

# Factores estructurales y tecnológicos en el impacto ambiental de embarcaciones pesqueras

**ALICIA INÉS ZANFRILLO**

Facultad Regional Mar del Plata | Universidad Tecnológica Nacional (UTN)

**VERÓNICA AÍDA MORTARA**

Facultad de Ingeniería | Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP)

**LUCIANA TABONE**

Facultad de Ingeniería | Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP)

## RESUMEN

*Entre las causas antropogénicas que generan impacto en el ambiente se encuentra el transporte de personas y cargas por vía marítima. Este tipo de transporte es uno de los mayores contribuyentes en la emisión de gases efecto invernadero, situación que se agrava con el sostenido crecimiento del comercio internacional como producto de la globalización. La necesidad de adoptar políticas que contribuyan a reducir el impacto ambiental a través de la aplicación de nuevas tecnologías y metodologías de trabajo instalan el tema en la agenda del sector a fin de proveer información que facilite la cuantificación del nivel de emisiones que degradan el ambiente y proponer estrategias que mitiguen estos efectos. El trabajo tiene como propósito estimar el impacto ambiental de la actividad de los buques congeladores en el puerto marplatense por los efectos de uno de los gases efecto invernadero, el dióxido de carbono, según factores estructurales y tecnológicos. Se aborda una investigación cuantitativa, a través del análisis de fuentes secundarias, sobre el registro de combustible empleado en las mareas declaradas por este tipo de flota en el año 2018 en el puerto de la ciudad de Mar del Plata. Se observa la incidencia de factores estructurales y tecnológicos en la contaminación por emisión de dióxido de carbono. Las embarcaciones más pequeñas ofrecen una mayor eficiencia en el consumo de combustible y por ende, un menor impacto ambiental mientras que la duración del viaje y la variabilidad en el consumo del combustible influye en forma negativa en el cuidado del medio ambiente marítimo. Resulta evidente que la regularidad en el consumo contribuye a mejorar la sostenibilidad ambiental.*

## PALABRAS CLAVE

*Sostenibilidad; huella de carbono; buques congeladores; tecnología.*

## Introducción

La pesca junto con otros sistemas alimenticios es altamente dependiente de los combustibles fósiles para desarrollar mareas de mayor alcance y a mayor

profundidad con un costo económico y ambiental que influye sobre el cambio climático (Bravo-Olivas, Chaves-Dagostino, Espino-Barr & Rosas-Puga, 2014: 113). En la explotación del recurso pesquero existen factores como las artes de pesca, el tamaño de la flota y su antigüedad que inciden en el indicador ambiental como medida del impacto de la práctica pesquera sobre los ecosistemas marinos (Vargas-Morales, Rueda & Maldonado, 2013: 166). Otros, centrados en las especies de captura, también aluden a las artes de pesca como factor de impacto en la definición de un perfil ambiental más favorable (Villanueva-Rey, Vázquez-Rowe, Moreira & Feijoo, 2012: 2). Si bien se reconoce las ventajas que ofrece la pesca ribereña frente a la pesca industrial como una mayor eficiencia económica y disminución de efectos negativos en el ambiente, aún resultan incipientes los estudios que determinen perfiles de emisión de gases efecto invernadero (GEI) en procesos productivos que se desarrollan en el ambiente marítimo de los países en vías de desarrollo (Bravo-Olivas *et al.*, 2014: 124).

En el puerto de la ciudad de Mar del Plata se han incorporado desde fines del siglo pasado buques congeladores y buques factoría que han reemplazado la labor de las pesquerías en tierra encontrándose así embarcaciones de pesca artesanal menores a quince metros de eslora con escasa tecnología frente a aquellos que operan como verdaderas fábricas realizando todo el procesamiento «..., y que generalmente incorporan tecnología de punta como eco-sonares, posicionamiento geo-satelital, y factoría por túneles de congelamiento súper-rápido» (Zárate, 2013: 17). En este escenario la modernización de la flota puede realizarse en el casco y/o en el motor, lo cual permitiría una mejora en el consumo de combustible (Zárate, 2013: 19). Esta situación impactaría no solo al dotar de mayor autonomía a la embarcación sino además en favorecer un consumo energético sostenible. Sin embargo, la prioridad de las empresas del sector se centra en «... reducir costos y mantener la actividad en niveles compatibles con la mínima inversión posible», planteando un desafío para la optimización de los procesos productivos desde una perspectiva de sostenibilidad (Sesar, 2015: 4).

Dado el impacto del consumo de combustible como principal responsable de la huella de carbono (HC) incluyendo los refrigerantes resulta evidente la necesaria disminución en la actividad de la dependencia frente a los combustibles fósiles (Villanueva-Rey *et al.*, 2012: 6). La implementación de marcos normativos y estrategias de gobernanza son algunas de las estrategias que se llevan a cabo en los países desarrollados para la gestión sostenible del consumo energético de estas flotas. Se presenta como un desafío frente a la escasa incorporación de tecnología alcanzar un consumo energético racional. El interés por los niveles de apropiación actual de tecnologías se basa en las posibilidades futuras de incorporar la

nanotecnología como una herramienta para brindar nuevas soluciones a los efectos de la situación actual y su impacto creciente en el cambio climático.

Un indicador que mide el desempeño ambiental de las organizaciones en su componente energético es la HC. Cuantitativamente identifica la cantidad de emisiones de GEI que son liberadas a la atmósfera como consecuencia del desarrollo de cualquier actividad tanto de organizaciones como de individuos identificando las fuentes de emisiones. La HC contempla los GEI definidos en el Protocolo de Kioto: dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre midiéndose en toneladas equivalentes de dióxido de carbono (Frohmann, Mulder, Olmos & Herreros, 2012: 25). La HC corresponde a todas las emisiones directas —aquellas que la organización controla en sus procesos productivos como consumo eléctrico, combustibles fósiles y embalajes— y las emisiones indirectas —las que surgen de fuentes no controladas por la organización como el transporte y reciclado del producto cuando se encuentra en poder del consumidor— (Frohmann *et al.*, 2012: 25).

La incidencia de los GEI en el calentamiento global es diversa, acentuándose unos por sobre otros dependiendo la actividad humana que se realice y el sector económico en el cual se inscriba. A nivel global, los GEI generados por la actividad humana responden a cinco componentes principales: el 65 % de dióxido de carbono se emite por el uso de combustibles fósiles y procesos industriales, el 16 % de metano por actividades agrícolas, gestión de residuos y uso de la energía entre otros, el 11 % de dióxido de carbono por deforestación y otros usos de la tierra, 6 % de óxido nitroso principalmente por actividades agrícolas y 2 % de gases fluorados por procesos industriales (IPCC, 2014: 42). La clasificación de la emisión de GEI en sectores económicos define seis agrupamientos: (1) el 25 % para la electricidad y la producción de calor, (2) un 24 % en agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra, (3) la industria con el 21 %; (4) el transporte con el 14 %, (5) otros usos de las energías con el 10 % y (6) el 6 % para la construcción (IPCC, 2014: 44).

## **Materiales y métodos**

Se aborda una investigación cuantitativa, de tipo descriptiva, con el análisis de fuentes secundarias sobre el detalle de los viajes de pesca efectuados por las embarcaciones del tipo buque congelador en el puerto marplatense durante el año 2018. Sobre este detalle, se analizó el consumo de combustible y, la cantidad y duración en el tiempo de los viajes. Respecto de las embarcaciones, se accedió a los datos estructurales y tecnológicos sobre 20 buques congeladores provistos por la

Comisión Técnica Mixta del Frente Marítimo (2019) y las declaraciones correspondientes a las mareas llevadas a cabo entre los meses de enero a diciembre de 2018. La selección de variables se fundó en la literatura científica que señala los factores estructurales y tecnológicos (tamaño, capacidad del buque y potencia del motor) como influyentes en un desempeño eficiente en el nivel de emisiones de la embarcación (Vargas-Morales, Rueda & Maldonado, 2013: 166).

A este grupo de factores se añaden otros no tradicionales relacionados no sólo con la cantidad de combustible empleado sino además con el tamaño del motor y el tiempo que permanecen en el mar (Oladokun, Kader, Tanaraj y Bergmann, 2013: 367). Se analizaron las variables correspondientes a la estructura de la embarcación, a los viajes y a la contaminación por emisión de GEI como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), esta última elegida como dependiente para un análisis de regresión múltiple con el propósito de identificar las variables determinantes en el impacto ambiental por emisión de CO<sub>2</sub> y su importancia (Tabla 1). Se aplicó un análisis de correlación sobre las variables a efectos de identificar relaciones significativas entre ellas descartando así las que fueran redundantes, por ejemplo, la capacidad de bodega y otras, tecnológicas, como la potencia de motor, quedando descartadas del estudio por su relación con el tamaño de la embarcación.

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	INDICADOR	VALOR	UNIDAD
Tamaño del buque	Dimensión del buque	Eslora del buque	33,10-72,34	[m]
Duración de la marea	Tiempo de duración del viaje de pesca	Promedio de días de pesca por marea	11-77	[días / marea]
Variabilidad del consumo de combustible	Variación respecto del combustible promedio consumido en la marea	Coefficiente de variabilidad de combustible promedio	0,00-0,88	-
Contaminación por dióxido de carbono	Impacto ambiental causado por la emisión de dióxido de carbono	Emisión de dióxido de carbono	54,52-99,55	[tCO <sub>2</sub> / marea]

Tabla 1: Resumen de variables de investigación

Para la detección de factores influyentes en la contaminación por el uso de combustible fósil se empleó software estadístico con el análisis de regresión multivariante sobre las cuatro variables no correlacionadas entre sí a valores de significatividad mayores al 70 % para asegurar la validez de la capacidad explicativa del modelo.

## Resultados

Sobre las veinte embarcaciones del tipo congelador analizadas para el año 2018 que efectuaron viajes de pesca desde el puerto de Mar del Plata con dimensiones de eslora entre 33,1 m y 72,34 m se estableció un consumo promedio de combustible de aproximadamente 30.000 litros por marea, con una variabilidad de más de 5.000 litros con una duración promedio de la marea de 24 días. El total de embarcaciones cubrió, durante los meses de enero a diciembre de 2018, el número de 80 viajes de pesca en la captura y procesamiento de los recursos pesqueros, con un máximo de nueve y un mínimo de una marea efectuadas en el período analizado.

El análisis del efecto contaminante de la actividad de los buques factoría se plantea con una emisión promedio de tCO<sub>2</sub> de 80,90 por embarcación. El total para las embarcaciones analizadas corresponde a una emisión de 1.618 tCO<sub>2</sub>. Los factores que influyen en la emisión de dióxido de carbono en las mareas efectuadas por los buques factoría corresponden a la dimensión del buque (eslora), la duración de las mareas y la variabilidad respecto del combustible consumido (Figura 1).

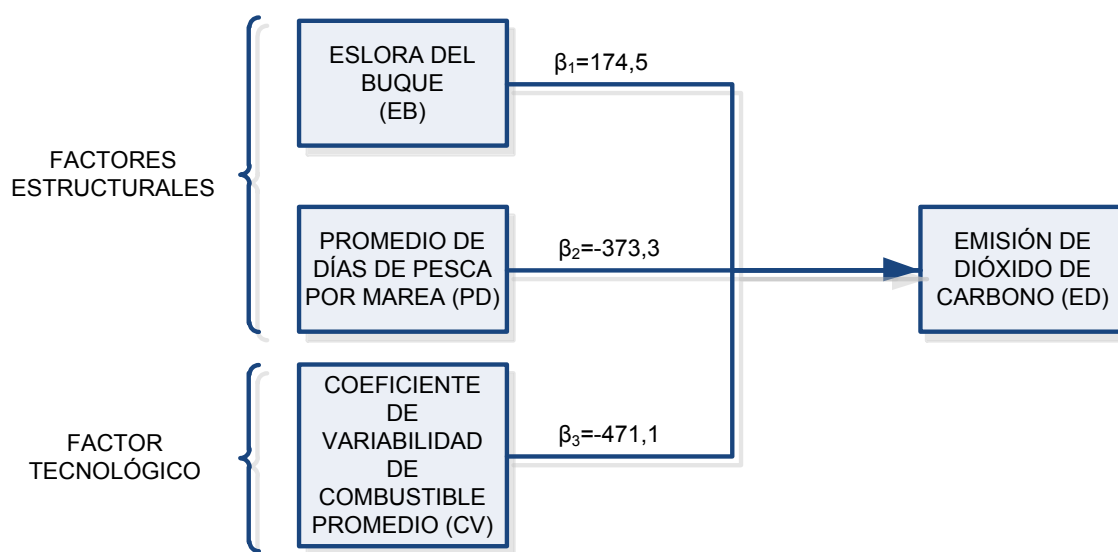


Figura 1: Modelo de impacto ambiental por consumo de combustible en los buques congelados (Mar del Plata, 2018)

Se obtiene un modelo con una capacidad de explicación de la varianza de la variable Contaminación por dióxido de carbono del 72 % ( $R=0,85$   $R^2=0,72$ ), calificado este coeficiente de determinación como bueno, con dos variables explicativas significativas ( $p < 0,05$ ): Duración de la marea (0,015) y Variabilidad del consumo de combustible (0,000).

$$ECO_2 = 95870,5 + 174,5 EBi - 373,3 PDi - 471,1 CVi$$

Donde:

ECO<sub>2</sub>: emisión de dióxido de carbono [tCO<sub>2</sub>/marea]

EBi: eslora del buque [m]

PDi: promedio de días de pesca por marea [días/marea]

CVi: coeficiente de variabilidad de combustible promedio

Una primera interpretación del modelo indica que una de las variables analizadas contribuye en forma directa, el Tamaño del buque, mientras que las restantes, Duración de la marea y Variabilidad del consumo de combustible, efectúan un aporte indirecto, siendo la más significativa esta última.

Según el modelo propuesto, cuanto más pequeñas sean las embarcaciones, más eficiente resulta el consumo de combustible, evidente en la disminución de la emisión de CO<sub>2</sub> por la incidencia positiva del tamaño del buque. Por otra parte, las dos variables que se relacionan en forma indirecta aportan negativamente a la emisión de dióxido de carbono. Esto implica que cuánto más regular sea el consumo de combustible se obtiene una menor emisión contaminante por CO<sub>2</sub>. De igual forma, si el tiempo de duración de las mareas se mantiene estable, el consumo de combustible resulta más eficiente.

En consonancia con otras investigaciones sobre los factores determinantes en la emisión de gases contaminantes en el desarrollo de actividades de transporte marítimo, se revelan significativos aquellos relacionados tanto con la estructura de la embarcación como con su tecnología (Oladokun, Kader, Tanaraj y Bergmann, 2013: 367; Maragkogianni, Papaefthimiou y Zopounidis, 2016: 14). Esta situación ofrece pautas para el diseño de políticas que faciliten consumos más sostenibles para la reducción de los niveles de contaminación producidos por los buques factorías.

## Discusión

La presente investigación se propone estimar la contribución al cambio climático de los procesos productivos que se desarrollan entre la captura y la estiba en las embarcaciones fresqueras y congeladoras del puerto marplatense como un diagnóstico para el análisis del impacto que tiene la actividad sobre el ambiente en cada marea que se realiza.

Se planea obtener una valoración de la huella de carbono a través de la emisión de CO<sub>2</sub> que representa el quehacer de los buques factoría. Se obtiene una estimación del impacto ambiental generado por una de las actividades más relevantes para la economía regional relacionando las tecnologías empleadas en la actividad de captura y procesamiento junto con los factores estructurales de la flota. Los resultados muestran que los factores estructurales aportan directa e indirectamente a la contaminación por emisión de dióxido de carbono mientras que los factores tecnológicos, inciden en forma inversa en el impacto ambiental.

El estudio permite determinar la relación entre la emisión de dióxido de carbono respecto de la estructura de las embarcaciones y los avances tecnológicos ofreciendo relaciones de desempeño en los procesos productivos que se desarrollan en el ambiente marítimo que pueden facilitar la elaboración de planes de modernización sustentable. Resulta de gran interés concientizar a organizaciones y agentes del sector en la necesidad de la implementación de políticas que procuren un uso responsable y sostenible de los recursos.

## Bibliografía

- BRAVO-OLIVAS, M. L., CHAVES-DAGOSTINO, R. M., ESPINO-BARR, E. & ROSAS-PUGA, R. J. (2014). Huella de la pesca ribereña. In: Lemus, J. L. C., & Magaña, F. G. C. (coords.), Temas sobre Investigaciones Costeras. México: Universidad de Guadalajara. 1era. ed. <[http://www.academia.edu/download/41134350/Temas\\_sobre\\_Investigaciones\\_Costeras.pdf](http://www.academia.edu/download/41134350/Temas_sobre_Investigaciones_Costeras.pdf)>
- COMISIÓN TÉCNICA MIXTA DEL FRENTE MARÍTIMO (2019). Buques pesqueros autorizados a operar en la zona común de pesca. <<http://ctmfm.org/buquesAutorizados/>>
- FROHMANN, A., MULDER, N., OLMOS, X., & HERREROS, S. (2012). Huella de carbono y exportaciones de alimentos: Guía práctica. <<http://repository.eclac.org/handle/11362/4013>>
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (2014). Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O.; Pichs-Madruga, R., Sokona, Y. (eds.). New York: Cambridge University Press. <<http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/>>

- MARAGKOIANNI, A., PAPAETHIMIOU, S., & ZOPOUNIDIS, C. (2016). Current methodologies for the estimation of maritime emissions. In *Mitigating Shipping Emissions in European Ports* (pp. 25-35). Springer, Cham. <[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-40150-8\\_3](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-40150-8_3)>
- OLADOKUN, S. O., KADER, A. S. A., TANARAJ, R. Y BERGMANN, M. (2013). Quantification of emissions from marine transportation towards sustainable shipping. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 7(14), 364-379. <<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20143113792>>
- SESAR, G. (2015). Estudio de mercado de la cadena de suministro de pescado blanco proveniente de la República Argentina. Buenos Aires: Fundación Vida Silvestre Argentina. <[https://d2qv5f444n933g.cloudfront.net/downloads/estudio\\_de\\_mercado\\_de\\_la\\_cadena\\_de\\_suministro\\_de\\_pescado\\_blanco\\_proveniente\\_de\\_la\\_republ.pdf](https://d2qv5f444n933g.cloudfront.net/downloads/estudio_de_mercado_de_la_cadena_de_suministro_de_pescado_blanco_proveniente_de_la_republ.pdf)>
- VARGAS-MORALES, M., RUEDA, M., & MALDONADO, J. (2013). Evolución y factores determinantes de la huella ecológica de la pesca de camarón blanco (*litopenaeus occidentalis*) en el pacífico colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 42, 1. <<http://cinto.invemar.org.co/ojs/index.php/boletin/article/view/65>>
- VILLANUEVA-REY, P., VÁZQUEZ-ROWE, I., MOREIRA, M. T., & FEIJOO, G. (2012). Huella de Carbono y Retorno Energético de la pesca de merluza en diferentes caladeros. <[http://www.academia.edu/download/40474332/Huella\\_de\\_Carbono\\_y\\_Retorno\\_Energico\\_de20151129-18926-tyyxe2.pdf](http://www.academia.edu/download/40474332/Huella_de_Carbono_y_Retorno_Energico_de20151129-18926-tyyxe2.pdf)>
- ZÁRATE, N. (2013). Producción y Procesamiento de Recursos Oceánicos. Documento de referencia. Buenos Aires: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación. <<https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/recursos-oceanicos-doc.pdf>>