



ALLIANCE™

(<https://debug.globalseafood.org>).



 Responsibility

Estimación del área global para el desarrollo de la acuicultura marina

22 April 2019

By Muhammed A. Oyinlola, Ph.D. , Gabriel Reygondeau, Ph.D. , Colette C.C. Wabnitz, Ph.D. , Max Troell, Ph.D. and William W.L. Cheung, Ph.D.

72 millones de kilómetros cuadrados de océano son ambientalmente adecuados para cultivar una o más especies



Los resultados de este estudio indican que cerca de 66 millones de kilómetros cuadrados de hábitat marino global son adecuados para la cría de peces, como estas doradas criadas en jaulas flotantes en el Mar Mediterráneo en el sur de España. Foto de Darryl Jory.

Actualmente, 112 países y territorios producen productos del mar en el medio marino, con ganancias que alcanzaron los \$ 65,4 mil millones en 2013 del sector de la maricultura y que representaron el 43.5 por ciento del ingreso total de la acuicultura. Dada la importante contribución de la maricultura al suministro de productos del mar y a la economía, se están realizando varios intentos para estimar el potencial para expandir la acuicultura en el océano. La información sobre el área potencialmente adecuada para la maricultura podría ser útil para planificar actividades basadas en el océano (por ejemplo, producción de energía, transporte marítimo, áreas protegidas marinas).

Varios factores ambientales y socioeconómicos influyen en el desarrollo sostenible de la maricultura. La mayoría de la maricultura implica el cultivo de peces o invertebrados en redes o jaulas que están sumergidas, lo que permite el intercambio de agua libre con el entorno marino circundante. La supervivencia y las tasas de crecimiento de las especies cultivadas están directamente influenciadas por las condiciones ambientales naturales que, en consecuencia, afectan la idoneidad de un área para cultivar estas especies. Sin embargo, una serie de otros factores juegan un papel importante en la determinación de la capacidad de producción real y su sostenibilidad.

Un primer paso importante para describir mejor la extensión espacial ambiental del océano para el potencial de producción sostenible de la maricultura es la identificación de áreas marinas que ofrezcan condiciones ambientales adecuadas para las especies actualmente cultivadas. Las preferencias ambientales de las especies marinas (cultivadas) se pueden aproximar y mapear usando modelos de distribución de especies (SDMs). Este enfoque de modelado consiste en describir cuantitativamente la relación entre los registros de ocurrencia observados de una especie y varios parámetros que describen

su entorno. Dicha relación puede desarrollarse utilizando registros de ocurrencia histórica de la especie tanto en el entorno natural como en el de cultivo. Los SDM se pueden aplicar para predecir la distribución de las especies en el pasado, presente y futuro.

Este artículo, resumido de la **publicación** (<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191086>), original, tenía el objetivo de predecir la extensión espacial del área que es ambientalmente adecuada para la maricultura mediante la aplicación de cuatro modelos de distribución de especies para cuantificar el nicho ambiental de las especies cultivadas actualmente importantes y proyectar su índice de aptitud de hábitat (HSI) sobre el océano global basado en las condiciones ambientales actuales.

Nuestro estudio se centró únicamente en sistemas costeros y de cultivo en aguas abiertas. Basándonos en el HSI previsto, calculamos el área total de las zonas económicas exclusivas (EEZ) del mundo que es adecuada para el cultivo de especies marinas. Examinamos la variación entre modelos y la comparamos con las predicciones medias entre los modelos para resaltar dónde las predicciones eran más sólidas para las variaciones. Luego evaluamos las incertidumbres de la proyección del modelo y estimamos el área total que sería adecuada para la maricultura. Finalmente, discutimos las implicaciones de nuestros resultados para el futuro desarrollo de la maricultura.



Granja de cultivo de ostras en Tasmania, Australia. Fotos de Darryl Jory.

Configuración del estudio

Para los datos bióticos, utilizamos una lista de especies cultivadas de la base de datos de maricultura (SAU) de **Sea Around Us** (<http://www.seaaroundus.org/>), derivada en gran parte de la base de datos de la Organización de Alimentos y Agricultura (FAO), con información aumentada de las estadísticas nacionales para subdividir la producción anual de maricultura por subnacional unidades (por ejemplo, provincias, estados), además de países y taxones, para el período 1950 a 2010.

Extrajimos los nombres de las especies de todos los peces e invertebrados reportados en la base de datos (307 en total). Los registros que no se informan a nivel de especie (es decir, con género y especie especificados) se excluyeron de nuestro análisis. Siguiendo los requisitos mínimos de datos de ocurrencia para SDM, solo retuvimos las especies que ocurrieron en más de siete unidades subnacionales.

Para obtener una distribución espacial representativa de cada especie cultivada y cuantificar su nicho ambiental, desarrollamos dos bases de datos, incluida una con los registros de ocurrencia natural (es decir, de la naturaleza) para las 102 especies de una serie de bases de datos de código abierto; y para cada especie, eliminamos registros duplicados de ocurrencias entre las bases de datos y registros para los cuales la información geográfica no estaba disponible.

Desarrollamos una base de datos de sucesos georreferenciados exclusivamente para maricultura (es decir, costeros y en mar abierto), e identificamos visualmente cualquier instalación de maricultura (corrales, jaulas y líneas) basada en fotos de satélite disponibles en Google Earth. Los datos de ocho parámetros ambientales (temperatura, concentración de oxígeno disuelto, concentración de clorofila-a, salinidad, pH, concentración de silicato, velocidad de la corriente y profundidad eufótica) se recopilaron de varias bases de datos.

Luego predijimos la idoneidad del hábitat para cada especie cultivada en las redes del océano global utilizando modelos de distribución de especies (SDM), y luego calculamos el área de maricultura adecuada total para las 102 especies cultivadas consideradas para cada modelo y obtuvimos un promedio ponderado de varios modelos. También calculamos el número de especies que se predijo que serían adecuadas para la maricultura en cada célula espacial y comparamos la distribución espacial del área potencial de maricultura y la riqueza de especies de las 20 especies cultivadas con la mayor producción acumulada desde 1950 hasta 2010.

Para información adicional sobre los materiales y métodos de estudio; recolección de datos bióticos y ambientales; modelado de la idoneidad del hábitat; prueba de modelo; e identificando posibles áreas de maricultura, por favor consulte la publicación original.

Resultados y discusión

Utilizando un conjunto de SDMs, pudimos explorar la incertidumbre estructural de las distribuciones pronosticadas de especies de maricultura y la idoneidad ambiental. Las proyecciones de algunos modelos mostraron una variación considerable en comparación con otras, pero el enfoque de múltiples SDMs exploró la incertidumbre debida a las discrepancias entre los modelos, capturando así toda la gama de posibles áreas marinas adecuadas para la maricultura.

Fig. 1: Área marina adecuada predicha para maricultura y el acuerdo entre SDMs. Azul: acuerdo alto (4 modelos); amarillo: acuerdo moderado (3 modelos); verde: bajo acuerdo (2 modelos); y rojo: acuerdo muy bajo (1 modelo). Modificado del original en <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191086.g004>.

La relevancia del conjunto de factores ambientales identificados por los algoritmos de modelado aplicados aquí para predecir mejor las áreas de maricultura está respaldada por el conocimiento empírico. Por ejemplo, la fisiología de las especies cultivadas se ve afectada por los cambios en la temperatura. La determinación de la temperatura óptima para el crecimiento de especies cultivadas es una práctica importante en la maricultura. Además, el oxígeno es un factor importante que afecta el crecimiento de los peces, y el nivel de oxígeno disuelto es una consideración importante para determinar la capacidad de retención de las granjas de peces. La salinidad influye en el crecimiento de algunas de las especies cultivadas, y la producción primaria y la materia orgánica particulada en suspensión son fuentes de alimento para los moluscos, y se espera que su concentración afecte el crecimiento de los moluscos cultivados.

En general, nuestros hallazgos sugieren que el área oceánica globalmente adecuada para el medio ambiente para la maricultura es mucho más grande que el área en la que actualmente se practica la maricultura. En particular, la mayoría de las áreas costa afuera consideradas ambientalmente adecuadas no se utilizan para actividades acuícolas. Nuestros resultados, por lo tanto, sugieren que la falta de área ambientalmente adecuada para la maricultura no es el principal factor limitante para la expansión de la maricultura en la mayoría de las regiones del mundo. En cambio, otros factores, como la socioeconomía de los países productores, incluida la capacidad y la inestabilidad política; tecnología, su disponibilidad y rentabilidad; vientos alisios; disponibilidad de alimentos acuáticos; las políticas relacionadas con el desarrollo de la acuicultura y la competencia por el espacio dentro de una EEZ, por ejemplo; el transporte marítimo, el petróleo y el gas, así como el turismo, desempeñan un papel importante en el desarrollo de las operaciones de maricultura y su futura expansión.

Nuestra conclusión sobre el área adecuada para la maricultura y su limitación para su utilización para las operaciones de maricultura está de acuerdo con un estudio relacionado (<https://scholar.google.com/scholar?q=Mapping+the+global+potential+for+marine+aquaculture+Gentry+2017>) donde los autores emplearon diferentes métodos para estimar el área potencial global para la maricultura. Debe fomentarse el uso de múltiples enfoques para predecir el área de maricultura adecuada, para que las incertidumbres asociadas con tales predicciones puedan caracterizarse mejor.

Fig. 2: Área marina potencial adecuada para la producción de maricultura, y la riqueza de especies cultivadas actual versus potencial. (A) Total predicho áreas marinas adecuadas para maricultura en azul y áreas marinas inadecuadas en rojo basado en un promedio de cuatro modelos de distribución de especies diferentes; (B) Comparación entre el número actual de especies cultivadas en diferentes países con un número potencial de especies cultivadas según los resultados del modelo. Modificado del original en <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191086.g005>.

A nivel regional, nuestros resultados muestran que la diferencia entre el área predecible ambientalmente adecuada para la maricultura y el alcance de las actividades de maricultura actuales es mayor en África, el Caribe y en la costa atlántica de América del Sur. Estas regiones son puntos de acceso predichos para la riqueza de especies de maricultura (60 por ciento de las 102 especies), sin embargo, las operaciones de maricultura reales parecen ser relativamente limitadas, ya que representan solo el 1.3 por ciento de la producción mundial de maricultura. Factores como las condiciones económicas deficientes, la falta de infraestructura de apoyo, la inestabilidad política, la inversión extranjera limitada en el sector y los vínculos inadecuados de la cadena de valor en muchos países de estas regiones pueden haber impedido el desarrollo de la maricultura.

China, en contraste, actualmente está utilizando la mayor extensión de su área adecuada para la acuicultura marina. El país tiene una larga historia de acuicultura, desde hace 2.500 años. Debido a las iniciativas de reforma económica de fines de la década de 1970, la industria acuícola de China se ha beneficiado de las políticas de mercado abierto. Además, el hecho de que China represente una cuarta parte de la demanda mundial de pescado ha hecho que el mercado del país sea adecuado para la expansión. Sin embargo, la expansión de las granjas podría ejercer más presión sobre la pesca de captura silvestre, ya que la industria acuícola de China representa una tercera parte de la producción mundial de harina de pescado.

La preocupación por la sostenibilidad ambiental más amplia de la maricultura puede limitar la expansión del sector. En particular, la expansión de la cría de especies carnívoras aumentará la demanda de recursos pesqueros en los alimentos, lo que se sumará al estrés de las pesquerías de forraje y también a la pesca de arrastre no selectiva. Si bien el reemplazo parcial exitoso de la harina de pescado con plantas y otras fuentes (por ejemplo, insectos, levaduras y algas) se probó y se usó en alimentos acuícolas, aún quedan desafíos para el uso de fuentes de alimentos completamente vegetales, especialmente para especies de alto valor como el salmón del Atlántico. Los ingredientes vegetales de alta calidad utilizados en los alimentos también deben ser reemplazados a largo plazo por recursos innovadores que no compitan con los alimentos para humanos.

Una tecnología asequible y eficiente también puede contribuir a la expansión sostenible de la maricultura. Se han logrado avances significativos en los sistemas terrestres diseñados para reducir las descargas de nutrientes y los escapes de especies cultivadas, así como para mejorar el manejo de enfermedades. En los sistemas costeros de maricultura de peces marinos y mariscos, se están desarrollando una variedad de jaulas para resistir las acciones de olas altas y reducir las fugas en las áreas costeras. Estos avances serán necesarios dadas las predicciones de una mayor actividad de tormentas en el futuro.

Fig. 3: Área de maricultura potencial global predicha y riqueza regional de especies cultivadas para (A) peces (66 millones de kilómetros cuadrados); (A) crustáceos (39 millones de kilómetros cuadrados); y (C) moluscos (31 millones de kilómetros cuadrados). Modificado del original en <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191086.g007>.

Para los crustáceos, estos avances se están quedando atrás y habrá que superar una serie de obstáculos importantes para que estos puedan entrar en funcionamiento. Además, los sistemas integrados de acuicultura multitrofica (IMTA) donde se crían especies de nivel trófico inferior, como algas marinas y bivalvos, junto con los peces de aleta, maximizan el reciclaje de desechos de nutrientes orgánicos e inorgánicos, lo que reduce la huella ambiental de las granjas de maricultura. Si bien estos sistemas son muy prometedores, las grandes granjas comerciales de IMTA son aún poco comunes.

También se necesita una sólida gobernanza ambiental para regular y garantizar el desarrollo sostenible de la maricultura. Las actividades acuícolas están reguladas por ley en muchos países (por ejemplo, Canadá, China, Noruega y Filipinas). El monitoreo y la aplicación efectivos son imprescindibles para que la expansión de la maricultura sea sostenible en el futuro. Sin embargo, el control y la aplicación varían considerablemente entre los países. Países como los Estados Unidos, Australia, Canadá y los de la UE también han adoptado códigos de conducta formales cuyo principal objetivo es promover el desarrollo y manejo responsable de la acuicultura con las sanciones apropiadas.

La alta correlación para las especies individuales que predijo el HSI entre la ubicación de la maricultura y la ocurrencia natural en este estudio, sugiere que las granjas de maricultura son sensibles a los cambios en las condiciones ambientales impulsados por el cambio climático u otras actividades antropogénicas como la contaminación. El calentamiento del océano puede llevar las condiciones ambientales más allá del rango adecuado para la maricultura y causará estrés térmico para varias especies actualmente cultivadas (por ejemplo, bacalao, ostras).

Sin embargo, estas temperaturas crecientes pueden extender la temporada de crecimiento para algunas especies y pueden brindar oportunidades para cultivar nuevas especies, o especies que actualmente son económicamente marginales en las áreas afectadas. Además, la acuicultura de mariscos es sensible a la acidificación del océano, ya que una menor saturación de carbonatos en el agua puede dificultar la calcificación de invertebrados para producir conchas. Las emisiones de carbono pueden, por lo tanto, tener un impacto sustancial en la distribución y diversidad de los sitios de granjas potencialmente adecuados para las especies actualmente cultivadas.

Jaulas para el cultivo de dorada roja cerca de Pusan, Corea del Sur.

Foto de Darryl Jory.

Conclusiones

En nuestro estudio, identificamos un área grande, global y ambientalmente adecuada para la maricultura. Sugerimos que otros factores no ambientales como las limitaciones tecnológicas, económicas y sociales desempeñan un papel fundamental en la determinación de la producción de maricultura en estas regiones.

Si bien nuestro enfoque es útil para definir áreas a gran escala, se requerirán estudios más detallados sobre la “idoneidad ecológica” (es decir, en términos de capacidad de carga) para restringir aún más la predicción del área adecuada para el desarrollo de la maricultura. Además, estas áreas actualmente adecuadas podrían pasar a ser inadecuadas en el futuro debido a actividades humanas como la contaminación, las actividades en las zonas costeras y el cambio climático.

Los estudios futuros deben incluir otros usos humanos de áreas marinas; por ejemplo, rutas de barcos, parques eólicos, etc. y su potencial competencia con la maricultura para caracterizar mejor las áreas adecuadas para la producción. Además, dada la importancia del cultivo de algas marinas en varias regiones, los estudios futuros también deben recopilar datos e información sobre los lugares de maricultura de algas marinas y extender todos los análisis a las algas marinas.

También será importante investigar y abordar las principales limitaciones en el desarrollo sostenible de la maricultura para ayudar a desarrollar vías que aseguren la contribución continua de la maricultura a la producción mundial de productos del mar.

Siga al *Advocate* en Twitter [@GAA_Advocate](https://twitter.com/GAA_Advocate) (https://twitter.com/GAA_Advocate).

Authors



MUHAMMED A. OYINLOLA, PH.D.

Nippon Foundation-Nereus Program and Changing Ocean Research Unit
Institute for the Oceans and Fisheries
The University of British Columbia
Vancouver, Canada

m.oyinlola@oceans.ubc.ca (<mailto:m.oyinlola@oceans.ubc.ca>).



GABRIEL REYGONDEAU, PH.D.

Nippon Foundation-Nereus Program and Changing Ocean Research Unit
Institute for the Oceans and Fisheries
The University of British Columbia
Vancouver, Canada



COLETTE C.C. WABNITZ, PH.D.

Nippon Foundation-Nereus Program and Changing Ocean Research Unit
Institute for the Oceans and Fisheries
The University of British Columbia
Vancouver, Canada



MAX TROELL, PH.D.

Stockholm Resilience Centre, Stockholm University, and
The Beijer Institute, The Swedish Royal Academy of Sciences
Stockholm, Sweden



WILLIAM W.L. CHEUNG, PH.D.

Nippon Foundation-Nereus Program and Changing Ocean Research Unit
Institute for the Oceans and Fisheries
The University of British Columbia
Vancouver, Canada

Copyright © 2023 Global Seafood Alliance

All rights reserved.