*

Fisheries and Aquaculture (FAO, 2018). En las pesquerías de

Los investigadores exponen que la ordenación pesquera permite la reconstrucción de las poblaciones sobreexplotadas, lo que puede aumentar la producción de alimentos a largo plazo de las pesquerías silvestres. Presentaron dos vías hipotéticas mediante las cuales las pesquerías silvestres podrían adoptar una gestión

mejorada (Figura 5a).

Primero, independientemente de las condiciones económicas, los gobiernos pueden imponer reformas en la ordenación pesquera. La producción resultante en 2050 de esta vía, suponiendo que las pesquerías se gestionen para un rendimiento máximo sostenible (RMS), está representada por la curva de RMS en la Fig. 5a y es independiente del precio. La segunda vía reconoce explícitamente que las pesquerías silvestres son costosas de monitorear (por ejemplo, a través de evaluaciones de stock) y de manejar (por ejemplo, a través de cuotas); las reformas de manejo son adoptadas solo por pesquerías cuyas ganancias futuras superan los costos asociados de una mejor gestión. Cuando las entidades de ordenación responden a los incentivos económicos, el número de pesquerías para las que los beneficios de una ordenación mejorada superan los costos aumenta a medida que aumenta la demanda (y por lo tanto el precio). Esta gestión económicamente racional determina de forma endógena qué pesquerías están bien gestionadas y, por tanto, cuánta producción de alimentos generan, lo que da como resultado la curva de

oferta designada como R en la figura 5a.

La conclusión de este estudio, es que la demanda mundial de alimentos está aumentando y la expansión de la producción en tierra está plagada de preocupaciones ambientales y de salud. Debido a que los productos del mar son nutricionalmente diversos y evitan o reducen muchas de las cargas ambientales de la producción de alimentos terrestres, se encuentran en una posición única para contribuir tanto al suministro de alimentos como a la futura seguridad alimentaria y nutricional mundial. Las curvas de suministro sostenible estimadas de alimentos del mar sugieren posibilidades sustanciales de expansión futura tanto en la pesca silvestre como en la maricultura. El potencial de una mayor producción mundial de la pesca silvestre depende de mantener las poblaciones de peces cerca de sus niveles más productivos. Para las acciones subutilizadas, esto requerirá expandir los mercados existentes. Para poblaciones sobreexplotadas, esto requerirá adoptar o mejorar prácticas de manejo que eviten la sobrepesca y permitan que las poblaciones agotadas se recuperen. Las prácticas de

ordenación eficaces suelen implicar el establecimiento y el cumplimiento de límites basados en la ciencia sobre la captura o el esfuerzo pesquero, pero las intervenciones adecuadas dependerán de los contextos biológicos, socioeconómicos, culturales y de gobernanza de las pesquerías individuales. La gestión eficaz se verá aún más desafiada por el cambio climático, los cambios en la composición de especies en los ecosistemas marinos y la pesca ilegal. Destinar recursos de las subvenciones que mejoran la capacidad pesquera hacia la creación de capacidad institucional y técnica para la investigación, la ordenación y la aplicación de la pesca ayudará a afrontar estos desafíos. El aumento de la producción de maricultura requerirá prácticas y políticas de gestión que permitan una expansión ambientalmente sostenible. mientras se equilibran las compensaciones asociadas en la mayor medida posible; este principio sustenta todo el análisis. Con el estudio se encuentra que una expansión sustancial es realista, dados los costos de producción y el probable aumento futuro de la demanda.