

A la Deriva en un Mar Cambiante: Explorando las Implicaciones del Cambio Climático en el área de cría de la Ballena Jorobada (*Megaptera novaeangliae*) en el Pacífico Colombiano y Panameño.

José-David Cuéllar-León¹

¹ Departamento de Ciencias Naturales y Matemáticas Pontificia Universidad Javeriana Cali, Colombia.

Resumen: El cambio climático global ha llevado a impactar ecosistemas marinos, afectando variables clave para la distribución de la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*). Estas alteraciones, derivadas principalmente de actividades antropogénicas, plantean desafíos significativos para la conservación y el estudio de la distribución de esta especie. Para este estudio se tomaron datos de las costas del Pacífico Noroccidental de Colombia y Panamá que coinciden con la Zona Económica Exclusiva y Áreas Protegidas de estos países, siendo cruciales para la reproducción de las ballenas jorobadas. Estas ballenas desempeñan un papel esencial en su ciclo reproductivo, incluyendo procesos fundamentales como el parto y la lactancia, por lo que es crucial comprender los hábitats donde se distribuyen. Fue utilizando el algoritmo de máxima entropía (MaxEnt), implementando variables de temperatura, salinidad, velocidad de corriente, batimetría y distancia de la costa. Se modeló la variación espacial y temporal del hábitat en los diferentes escenarios RCP26 y RCP85 del CMIP5 con los horizontes de tiempo 2050 y 2100 dando un AUC= 0,80 lo que indicó un rendimiento aceptable del modelo. Los resultados mostraron que la salinidad y la batimetría emergen como factores de mayor importancia en la construcción de un modelo de idoneidad de hábitat, en la distribución de *Megaptera novaeangliae* se experimentó más ganancia en áreas en comparación con las pérdidas. El efecto potencial del cambio climático difiere para la especie evaluada en los tamaños de las áreas potenciales de distribución. Los distintos escenarios del modelo revelan cambios importantes en la idoneidad de hábitat especialmente en la costa pacífica de Panamá donde la idoneidad actual es menor a la del modelo. Según las proyecciones del modelo utilizado en el estudio, las áreas protegidas actuales muestran una insuficiencia en términos de tamaño para garantizar la conservación efectiva de la especie. Se recomienda que las acciones de conservación cuenten con una relevancia crucial en anticipar y comprender las respuestas específicas de la especie ante futuras proyecciones de cambio climático, además de aumentar las acciones de monitoreo para obtener predicciones de mayor calidad.

Palabras clave: Idoneidad de hábitat, Zona Económica Exclusiva, Distribución, Modelación.

Introducción

El cambio climático global está teniendo un impacto significativo en los ecosistemas marinos, alterando variables cruciales como la temperatura, salinidad, acidificación y circulación oceánica (Henríquez, 2016). Esto está afectando la biodiversidad y las redes tróficas, planteando desafíos para la conservación de los recursos marinos (Sherman & Hempel, 2009). Las actividades humanas están provocando cambios acelerados en el clima de la Tierra, con efectos potencialmente irreversibles (IPCC, 2019; Steffen, 2018). Como consecuencia, se están generando alteraciones en la distribución y abundancia de especies marinas, asociadas a variaciones en la temperatura que modifican las corrientes oceánicas e influyen en las rutas migratorias (Albouy et al., 2020; Bryndum et al., 2019).

La alteración de procesos oceanográficos por el cambio climático antropogénico tendrá repercusiones para los ecosistemas marinos globales (IPCC, 2014), incluyendo la potencial alteración de la distribución de mamíferos marinos por cambios en temperatura, salinidad y otros factores (Laidre et al., 2015; Learmonth et al., 2006). El aumento de temperaturas impulsa la absorción de calor por los océanos, generando cambios en la circulación que afectan la vida marina e inciden en las rutas migratorias al modificar las condiciones de hábitat (Laidre et al., 2015; Schumann et al., 2013).

Estas amenazas operan en múltiples escalas (Read et al., 2004), por lo que entender sus interacciones es clave para la conservación efectiva de mamíferos marinos y el equilibrio de ecosistemas (Carr, 2017). Considerando los factores que determinan su distribución, se puede comprender y anticipar cambios geográficos en respuesta a alteraciones del hábitat marino por actividad humana (Kopp et al., 2023; Krüger et al., 2018). La ballena jorobada (*M. novaeangliae*) cumple un rol ecológico vital, pero enfrenta amenazas por cambio climático que afectan sus hábitats y comportamientos (Bombosch, 2014). Las costas de Colombia y Panamá son un hábitat reproductivo crítico que debe preservarse para su conservación en el Pacífico Noroccidental (Guevara-Medina, 2018; Trujillo, 2014).

Los modelos de idoneidad de hábitat son esenciales para entender los impactos del cambio climático en las especies (Pacheco-Velásquez, 2019), proyectar escenarios y respuestas adaptativas, e informar estrategias de conservación (Breen et al., 2016; Putra & Mustika, 2021). Este estudio modeló la idoneidad de hábitat de *M. novaeangliae* en esta región crítica bajo escenarios climáticos actuales y futuros, para informar su gestión y conservación.

Área de estudio

El área de estudio comprende las Zonas Económicas Exclusivas (ZEE) de Colombia y Panamá en el océano Pacífico, alineadas estratégicamente con áreas críticas de reproducción del stock G de ballenas jorobadas, buscando preservar sus hábitats clave y reducir amenazas antropogénicas (Espinosa de los Monteros Silva, 2015).

Análisis de datos

Los datos de ocurrencia de *M. novaeangliae* provienen de bases de datos como SIAM, OBIS, GBIF e iNaturalist. Se depuraron, eliminaron valores atípicos y verificaron sistemas georreferenciados antes de la modelación (Reina-Rodríguez et al., 2016).

VARIABLES BIOCLIMÁTICAS

Se consideraron variables dinámicas (temperatura, salinidad y velocidad de corrientes) por su efecto fisiológico en ballenas, y estáticas (batimetría y distancia a costa). Se usaron modelos CMIP5 bajo escenarios RCP26 y RCP85 para 2050 y 2100 del Bio-Oracle (Assis et al., 2018; Tyberghein et al., 2012).

Modelación de idoneidad de hábitat

Se utilizó MaxEnt basado en máxima entropía, con 70% datos para desarrollo y 30% para prueba. Se implementaron 10 réplicas, análisis Jack-knife y métricas como AUC para verificar desempeño. Se mantuvieron parámetros en proyecciones futuras para obtener promedios (Phillips & Dudík, 2008).

Comparativa del modelo con Áreas Protegidas

Se superpuso el modelo promedio bajo escenarios futuros RCP26 y RCP85 sobre capas de Áreas Protegidas, identificando coincidencias/divergencias entre idoneidad de hábitat proyectada y áreas designadas para su conservación.

Resultados

Ocurrencia de la especie

Se obtuvieron un total de 607 datos de ocurrencia provenientes de la especie *M. novaeangliae* (Figura 1) tenida en cuenta para el desarrollo de los modelos de idoneidad de hábitat. Las ocurrencias se recopilieron principalmente de la base de datos SIAM (56.6%), seguido de OBIS (27.5%), iNaturalista (10.0%) y finalmente GBIF (5.8%) (Figura 1).

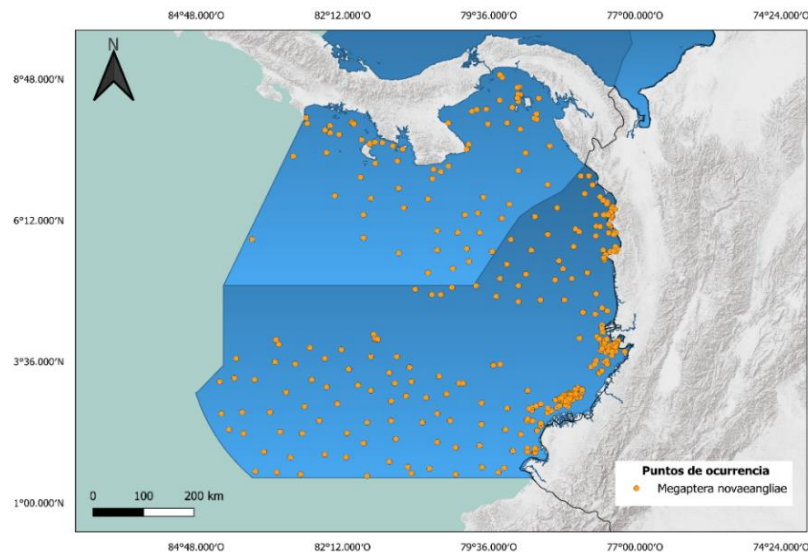


Figura 1. Puntos de ocurrencia obtenidos para *M. novaeangliae* en las ZEE seleccionadas para el estudio.

Desempeño de las variables en el modelo

El modelo mostró un adecuado desempeño, evidenciado por un valor de Área Bajo la Curva (AUC) mayor a 0.80 (Figura 2). Este resultado refleja una fiabilidad en las predicciones del modelo, destacándose por su eficacia al prever la idoneidad del hábitat para *M. novaeangliae*. El desempeño del modelo implementado muestra su capacidad para brindar estimaciones más precisas y significativas sobre la aptitud del hábitat para las ballenas jorobadas.

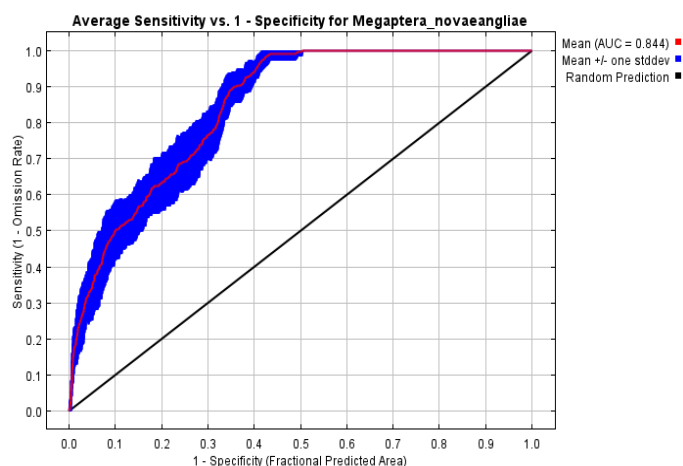


Figura 2. Desempeño del modelo MaxEnt para *M. novaeangliae*. El área bajo la curva (AUC) muestra un excelente desempeño con un valor por encima de 0.80.

La aplicación de la prueba Jack-Knife evaluó la importancia de las variables bioclimáticas en la distribución potencial de *M. novaeangliae* proporcionando la robustez y la fiabilidad del modelo, generalizando y adaptándose a diferentes condiciones climáticas (Figura 3).

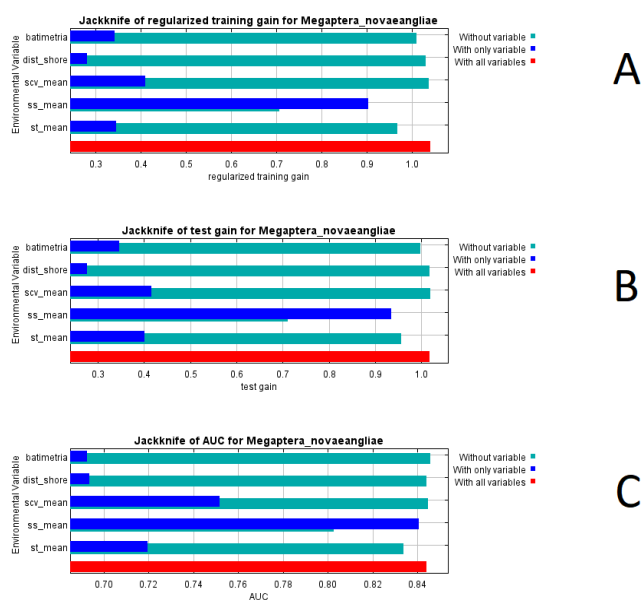


Figura 3. Prueba Jack-Knife utilizada para la medición de la importancia en cada una de las variables bioclimáticas en la distribución potencial de *M. novaeangliae*. A) Jack-knife con datos de entrenamiento. B) Jack-knife con datos de prueba. C) Jack-knife con AUC en datos de prueba.

Las curvas de respuesta de las variables en el modelo MaxEnt muestran cómo cambia la probabilidad predicha de presencia a medida que se varía cada variable ambiental, manteniendo todas las demás

variables ambientales en su valor medio muestral (media de 100 ejecuciones en rojo, ± 1 desviación estándar en azul) (Figura 4).

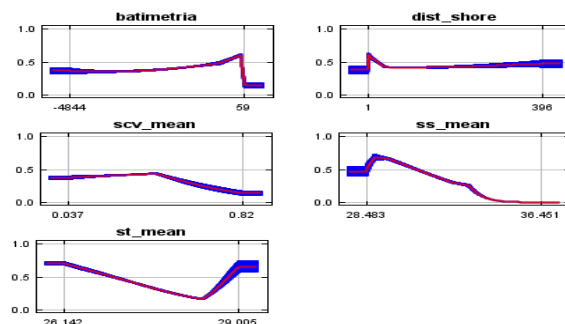


Figura 4. Curvas de respuesta de las variables bioclimáticas para *M. novaeangliae*.

Se realizaron dos estimaciones de las contribuciones relativas de las variables ambientales utilizando el modelo MaxEnt. En la primera estimación, se ajustó la ganancia regularizada en cada repetición del algoritmo de entrenamiento y se sumó o restó a la contribución de la variable correspondiente si el cambio en el valor absoluto de lambda era negativo. En la segunda estimación, se evaluó la presencia de cada variable ambiental de forma aleatoria mediante la permutación de datos, calculando la caída resultante en el AUC y normalizando los porcentajes.

Las variables fueron clasificadas según su relevancia para la especie. Se destacó que la salinidad y la batimetría emergen como los factores más importantes en la construcción del modelo de idoneidad de hábitat de *M. novaeangliae*. Además, la temperatura, la velocidad de las corrientes y la distancia a la costa también desempeñaron un papel significativo, contribuyendo con porcentajes considerables en la delineación de la distribución potencial bajo los escenarios analizados en el estudio (Tabla 1).

Tabla 1. Contribuciones relativas de las covariables en el modelo MaxEnt.

Variable	Porcentaje de contribución	Importancia de permutación
Salinidad media	69.9	83.8
Batimetría	17.4	4.4
Temperatura de la superficie	8.6	7.9
Velocidad de las Corrientes marinas	2.7	1.2
Distancia a la costa	1.4	2.8

Se modelaron los factores más relevantes para la presencia de ballenas jorobadas, siendo la temperatura y profundidad los más importantes. Las áreas de mayor idoneidad se encuentran en aguas poco profundas (<500m), mientras que la distancia de la costa no tuvo una contribución significativa. Las

representaciones gráficas muestran en rojo alta probabilidad de presencia, naranja probabilidad intermedia, y verde/azul baja probabilidad. Se realizaron proyecciones futuras de hábitats idóneos bajo diferentes escenarios climáticos y horizontes temporales. Estas proyecciones de distribución potencial futura permiten comparar con la distribución actual y anticipar posibles desafíos y adaptaciones para la especie ante el cambio climático.

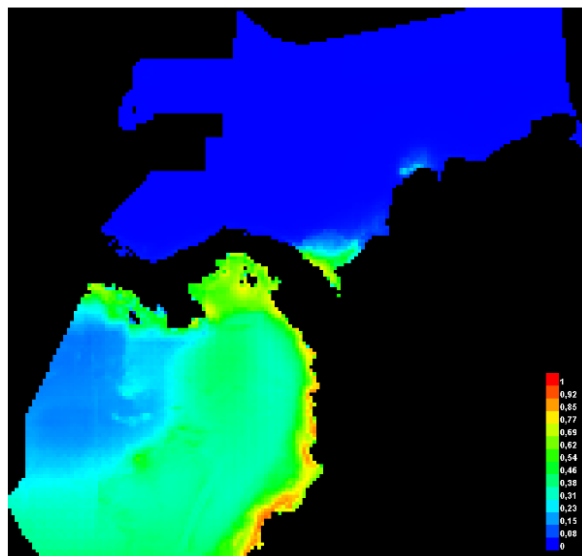


Figura 5. Distribución potencial actual de *M. novaeangliae* en MaxEnt.

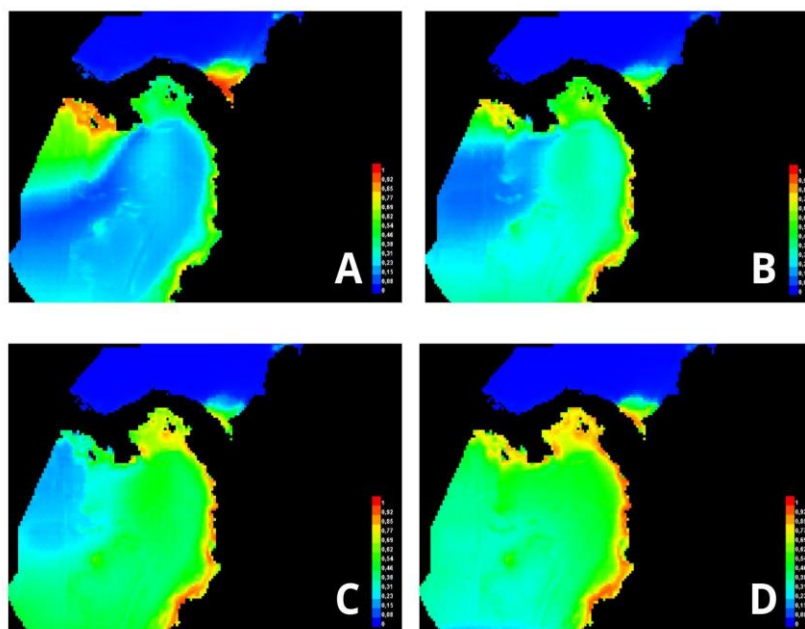


Figura 6. Modelo de idoneidad de hábitat de *M. novaeangliae*. A) Escenario RCP26 en 2050. B) Escenario RCP85 en 2050. C) Escenario RCP26 en 2100. D) Escenario RCP85 en 2100.

El modelo RCP26 en 2050 muestra disminución de áreas idóneas en Colombia, pero aumento en Panamá. El RCP85 en 2050 refleja similitud con la distribución actual, con un leve aumento en la ZEE de Panamá.

En RCP26 2100 se reflejó aumento en áreas costeras de Panamá no presentes en la distribución actual (Figura 6C). RCP85 2100 mostró ganancias significativas en la costa Pacífica colombiana, ausentes actualmente, y ocupación total de la costa panameña (Figura 6D).

Proyecciones a futuro en AP actuales

El modelo obtenido para *M. novaeangliae* en los escenarios RCP26 Y RCP85 en los horizontes de tiempo 2050 y 2100 fue cargado en QGIS en conjunto con las capas de delimitación de las AP de Colombia con el objetivo de realizar una comparación entre las proyecciones de idoneidad de hábitat generadas por el modelo y la actual delimitación de cada una de las Áreas Protegidas marítimas y costeras ubicadas en la región del Pacífico colombiano y panameño (Figura 7).

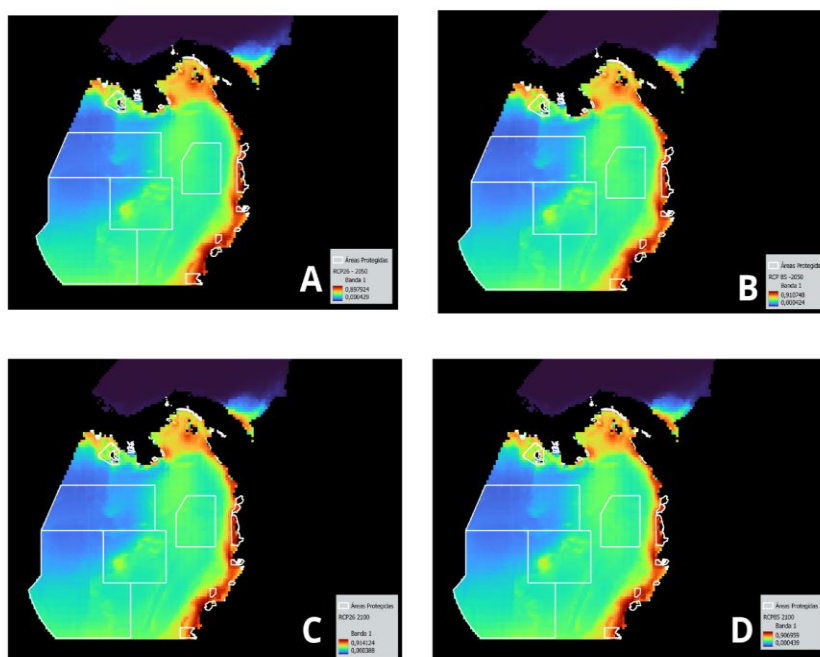


Figura 7. Áreas protegidas marítimas y costeras del pacifico colombiano y panameño A) Escenario RCP26 en 250. B) Escenario RCP85 en 2050. C) Escenario RCP26 en 2100. D) Escenario RCP85 en 2100.

Las proyecciones de idoneidad de hábitat también fueron comparadas con la delimitación actual del PNN Isla Gorgona, Uramba Bahía Málaga y Utría (Figura 8), Áreas Protegidas de Colombia que son de gran importancia para la reproducción y apareamiento de la ballena jorobada

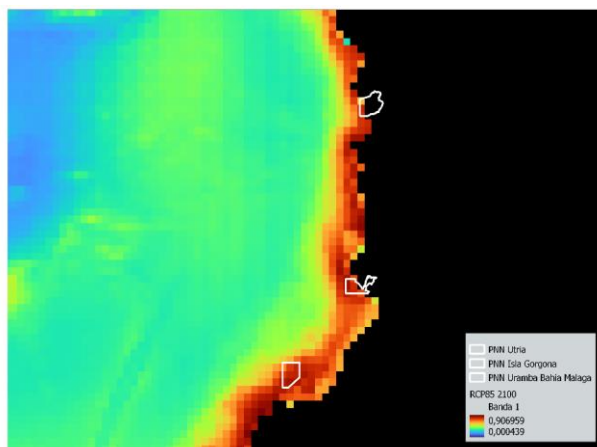


Figura 8. PNN Isla Gorgona, Uramba Bahía Málaga y Utría superpuesto bajo escenarios de RCP85 con proyección en el 2100.

Discusión

El estudio determinó las áreas idóneas para la ballena jorobada (*M. novaeangliae*) en su zona de reproducción del Pacífico noroccidental, coincidente con las ZEE de Colombia y Panamá, mediante modelos de idoneidad de hábitat (Barragán-Barrera et al., 2019). Se encontró que variables como la batimetría son determinantes en la distribución de cetáceos (Putra et al., 2021), mientras que la temperatura superficial marina podría explicar la futura expansión del área de distribución por preferencias térmicas de la especie (Rubianes-Landázuri, 2015).

Los modelos proyectan cambios significativos en la distribución para 2050 bajo el escenario RCP26, posiblemente por alteraciones oceanográficas locales en el Pacífico colombiano (Figura 7A). Bajo RCP85 se prevé una similitud con la distribución actual, aumentando en Panamá para 2050 y expandiéndose notoriamente en 2100 (Figura 7D). Esto concuerda con la ecología conocida de la ballena jorobada como habitante pelágico (Ainley et al., 2003).

Se da como resultado que el cambio climático probablemente desplace la especie en búsqueda de áreas con condiciones más favorables (Learmonth, 2006). Los cambios proyectados en la idoneidad del hábitat indican una expansión de la distribución espacial de la ballena jorobada alrededor de áreas protegidas en Colombia (Figura 8), destacando la necesidad de ampliarlas para garantizar su conservación efectiva ante el cambio climático.

Conclusiones

El presente estudio ha revelado cambios significativos en la idoneidad del hábitat de la ballena jorobada en el Pacífico colombiano y panameño bajo los escenarios climáticos RCP26 y RCP85 para los horizontes temporales de 2050 y 2100. La evaluación del modelo de idoneidad del hábitat ha indicado alteraciones en la distribución espacial de la especie, anticipando un aumento considerable en su presencia alrededor de las áreas protegidas marítimas y costeras de Colombia (Figura 8). Esto establece

la necesidad de expandir las áreas protegidas existentes para garantizar la conservación efectiva de la ballena jorobada y su hábitat.

Agradecimientos

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a todas las personas que contribuyeron de manera invaluable a la realización de este trabajo de grado. En primer lugar, deseo reconocer la destacada labor de mi director, Daniel Osorio Domínguez, cuya guía excepcional, enseñanza, y paciencia inquebrantable fueron el pilar más importante en cada etapa del proceso.

Literatura citada

Acevedo, J., Aguayo-Lobo, A., Allen, J., Botero-Acosta, N., Capella, J., Castro, C., Stevick, P. T. (2017). Migratory preferences of humpback whales between feeding and breeding grounds in the eastern South Pacific. *Marine Mammal Science*, 33(4), 1035–1052. <http://doi.org/10.1111/mms.12423>

Aguilar-Arakaki, R., & Vega Valencia, D. (2016). Distribución de mamíferos marinos y su relación con el krill en el estrecho de Bransfield. *ANTAR XXI*.

Ainley, D. G., Tynan, C. T., & Stirling, I. (2003). Sea ice: a critical habitat for polar marine mammals and birds. *Sea ice: an introduction to its physics, chemistry, biology and geology*. Blackwell, Oxford, UK, 240-266.

Albouy, C., Delattre, V., Donati, G., Frölicher, T.L., Albouy-Boyer, S., Rufino, M., Pellisies, M., Mouillot, D., Leprieur, F. Global vulnerability of marine mammals to global warming, *Sci. Rep.* 10 (2020), doi:10.1038/s41598-019-57280-3.

Aouinti, H., Mutahi, H., Touhami, I., Bellot, J., Khaldi, A. Observed and Predicted Geographic Distribution of *Acer monspessulanum* L. Using the MaxEnt Model in the Context of Climate Change. *Forests* 2022, 13, 2049. <https://doi.org/10.3390/f13122049>

Araújo, M. B., & New, M. (2007). Ensemble forecasting of species distributions. *Trends in ecology & evolution*, 22(1), 42-47.

Assis, J., Tyberghein, L., Bosch, S., Verbruggen, H., Serrão, E. A., & De Clerck, O. (2018). Bio-ORACLE v2. 0: Extending marine data layers for bioclimatic modelling. *Global Ecology and Biogeography*, 27(3), 277–284. <https://doi.org/10.1111/geb.12693>

Avila, I. C., Kaschner, K., & Dormann, C. F. (2018). Current global risks to marine mammals: taking stock of the threats. *Biological Conservation*, 221, 44–58.

Avila, I.C., & A. Giraldo. 2022. Áreas en riesgo para los mamíferos marinos en Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 70: 96-113. <https://doi.org/10.15517/rev. biol. trop..v70i1.48553>

Ávila, I.C., García, C., Palacios, D.M. & Caballero, S. (2013). Mamíferos acuáticos de la región del Pacífico colombiano. In: Trujillo, F., A. Gärtner, D. Caicedo y M. C. Diazgranados (Eds.). 2013. Diagnóstico del estado de conocimiento y conservación de los mamíferos acuáticos en Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Fundación Omacha, Conservación Internacional y WWF. Bogotá, 312 p.

Barragán-Barrera, D. C., Do Amaral, K. B., Chávez-Carreño, P. A., Farías-Curtidor, N., Lancheros-Neva, R., Botero-Acosta, N., ... & Palacios, D. M. (2019). Ecological niche modeling of three species of *Stenella* dolphins in the Caribbean Basin, with application to the Seaflower Biosphere Reserve. *Frontiers in Marine Science*, 6, 10.

Bejder, M., Johnston, D. W., Smith, J., Friedlaender, A., & Bejder, L. (2016). Embracing conservation success of recovering humpback whale populations: evaluating the case for downlisting their conservation status in Australia. *Marine Policy*, 66, 137-141.

Bombosch, A., Zitterbart, D. P., Van Opzeeland, I., Frickenhaus, S., Burkhardt, E., Wisz, M. S., & Boebel, O. (2014). Predictive habitat modelling of humpback (*Megaptera novaeangliae*) and Antarctic minke (*Balaenoptera bonaerensis*) whales in the Southern Ocean as a planning tool for seismic surveys. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 91, 101-114.

Breen, P., Brown, S., Reid, D., & Rogan, E. (2016). Modelling cetacean distribution and mapping overlap with fisheries in the northeast Atlantic. *Ocean & Coastal Management*, 134, 140-149.

Bryndum-Buchholz, D.P., Tittensor, J.L., Blanchard, W.W.L., Cheung, M. Coll., E.D. Galbraith., S. Jennings., O. Maury., H.K. Lotze. Twenty-first-century climate change impacts on marine animal biomass and ecosystem structure across ocean basins, *Global Change Biol.* 25 (2019) 459–472, doi:10.1111/gcb.14512

Burrows, M. T., Schoeman, D. S., Buckley, L. B., Moore, P., Poloczanska, E. S., Brander, K. M., et al. (2011). The pace of shifting climate in marine and terrestrial ecosystems. *Science* 334, 652–655. doi:10.1126/science.1210288

Cañadas, A., Sagarminaga, R., & Garcia-Tiscar, S. (2002). Cetacean distribution related with depth and slope in the Mediterranean waters off southern Spain. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 49, 2053–2073.

Carr, M. H., Robinson, S. P., Wahle, C., Davis, G., Kroll, S., Murray, S., ... & Williams, M. (2017). The central importance of ecological spatial connectivity to effective coastal marine protected areas and to meeting the challenges of climate change in the marine environment. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 27, 6-29.

Chávez, P. (2018). Predicting cetacean habitat in the Colombian Pacific EEZ: challenges and recommendations.

Cheng, L., Abraham, J., Hausfather, Z., Trenberth, K.E. How fast are the oceans warming? *Science* 363 (2019) 128–129, doi:10.1126/science.aav7619

Chittleborough, R.G. 1965. Dynamics of two populations of the humpback whale, *Megaptera novaeangliae* (Borowski). *Australian Journal of Marine & Freshwater Research* 16: 33-128.

Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar.

Doughty, C.E., Roman, J., Faurby, S., Wolf, A., Haque, A., Bakker, E.S., Malhi, Y., Dunning, J.B., Svenning, J.C. Global nutrient transport in a world of giants, *PNAS*, 2015, doi:10.1073/pnas.1502549112.

Espinosa de los Monteros Silva, N. Q. (2015). Análisis de diversidad genética y conectividad de ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*), mediante el análisis de la región control de ADN mitocondrial en la costa de Esmeraldas, Ecuador durante las temporadas 2010-2014 (Master's thesis, Quito, 2015.).

Félix, F., Rasmussen, K., Garita, F., Haase, B., & Simonis, A. N. N. E. (2009). Movements of humpback whales between Ecuador and Central America, wintering area of the Breeding Stock G. Unpublished paper SC/61/SH18 presented to the Scientific Committee of the International Whaling Commission.

Flórez-González, L., Ávila, I.C., Capella, J.J., Falk, P., Félix, F., Gibbons, J., Guzmán, H.M., Haase, B., Herrera, J.C., Peña, V., Santillán, L., Tobón, I.C. & Van Waerebeek, K. (2007). Estrategia para la Conservación de la Ballena Jorobada del Pacífico Sudeste. Lineamientos para un Plan de Acción Regional e Iniciativas Nacionales. Fundación Yubarta, Cali, Colombia. 106pp.

García, M. Á. F. (2014). La contaminación acústica submarina: especial referencia al impacto sobre los cetáceos producido por los sónares de los buques de guerra”. *Números*.

González, L. M., Recagno, E. P., Cuevas, M. D. J. V., Álvarez, R. A. Z., Ramírez, L. M., & Nanduca, H. R. (2007). Distribución de las ballenas jorobadas, *Megaptera novaeangliae*, en la Bahía de Banderas y sus implicaciones para la conservación.

Guevara Medina, S. F. (2018). Patrones espaciales de comportamiento de ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*) en la Costa norte del Ecuador (Bachelor's thesis, Quito).

Guisan, A., Tingley, R., Baumgartner, J.B., Naujokaitis-Lewis, I., Sutcliffe, P.R., Tulloch, A.I., Buckley, Y.M., 2013. Predicting species distributions for conservation decisions. *Ecol. Lett.* 16 (12), 1424–1435.

Guzman, H. & Félix, F. (2017). Movements and Habitat Use by Southeast Pacific Humpback Whales (*Megaptera novaeangliae*) Satellite Tracked at Two Breeding Sites. *Aquatic Mammals* 43(2), 139-155.

Haro Díaz, D. P. (2019). Rol trófico de la ballena Jorobada, *Megaptera Novaeangliae* (Borowski, 1781), y caracterización de la red trófica en el área marina costera protegida Francisco Coloane, Estrecho de Magallanes, Chile.

Henríquez, Cristián. (2016). Impactos, vulnerabilidades y desafíos frente al cambio climático. *Revista de geografía Norte Grande*, (63), 5-8. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022016000100001>

Herrera, J., Flórez, L., Ávila, I., Falk, P., Capella, J., & Tobón, I. (2007). Efecto de las embarcaciones de turismo en el comportamiento de grupos de cría de ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) en Bahía

Málaga, Colombia. Memorias del Taller de Trabajo sobre el Impacto de las Actividades Antropogénicas en Mamíferos Marinos en el Pacífico Sudeste, 88-93. <https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2008.5203>.

Hirzel, A. H., Hausser, J., Chessel, D., & Perrin, N. (2002). Ecological-niche factor analysis: how to compute habitat-suitability maps without absence data. *Ecology*, 83(7), 2027-2036.

IPCC, 2019. Summary for Policymakers. In: IPCC Special Report on the Ocean

Jackson, J., Zerbini, A., Clapham, P., Constantine, R., Garrigue, C., Hauser, N., Poole, M., Baker, CS. (2008) Progress on a two-stock catch allocation model for reconstructing population histories of east Australia and Oceania. In: Paper SC/60/SH14 presented to the IWC scientific committee. Santiago, Chile, June 2008

Kaufman, G. D. & P. H. Forestell. 2003. Hawaii's humpback whales: A complete whale watchers guide. Second edition. Hawaii. Pacific Whale Foundation Press. 179p

Kopp, D.A., Stoddard, J.L., Hill, R.A., Doyle, J.M., Kaufmann, P.R., Herlihy, A.T., Paulsen, S.G., 2023. Joint species distribution models reveal taxon-specific sensitivities to potential anthropogenic alteration. *Freshw. Sci.* 42 (3) <https://doi.org/10.1086/726283>, 000-000.

Krüger, L., Ramos, J.A., Xavier, J.C., Grémillet, D., González-Solís, J., Petry, M.V., Phillips, R.A., Wanless, R.M. and Paiva, V.H. (2018), Projected distributions of Southern Ocean albatrosses, petrels and fisheries as a consequence of climatic change. *Ecography*, 41: 195-208. <https://doi.org/10.1111/ecog.02590>

Laidre, K. L., Stern, H., Kovacs, K. M., Lowry, L., Moore, S. E., Regehr, E. V., et al. (2015). Arctic marine mammal population status, sea ice habitat loss, and conservation recommendations for the 21st century. *Conserv. Biol.* 29, 724–737. doi: 10.1111/cobi.12474

Leanza, U., & Caracciolo, M. C. (2014). The exclusive economic zone. *The IMLI manual on international maritime law*, 1, 177.

Learmonth, J. A., MacLeod, C. D., Santos, M. B., Crick, H. Q. P., Pierce, G. J., Learmonth, J. A., et al. (2006). Potential effects of climate change on marine mammals. *Oceanogr. Mar. Biol.* 44, 431–464. doi: 10.1201/9781420006391.ch8.

Leibold, M. A. (1995). The niche concept revisited: mechanistic models and community context. *Ecology*, 76(5), 1371-1382.

Marmion, M., Parviainen, M., Luoto, M., Heikkinen, R. K., & Thuiller, W. (2009). Evaluation of consensus methods in predictive species distribution modelling. *Diversity and distributions*, 15(1), 59-69.

Merow, C., Smith, M.J. and Silander, J.A., Jr (2013), A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: what it does, and why inputs and settings matter. *Ecography*, 36: 1058-1069. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.07872.x>

- Millán-Nuñez, E., & Yentsch, C. M. (2000). El Canal de Ballenas, Baja California, como ambiente favorable para el desarrollo del fitoplancton. *Hidrobiológica*, 10(2), 91-100.
- Milmann, L.C., Danilewicz, D., Baumgarten, J. & Ott P.H. (2017). Temporal–spatial distribution of an island-based offshore population of common bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the equatorial Atlantic. *MARINEMAMMAL SCIENCE*, 33(2):496–519
- Natoli, A., Moura, A. E., & Sillero, N. (2022). Citizen science data of cetaceans in the Arabian/Persian Gulf: Occurrence and habitat preferences of the three most reported species. *Marine Mammal Science*, 38(1), 235–255. <https://doi.org/10.1111/mms.12865>
- Palacios, D.M., Gerrodette, T., García, C., Avila, I.C, Soler, G.A., Bessudo, S. & Trujillo, F. (2012). Distribution and relative abundance of oceanic cetaceans in Colombia’s Pacific EEZ from survey cruises and platforms of opportunity. *J. CETACEAN RES.MANAGE.* 12(1): 45–60
- Paradinas, I., Giménez, J., Conesa, D., López-Quílez, A., Pennino, M.G., 2022. Evidence
- Phillips, S. J., & Dudík, M. (2008). Modeling of species distributions with Maxent: New
- Putra, M. I. H., & Mustika, P. L. K. (2021). Maximum entropy model: estimating the relative suitability of cetacean habitat in the northern Savu Sea, Indonesia. *Marine Mammal Science*, 37(1), 6-28.
- Putra, MIH., and Mustika, PLK. Maximum entropy model: Estimating the relative suitability of cetacean habitat in the northern Savu Sea, Indonesia. *Mar Mam Sci.* 2021; 37: 6–28. <https://doi.org/10.1111/mms.12719>
- Read, A. J., Drinker, P. y Northridge, S. (2004). Bycatch of marine mammals in
- Redfern, J. V., Ferguson, M. C., Becker, E. A., Hyrenbach, K. D., Good, C., Barlow, J., ... & Werner, F. (2006). Techniques for cetacean–habitat modeling. *Marine Ecology Progress Series*, 310, 271-295.,
- Reidenberg, J. S. (2007) Anatomical adaptations of aquatic mammals. *The Anatomical Record: Advances in Integrative Anatomy and Evolutionary Biology* 290, 6: 507-513. <https://doi.org/10.1002/ar.20541>
- Reilly, S.B., Bannister, J.L., Best, P.B., Brown, M., Brownell Jr., R.L., Butterworth, D.S., Clapham, P.J., Cooke, J., Donovan, G.P., Urbán, J. & Zerbini, A.N. 2008. Megaptera novaeangliae. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T13006A3405371. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T13006A3405371.en>
- Reina-Rodríguez, G. A., Rubiano, J. E., Castro Llanos, F. A., & Otero, J. T. (2016). Spatial distribution of dry forest orchids in the Cauca River Valley and Dagua Canyon: Towards a conservation strategy to climate change. *Journal for Nature Conservation*, 30, 32–43. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2016.01.004>
- Robbins, J., Dalla Rosa, L., Allen, J. M., Mattila, D. K., Secchi, E. R., Friedlaender, A. S., Rios, E. C. (2011). Return movement of a humpback whale between the Antarctic Peninsula and American Samoa: a seasonal migration record. *ENDANGERED SPECIES RESEARCH* *Endang Species Res*, 13, 117–121. <http://doi.org/10.3354/esr00328>

Rubianes Landázuri, F. (2015). Distribution and habitat use of the humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) in the continental coast of Ecuador and effects of sea surface temperature (SST) Distribución y uso de hábitat de la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) en la costa continental del Ecuador y efectos de la temperatura superficial del mar (SST) (Bachelor's thesis, Quito: USFQ, 2015).

S. Derville, L.G. Torres, R. Albertson, O. Andrews, C.S. Baker, P. Carzon, R. Constantine, M. Donoghue, C. Dutheil, A. Gannier, M. Oremus, M.M. Poole, J. Robbins, C. Garrigue, Whales in warming water: Assessing breeding habitat diversity and adaptability in Oceania's changing climate, *Global Change Biol.* 25 (2019) 1466– 1481, doi:10.1111/gcb.14563.

Sanino, P., K. Van Waerebeek, M.F. Van Bresseem & L. A. Pastene. (2005). A preliminary note on population structure in eastern South Pacific common bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*. *J. Cetacean Res. Manage.* 7(1):65–70, 2005

Schumann, N., Gales, N. J., Harcourt, R. G., and Arnould, J. P. Y. (2013). Impacts of climate change on Australian marine mammals. *Aus. J. Zool.* 61, 146–159. doi: 10.1071/ZO12131

Seyboth, E., Felix, F., Lea, M. A., Dalla Rosa, L., Watters, G. M., Reid, K., & Secchi, E. R. (2021). Influence of krill (*Euphausia superba*) availability on humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) reproductive rate.

Sherman, K., and Hempel, G., (2009). The UNEP Large Marine Ecosystem Report: A perspective on changing conditions in LMEs of the world's Regional Seas. UNEP Regional Seas Report and Studies No. 182. Kenya: United Nations Environment Programme. Recuperado de: www.lme.noaa.gov

Sierra-Vasquez, M. I. (2013). Panamá y Colombia en el régimen franco o regímenes económicos especiales.

Steffen, W., Rockström, J., Richardson, K., Lenton, T.M., Folke, C., Liverman, D., Summerhayes, C.P., Barnosky, A.D., Cornell, S.E., Crucifix, M., Donges, J.F., Fetzer, I., Lade, S.J., Scheffer, M.,