

EL IMPACTO DE LAS ACTIVIDADES HUMANAS EN EL GRAN ECOSISTEMA MARINO DE LA CORRIENTE DE HUMBOLDT



El impacto de las actividades humanas en el Gran Ecosistema Marino de la Corriente de Humboldt



CAPITÁN DE CORBETA JONATAN MENDOZA ALARCÓN

Nació el 20 de julio de 1983 en la ciudad de Lima. Estudió en el colegio "Horacio Patiño Cruzatti". Al finalizar sus estudios escolares ingresó a la Marina el 27 de febrero de 2002, egresando el 01 de enero de 2007 como Alférez de Fragata. Es Calificado en Capitanías y Guardacostas. Ostenta el grado de Magíster en Ecosistemas Marinos y Costeros de la Universidad Politécnica de Valencia, en el año 2019 la Marina de Guerra le confiere el ascenso al grado de Capitán de Corbeta, obtuvo en primer lugar en el programa de Comando y Estado Mayor no residente de la Escuela Superior de Guerra Naval. Actualmente cursando la maestría en Ciencias Marítimas con la especialidad de Derecho y Políticas Marítimas en la Universidad Marítima Mundial.

RESUMEN

El Perú es un país marítimo geograficamente privilegiado debido a que el fenómeno de afloramiento de masas de agua transporta materia orgánica del fondo hacia la superficie, de esta manera proporciona alimento a la cadena alimenticia y regula la temperatura. Estas condiciones ofrecen un ecosistema altamente productivo; este ecosistema es denominado Gran Ecosistema Marino de la Corriente de Humboldt (GEMCH). Sin embargo, el cambio climático genera un impacto negativo global en los aspectos económico, social y de sostenibilidad. Al respecto, en el presente artículo se analizará de qué forma el cambio climático impacta en el GEMCH, las consecuencias hacia el año 2050, las acciones y los planes establecidos para alzanzar la sostenibilidad.

PALABRAS CLAVE

Cambio climatico, Corriente de Humboldt, Objetivos de Desarrollo Sostenible, Acidificación del océano, Temperatura del mar, Anchoveta, Perú

ABSTRACT

Peru is a privileged marine country because the upwelling in the Peruvian ocean brings cold water masses from the bottom; this water transports organic material that provides a suitable environment to the food chain and regulates the temperature of the sea. These conditions generate a highly productive ecosystem; This ecosystem is called the Large Marine Ecosystem of the Humboldt Current (LME). However, climate change generates a global negative impact on the economic, social and sustainability aspects. In this regard, this article will analyse how climate change impacts the GEMCH, the consequences towards the year 2050, the actions and plans established to achieve sustainability.

KEYWORDS

Climate change, Humboldt Current, Sustainable Development Goals, Ocean acidification, Sea temperature, Anchovy, Peru

I. INTRODUCCIÓN

El Gran Ecosistema Marino de la Corriente de Humboldt (GEMCH) es uno de los ecosistemas marinos más productivos del mundo. Las capturas pesqueras en el ecosistema de Humboldt representan el 11% del total mundial[1]. Su alta productividad se debe principalmente al fenómeno del afloramiento. Sin embargo, el cambio climático (CC) lo está afectando negativamente. En ese sentido, este documento discutirá cómo las actividades humanas ponen en peligro el ecosistema de la corriente de Humboldt. Con este propósito,

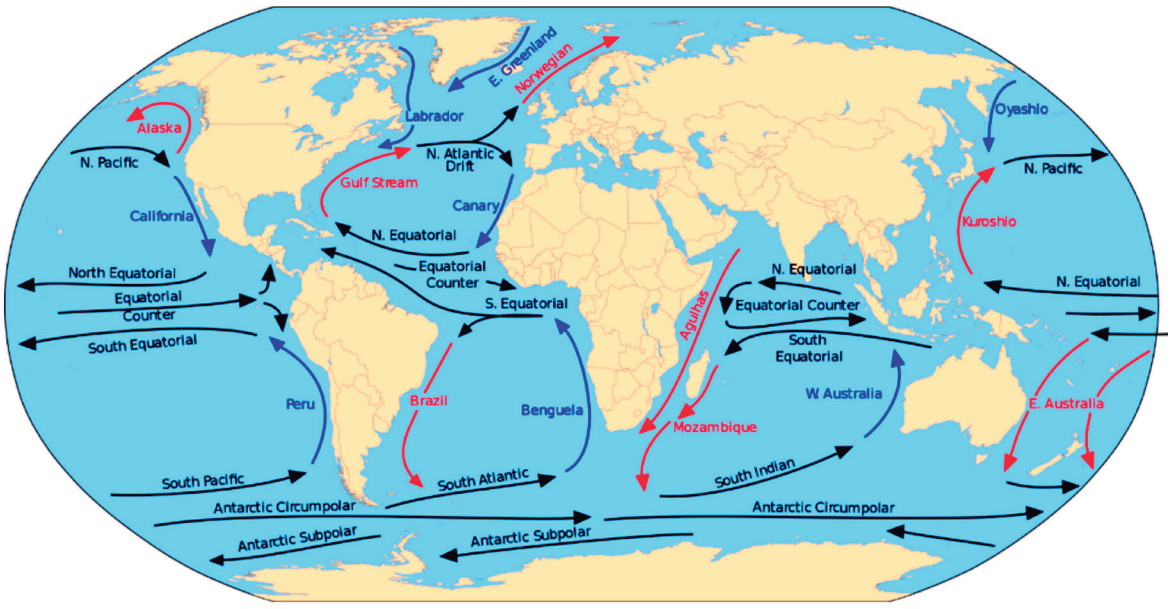
1. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, FAO. The state of world fisheries and aquaculture 2020. Roma: Food and Agriculture Organization. 2020.



primero se describe el GEMCH y el conjunto de actividades humanas que afectan su medio marino. En segundo lugar, el impacto y las consecuencias en los recursos del ecosistema en un escenario hacia 2050. En tercer lugar, las intervenciones y soluciones sociales que podrían contribuir al futuro sostenible del GEMCH. Finalmente, se presentará una conclusión y propuestas de acciones que impidan el impacto negativo de las actividades humanas en el GEMCH.

2. Descripción del ecosistema de la corriente de Humboldt

El ecosistema de la corriente de Humboldt se ubica en el Pacífico suroeste, desde el norte de Chile hasta la frontera entre el Perú y Ecuador. La principal característica de este ecosistema son las aguas de baja temperatura debido al proceso de afloramiento que transporta una masa de agua fría desde las profundidades[2]. Esta gran masa de agua traslada plancton a la superficie, que es de gran utilidad para alimentar a otras especies. Estas circunstancias hacen a las aguas de Humboldt las más frías del océano Pacífico, ya que su temperatura es de 14 °C. En cambio, las temperaturas en otras zonas del océano Pacífico rondan los 24 °C. Por lo tanto, la temperatura promedio del sistema de corrientes de Humboldt es alrededor de 10 °C más baja[3]. Como resultado de las condiciones favorables y según el informe anual sobre la pesca mundial de la FAO[4], el Perú y Chile se ubican históricamente entre los 10 primeros países pesqueros a nivel mundial según sus capturas. Sin embargo, la alta productividad biológica se encuentra en riesgo por las diversas actividades humanas realizadas a través de los años.



Principales corrientes marinas del mundo. Fuente: Dr. Michael Pidwirny

2. ECHEVIN, Vicent, GOUBANOVA, Katerina, BELMADANI, Ali y DEWITT, Boris. Sensitivity of the Humboldt Current system to global warming: a downscaling experiment of the IPSL-CM4 model. Climate Dynamics, 2011. Vol. 38, pp. 761-774. [Consulta: 13 de diciembre de 2021]. Disponible en: https://doi.org/10.1007/s00382-011-1085-2
3. BBC. Corriente de Humboldt: el fenómeno por el que el mar de Chile y Perú es hasta 10ºC más frío que otras zonas del Pacífico y cómo afecta al resto del mundo. 15 de setiembre de 2019. BBC News Mundo. [Consulta: 13 de diciembre de 2021]. Disponible en: https://www.bbc.com/mundo/noticias-49682744#:~:text=Impacto%20en%20el%20clima,norte%20y%20hacia%20la%20superficie
4. FAO, óp. cit.



3. Impacto de las actividades humanas en el GEMCH

El impacto de las actividades humanas en el GEMCH se refleja con la presencia de altas concentraciones de clorofila y productividad potencial de más de 3 gcm² por día en la región costera[5]. El CC propiciado por la humanidad está amenazando su alta productividad. En este contexto, el Perú y Chile son los países más vulnerables por los efectos negativos causados por la acción humana. Según Gutiérrez *et al.*[6], el GEMCH es sensible al CC, lo cual se refleja en cinco consecuencias significativas: acidificación del océano, calentamiento del océano, impacto en el viento, impacto en las corrientes y frecuencia de eventos de El Niño. En la tabla 1 se puede analizar lo propuesto por Gutiérrez.

Tabla 1. Análisis de las consecuencias significativas en el GEMCH

N°	Consecuencias significativa	Análisis
1	Acidificación del océano	Alrededor del 30% del dióxido de carbono (CO2) liberado en la atmósfera es absorbido por el océano[7], lo que genera acidificación. A escalas locales podría tener un impacto negativo o positivo, debido a que cambia la composición de las especies, así como la fenología, la productividad y la distribución en el rango latitudinal[8]. Con el transcurrir del tiempo las aguas de Humboldt se vuelven más ácidas y el aumento del pH dificulta la absorción de CaCO3 en organismos calcificantes de la comunidad planctónica.
2	Calentamiento del océano	Las emisiones de CO2 han provocado el aumento de la temperatura en 2 °C en relación con los niveles preindustriales. Este incremento proyecta graves impactos en los ecosistemas marinos[9]. Además, Rogelj *et al.*[10] coinciden en que el acuerdo de París es insuficiente para mantener la temperatura global por debajo del aumento de +2 °C hacia 2100 y que para obtener los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de Naciones Unidas se requieren más acciones.
3	Impacto en el viento	Oyarzún y Brierley (2019) concluyeron que, debido al aumento de la tensión del viento en el sistema de corrientes de Humboldt, el afloramiento costero aumentará en la superficie. Sin embargo, se detectó una desconexión entre el afloramiento costero y el estrés del viento por debajo de los 100 m bajo la superficie, lo que genera una estratificación del océano que im-pide parcialmente el transporte de grandes masas de agua en el océano.

5. CARR, May-Elena y KEARNS, Edward. Production regimes in four Eastern Boundary Current systems. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography. 2003. Vol. 50, nros. 22-26, pp. 3199-3221. [Consulta: 13 de diciembre de 2021]. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0967064503001863
6. GUTIÉRREZ, Mariano, CASTILLO, Jorge, NARANJO, Laura y AKESTER, Michael. Current state of goods, services and governance of the Humboldt Current Large Marine Ecosystem in the context of climate change. Environmental Development. 2017. Vol. 22, pp. 175-190. [Consulta: 13 de diciembre de 2021]. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1016/j.envdev.2017.02.006
7. NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION, NOAA. Ocean Acidification. 2020. [Consulta: 13 de diciembre de 2021]. Disponible en: https://www.noaa.gov/education/resource-collections/ocean-coasts/ocean-acidification
8. WARD, Raymond, FRIESS, Daniel, DAY, Richard y MACKENZIE, Richard. Impacts of climate change on mangrove ecosystems: a region by region overview. Ecosystem Health Sustainability, 2016. Vol. 2, nro. 4, e01211. [Consulta: 13 de diciembre de 2021]. Disponible en: https://doi.org/10.1002/ehs2.1211



N°	Consecuencias significativa	Análisis
4	Impacto en las corrientes oceánicas	A gran escala, el sistema de vientos alisios es el principal impulsor de la circulación oceánica. Al norte de Perú los vientos del oeste se cruzan con el continente sudamericano, donde las aguas frías del afloramiento chocan con las cálidas aguas tropicales[11]. El CC ocasiona un impacto directo en el sistema de afloramiento, lo cual determina la productividad en el GEMCH, principalmente en la anchoveta.
5	Incremento en la frecuencia de eventos del fenómeno El Niño	El Niño - Oscilación del Sur (ENSO) es el fenómeno local de variabilidad climática más importante en el océano Pacífico. Sus consecuencias tienen un impacto mundial en la pesca, la agricultura y la acuicultura. Este fenómeno afecta la seguridad alimentaria y, además, podría generar desnutrición y hambre[12]. Los eventos de El Niño son anomalías que traen masas cálidas de agua ecuatorial. La acción humana ocasiona el crecimiento en la frecuencia de estas anomalías[13].

De acuerdo con la tabla 1, se puede determinar que un océano saludable es muy importante para la sostenibilidad de las fuentes de recursos alimenticios. En contraste, la humanidad no ha sabido retribuir al océano su gran aporte a la vida, lo que ocasiona las consecuencias significativas detalladas en la tabla 1, las cuales se relacionan directamente con el CC.

De la misma manera, existen otras acciones extremadamente negativas para la sostenibilidad de los ecosistemas y los beneficios que nos brindan, como la contaminación de los océanos por basuras, principalmente plásticos provenientes de las ciudades costeras, y la pesca ilegal no declarada y no reglamentada (pesca INDNR).

3.1. Impactos generales

Según proyecciones oficiales, la temperatura en el GEMCH aumentará a casi 22°C en 2050. Esta situación afecta la característica más importante del mar peruano, que es "menor temperatura-alta productividad". Actualmente, la temperatura más baja en la superficie es de 14 °C, y la media debería rondar los 20 °C[14]. Cabe señalar que la zona costera es importante para la reproducción de los peces, por lo que su promedio fluctúa entre 16 °C y 18 °C. Otra consecuencia

9. GATTUSO, Jean-Pierre, MAGNAN, Alexandre, BOPP, Laurent, CHEUNG, William, DUARTE, Carlos, HINKEL, Jochen, MCLEOD, Elizabeth, MICHELI, Fiorenza, OSCHLIES, Andreas, WILLIAMSON, Phillip, BILLÉ, Raphaël, CHALASTANI, Vasiliki, GATES, Ruth, IRISSON, Jean-Olivier, MIDDELBURG Jack, PORTNER, Hans-Otto y RAU, Greg. Ocean Solutions to Address Climate Change and Its Effects on Marine Ecosystems. Frontiers in Marine Science. 2018. Vol. 5, nro. 337. [Consulta: 13 de diciembre de 2021]. Disponible en: https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00337
10. ROGELJ, Joeri, DEL ELZEN, Michel, HÖHNE, Niklas, FRANSEN, Taryn, FEKETE, Hanna, WINKLER, Harald, SCHAEFFER, Roberto, SHA, Fu, RIAHI, Keywan y MEINSHAUSEN, Malte. Paris agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2 °C. Nature, 2016. Vol. 534, pp. 631-639. [Consulta: 13 de diciembre de 2021]. Disponible en: https://www.nature.com/articles/nature18307
11. MONTECINO, Vivian y LANGE, Carina. The Humboldt Current System: Ecosystem components and processes, fisheries, and sediment studies. Progress in Oceanography, 2009. Vol. 83, pp. 65-79. [Consulta: 13 de diciembre de 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/223728938_The_Humboldt_Current_System_Ecosystem_components_and_processes_fisheries_and_sediment_studies
12. FAO, óp. cit.
13. Gutiérrez et al., óp. cit.
14. GUTIÉRREZ, M. Comunicación personal. 5 de enero de 2021.



del CC es el aumento del nivel del mar. Efectivamente, la tasa media mundial de aumento del nivel del mar fue de 5 mm por año[15].

Además, un informe del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático explica que para 2065 el aumento promedio del nivel del mar será de 24 cm a 30 cm[16]. De igual forma, la Marina de Guerra del Perú concluyó que el aumento del nivel del mar es de 2,9 mm por año y el escenario en 2050 aumentará 8,7 cm más que el nivel actual. Asimismo, el sistema de afloramiento peruano, en un escenario futuro a 2050 (sin acciones ni grandes cambios), muestra el aumento de la concentración de CO2. En el peor de los casos, el CO2 aumentaría de 400 ppm en 2020 a 550 ppm en 2050[17]. Por lo tanto, el aumento de temperatura y concentración de CO2 pone en riesgo el ecosistema de la corriente de Humboldt, especialmente para países pesqueros como Chile y el Perú.

3.2. Impactos en Chile y el Perú

Según el proyecto desarrollado entre los gobiernos de Chile y el Perú, apoyado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) denominado "Hacia un manejo con enfoque ecosistémico del GEMCH", el flujo de bienes y servicios que generan todas las actividades en el ecosistema de la corriente de Humboldt ascienden a 19 459 millones de dólares americanos. Al Perú le corresponde el 42% del total[18].

El GEMCH le ofrece a Chile y al Perú una fuente increíble de recursos marinos. Estos países dependen económicamente del sector pesquero en particular, debido a la anchoveta. Salvatteci *et al.*[19] explican que durante el siglo XX existe una mayor productividad marina de anchoveta, casi ocho veces superior a los últimos 500 años.

Sin embargo, un océano que se calienta no es ideal para esta especie, porque una mayor estratificación térmica y reducción de oxígeno en las aguas superficiales podrían reducir la productividad del mar. El experto investigador peruano Gutiérrez remarca que en el escenario de 2050, "las especies más afectadas son todas aquellas que habitan en zonas costeras, principalmente aquellas que se reproducen en las desembocaduras de los ríos". Asimismo, afirmó que "otras de las causas que afecta al océano peruano es la contaminación llevada al mar por los ríos y la desglaciación que ya es evidente en el Perú"[20]. Cabe señalar que el calentamiento del mar puede representar un cambio en la distribución de las especies hacia el sur de sus áreas de distribución actuales. Sin embargo, en un escenario optimista, en el que el Estado emprende todas las medidas recomendadas por los expertos, estos impactos pueden ser mínimos.

Las poblaciones de peces del GEMCH dependen directamente de la situación climática que afecta la producción de fitoplancton. Según los modelos globales,

15. WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION, OMM. Global Climate in 2015-2019: Climate change accelerates. 2019. [Consulta: 13 de diciembre de 2021]. Disponible en: https://public.wmo.int/en/media/press-release/global-climate-2015-2019-climate-change-accelerates
16. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, IPCC. Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Génova: IPCC. 2014.
17. PRODUCE, óp. cit.
18. GOBIERNO DEL PERÚ. (2019). Política Nacional Marítima. Decreto Supremo 012-2019, 23 de diciembre de 2019. El Peruano, Normas Generales 10-73.
19. SALVATTECI, Renato, FIELD, David, BAUMGARTNER, Tim, FERREIRA, Vicente, GUTIÉRREZ, Dimitri, ORTLIEB, Luc, SIFEDDINE, Abdel, GRADOS, Daniel y BERTRAND, Arnaud. Multifarious anchovy and sardine regimes in the Humboldt Current System during the last 150 years. Global Change Biology, 2018. Vol. 24, pp. 1055-1068. [Consulta: 13 de diciembre de 2021]. Disponible en: https://doi.org/10.1111/gcb.13991
20. GUTIÉRREZ, M. Comunicación personal. 5 de enero de 2021.



Pesca de anchoveta en el mar peruano. Fuente: Andina.pe

para 2050 habrá una disminución moderada de las capturas, para Chile -1,6% y para el Perú 0%, pero para 2095 la situación será dramáticamente peor, porque la reducción será -3% para Chile y -7,6% para el Perú[21]. Con el paso de los años la industria pesquera peruana provocó un incremento demográfico y social en las zonas costeras. Como consecuencia, generó un impacto ecológico y social[22]; por ejemplo, presencia de contaminación y basura marina en áreas costeras. Al mismo tiempo, la sobrepesca está causando un fuerte impacto en GEMCH. Tal es el caso de la pesca en pequeña escala, que está vinculada a la informalidad y la falta de control gubernamental. Bertrand *et al.*[23] recomiendan controles estrictos y sugieren una reducción de la capacidad en la pesca artesanal. Sin embargo, esta decisión podría tener efectos sociales negativos.

4. Acciones para la sostenibilidad del GEMCH

Se ha argumentado que la sustentabilidad del GEMCH para el escenario de 2050 está en riesgo debido a las acciones humanas. Por ello, ya se han tomado acciones importantes, como el Acuerdo de París sobre cambio climático, en el cual los países decidieron hacer los esfuerzos para reducir el aumento de la temperatura global por debajo de los 2 °C y alcanzar los 1,5 °C.

21. BERTRAND, Arnaud, VÖGLER, Rodolfo y DEFEO, Omar. Chapter 15: Climate change impacts, vulnerabilities and adaptations: Southwest Atlantic and Southeast Pacific marine fisheries. Impacts of Climate Change on fisheries and aquaculture: Synthesis of current knowledge, adaptation and mitigation options. FAO Fisheries Technical Paper 627. FAO. 2018.
22. FRÉON, Pierre, BOUCHON, Marilú, MULLON, Christian, GARCÍA, Christian y NIQUEN, Miguel. Interdecadal variability of anchoveta abundance and overcapacity of the fishery in Peru. Sustainability of the Peruvian Anchoveta Supply Chains. 2008. Vol. 79, nros. 2-4. 10.1016/j.pocean.2008.10.011
23. BERTRAND et al., óp. cit.





Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas. Fuente: ONU.org

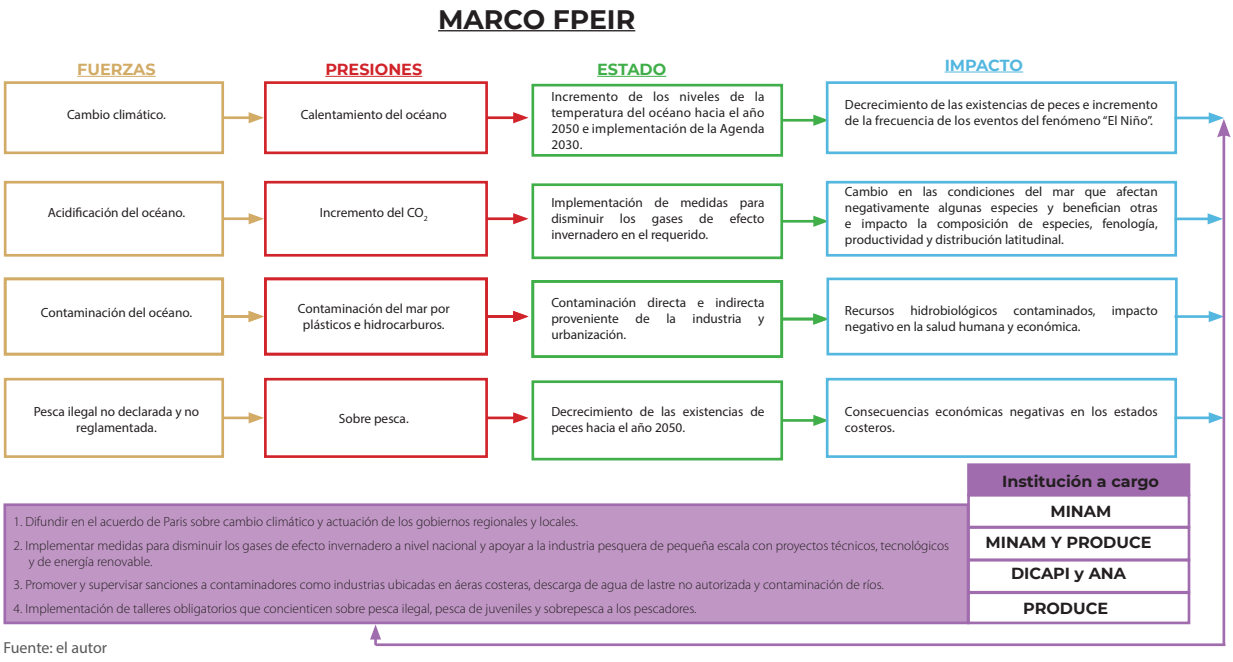
En este contexto, el ODS 13 ("Acción por el clima") tiene el objetivo de reforzar la respuesta mundial a la amenaza del CC y apoyar a los países en aspectos financieros y tecnológicos. Sin embargo, el año 2019 ha sido el más caluroso de la historia. Al respecto, es conveniente monitorear y evaluar los resultados sobre estos objetivos a nivel regional y nacional. En ese sentido, la recientemente emitida Política Nacional Marítima del Perú determina como uno de sus objetivos prioritarios "Fortalecer las actividades productivas en el ámbito marítimo, en forma racional y sostenible"[24]. De hecho, la decisión de mejorar la situación aún está en manos humanas; por lo tanto, la sociedad, las organizaciones públicas y privadas deberían trabajar juntas para proteger la sostenibilidad del ecosistema de la corriente de Humboldt; de lo contrario, el resultado será catastrófico para la comunidad mundial.

En términos generales y en concordancia con lo expuesto, el Instituto de Recursos Mundiales (WRI) propone cuatro intervenciones políticas en los océanos para garantizar su sostenibilidad hacia 2050. Las acciones son las siguientes: conservación y restauración de hábitats de manglares, aumento de la producción eólica marina, descarbonización del sector marítimo internacional y aumento de la producción de proteínas oceánicas de origen sostenible (WRI, 2020).

Por otro lado, en el contexto regional, las intervenciones y soluciones sociales que podrían contribuir a un futuro sostenible de GEMCH dependen principalmente de las autoridades gubernamentales. Por ejemplo, Gutiérrez recomienda "instalar plantas de tratamiento de aguas residuales en todos los pueblos ubicados a lo largo de la cuenca de los ríos". Además, "formalizar y fortalecer el sector pesquero artesanal, que es el más vulnerable y diversificar las actividades económicas actuales de los pescadores artesanales, para incluir el ecoturismo y el

23. GOBIERNO DEL PERÚ, óp. cit.





Fuente: el autor

Figura 1 Marco de Fuerzas Impulsoras, Presión, Estado, Impacto y Respuesta (FPEIR)

procesamiento de vísceras de pescado para producir fertilizantes orgánicos"[25]. De igual forma, promover el uso de fibra de vidrio en lugar de madera, ya que nuestros bosques se ven severamente afectados por la tala ilegal, porque son los bosques los que absorben más CO2 atmosférico.

A niveles nacionales, el Ministerio de la Producción informó que para mejorar los resultados en 2021 el objetivo es formalizar 16 000 pequeñas empresas. Esta autoridad también promoverá la formación y la innovación tecnológica a más de 9400 empresas[26]. Chile presentó una iniciativa de aplicación tecnológica para apoyar la actividad pesquera legal y sustentable, mediante la promoción de la oferta directa de los pescadores al público[27].

5. Propuesta de análisis multifactorial

Las intervenciones y soluciones sociales para un futuro sostenible deben basarse en un análisis multifactorial. Según Vázquez y García[28], es posible vincular fuerzas impulsoras, presión, Estado, Impacto y respuesta utilizando un Marco FPEIR, como se puede observar en la figura 4. En ese sentido, como ejemplo se propone el siguiente problema: "Disminución de las poblaciones de peces relacionado con las actividades

25. GUTIÉRREZ, M. Comunicación personal. 5 de enero de 2021.
26. MINISTERIO DE LA PRODUCCIÓN, PRODUCE. 16 000 mypes se formalizarán durante este año. PRODUCE. 2021. [Consulta: 13 de diciembre de 2021]. Disponible en: https://www.gob.pe/institucion/produce/noticias/323271-produce-16-000-mypes-se-formalizaran-durante-este-año.
27. SERNAPESCA. Nace el portal de la pesca artesanal en Chile: "Caleta en Línea". [Consulta: 13 de diciembre de 2021]. Disponible en: http://www.sernapesca.cl/noticias/nace-el-portal-de-la-pesca-artesanal-en-chile-caleta-en-linea
28. VÁZQUEZ, Roberto y GARCÍA, Rosa. Indicadores PER y FPEIR para el análisis de la sustentabilidad en el municipio de Cihuatlán, Jalisco, México. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades, 2020. Vol. 27, nro. 53-1, pp. 1-26. [Consulta: 13 de diciembre de 2021]. Disponible en: https://doi.org/10.20983/noesis.2018.3.1



Patrullera Marítima en operaciones guardacostas. Fuente: DIMAR

antrópicas en la zona peruana del GEMCH". Para este problema las fuerzas impulsoras más importantes son el CC, la acidificación de los océanos, la contaminación de los océanos y la pesca INDNR. En estas circunstancias, el marco FPEIR propone cuatro respuestas. Primero, difundir el acuerdo de París sobre el CC y tomar acciones en los gobiernos regionales y locales para lograr los ODS hacia 2030. Segundo, implementar medidas para disminuir los gases de efecto invernadero a nivel nacional y apoyar a la industria pesquera en pequeña escala con tecnología técnica y proyectos de energía renovable. En tercer lugar, promover y supervisar las sanciones a los contaminadores, como las industrias ubicadas en las zonas costeras, la descarga de agua de lastre no autorizada y la contaminación de los ríos. Cuarto, la implementación de talleres obligatorios que concienticen sobre la pesca ilegal, la pesca de juveniles y la sobrepesca a los pescadores, con el fin de difundir estas tres causas y sus consecuencias que impactan en el proceso de reproducción.

Cabe señalar que los delitos ambientales y la contaminación del mar ya están contemplados en el Código Penal peruano. Sin embargo, a pesar de varias intervenciones en acciones guardacostas a infractores que realizan pesca INDNR por parte de la Autoridad Marítima del Perú, nadie ha sido encarcelado por este delito. De hecho, la pesca INDNR no es una prioridad para el tribunal de justicia local. Cáceres[29] explica que la normativa es compleja, porque existen muchas normativas sectoriales y el sistema no es efectivo.

29. CÁCERES, Carolina. El delito de contaminación del ambiente en el código penal peruano: contenido y alcances. 2016. Revista Postgrado Universidad Católica de Santa María, 2016. Nro. 2, vol. 2, pp. 19-23. [Consulta: 13 de diciembre de 2021]. Disponible en: http://www.scientiarvm.org/cache/archivos/PDF_268350471.pdf



6. Conclusión

En conclusión, la corriente de Humboldt es uno de los ecosistemas marinos más productivos del mundo, pero muy sensible a las actividades humanas como el CC, la acidificación de los océanos, la contaminación de los océanos y la pesca INDNR. Para 2050, en un escenario sin acciones importantes ni grandes cambios, las predicciones no son favorables a la sostenibilidad del ecosistema de Humboldt. Sin embargo, si las autoridades gubernamentales, organizaciones internacionales, Organizaciones No Gubernamentales y partes interesadas unen esfuerzos, las consecuencias podrían cambiar al mínimo, de lo contrario, el sistema de la corriente de Humboldt perderá la alta productividad y los estados costeros apoyados por estos ricos recursos deberían cambiar su fuente económica oceánica a otra actividad.

Bibliografía

- BBC. Corriente de Humboldt: el fenómeno por el que el mar de Chile y Perú es hasta 10ºC más frío que otras zonas del Pacífico y cómo afecta al resto del mundo. 15 de setiembre de 2019. *BBC News Mundo*. [Consulta: 13 de diciembre de 2021]. Disponible en: https://www.bbc.com/mundo/noticias-49682744#:~:text=Impacto%20en%20el%20clima,norte%20y%20hacia%20la%20superficie
- BERTRAND, Arnaud, VÖGLER, Rodolfo y DEFEO, Omar. Chapter 15: Climate change impacts, vulnerabilities and adaptations: Southwest Atlantic and Southeast Pacific marine fisheries. *Impacts of Climate Change on fisheries and aquaculture: Synthesis of current knowledge, adaptation and mitigation options*. FAO Fisheries Technical Paper 627. FAO. 2018.
- CÁCERES, Carolina. El delito de contaminación del ambiente en el código penal peruano: contenido y alcances. 2016. *Revista Postgrado Universidad Católica de Santa María*, 2016. Nro. 2, vol. 2, pp. 19-23. [Consulta: 13 de diciembre de 2021]. Disponible en: http://www.scientiarvm.org/cache/archivos/PDF_268350471.pdf
- CARR, May-Elena y KEARNS, Edward. Production regimes in four Eastern Boundary Current systems. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*. 2003. Vol. 50, nros. 22-26, pp. 3199-3221. [Consulta: 13 de diciembre de 2021]. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0967064503001863
- ECHEVIN, Vicent, GOUBANOVA, Katerina, BELMADANI, Ali y DEWITT, Boris. Sensitivity of the Humboldt Current system to global warming: a downscaling experiment of the IPSL-CM4 model. *Climate Dynamics,* 2011. Vol. 38, pp. 761-774. [Consulta: 13 de diciembre de 2021]. Disponible en: https://doi.org/10.1007/s00382-011-1085-2
- FRÉON, Pierre, BOUCHON, Marilú, MULLON, Christian, GARCÍA, Christian y NIQUEN, Miguel. Interdecadal variability of anchoveta abundance and overcapacity of the fishery in Peru. *Sustainability of the Peruvian Anchoveta Supply Chains*. 2008. Vol. 79, nros. 2-4. 10.1016/j.pocean.2008.10.011
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, FAO. *The state of world fisheries and aquaculture 2020*. Roma: Food and Agriculture Organization. 2020.
- GATTUSO, Jean-Pierre, MAGNAN, Alexandre, BOPP, Laurent, CHEUNG, William, DUARTE, Carlos, HINKEL, Jochen, MCLEOD, Elizabeth, MICHELI, Fiorenza, OSCHLIES, Andreas, WILLIAMSON, Phillip, BILLÉ, Raphaël, CHALASTANI, Vasiliki, GATES, Ruth, IRISSON, Jean-Olivier, MIDDELBURG Jack, PORTNER, Hans-Otto y RAU, Greg. Ocean Solutions to Address Climate Change and Its Effects on Marine Ecosystems. *Frontiers in Marine Science*. 2018. Vol. 5, nro. 337. [Consulta: 13 de diciembre de 2021]. Disponible en: https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00337
- GOBIERNO DEL PERÚ. (2019). Política Nacional Marítima. Decreto Supremo 012-2019, 23 de diciembre de 2019. *El Peruano*, Normas Generales 10-73.



- GUTIÉRREZ, M. Comunicación personal. 5 de enero de 2021.
- GUTIÉRREZ, Mariano, CASTILLO, Jorge, NARANJO, Laura y AKESTER, Michael. Current state of goods, services and governance of the Humboldt Current Large Marine Ecosystem in the context of climate change. *Environmental Development*. 2017. Vol. 22, pp. 175-190. [Consulta: 13 de diciembre de 2021]. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1016/j.envdev.2017.02.006
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, IPCC. *Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Génova: IPCC. 2014.
- MINISTERIO DE LA PRODUCCIÓN, PRODUCE. Avances del Perú en la adaptación al cambio climático del sector pesquero y del ecosistema marino-costero. Lima: PRODUCE. 2019.
- MINISTERIO DE LA PRODUCCIÓN, PRODUCE. 16 000 mypes se formalizarán durante este año. PRODUCE. 2021. [Consulta: 13 de diciembre de 2021]. Disponible en: https://www.gob.pe/institucion/produce/noticias/323271-produce-16-000-mypes-se-formalizaran-durante-este-ano
- MONTECINO, Vivian y LANGE, Carina. The Humboldt Current System: Ecosystem components and processes, fisheries, and sediment studies. *Progress in Oceanography*, 2009. Vol. 83, pp. 65-79. [Consulta: 13 de diciembre de 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/223728938_The_Humboldt_Current_System_Ecosystem_components_and_processes_fisheries_and_sediment_studies
- NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION, NOAA. Ocean Acidification. 2020. [Consulta: 13 de diciembre de 2021]. Disponible en: https://www.noaa.gov/education/resource-collections/ocean-coasts/ocean-acidification
- OYARZÚN, Damián y BRIERLEY, Chris. The future of coastal upwelling in the Humboldt Current from model projections. *Climate Dynamics*, 2018. Vol. 52, pp. 599-615. [Consulta: 13 de diciembre de 2021]. Disponible en: https://doi.org/10.1007/s00382-018-4158-7
- ROGELJ, Joeri, DEL ELZEN, Michel, HÖHNE, Niklas, FRANSEN, Taryn, FEKETE, Hanna, WINKLER, Harald, SCHAEFFER, Roberto, SHA, Fu, RIAHI, Keywan y MEINSHAUSEN, Malte. Paris agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2 °C. *Nature*, 2016. Vol. 534, pp. 631-639. [Consulta: 13 de diciembre de 2021]. Disponible en: https://www.nature.com/articles/nature18307
- SALVATTECI, Renato, FIELD, David, BAUMGARTNER, Tim, FERREIRA, Vicente, GUTIÉRREZ, Dimitri, ORTLIEB, Luc, SIFEDDINE, Abdel, GRADOS, Daniel y BERTRAND, Arnaud. Multifarious anchovy and sardine regimes in the Humboldt Current System during the last 150 years. *Global Change Biology*, 2018. Vol. 24, pp. 1055-1068. [Consulta: 13 de diciembre de 2021]. Disponible en: https://doi.org/10.1111/gcb.13991
- SERNAPESCA. Nace el portal de la pesca artesanal en Chile: "Caleta en Línea". [Consulta: 13 de diciembre de 2021]. Disponible en: http://www.sernapesca.cl/noticias/nace-el-portal-de-la-pesca-artesanal-en-chile-caleta-en-linea
- SUBSECRETARÍA DE PESCA Y ACUICULTURA. Nace "Caleta en línea", portal de la pesca artesanal en Chile. 2020. [Consulta: 13 de diciembre de 2021]. Disponible en: http://www.subpesca.cl/portal/617/w3-article-109580.html
- VÁZQUEZ, Roberto y GARCÍA, Rosa. Indicadores PER y FPEIR para el análisis de la sustentabilidad en el municipio de Cihuatlán, Jalisco, México. *Revista de Ciencias Sociales y Humanidades,* 2020. Vol. 27, nro. 53-1, pp. 1-26. [Consulta: 13 de diciembre de 2021]. Disponible en: https://doi.org/10.20983/noesis.2018.3.1
- WARD, Raymond, FRIESS, Daniel, DAY, Richard y MACKENZIE, Richard. Impacts of climate change on mangrove ecosystems: a region by region overview. *Ecosystem Health Sustainability*, 2016. Vol. 2, nro. 4, e01211. [Consulta: 13 de diciembre de 2021]. Disponible en: https://doi.org/10.1002/ehs2.1211
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION, OMM. Global Climate in 2015-2019: Climate change accelerates. 2019. [Consulta: 13 de diciembre de 2021]. Disponible en: https://public.wmo.int/en/media/press-release/global-climate-2015-2019-climate-change-accelerates
- WORLD RESOURCES INSTITUTE. 14 world leaders commit to 100% sustainable ocean management to solve global challenges; call for more countries to join. 2020. [Consulta: 13 de diciembre de 2021]. Disponible en: https://www.wri.org/news/2020/12/release-14-world-leaders-commit-100-sustainable-ocean-management-solve-global