

*ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN. SANTANDER*

ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LA PESCA DE LA SARDINA EN CANTABRIA

TRABAJO FIN DE MÁSTER (TFM)

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA QUÍMICA
POR LA UNIVERSIDAD DE CANTABRIA Y LA
UNIVERSIDAD DEL PAÍS VASCO/EUSKAL HERRIKO
UNIBERSITATEA**

Alumno: Javier Lorenzo Martín

Fecha: 17/09/2021

Firma:



Directores:

María Margallo Blanco

Israel Ruiz Salmón

Curso académico:

2020-2021

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Situación del sector pesquero.....	1
1.2. Efectos del Covid-19 en el sector pesquero	3
1.3. Características de la <i>Sardina pilchardus</i>	4
1.3.1. Biología y hábitat.....	4
1.3.2. Contenido nutricional	5
1.3.3. Artes de pesca aplicadas a la sardina	7
1.3.4. Flota de Cantabria dedicada a la pesca de la sardina.....	9
1.3.5. Procesado y distribución hasta su consumo final	10
1.4. Análisis de Ciclo de Vida en el sector pesquero	11
1.5. Objetivos	13
2. METODOLOGÍA ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA.....	15
2.1. Definición de objetivo y alcance.....	15
2.1.1. Unidad funcional.....	15
2.1.2. Límites del sistema	16
2.1.3. Consideraciones y simplificaciones del sistema	19
2.2. Inventario del ciclo de vida	20
2.3. Evaluación del impacto del ciclo de vida.....	31
2.4. Interpretación de resultados	31
2.4.1. Análisis del impacto ambiental de la flota de cerco de Cantabria	31
2.4.2. Análisis del impacto por elementos del barco	33
2.4.3. Propuestas de mejora	37
3. CONCLUSIONES	39
4. REFERENCIAS.....	41
5. ANEXOS	45
5.1. Anexo I. Emisiones correspondientes a la combustión del diésel.	45

LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

Tabla 1. Datos relevantes de la flota española por comunidades autónomas.	2
Tabla 2. Pesca desembarcada y dinero en ventas de los puertos de Cantabria.	3
Tabla 3. Composición nutricional de la sardina en 100 gramos de porción comestible... 6	
Tabla 4. Contenido nutricional de los cocinados de la sardina [13].	7
Tabla 5. Artículos científicos sobre ACV en productos pesqueros.	12
Tabla 6. Consumos de las embarcaciones.	21
Tabla 7. Datos técnicos flota de cerco de Cantabria.	23
Tabla 8. Emisiones del diésel de los barcos de cerco en Cantabria.	26
Tabla 9. Inventario de las redes de los barcos.	27
Tabla 10. Construcción y mantenimiento del casco y los motores.	28
Tabla 11. Capturas de la flota de cerco de Cantabria.	30
Tabla 12. Impacto de los elementos relevantes del proceso de pesca (indicador calentamiento global, metodo IPPC).	34
 Figura 1. Artes de pesca para la sardina: (a) arrastre, (b) enmalle y (c) cerco [14].	8
Figura 2. Distribución por puertos de los barcos que pescan sardina con cerco (elaboración propia).	9
Figura 3. Distribución del valor de la pesca desembarcada (€) en Cantabria (elaboración propia a partir de [4]).	10
Figura 4. Conservación de las sardinas en bandejas refrigeradas (imagen izquierda, obtenida de [2]). Punto de venta de pescado al consumidor (imagen derecha, obtenida de [17]).	11
Figura 5. Diagrama del flujo del proceso de pesca de cerco con los límites del sistema (color rojo), las entradas (color verde) y salidas correspondientes.	18
Figura 6. Impacto por embarcaciones para la categoría calentamiento global (GWP) según el método de evaluación de impacto IPPC.	32
Figura 7. Contribución de impacto ambiental por puerto pesquero.	32
Figura 8. Impacto ambiental por material constituyente de las redes.	35
Figura 9. Impacto ambiental del diésel.	36

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERIA QUIMICA
POR LA UNIVERSIDAD DE CANTABRIA Y LA UNIVERSIDAD DEL PAÍS VASCO/EUSKAL
HERRIKO UNIBERTSITATEA**

RESUMEN DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER

TÍTULO	“Análisis del Ciclo de Vida de la pesca de la Sardina en Cantabria”		
AUTOR	Javier Lorenzo Martín		
DIRECTOR/CODIRECTOR	María Margallo Blanco Israel Ruiz Salmón	FECHA	17 de septiembre, 2021

PALABRAS CLAVE

Análisis de ciclo de vida, pesca de cerco, Sardina pilchardus, impacto ambiental.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La pesca ha constituido desde la antigüedad una importante fuente de alimentos para la humanidad, así como de empleo y de beneficios económicos para todas aquellas personas relacionadas con el sector. Con el paso de los años se ha demostrado que los recursos marinos no son infinitos y es necesario gestionarlos de manera sostenible para poder contribuir al bienestar nutricional, económico y social de una población mundial en constante crecimiento. Asimismo, el sector pesquero, comprende un conjunto de elementos para su desarrollo (mantenimiento de los barcos, consumo de combustibles, generación de residuos, etc.) que provocan efectos negativos para el medio ambiente, por lo que se hace necesaria una reducción de los impactos ambientales generados para conseguir un desarrollo sostenible que permita un futuro adecuado del sector.

Una de las especies más consumidas en el sector pesquero es la Sardina pilchardus, cuya pesca tiene gran importancia desde el punto de vista económico y alimenticio, tanto en el ámbito mundial como a nivel local, especialmente en la comunidad de Cantabria, donde se pesca por medio de la técnica de cerco.

En numerosos artículos científicos se ha analizado el impacto ambiental generado en productos del mar por medio de la herramienta del Análisis de Ciclo de Vida (ACV), para conocer qué elementos contribuyen y en qué medida en el impacto generado. De esta manera, en el presente trabajo se pretende analizar el impacto ambiental del proceso de pesca de la sardina por cerco, para poder conocer mejor el proceso y buscar soluciones que permitan conseguir un proceso de pesca más sostenible y eficiente dentro de la comunidad. Para ello, se va a utilizar el software de análisis de ciclo de vida GaBi 6.0 y la base de datos Ecoinvent y, a partir de los datos del inventario, obtenidos de encuestas a los pescadores, se analizará el sistema compuesto por los distintos barcos de la flota y

se elegirá como unidad funcional 1 kg de sardinas desembarcadas. En cuanto al método de evaluación de impacto seleccionado, se ha elegido el propuesto por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPPC), dentro del cual se ha analizado la categoría de calentamiento global (Global Warming Potential, GWP), ya que se considera que es el indicador más representativo y permite tener una visión global del proceso estudiado.

RESULTADOS

En base a la información proporcionada por el programa para el indicador de calentamiento global (GWP), se ha determinado que el proceso de pesca de sardina por cerco en Cantabria lleva asociado un impacto de 8,233 kg de CO₂ equivalentes/ kg de sardinas y, a su vez, un valor promedio de impacto de 0.484 kg de CO₂ equivalentes/ kg de sardinas. En cuanto al impacto por embarcaciones, se encuentra en un rango de valores comprendido entre 0,274 y 0,665 kg de CO₂ equivalentes/ kg de sardinas, a excepción de la embarcación P1.1 (Castro Urdiales) que presenta un impacto mayor, con 1,149 kg de CO₂ equivalentes/ kg de sardinas.

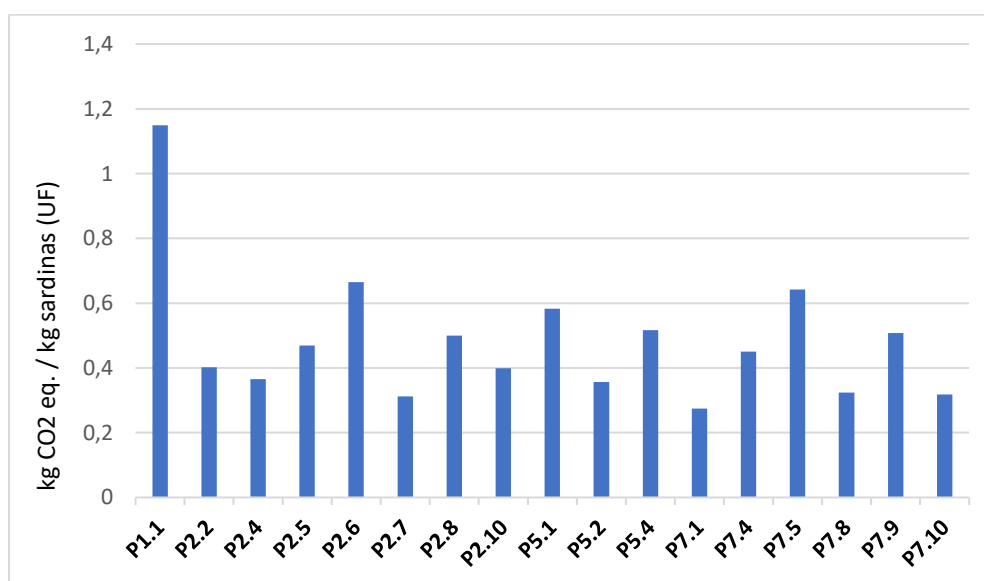


Figura 1. Impacto por embarcación para la categoría calentamiento global (GWP) según el método de evaluación IPPC.

Respecto al análisis por puerto, se tiene al puerto de Colindres como principal contribuidor al impacto con 3,112 kg de CO₂ equivalentes/ kg de sardinas, después, se encuentra Santoña que lleva asociado 2,516 kg de CO₂ equivalentes/ kg de sardinas y, por último, a los puertos de San Vicente de la Barquera y Castro Urdiales, con un impacto de 1,456 y 1,149 kg de CO₂ equivalentes/ kg de sardinas respectivamente.

Por último, en el análisis por elementos del proceso, se obtienen como principales contribuidores al impacto: el diésel, el cual incluye el proceso de su producción y las emisiones asociadas a su combustión por los barcos y representa el 87,28% del impacto ambiental del proceso de pesca, y las redes, que suponen el 8,60 % del impacto total. El resto de elementos del sistema (casco, pintura, antifouling, hielo, lubricante y motores) conllevan un impacto notablemente menor, constituyendo el 4,11 % restante entre todos.

CONCLUSIONES

Aplicando la metodología de ACV se ha llegado a la conclusión de que el elemento crítico del proceso de pesca de la sardina en Cantabria es el diésel, en el que se incluye su producción y las emisiones asociadas a su combustión, ya que comporta el 87,28 % del impacto total del proceso. Por ello, se considera interesante, desde el punto de vista ambiental, cambiar el diésel tradicional empleado por la flota por el biodiésel, menos contaminante, para conseguir así un proceso de pesca de sardina más sostenible en Cantabria.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (ONU). 2020. “El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura. La Sostenibilidad en Acción”.
- [2] AENOR. 2006. UNE-EN ISO 14040: 2006: Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia. Madrid: AENOR.
- [3] Vázquez-Rowe, I.; Villanueva-Rey, P.; Hospido, A.; Moreira, M.T.; Feijoo, G. 2014. “Life cycle assessment of European pilchard (*Sardina pilchardus*) consumption. A case study for Galicia (NW Spain)”. *Science of the Total Environment*, 475, pp. 48- 60. ISSN 0048-9697. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.12.099/>
- [4] Olivier J.G., Gaudioso D., Gillenwater M., Ha C., Hockstad L., Martinsen T., Neelis M., Park H., Simmons T., 2006. *IPPC Guidelines*. Volume 3.

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERIA QUIMICA
POR LA UNIVERSIDAD DE CANTABRIA Y LA UNIVERSIDAD DEL PAÍS VASCO/EUSKAL
HERRIKO UNIBERTSITATEA**

RESUMEN DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER

TITLE	“Life cycle assessment of sardine fishing in Cantabria”		
AUTHOR	Javier Lorenzo Martín		
ADVISORS	María Margallo Blanco Israel Ruiz Salmón	DATE	September 17th, 2021

KEYWORDS

Life cycle analysis, purse seine fishing, *Sardina pilchardus*, environmental impact.

SCOPE

Fishing has been an important source of food for humanity since ancient times, as well as employment and economic benefits for all those related to the sector. Over the years it has been shown that marine resources are not infinite and it is necessary to manage them in a sustainable way in order to contribute to the nutritional, economic and social well-being of a constantly growing world population. Likewise, the fishing sector includes a set of elements for its development (maintenance of boats, fuel consumption, generation of waste, etc.) that cause negative effects on the environment, for which it is necessary to reduce the environmental impacts generated to achieve sustainable development that allows an adequate future of the sector.

One of the most consumed species in the fishing sector is the *Sardina pilchardus*, whose fishing is very important from the economic and nutritional point of view, both globally and locally, especially in the community of Cantabria, where it is fished for means of the fence technique.

In several scientific articles, the environmental impact generated by seafood has been analyzed by the Life Cycle Analysis (LCA) tool, to know what elements contribute and to what extent in the impact generated. In this way, the present work aims to analyze the environmental impact of the purse seine fishing process, in order to better understand the process and seek solutions that allow achieving a more sustainable and efficient fishing process within the community. To do this, the GaBi 6.0 life cycle analysis software and the Ecoinvent database will be used and, based on the inventory data, obtained from surveys of fishermen, the system made up of the different boats in the region will be analyzed and 1 kg of landed sardines will be chosen as the functional unit. Regarding the selected impact evaluation method, the one proposed by the Intergovernmental Panel on

Climate Change (IPPC) has been chosen, within which the category of global warming (Global Warming Potential, GWP) has been analyzed, because it is considered that is the most representative indicator and allows get a global vision of the studied process.

RESULTS

Based on the information provided by the program for the global warming indicator (GWP), it has been determined that the purse seine fishing process in Cantabria is associated with an impact of 8,233 kg of CO_2 equivalents / kg of sardines and, to in turn, an average impact value of 0.484 kg of CO_2 equivalents / kg of sardines. Regarding the impact by boats, it is in a range of values between 0.274 and 0.665 kg of CO_2 equivalents / kg of sardines, with the exception of the fishing boat P1.1 (Castro Urdiales) which presents a greater impact, with 1,149 kg of CO_2 equivalents / kg of sardines.

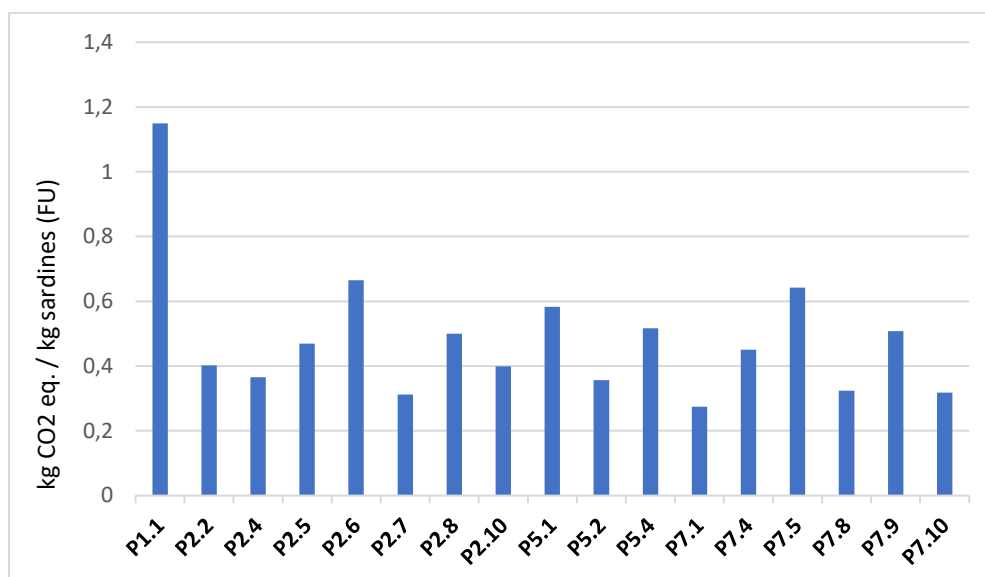


Figure 1. Impact per fishing boat for the global warming category (GWP) according to the IPCC evaluation method.

According to the port analysis, we have the port of Colindres as the main contributor to the impact with 3,112 kg of CO_2 equivalents / kg of sardines, then Santoña is associated with 2,516 kg of CO_2 equivalents / kg of sardines and, finally, to the ports of San Vicente de la Barquera and Castro Urdiales, with an impact of 1,456 and 1,149 kg of CO_2 equivalents / kg of sardines respectively.

Finally, in the analysis by elements of the process, the main contributors to the impact are: diesel, which includes the process of its production and the emissions associated with its combustion by ships and represents 87.28% of the environmental impact of the fishing process, and the nets, which account for 8.60% of the total impact. The rest of the

elements of the system (hull, paint, antifouling, ice, lubricant and engines) have a significantly lower impact, constituting the remaining 4.11% of all.

CONCLUSIONS

Applying the LCA methodology, it has showed that the critical element of the sardine fishing process in Cantabria is diesel, which includes its production and the emissions associated with its combustion, that involves 87, 28% of the total impact of the process. For that reason, it is considered interesting, from an environmental point of view, to change the traditional diesel used by the fleet for biodiesel, less polluting, in order to achieve a more sustainable sardine fishing process in Cantabria.

REFERENCES

- [1] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (ONU). 2020. “El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura. La Sostenibilidad en Acción”.
- [2] AENOR. 2006. UNE-EN ISO 14040: 2006: Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia. Madrid: AENOR.
- [3] Vázquez-Rowe, I.; Villanueva-Rey, P.; Hospido, A.; Moreira, M.T.; Feijoo, G. 2014. “Life cycle assessment of European pilchard (*Sardina pilchardus*) consumption. A case study for Galicia (NW Spain)”. *Science of the Total Environment*, 475, pp. 48- 60. ISSN 0048-9697. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.12.099/>
- [4] Olivier J.G., Gaudioso D., Gillenwater M., Ha C., Hockstad L., Martinsen T., Neelis M., Park H., Simmons T., 2006. *IPPC Guidelines*. Volume 3.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Situación del sector pesquero

La pesca ha constituido desde la antigüedad una importante fuente de alimentos para la humanidad, así como de empleo y de beneficios económicos para todas aquellas personas relacionadas con el sector. Con el paso de los años, el aumento de los conocimientos y la evolución de las técnicas pesqueras han demostrado que los recursos marinos no son infinitos y es necesario gestionarlos de manera sostenible para poder contribuir al bienestar nutricional, económico y social de una población mundial en constante crecimiento [1].

En cuanto a la producción mundial de pescado, constituida por la acuicultura y la pesca de captura, se estimó en unos 179 millones de toneladas en el año 2018, de los cuáles 156 millones se destinaron al consumo humano, lo que equivale a 20,5 kg/persona al año. Por un lado, la acuicultura representa el 46% de la producción total, empleando a 20,53 millones de personas aproximadamente, mientras que, por su parte, la pesca de captura conforma el 54 % restante de la producción, generando 38.98 millones de empleos. China, Indonesia, Perú, India, la Federación de Rusia, los Estados Unidos de América y Vietnam se encuentran a la cabeza de la pesca de captura, representando casi el 50% de la producción mundial.

En el panorama europeo, la Unión Europea (UE) cuenta con una flota aproximada de 82780 buques, cuyas capturas alcanzaron las 5322194 toneladas de pescado en 2018, siendo España el país líder en capturas europeas con 940.633 toneladas (17.7%), seguido de Dinamarca con 904450 toneladas (17.0%) y de Reino Unido con 722691 (13.6%) [2]. Entre las especies más consumidas en la UE se encuentran el arenque (*Clupea harengus*), caballa (*Scomber Scombrus*), espadín (*Sprattus Sprattus*), sardina (*Sardina Pilchardus*) y jurel (*Trachurus murphyi*).

En el ámbito nacional, la flota española dispuso de 8972 buques pesqueros en 2018, generando 31473 empleos directos, lo que representa el 20,7% del empleo pesquero de la UE. Dicha flota está constituida mayoritariamente por embarcaciones de pequeño tamaño, ya que el 71,6% de los buques son barcos de menos de 12 metros de eslora (longitud de popa a proa), los cuales constituyen la denominada flota artesanal, mientras que un 20% corresponden con barcos cuyas dimensiones son de 12-24 metros y, por último, el 8,4% restante de las embarcaciones tienen más de 24 metros de eslora. En

cuanto a la antigüedad de la flota nacional, en 2019 la edad media fue de 31 años, siendo los navíos de pequeño tamaño los más antiguos, con 35 años, seguidos de las embarcaciones de 12 a 24 metros con 22, y finalmente aquellos barcos de más de 24 metros, con 19 años de media. Respecto a las técnicas de pesca, el 44% emplea artes polivalentes artesanales de baja mecanización, seguido de un 23% de la flota de rastros, dedicada fundamentalmente al marisqueo. A continuación, en menor medida, la flota que faena con arrastre (11%), cerco (6%), anzuelo incluido palangre de superficie (7%) y enmalle (6%) [3].

Por comunidades autónomas, la Tabla 1 muestra algunos de los datos correspondientes a las características de la flota española.

Tabla 1. Datos relevantes de la flota española por comunidades autónomas.

Comunidad Autónoma	Nº Buques	Arqueo GT (Ton Moorson)	Potencia (KW)	Eslora Media
Galicia	4400	137830	276418	8,83
Andalucía	1442	30181	103997	11,97
Canarias	766	21702	50403	9,91
Cataluña	683	17884	77506	13,87
C. Valenciana	567	17934	64218	14,88
I. Baleares	331	3123	17810	9,65
Asturias	261	4917	16398	10,83
País Vasco	200	87232	139367	30,15
Murcia	170	3283	12416	11,07
Cantabria	133	7062	18072	17,25
Ceuta	19	309	1350	11,62
TOTAL	8972	331457	777955	150,03

En la Tabla 1 se puede apreciar como Galicia es la comunidad autónoma que cuenta con un mayor número de buques en su flota (supone el 49% del número total de barcos en España), con un mayor sumatorio de los volúmenes cerrados de la flota o también denominado arqueo, expresado en toneladas Moorson, y con mayor potencia, expresada en kilovatios.

En lo relativo a Cantabria, cuenta con 133 naves pesqueras y su flota tiene una eslora media de 17.25 metros. La comunidad cuenta con ocho puertos pesqueros, de los cuales, los más destacados en cifras de pesca desembarcada son Santoña, Laredo y Santander. Los puertos cántabros a lo largo del presente TFM llevarán asignados un código para su

adecuada identificación. En la Tabla 2 se muestran los datos correspondientes a la pesca desembarcada (kilógramos y euros en ventas) por puertos en Cantabria [4].

Tabla 2. Pesca desembarcada y dinero en ventas de los puertos de Cantabria.

Puerto	Código	Pesca desembarcada (kg)	Euros (€)
Castro Urdiales	1	227026	453562
Colindres	2	2549006	5302045
Comillas (*)	3	-	-
Laredo	4	4455521	8583726
San Vicente de la Barquera	5	2153045	3006882
Santander	6	2982266	6832884
Santoña	7	12642948	23349043
Suances	8	25057	39008
TOTAL		25034869	47567150

(*) No se dispone de datos correspondientes al puerto de Comillas porque su pesca se subasta en las cofradías de Santander y San Vicente de la Barquera.

1.2. Efectos del Covid-19 en el sector pesquero

Desgraciadamente, la pandemia mundial ocasionada por el COVID-19 y sus restricciones correspondientes, han alterado la distribución, pesca y el consumo de pescado, y ha provocado un freno en las cadenas de suministro y una caída en los ingresos del sector. Además, en la mayoría de las especies comercializadas (sardina, atún, anchoa, etc.) se ha producido una disminución de precios interanual y el cierre de restaurantes y hoteles en muchos países han llevado a una caída en la demanda de productos pesqueros frescos. A nivel mundial, los impactos en las capturas han ido variando a lo largo de la pandemia, ya que muchos países experimentaron fuertes caídas en la producción durante las primeras semanas de la crisis y, posteriormente, experimentaron mejoras a medida que el sector se adaptaba [5]. En el apogeo de la crisis del coronavirus, se disminuyeron notablemente las capturas de forma generalizada. Por ejemplo, en los Estados Unidos de América, las capturas cayeron hasta en un 40 por ciento en todo el país en el año 2020 [6]. En España, en el mismo año, la facturación se ha reducido de manera importante, como es el caso del sector pesquero gallego, el cual ha visto reducidas sus capturas en un 5% y la facturación en un 11.1% [7].

En cuanto a los patrones de consumo de la población, la pandemia también ha provocado alteraciones en los hábitos alimenticios. Las medidas y limitaciones aplicadas sobre los transportes, espacios públicos, condiciones de trabajo y el resto de los elementos de la cadena de suministro alimenticio, han dado lugar a un aumento en el consumo de

productos locales, más accesibles y sujetos a menos restricciones de movilidad y, a su vez, ha aumentado el consumo de los hogares en todas las categorías de alimentos, con especial atención a la fruta, huevos, legumbres, verduras y pescado. Asimismo, también se produjo un incremento de productos no perecederos, como es el caso de las conservas de pescado [8].

En el sector pesquero, la interrupción de mercados y el aumento de los riesgos para la salud de los pescadores y empleados del procesado, han llevado al cierre de algunas pesquerías al no poder asumir la carga económica y social ocasionada por el Covid-19. En cuanto a las tripulaciones, las restricciones de movimiento para el personal marítimo han impedido, en ocasiones, que desembarquen en los puertos y transiten por territorios nacionales, dando lugar a que las tripulaciones de pesca hayan estado varadas en las embarcaciones durante varios meses en países extranjeros y sin salario, afectando negativamente a los derechos humanos, especialmente para los trabajadores migrantes y transitorios.

Asimismo, se ha producido un ligero aumento de la pesca ilegal, no declarada y no reglamentada. Sin embargo, a pesar de los efectos negativos que se han producido en el sector a nivel general, se han dado algunos resultados positivos, ya que ha supuesto una reducción de la presión pesquera, se han reactivado las redes alimentarias locales y se ha extendido la dinámica de acciones colectivas y colaboraciones entre comunidades y gobiernos [9].

1.3. Características de la *Sardina pilchardus*

1.3.1. Biología y hábitat

Tal y como se ha comentado anteriormente, la sardina (*Sardina pilchardus*) es una de las especies más consumidas en la UE. Se trata de una especie pelágica costera, es decir, que habita en aguas situada en una zona media o próxima a la superficie, perteneciente a la familia de los Clupeidos (*Clupeidae*), uno de los grupos de peces más abundantes y distribuidos por todo el mundo. La pesquería de la sardina tiene gran importancia desde el punto de vista económico y alimenticio. La talla biológica media de las especies aptas para la pesca está comprendida entre los 17 y 18 centímetros, que alcanzan a los 2 o a los 3 años. Tiene una aleta dorsal ubicada por delante de la mitad del cuerpo y en la zona ventral, que es lisa, existen dos pequeñas aletas abdominales.

Es un pez gregario que forma grandes bancos o cardúmenes, buscando siempre las aguas más cálidas y con mayor grado de salinidad. Puede llegar a alcanzar los 150 metros de profundidad, aunque se encuentra de manera habitual entre los 25-30 metros en las horas diurnas y asciende a los 15-30 metros en las nocturnas. Se alimentan de plancton, pequeños peces, crustáceos y huevos de otras especies marinas. En cuanto a su distribución geográfica, es muy amplia, extendiéndose desde el Océano Atlántico hasta el Pacífico y el Índico. En Cantabria, es una especie abundante que se pesca en la mayoría de sus puertos, donde la temporada más adecuada para su pesca comprende los meses de mayo a octubre [11].

1.3.2. Contenido nutricional

En cuanto a su aporte nutricional, la sardina es un pescado azul que posee aproximadamente 8 gramos de grasa por cada 100 gramos de carne y constituye una fuente importante de omega-3, que ayuda a disminuir los niveles de colesterol y de triglicéridos, además de ser beneficioso para aumentar la fluidez de la sangre, siendo recomendable su consumo en personas con enfermedades cardiovasculares. Además, su contenido proteico es elevado, con 18 gramos por cada 100 de carne. Entre las vitaminas, dentro del grupo B, contiene la B2, B3, B6 y B12, permitiendo el aprovechamiento del contenido energético (hidratos de carbono, grasas y proteínas) y la intervención en numerosos procesos de gran importancia como la formación de glóbulos rojos, la síntesis de material genético y la producción de hormonas sexuales. A su vez, contiene cantidades significativas de vitaminas liposolubles como A, D y E. La primera contribuye al mantenimiento, crecimiento y reparación de las mucosas, piel y otros tejidos del cuerpo. Favorece la resistencia frente a las infecciones y es necesaria para el desarrollo del sistema nervioso y para la visión nocturna. También interviene en el crecimiento óseo, en la producción de enzimas en el hígado y de hormonas sexuales y suprarrenales. La vitamina D favorece la absorción de calcio y su fijación al hueso, y regula el nivel de calcio en la sangre y, por último, la vitamina E tiene especial importancia como antioxidante de los lípidos en el organismo.

Respecto al contenido de minerales, la sardina contiene en gran medida fósforo y selenio, y en menores cantidades, potasio, magnesio y yodo. En cuanto al contenido en yodo, es significativo ya que abunda más que en otras especies similares de peces. Dicho mineral es indispensable para el buen funcionamiento de la glándula tiroides que regula numerosas funciones metabólicas, así como el crecimiento del feto y el desarrollo de su

cerebro. Para el caso de que las sardinas estén preparadas en lata, presentan un contenido de calcio muy importante ya que se consumen junto con la espina, aportando aproximadamente 314 miligramos de calcio por 100 gramos. A continuación, en la Tabla 3 se muestra la composición nutricional de la sardina por 100 gramos de porción comestible [12].

Tabla 3. Composición nutricional de la sardina en 100 gramos de porción comestible.

Calorías (g)	140,10
Proteínas (g)	18,11
Grasas (g)	7,50
Grasas saturadas (g)	2,64
Hierro (mg)	1,10
Magnesio (mg)	29
Potasio (mg)	24
Fósforo (mg)	475
Cinc (mg)	0,50
Selenio (µg)	100
Yodo (mg)	16,11
B1 O Tiamina (mg)	0,12
B2 O Riboflavina (mg)	0,38
B3 O Niacina (mg)	6,40
B6 O Piridoxina (mg)	0,96
B9 O Ácido Fólico (µg)	8,01
B12 O Cianocobalamina (µg)	8,52
Vitamina A (µg)	64,12
Vitamina D (µg)	8,02
Vitamina E o Tocoferol (µg)	1,61

La sardina, como la mayoría de los pescados, no se consume cruda y suele estar sujeta a algún proceso de preparación o cocción. Existen varios tipos de cocinado para su consumo, destacando las sardinas asadas, a la parrilla y fritas. Durante estas preparaciones, condicionadas por la temperatura y el tiempo, se llevan a cabo reacciones químicas y físicas que alteran el valor nutricional y la estructura del pescado.

Así mismo, en las técnicas mencionadas anteriormente, existe la posibilidad de sazonar las sardinas con diferentes condimentos o especias, o bañarlas en diferentes salsas para añadirles sabores específicos adicionales.

A partir del estudio llevado a cabo por García-Arias et al. (2003) [13], se pueden apreciar los efectos nutricionales producidos por cada cocinado en la sardina. En la Tabla 4 se muestra la composición nutricional para los diferentes cocinados.

Tabla 4. Contenido nutricional de los cocinados de la sardina [13].

	Sardina Cruda	Sardina frita	Sardina asada al horno	Sardina a la parrilla
Humedad (g/100 g materia húmeda)	60,68	43,12	55,74	50,81
Proteína (g/100 g materia húmeda)	20,71	32,32	26,12	30,23
Grasa (g/100 g materia húmeda)	15,44	21,23	14,63	16,41
Ceniza (g/100 g materia húmeda)	3,26	5,39	4,22	4,31
Proteína (g/100 g materia seca)	52,61	56,84	58,72	59,5
Grasa (g/100 g materia seca)	39,25	37,33	32,99	33,35
Ceniza (g/100 g materia seca)	8,31	9,48	9,53	8,76

En el estudio anterior se analizaron diez kilogramos de sardinas y se separaron en diferentes grupos según el tipo de cocción. En los resultados se aprecia que al freír la sardina disminuye el contenido de humedad, mientras que la grasa, la ceniza y la proteína aumentan debido al efecto del aceite empleado para la fritura. Sin embargo, al expresar los datos en materia seca, la fritura disminuye el contenido graso. En cuanto al horneado, los filetes de sardina pierden agua y grasa, y aumenta el contenido de proteínas y cenizas. En cambio, la deshidratación es menor que en la fritura. Por último, la parrilla produce mayores pérdidas de agua que el horneado debido a su mayor temperatura de operación, pero menores que la fritura. Asimismo, aumentan las grasas, cenizas y proteínas, pero en menor medida que la sardina frita.

1.3.3. Artes de pesca aplicadas a la sardina

A la hora de pescar la sardina, al igual que cualquier otra especie, es importante considerar el arte o técnica de pesca empleado, ya que es un condicionante directo sobre los costes de explotación (inversión económica en el barco, montaje de instrumentos de pesca, gasto de combustible, fungibles, etc.), así como en la efectividad de la pesca que se pretende llevar a cabo. Así, para esta especie destacan las siguientes técnicas de pesca que se muestran en la Figura 1.

- Arrastre pelágico. Se lleva a cabo por medio de una amplia red en forma de embudo, cuyas secciones delanteras están constituidas por largos cabos, de manera que los

peces son arrastrados hacia el final de la red. El arrastre puede ser realizado por una embarcación, denominándose arrastre a pares, o por dos, lo que se denomina arrastre por parejas.

- Enmalle de superficie o redes de deriva. Constituye uno de los métodos más antiguos de pesca, en el cual las redes enmallan o atrapan a los peces. Las redes se disponen verticalmente en la columna de agua mediante un cabo flotante en la parte superior de la red, y un cabo de plomos, también llamado relinga, en la parte inferior, y se deja que actúen pasivamente, es decir, los peces son capturados cuando intentan atravesar el enmalle. Las redes de deriva se pueden fijar a un extremo de la embarcación pesquera o bien soltarse libremente a la deriva y ser recuperadas posteriormente.
- Cerco. Esta técnica se lleva a cabo habitualmente desde una embarcación, ya que se trata de una técnica activa, es decir, que no se deja echada y luego se recoge, para capturar especies pelágicas. Su aplicación consiste en rodear al pez con una red de modo que quede enganchado a la misma y, a modo de laberintos, se va cerrando la red para que el pez no encuentre la salida. En primer lugar, la embarcación ha de buscar el cardumen o banco de peces, generalmente por medio de una sonda y, una vez localizados los peces, el barco rodea el cardumen mientras va soltando la red de cerco, sin que esta toque el fondo, así el pez queda dentro del “cerco”, de ahí el nombre de la técnica.

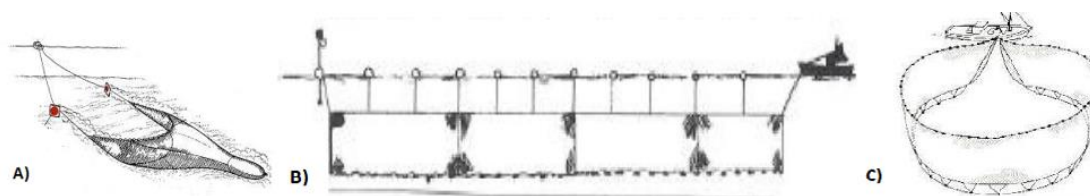


Figura 1. Artes de pesca para la sardina: (a) arrastre, (b) enmalle y (c) cerco [14].

En relación con la pesca de la sardina en Cantabria, el cerco es la técnica más utilizada por excelencia dentro del sector pesquero. La red de cerco puede ser de diferentes tamaños, según la embarcación que vaya a tirar de ella. Se compone de dos relingas, una de flotadores, la superior, y otra con plomos, la inferior, la cual mantiene la forma vertical dentro del agua, a modo de “pared”. En la relinga inferior se encuentra también la jareta, que está ligada de manera que cuando se decida se puede cerrar el arte a modo de bolsa, evitando que el pescado nade a la parte profunda. También existen redes de cerco sin jareta, que no se cierran, lo cual minimiza el número de capturas y dificulta la pesca. Una

vez la jareta se ha cerrado, el barco tira de la red y con ayuda mecánica la recoge y sube a la embarcación [14]. De manera alternativa, en algunos lugares utilizan botes auxiliares que ayudan a soltar la red o el pescado capturado manteniendo la red en el agua, sobre todo para capturas de gran tamaño. En lo relativo a Cantabria, esta técnica de cerco constituye el método de pesca más empleado para la captura de la sardina.

1.3.4. Flota de Cantabria dedicada a la pesca de la sardina

Dentro de la comunidad existen 27 embarcaciones que pescan sardina por medio del cerco, las cuales se distribuyen en cinco puertos pesqueros: Castro-Urdiales, San Vicente de la Barquera, Colindres, Santoña y Santander. La nomenclatura empleada para identificar cada embarcación a lo largo del TFM lleva asociada la letra P seguida de dos números, el primero corresponde al código asociado al puerto, anteriormente explicado, y el segundo con el número asignado a cada embarcación. Mas adelante, en el apartado de inventario de ciclo de vida se muestran los datos correspondientes al año 2019 de las capturas de la sardina por parte de la flota cántabra dedicada a la pesca de la sardina a través de cerco.

En la Figura 2 se muestra el número de barcos que pescan sardina por la técnica de cerco en los distintos puertos de Cantabria.

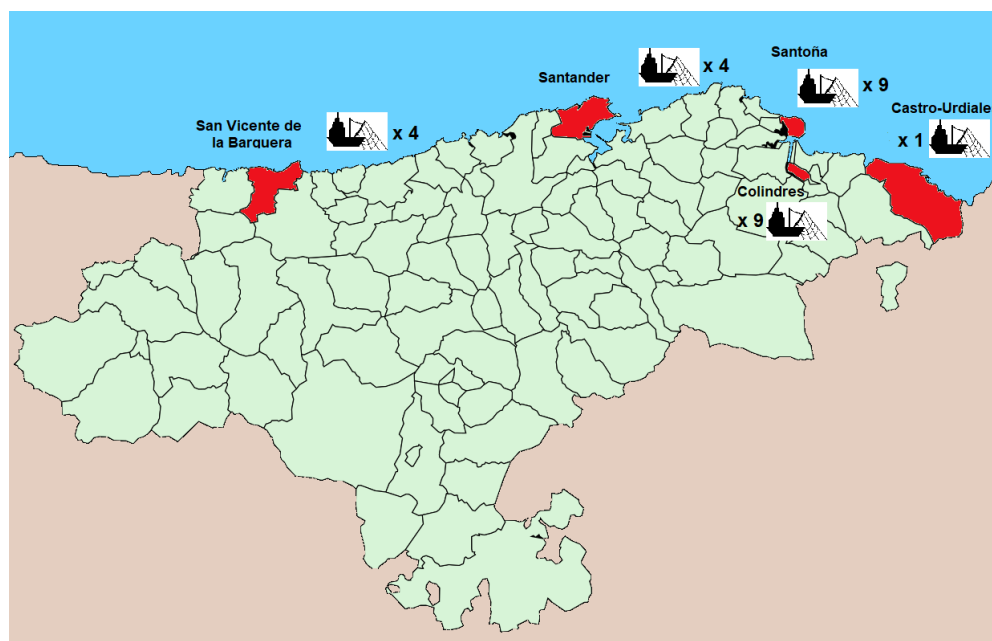


Figura 2. Distribución por puertos de los barcos que pescan sardina con cerco (elaboración propia).

En la región constituye una de las especies más importantes para el sector pesquero y de conservas, ya que comporta un importante volumen de facturación para el sector,

estimado según el Instituto Cántabro de Estadística (ICANE) en unos 688117,84 € en el año 2019 [4], situándola entre las principales especies pescadas en el sector cántabro, teniendo en cuenta las dimensiones y costes menores de la sardina en comparación con especies de mayores tamaños y valor, como el caso del bonito o la merluza. En la Figura 3 se muestra la distribución, expresada en tanto por ciento, del valor de la pesca desembarcada en la comunidad expresado en euros.

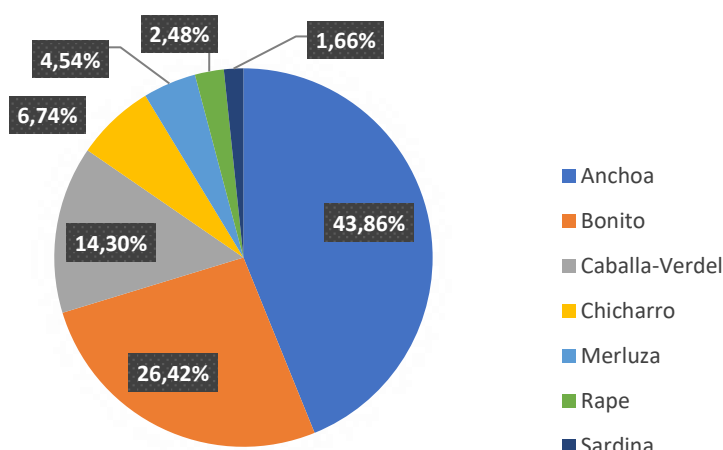


Figura 3. Distribución del valor de la pesca desembarcada (€) en Cantabria (elaboración propia a partir de [4]).

1.3.5. Procesado y distribución hasta su consumo final

A la hora de poner a disposición de los usuarios los productos pesqueros y, concretamente, la sardina, se emplean principalmente dos vías: ofrecer el producto fresco a la venta procedente de la lonja (en pescaderías, establecimientos de venta, etc.) o en conserva, es decir, envasado en un recipiente hermético con el producto fileteado y desescamado, apto para el consumo directo por el consumidor. En España, la sardina se consume mayoritariamente en estado fresco, en comparación a su consumo en forma de conserva. Según datos proporcionados por la empresa pública de gestión e información del sector alimentario Mercasa, dentro del consumo doméstico de la sardina, el 62,7% corresponde con sardinas en estado fresco frente a un 37,3% asociado a las conservas [15].

Para el caso de la sardina en conserva, al igual que sucede con otras especies, en las plantas de procesado se procede al envasado estéril del producto, sin refrigeración y de manera que conserve el sabor y forma del mismo. El proceso de elaboración de las sardinas en conserva consta de: recepción de la sardina procedente de la lonja, lavado-

escamado, decapitado-eviscerado de las piezas seguido de un lavado posterior y, por último, envasado con precocción en latas y etiquetado para su posterior distribución en lotes, preferiblemente en cajas de cartón, a los diferentes puntos de venta para entregarlos a los consumidores finales [16].

En el caso de distribuir el producto fresco, la cadena de distribución empieza desde la propia embarcación donde se captura la sardina. Una vez se pescan las sardinas, son lavadas en cubierta y se depositan en cajas isotérmicas dispuestas de hielo escamado para conservar la cadena de frío durante el tiempo que estén en la embarcación hasta su desembarco en la lonja. Para su correcta conservación, las sardinas se refrigeran en las cajas isotérmicas a una temperatura en un rango de 0 °C a 4 °C. La conservación del pescado fresco y su mantenimiento hasta el momento de su venta a los consumidores es de gran importancia y está sujeto a regulaciones para garantizar la correcta conservación y manipulación de los productos pesqueros [1]. Una vez se desembarca la pesca en las lonjas, se dispone en envases refrigerados con hielo para conservar el rango de temperatura comentado anteriormente y, posteriormente, se utilizan medios de transporte refrigerados (camiones, furgonetas, etc.) para su distribución a los diferentes puntos de venta. Los lugares de venta habituales donde los usuarios pueden adquirir el pescado son los supermercados, mercados municipales y las grandes superficies.



Figura 4. Conservación de las sardinas en bandejas refrigeradas (imagen izquierda, obtenida de [2]). Punto de venta de pescado al consumidor (imagen derecha, obtenida de [17]).

1.4. Análisis de Ciclo de Vida en el sector pesquero

El sector pesquero, desde sus inicios, comprende un conjunto de elementos para su desarrollo (mantenimiento de los barcos, consumo de combustibles, generación de residuos) que provocan efectos negativos para el medio ambiente.

Por lo tanto, se hace necesaria una reducción de los impactos ambientales generados para conseguir un desarrollo sostenible que permita un futuro adecuado del sector. Para ello, una de las herramientas más empleadas es el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), el cual es definido por la norma *ISO 14040* como una técnica para determinar los aspectos ambientales e impactos potenciales asociados a un producto, compilando un inventario de las entradas y salidas relevantes del sistema, evaluando los impactos ambientales potenciales asociados a esas entradas y salidas, e interpretando los resultados de las fases de inventario e impacto en relación con los objetivos del estudio” [18]. Hasta la fecha se han llevado a cabo diversos ACV aplicados sobre productos pesqueros (mejillones, anchoa, atún, etc.) en los cuáles se ha podido reflejar de una manera clara y sistemática los impactos medioambientales, así como la contribución nutricional asociada a este tipo de productos. Entre esos trabajos, destacan varios de ellos sobre la *Sardina pilchardus*, como es el caso del llevado a cabo por Almeida et al. (2015) [19], en el cual se analizaron los impactos ambientales de las sardinas en conserva en aceite de oliva en Portugal, incluyendo las fases de pesca, procesamiento y envasado. Por otro lado, Vázquez-Rowe et al. (2014) [20] analizaron el ciclo de vida de la sardina europea en Galicia, tanto en conserva como en estado fresco y para cebo, así como los diferentes métodos de cocción aplicables y el impacto medioambiental en función del tipo de consumo realizado. En la Tabla 5 se muestran aquellos artículos que han empleado el ACV para diferentes procesos relacionados con productos pesqueros.

Tabla 5. Artículos científicos sobre ACV en productos pesqueros.

Autor	Región/País	Título	Especie	Fases analizadas
Almeida et al. (2015) [19]	Portugal	“Environmental Life Cycle Assessment of a Canned Sardine Product from Portugal”	<i>Sardina pilchardus</i>	Pesca y procesado en conserva
Vázquez-Rowe et al. (2014) [20]	Galicia	“Life cycle assessment of European pilchard (<i>Sardina pilchardus</i>) consumption. A case study for Galicia (NW Spain)”	<i>Sardina pilchardus</i>	Conserva/fresco/cebo

Tabla 5. Artículos científicos sobre ACV en productos pesqueros (continuación).

Autor	Región/País	Título	Especie	Fases analizadas
Laso et al. (2018) [21]	Cantabria	“Life cycle assessment of European anchovy (<i>Engraulis encrasicolus</i>) landed by purse seine vessels in northern Spain”	Anchoa <i>Engraulis encrasicolus</i>	Pesca
Avadí et al. (2015) [22]	Ecuador	“Life cycle assessment of Ecuadorian processed tuna”	Atún <i>Thunnus</i>	Congelado/fresco/conserva
Iribarren et al. (2010) [23]	Galicia	“Life Cycle Assessment of fresh and canned mussel processing and consumption in Galicia (NW Spain)”	Mejillones <i>Mytilidae</i>	Fresco/enlatado
Avadí et al. (2014) [24]	Perú	“Environmental assessment of Peruvian anchoveta food products: is less refined better?”	Anchoa <i>Engraulis encrasicolus</i>	Fresco/conserva/curado

1.5. Objetivos

El objetivo principal de este TFM es realizar un análisis ambiental de la pesca de cerco de la sardina en Cantabria empleando la herramienta del Análisis de Ciclo de Vida.

Para alcanzar este objetivo general se han planteado una serie de objetivos específicos:

- Definición del objetivo y alcance del estudio, incluyendo la descripción de la unidad funcional empleada y el sistema a estudiar y sus límites.
- Recopilación de datos en forma de inventario correspondientes a las entradas y salidas que intervienen en el ciclo de vida completo de la pesca de cerco de la sardina.
- Modelado de ciclo de vida de la pesca de cerco de la sardina mediante el software de Análisis de Ciclo de Vida GaBi 6.0 [25] y la base de datos Ecoinvent [26].
- Evaluación del impacto de ciclo de vida mediante el análisis de los indicadores seleccionados e interpretación de los resultados obtenidos. Así mismo, se

determinarán las fases con una mayor contribución al impacto ambiental con el fin de mejorar el proceso de pesca de la sardina desde un punto de vista medioambiental.

2. METODOLOGÍA ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

En este apartado se va a desarrollar la metodología de ACV aplicada a la pesca de cerco de la sardina en Cantabria, de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 14040 [18]. El ACV consiste en una herramienta para evaluar los impactos ambientales potenciales y recursos empleados a lo largo del ciclo de vida de un determinado producto o proceso, desde la extracción de la materia prima requerida hasta su disposición final.

2.1. Definición de objetivo y alcance

El objetivo de este trabajo es evaluar el impacto ambiental asociado al proceso de la pesca de la sardina en la Comunidad Autónoma de Cantabria. En el proceso de pesca intervienen todos los elementos asociados a la embarcación pesquera, correspondientes a las fases de su construcción, uso y mantenimiento, que permiten capturar la sardina y transportarla a los puertos para su posterior distribución a los consumidores. Por ello, se busca cuantificar las cargas ambientales que comportan cada una de las partes del proceso y poder aplicar medidas de mejora a fin de conseguir una pesca más sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

2.1.1. Unidad funcional

Según la norma UNE-EN ISO 14040, la unidad funcional aporta una referencia sobre la que se normalizan los datos de entrada y salida de un sistema a estudiar y, por ello, debe ser medible y estar definida de una manera clara [18]. Se pueden definir diferentes unidades funcionales, de acuerdo a la función del sistema estudiado y al enfoque del análisis. En el caso del proceso de pesca, la función es capturar las especies marinas y llevarlas a puerto en estado fresco para poder satisfacer las necesidades alimenticias de los consumidores y, por ello, de manera general se emplea como unidad funcional un kilogramo de producto fresco, como puede apreciarse en otros trabajos de ACV realizados sobre productos pesqueros. Por ejemplo, en el trabajo de Laso et al. [21] en el que se analizaba la pesca de la anchoa, se definió como unidad funcional 1 kg de la especie desembarcada en puerto. Para este trabajo, como se pretende estimar el impacto ambiental del proceso de pesca de la sardina, sin tener en cuenta procesos posteriores (enlatado, distribución, etc.), se establece como unidad funcional la correspondiente a 1 kg de pescado desembarcado en puerto, siendo, en este caso, 1 kg de sardinas desembarcadas, en estado fresco y sin haber sufrido ningún tipo de procesado. De esta manera, las entradas

y salidas del sistema estudiado, es decir, la embarcación pesquera, pueden ser normalizadas, lo que permite representar correctamente los resultados del ACV.

2.1.2. Límites del sistema

Es importante definir de manera clara y concisa los límites del sistema y las etapas que intervienen en el mismo para una correcta identificación del proceso. En este caso particular, el sistema de estudio se centrará en aquellos elementos correspondientes a la flota pesquera dedicada a la captura de la sardina mediante la técnica de cerco en Cantabria, formada por 27 embarcaciones, dejando al margen del análisis aquellos procesos posteriores de almacenamiento y distribución de las sardinas a los consumidores.

En el proceso de pesca a estudiar se consideran tres etapas fundamentales: la construcción, mantenimiento y el uso del barco.

En primer lugar, para la construcción del barco se consideran tres elementos fundamentales: la pintura, el casco del barco y los motores, en los que se dispone de un motor principal y varios motores auxiliares, cuyo número depende del tamaño de la embarcación. En el caso de los motores, para su construcción se emplean como recursos hierro fundido, acero cromado, acero virgen (puro) y aleaciones de níquel-hierro-cromo. Para la fabricación del casco del barco se parte de acero virgen y acero secundario (aleación Fe-C). Por último, la pintura se emplea para proteger el casco del barco frente a la corrosión, el deterioro y la incrustación de organismos que puedan dañar el exterior de la embarcación. Se trata de una pintura acrílica modificada con partículas de sílice expandido, la cual es resistente a la intemperie y a la exposición continua al agua de mar. En cuanto a la protección del casco frente a la presencia de organismos, se usa pintura antiincrustante (antifouling) con un alto contenido de sólidos a base de carboxilato de zinc y aglutinantes acrílicos, que previenen la colonización del casco por algas u otros organismos marinos. Para ello, se considera como entradas óxido de cobre, parafina y silicato de sodio.

Respecto al mantenimiento, en este tipo de embarcaciones de pesca de cerco se realiza una vez al año. Para ello, se emplean redes, fabricadas a partir de nylon, resina de poliéster (poliestil), plomo, etilvinilacetato (EVA) y polietileno; pintura y, además, es necesario cambiar periódicamente los motores y el casco del barco. Por otro lado, en la etapa correspondiente al uso del barco se tienen como entradas: redes, aceite lubricante, diésel

y hielo, para conservar las sardinas capturadas, lo cual requiere un consumo de electricidad y agua. Por último, dentro del uso, se tiene a la tripulación, encargada del manejo del barco y los distintos dispositivos e instrumentos de pesca integrados en la flota. En cuanto al tamaño de la tripulación varía en función del tamaño y potencia de la nave. En la Figura 5 se muestra el diagrama de flujo del sistema a estudiar. Se pueden apreciar, con una línea continua roja, los límites del proceso de pesca de cerco constituido por las etapas de construcción, uso y mantenimiento comentadas anteriormente. Asimismo, se representan las distintas entradas del sistema, representadas en color verde y, a la derecha del diagrama, las salidas del proceso, correspondientes a las emisiones al aire, efluentes, residuos de la tripulación y a la cantidad de sardinas para desembarcar en puerto.

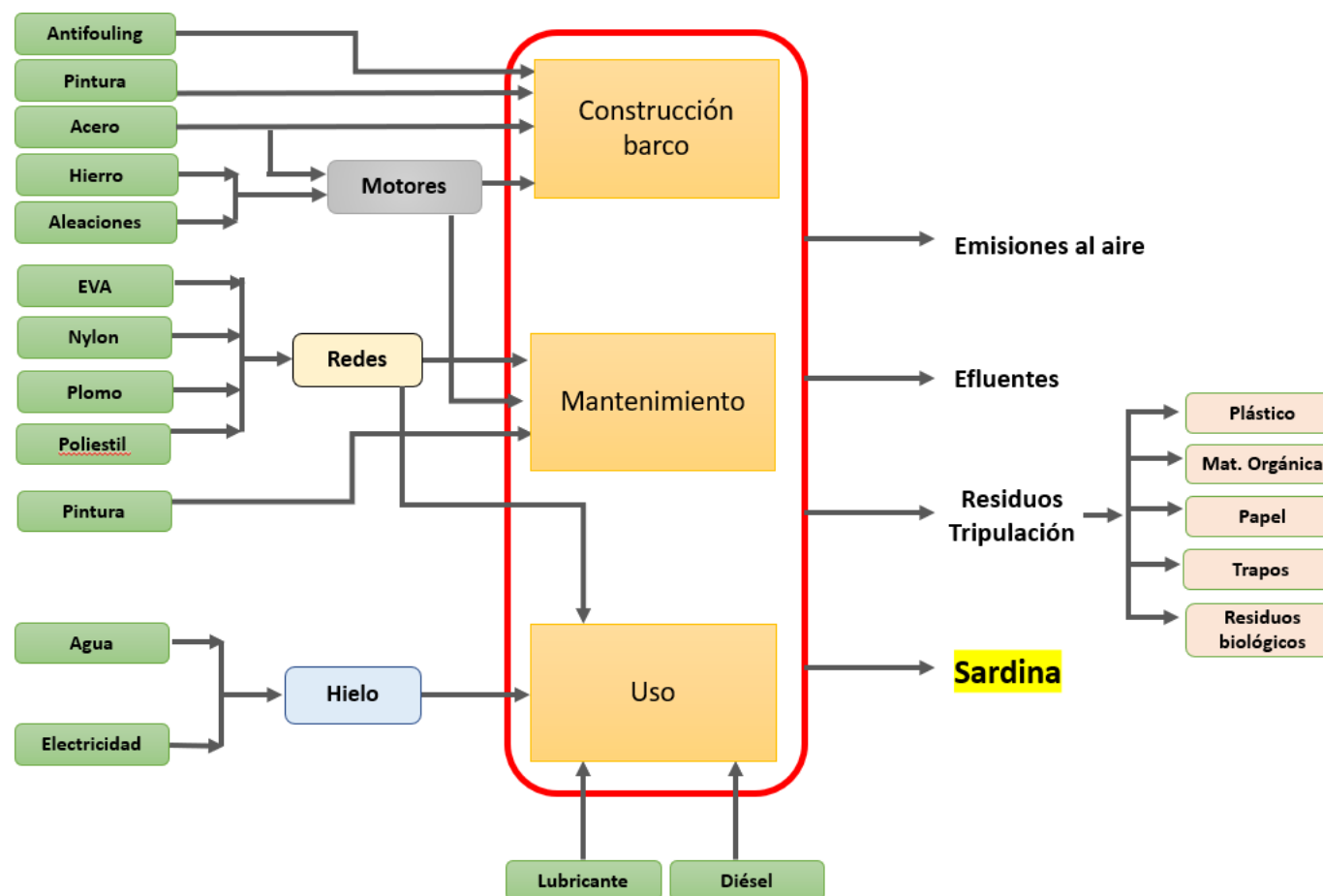


Figura 5. Diagrama del flujo del proceso de pesca de cerco con los límites del sistema (color rojo), las entradas (color verde) y salidas correspondientes.

2.1.3. Consideraciones y simplificaciones del sistema

A la hora de realizar el ACV del presente TFM se han tenido en cuenta varias suposiciones para facilitar y simplificar el modelaje del sistema a estudiar:

- Para la estimación del consumo de electricidad correspondiente a la producción de hielo en el barco, se ha considerado un consumo de 0,175 kWh/kg de hielo producido, dato obtenido a partir de la fábrica de hielo de la Cofradía de Sada (Galicia) [27].
- A la hora de calcular las emisiones de CO₂ (kg/año) asociadas al aceite lubricante se ha empleado la fórmula descrita en la ecuación 1, a partir de las recomendaciones del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPPC) en 2006 [28]:

$$CO_2 \text{ emisiones} = \sum_i (NEU_i \cdot CC_i \cdot ODU_i) \cdot 44/12 \quad (\text{Ec.1})$$

Donde:

CO₂ Emisiones = emisiones de CO₂ de los usos no energéticos de los productos, toneladas de CO₂.

NEU_i = uso no energético del combustible i, TJ.

CC_i = contenido específico de carbono del combustible i, tonelada de C/TJ (=kg. de C/GJ)

ODU_i = factor ODU del combustible i, fracción

44/12 = cociente de masa del CO₂/C

- En el cálculo del consumo de diésel (kg/año) se ha empleado una densidad de 890 kg/m³, según datos proporcionados por CEPSA (combustibles destilados para motores de buques) [29].
- En la fase de construcción de cada barco, se asume que la cantidad de pintura antifouling empleada equivale a tres veces la pintura convencional, con unas densidades de 1,8 y 1,1 kg/l respectivamente.
- En cuanto al mantenimiento de los barcos, se asume que se realiza una vez al año y el motor principal se estima que se cambia una vez a lo largo de la vida útil del barco (vida útil de 30 años). Asimismo, el 12% del casco se cambia cada dos años a lo largo del ciclo útil de la embarcación [30].
- Para el cálculo del peso ligero del barco (light ship weight, LSW), se ha empleado la correlación definida por Freón et al. [30] según la cual el peso ligero queda definido por la ecuación 2:

$$LSW = -263,81 + 0,57 \cdot \text{capacidad barco} + 43,77 \cdot \text{manga barco} \quad (\text{Ec.2})$$

- Se considera que la vida útil media de las redes de cerco es aproximadamente de 5 años, aunque normalmente se renueva el 25 % cada año debido a pérdidas en el mar [31].
- En relación con los efluentes residuales de salida correspondientes a la flota, para el cálculo se asume la expresión de la ecuación 3 [30].

$$\text{Efluentes: } 120 \text{ L} \cdot n^{\circ} \text{ tripulantes} \cdot \text{días de faena} \quad (\text{Ec.3})$$

- Para los residuos de la embarcación se asume [30]:
 - Residuos sólidos: se generan 0,2 kg de residuo por kg de sardinas capturadas.
 - Trapos con aceite: se asume que equivalen al 38% de los residuos sólidos de la embarcación.
 - Otros trapos: equivalen al 20% de residuos sólidos.
 - Envases de plástico: corresponden al 26% de los residuos sólidos.
 - Papel: 10% de los residuos sólidos.
 - Materia orgánica: 6% de los residuos sólidos.

2.2. Inventario del ciclo de vida

En este apartado se recopilan todos los datos del sistema, así como los cálculos requeridos para cuantificar las entradas y salidas que intervienen en el proceso a estudiar. Los datos recogidos en el inventario, vinculados a los distintos barcos de cerco en Cantabria, se corresponden con el año 2019 y, debido a que se trata de información confidencial, no se mostrará el nombre de las embarcaciones y se empleará la nomenclatura explicada anteriormente para referirse a las mismas. Los datos primarios de cada una de las naves pesqueras, es decir, aquellos correspondientes a consumos (combustibles, redes, hielo, electricidad), residuos de la tripulación, aspectos técnicos relacionados con la construcción del barco (motores, estructura del casco) y mantenimiento (redes, pintura, antifouling, etc.) proceden directamente de los propios pescadores por medio de encuestas. En la Tabla 6 se muestran los consumos de cada barco (diésel, lubricante, hielo, electricidad, pintura) respectivamente, expresados en sus unidades correspondientes. Los datos técnicos (edad, eslora, arqueo, estructura) de la flota se muestran en la Tabla 7. Las celdas en las que no se dispone del dato se han marcado con un guion.

Tabla 6. Consumos de las embarcaciones.

Código embarcación	Consumo diésel (L/año)			Consumo aceite (L/año)	Consumo hielo (ton/año)	Electricidad (Producción de hielo) (MJ)	Pintura (L) construcción y mantenimiento	Antifouling (L) construcción y mantenimiento
	Motor principal	Motor auxiliar	Total					
P1.1	69000	-	69000	550	70	44100	347	1040
P5.1	200000	16000	216000	2000	200	126000	213	640
P5.2	123595	-	123595	-	-	-	-	-
P5.3	-	-	-	-	20	12600	-	-
P5.4	90000	-	90000	350	-	-	133	400
P2.1	-	-	-	-	-	-	-	-
P2.2	280898	-	280898	600	150	94500	133	400
P2.3	-	-	-	-	-	-	-	-
P2.4	240000	-	240000	5000	140	88200	133	400
P2.5	200000	-	200000	1000	155	97650	200	600
P2.6	200000	-	200000	1000	200	126000	180	540
P2.7	110000	44000	154000	400	-	-	-	-
P2.8	200000	-	200000	1200	300	189000	200	600

Tabla 6. Consumos de las embarcaciones (continuación).

Código embarcación	Consumo diésel (L/año)			Consumo aceite (L/año)	Consumo hielo (ton/año)	Electricidad (Producción de hielo) (MJ)	Pintura (L) construcción y mantenimiento	Antifouling (L) construcción y mantenimiento
	Motor principal	Motor auxiliar	Total					
P2.9	-	-	-	-	-	-	-	-
P2.10	180000	-	180000	2000	350	220500	133	400
P7.1	200000	10000	210000	1000	150	94500	-	-
P7.2	-	-	-	-	29,44	18547	-	-
P7.3	-	-	-	-	1,52	945	-	-
P7.4	120000	-	120000	200	250	157500	120	360
P7.5	90000	-	90000	540	69	43470	133	400
P7.6	-	-	-	-	-	-	-	-
P7.7	-	-	-	-	167,15	105305	-	-
P7.8	300000	148500	448500	1300	194,86	122762	217	650
P7.9	113500	-	113500	480	74,75	47093	-	-
P7.10	70000	30000	100000	-	742,5	467775	267	800
P7.11	-	-	-	-	-	-	-	-
P6.1	-	-	-	-	-	-	-	-
P6.2	120000	-	120000	800	260	163800	-	-
P6.3	-	-	171000	900	290	182700	176	704
P6.4	120000	-	120000	800	260	163800	105	418
P6.5	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 7. Datos técnicos flota de cerco de Cantabria.

Código embarcación	Edad (años)	Eslora (m)	Manga (m)	Capacidad (t Moorson) ⁽¹⁾	Capacidad (m³)	Arqueo (GT)	LSW (t)	LSW (t) (en 1 año)	Casco (Acero) (80 % LSW) (t en 1 año)	Elementos estructurales (20 % LSW) (t 1 año)
P1.1	22	24,02	5,90	57,62	163,02	75,61	87,38	2,91	2,33	0,58
P5.1	22	29,85	6,80	107,98	306,11	136	208,01	6,93	5,55	1,39
P5.2	22	27,01	6,50	99,73	282,23	146,90	181,57	6,05	4,84	1,21
P5.3	18	25,75	6,50	74,95	212,03	105,93	141,60	4,72	3,78	0,94
P5.4	20	23,74	6,11	77,96	221,02	91,02	124,57	4,15	3,32	0,83
P2.1	21	24,01	5,90	48,64	138,06	101,09	72,89	2,43	1,94	0,49
P2.2	21	31,50	7,20	128,3	363,02	177,11	258,29	8,61	6,89	1,72
P2.3	17	27,50	6,40	96,63	273,34	101,90	172,19	5,74	4,59	1,15
P2.4	21	31,50	7,20	128,13	363,02	177,02	258,02	8,60	6,88	1,72
P2.5	18	31,02	6,70	138,15	391,11	142,05	252,30	8,41	6,73	1,68
P2.6	20	29,10	6,80	92,37	261,05	138,01	182,83	6,10	4,88	1,22
P2.7	20	25,75	6,50	108,69	308,02	116,90	196,02	6,54	5,23	1,31
P2.8	23	32,50	7,20	140,01	396,11	177,02	277,17	9,24	7,39	1,85
P2.9	23	36,50	7,20	209,38	593,04	204,01	389,08	12,97	10,38	2,59
P2.10	21	31,50	6,80	133,72	378,05	147,03	249,53	8,31	6,65	1,66
P7.1	21	29,85	3,30	98,83	280,12	131,02	40,05	1,34	1,07	0,27
P7.2	29	21,40	6,20	49,02	139,03	62,40	86,61	2,89	2,31	0,58
P7.3	20	31,50	7,20	137,34	389,65	175,01	272,88	9,10	7,28	1,82
P7.4	23	29,85	6,80	94,01	266,35	135,31	185,46	6,19	4,95	1,24
P7.5	22	23,45	6,02	49,89	141,04	115,02	79,29	2,64	2,11	0,53

Tabla 7. Datos técnicos flota de cerco de Cantabria (continuación).

Código embarcación	Edad (años)	Eslora (m)	Manga (m)	Capacidad (t Moorson) ⁽¹⁾	Capacidad (m³)	Arqueo (GT)	LSW (t)	LSW (t) (en 1 año)	Casco (Acero) (80 % LSW) (t en 1 año)	Elementos estructurales (20 % LSW) (t 1 año)
P7.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P7.7	20	30,50	30,50	144,80	410,02	163,02	285,04	9,50	7,60	1,90
P7.8	22	34,40	34,40	142,26	403,05	194,05	289,57	9,65	7,72	1,93
P7.9	18	27,40	27,40	106,89	302,04	121,06	206,25	6,88	5,50	1,38
P7.10	23	28,41	28,41	105,31	298,01	106,46	182,25	6,08	4,86	1,22
P7.11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P6.1	23	26,64	6,40	74,64	211,23	96,89	136,72	4,56	3,65	0,91
P6.2	19	28,37	7,01	118,53	335,44	130,02	233,78	7,79	6,23	1,56
P6.3	24	30,64	6,20	113,69	321,74	-	190,96	6,36	5,09	1,27
P6.4	23	27,55	6,60	118,52	335,41	118,33	216,26	7,21	5,77	1,44
P6.5	20	23,45	6,02	50,81	143,76	83,40	80,76	2,69	2,15	0,54

En la Tabla 7 se muestran, en columnas: los años de vida del barco, la eslora (distancia longitudinal del barco), la manga (anchura del barco), el arqueo (sumatorio de los espacios cerrados del barco) expresado en unidades GT, la capacidad (volumen total del barco) y el peso ligero del barco LSW (peso real de un barco completo y listo para el servicio pero vacío de carga), así como la correspondencia al casco (se considera el 80% de LSW) y a los elementos estructurales del barco (20 % de LSW) [30].

En cuanto a los datos secundarios, es decir, aquellos obtenidos a partir de los primarios realizando conversiones y cálculos, se han obtenido a partir de bases de datos y bibliografía. Para obtener las emisiones correspondientes al diésel y al lubricante a partir de sus respectivos consumos, se han empleado factores de emisión obtenidos de la *IPPC Guideline 2006* [28] para el CO₂, CH₄ y el N₂O; de la guía *Emission Inventory Guidebook (2006)* [32] para el SO₂ y de la guía *Air pollutant emission inventory guidebook 2019* [33] para el resto de los compuestos emitidos que son: óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (NMVOC), óxidos de azufre (SO_x), fosfato trisódico (TSP), partículas gruesas (PM₁₀), materia particulada (PM_{2.5}), plomo (Pb), cadmio (Cd), mercurio (Hg), arsénico (As), cromo (Cr), cobre (Cu), níquel (Ni), selenio (Se), zinc (Zn), bifenilos policlorados (PCB), policlorodibenzodioxinas (PCDD/F) y hexaclorobenzeno (HCB). En la Tabla 8 se muestran las emisiones de los distintos contaminantes asociados a la combustión del diésel de aquellos barcos en los que se dispone de datos. En ella se muestran, en filas, cada uno de los barcos de la flota cántabra de cerco y, en columnas, el consumo de diésel y los distintos compuestos químicos que se emiten, cuyos valores se obtienen multiplicando el consumo de diésel (t/año) por sus respectivos factores de emisión. En el Anexo I se presenta la Tabla 8 completa con las emisiones correspondientes a la combustión del diésel de los distintos barcos que forman la flota cántabra.

Tabla 8. Emisiones del diésel de los barcos de cerco en Cantabria.

Código de la embarcación	Consumo diésel		CO ₂ (kg/año)	CH ₄ (g/año)	N ₂ O (g/año)	SO ₂ (kg/año)	NO _x (kg/año)	CO (kg/año)	NMVOC (kg/año)	SO _x (kg/año)
	L/año	t/año								
P1.1	69000	61,41	194306	18355	5244	1842	4821	454	171,95	1228
P5.1	216000	192,24	608261	57461	16417	5767	15091	1423	538,27	3845
P5.2	123595	110,12	348048	32879	9394	3300	8635	814	308	2200
P5.4	90000	80,15	253442	23942	6841	2403	6288	593	224,28	1602
P2.2	280898	250,02	791018	74725	21350	7500	19625	1850	700	5000
P2.4	240000	213,62	675845	63845	18241	6408	16768	1581	598,08	4272
P2.5	200000	178,01	563204	53204	15201	5340	13973	1317	498,40	3560
P2.6	200000	178,05	563204	53204	15201	5340	13973	1317	498,40	3560
P2.7	154000	137,06	433667	40967	11705	4112	10759	1014	383,77	2741
P2.8	200000	178,02	563204	53204	15201	5340	13973	1317	498,40	3560
P2.10	180000	160,25	506884	47884	13681	4806	12576	1185	448,56	3204
P7.1	210000	186,94	591365	55864	15961	5607	14672	1383	523,32	3738
P7.4	120000	106,82	337923	31923	9121	3204	8384	790	299,04	2136
P7.5	90000	80,13	253442	23942	6841	2403	6288	593	224,28	1602
P7.8	448500	399,16	1262986	119310	34089	11975	31334	2954	1117,66	7983
P7.9	113500	101,01	319619	30193	8627	3030	7930	748	282,84	2020
P7.10	100000	89,02	281602	26602	7601	2670	6987	659	249,20	1780
P6.2	120000	106,82	337923	31923	9121	3204	8384	790	299,04	2136
P6.3	171000	152,19	481540	45490	12997	4566	11947	1126	426,13	3044
P6.4	120000	106,82	337923	31923	9121	3204	8384	790	299,04	2136

La información relativa a las redes (área y materiales) de cada embarcación se muestra en la Tabla 9, donde aparece el área total, expresado en metros cuadrados, y su equivalente para un año, el número de flotadores y la cantidad de cada uno de los materiales que las constituyen (Nylon, etileno vinil acetato (EVA), Plomo y Poliestil), expresada en kilogramos.

Tabla 9. Inventario de las redes de los barcos.

Código embarcación	Área total redes (m ²)	Área total redes (m ² en 1 año)	Nylon (kg)	n° de flotadores	EVA (kg)	Plomo (kg)	Poliestil (kg)
P1.1	66000	13200	2851,851	2444,442	1173,335	2,475	220,656
P5.1	360000	72000	15555,563	2222,225	1066,677	2,700	240,421
P5.2	82860	16572	3580,372	613,784	294,617	1,197	106,413
P5.4	93500	18700	4040,124	1731,485	831,113	2,475	220,174
P2.2	429000	85800	18537,044	2648,154	1271,115	2,475	220,165
P2.4	120000	24000	5185,195	1481,485	711,114	1,800	160,121
P2.5	24000	4800	1037,044	888,895	426,671	1,800	160,216
P2.6	90000	18000	3888,894	1111,112	533,337	2,250	200,321
P2.7	30000	6000	1296,296	1111,118	533,335	2,250	200,024
P2.8	48000	9600	2074,072	1777,783	853,334	2,700	240,005
P2.10	182000	36400	7864,193	1685,198	808,896	2,925	260,210
P7.1	46816	9363	2022,915	1733,936	832,283	2,880	256,121
P7.4	94770	18954	4095,122	1170,233	561,605	2,633	234,436
P7.5	58152	11630	2512,743	1076,892	516,914	2,181	193,842
P7.8	252000	50400	10888,894	1166,673	560,006	2,025	180,522
P7.9	76800	15360	3318,522	2844,441	1365,333	2,700	240,455
P7.10	49500	9900	2138,892	916,678	440,223	2,025	180,122
P6.2	82283	16456	3555,473	1015,853	487,615	1,950	173,325
P6.3	384000	76800	16592,593	1777,784	853,334	2,700	240,142
P6.4	82283	16456	3555,474	1015,853	487,614	1,950	173,324

Los datos referentes al año de referencia para la construcción y el mantenimiento del casco y de los motores de cada barco se presentan en la Tabla 10, donde se muestran, en columnas, la cantidad (expresada en kilogramos) de los materiales que constituyen el casco (acero virgen y acero secundario) y los motores (hierro fundido, acero cromado, acero virgen y aleaciones níquel-hierro-cromo).

Tabla 10. Construcción y mantenimiento del casco y los motores.

Código embarcación	Construcción casco (Acero) (kg)	Construcción casco (Acero virgen) (kg)	Mantenimiento casco (Acero) (kg)	Mantenimiento casco (Acero virgen) (kg)	CONSTRUCCIÓN MOTORES (kg)				MANTENIMIENTO MOTORES (kg)			
					Hierro fundido	Acero cromado	Acero virgen	Aleaciones	Hierro fundido	Acero cromado	Acero virgen	Aleaciones
P1.1	2330,128	1165,064	139,807	69,904	-	-	-	-	-	-	-	-
P5.1	5546,894	2773,447	332,814	166,406	171,167	89,533	44,766	2,633	5,648	2,954	1,477	0,086
P5.2	4841,852	2420,926	290,511	145,255	204,751	107,111	53,551	3,153	6,756	3,534	1,767	0,104
P5.3	3775,915	1887,957	226,555	113,277	-	-	-	-	-	-	-	-
P5.4	3321,794	1660,897	199,307	99,653	105,312	55,081	27,542	1,621	3,475	1,817	0,908	0,053
P2.1	1943,845	971,922	116,630	58,315	-	-	-	-	-	-	-	-
P2.2	6887,859	3443,929	413,271	206,635	225,333	117,866	58,933	3,466	7,436	3,889	1,945	0,114
P2.3	4591,783	2295,891	275,506	137,753	-	-	-	-	-	-	-	-
P2.4	6880,546	3440,273	412,832	206,416	227,513	119,122	59,521	3,512	7,507	3,927	1,963	0,115
P2.5	6727,967	3363,983	403,678	201,839	171,166	89,533	44,766	2,633	5,648	2,954	1,477	0,086
P2.6	4875,415	2437,707	292,525	146,262	91,498	47,860	23,931	1,407	3,019	1,579	0,789	0,046
P2.7	5227,275	2613,637	313,636	156,818	142,675	74,631	37,315	2,195	4,708	2,463	1,231	0,072
P2.8	7391,146	3695,573	443,468	221,734	104,932	54,887	27,445	1,614	3,462	1,811	0,905	0,053
P2.9	10375,596	5187,798	622,535	311,267	-	-	-	-	-	-	-	-
P2.10	6654,126	3327,063	399,247	199,624	168,696	88,241	44,121	2,595	5,566	2,911	1,456	0,085

Tabla 10. Construcción y mantenimiento del casco y los motores (continuación).

Código embarcación	Construcción casco (Acero) (kg)	Construcción casco (Acero virgen) (kg)	Mantenimiento casco (Acero) (kg)	Mantenimiento casco (Acero virgen) (kg)	CONSTRUCCIÓN MOTORES (kg)				MANTENIMIENTO MOTORES (kg)			
					Hierro fundido	Acero cromado	Acero virgen	Aleaciones	Hierro fundido	Acero cromado	Acero virgen	Aleaciones
P7.1	1068,097	534,048	64,085	32,043	35,425	18,531	9,265	0,545	1,169	0,611	0,305	0,017
P7.2	2309,491	1154,745	138,569	69,284	-	-	-	-	-	-	-	-
P7.3	7276,724	3638,362	436,603	218,301	-	-	-	-	-	-	-	-
P7.4	4945,531	2472,765	296,731	148,366	74,143	38,782	19,391	1,140	2,446	1,279	0,639	0,037
P7.5	2114,335	1057,167	126,860	63,430	207,783	108,686	54,343	3,196	6,856	3,586	1,793	0,105
P7.6	7034,933	3517,466	422,096	211,048	-	-	-	-	-	-	-	-
P7.7	7601,065	3800,532	456,064	228,032	-	-	-	-	-	-	-	-
P7.8	7721,803	3860,901	463,308	231,654	245,483	128,406	64,203	3,776	8,101	4,237	2,118	0,125
P7.9	5500,007	2750,003	330,001	165,001	93,231	48,767	24,383	1,434	8,204	4,432	2,187	0,124
P7.10	4860,114	2430,056	291,606	145,803	85,932	44,948	22,474	1,322	3,076	1,609	0,804	0,047
P7.11	-	-	-	-	-	-	-	-	2,835	1,483	0,741	0,043
P6.1	3645,861	1822,931	218,751	109,375	-	-	-	-	-	-	-	-
P6.2	6234,153	3117,076	374,049	187,024	-	-	-	-	-	-	-	-
P6.3	5092,195	2546,097	305,531	152,765	-	-	-	-	-	-	-	-
P6.4	5766,842	2883,421	346,010	173,005	-	-	-	-	-	-	-	-
P6.5	2153,479	1076,739	129,208	64,604	-	-	-	-	-	-	-	-

Por último, en cuanto a las capturas de los barcos a estudiar, en la Tabla 11 se muestran los kilogramos de sardina capturada (especie objetivo), así como la cantidad total de especies capturadas y la asignación en masa de la sardina, es decir, el tanto por ciento que supone la sardina respecto del total de la pesca capturada por el barco.

Tabla 11. Capturas de la flota de cerco de Cantabria.

Puerto	Código embarcación	Sardina (kg)	Total especies (kg)	Asignación en masa sardina (%)
Castro Urdiales	P1.1	14000,25	228100,23	6,14
San Vicente de la Barquera	P5.1	12086,38	466358,21	2,59
San Vicente de la Barquera	P5.2	24668,75	766600,48	3,22
San Vicente de la Barquera	P5.3	21105,22	692042,57	3,05
San Vicente de la Barquera	P5.4	19262,27	526976,14	3,66
Colindres	P2.1	2021,05	381419,68	0,53
Colindres	P2.2	58765,65	676630,25	8,69
Colindres	P2.3	87256,89	744255,15	11,72
Colindres	P2.4	81274,65	743878,75	10,93
Colindres	P2.5	76191,35	579438,85	13,15
Colindres	P2.6	39303,72	409027,05	9,61
Colindres	P2.7	109060,85	872608,20	12,50
Colindres	P2.8	52500,89	544351,30	9,64
Colindres	P2.9	-	-	-
Colindres	P2.10	78394,45	682474,26	11,49
Santoña	P7.1	52392,13	991735,75	5,28
Santoña	P7.2	3703,65	163206,63	2,27
Santoña	P7.3	4966,13	258265,15	1,92
Santoña	P7.4	20110,92	604441,88	3,33
Santoña	P7.5	12750,28	425396,35	3,00
Santoña	P7.6	-	-	-
Santoña	P7.7	22167,16	367278,45	6,04
Santoña	P7.8	112994,14	841843,75	13,42
Santoña	P7.9	17588,19	528532,62	3,33
Santoña	P7.10	62680,65	855824,37	7,32
Santoña	P7.11	-	-	-
Santander	P6.1	-	215964,23	0,00
Santander	P6.2	90821,18	478457,54	18,98
Santander	P6.3	119653,06	759694,92	15,75
Santander	P6.4	121259,65	865776,73	14,01
Santander	P6.5	738,16	204833,94	0,36

De acuerdo con los datos de la Tabla 11, los barcos con mayores cifras de sardinas capturadas son: P6.4 y P6.3, ambos pertenecientes al puerto de Santander con 121259,65 y 119653,06 kg/año respectivamente, P7.8 (Santoña) con 112994,14 kg/año y P2.7 (Colindres) con 109060,85 kg/año.

2.3. Evaluación del impacto del ciclo de vida

El objetivo de esta fase es interpretar el inventario del ciclo de vida y analizar la importancia relativa de las diferentes categorías de impacto. Asimismo, se identificarán las etapas o procesos del sistema a estudiar con una mayor influencia en el resultado final [34].

Para llevar a cabo la evaluación del impacto de la pesca de cerco de la sardina se ha utilizado el software GaBi 6.0 [25], el cual permite transformar los valores correspondientes al inventario del ciclo de vida en valores de las categorías de impacto ambiental consideradas. El método de evaluación de impacto seleccionado ha sido el *IPPC*, dentro del cual se analizará únicamente la categoría de calentamiento global (Global Warming Potential, GWP), ya que se considera que es el indicador más representativo y permite tener una visión global del proceso estudiado.

El indicador de calentamiento global está relacionado con la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) y lleva asociados efectos negativos en la salud humana, ecosistemas y recursos naturales. La unidad de medida empleada para indicar el potencial del calentamiento global de los GEI es kilogramos de CO₂ equivalentes, por lo que los resultados del análisis del presente TFM se expresarán en esa unidad.

2.4. Interpretación de resultados

En este apartado se procederá a examinar los resultados obtenidos del ACV por medio del software GaBi 6.0 [25] para la categoría de impacto ambiental de calentamiento global. Tras esta interpretación de los resultados, finalmente se podrán extraer conclusiones del estudio realizado.

2.4.1. Análisis del impacto ambiental de la flota de cerco de Cantabria

En primer lugar, se muestra, de manera general, en la Figura 6 el impacto ambiental producido por la flota de cerco en Cantabria, expresado en kg de CO₂ equivalentes/ kg de sardinas desembarcadas (unidad funcional), correspondientes a cada uno de los barcos.

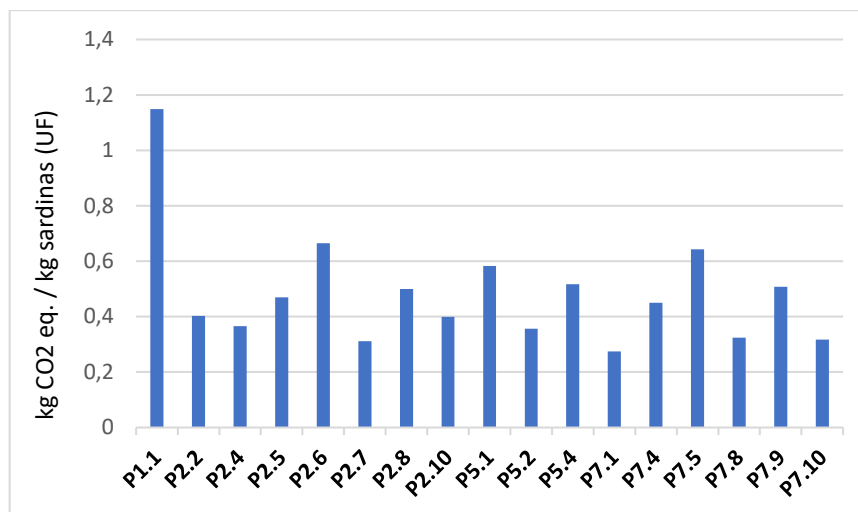


Figura 6. Impacto por embarcaciones para la categoría calentamiento global (GWP) según el método de evaluación de impacto IPPC.

El impacto correspondiente a la categoría Calentamiento Global se encuentra en un rango entre 0,274 y 0,665 kg de CO₂ equivalentes/ kg de sardinas, a excepción de la embarcación P1.1 (Castro Urdiales) que presenta un impacto mayor, con 1,149 kg de CO₂ equivalentes/ kg de sardinas. Para este impacto, se han considerado todas las etapas del sistema, es decir, la etapa de construcción del barco, uso y mantenimiento del mismo. A partir de estas contribuciones por embarcación, se obtiene para la flota cántabra un valor total de impacto de 8,233 kg de CO₂ equivalentes/ kg de sardinas y, a su vez, un valor promedio de impacto de 0,484 kg de CO₂ equivalentes/ kg de sardinas.

Analizando las embarcaciones según su puerto de actividad, se obtiene la Figura 7, donde se muestra el impacto promedio de cada puerto que representa el impacto real que tienen asociado, independientemente del número de embarcaciones de cada uno.

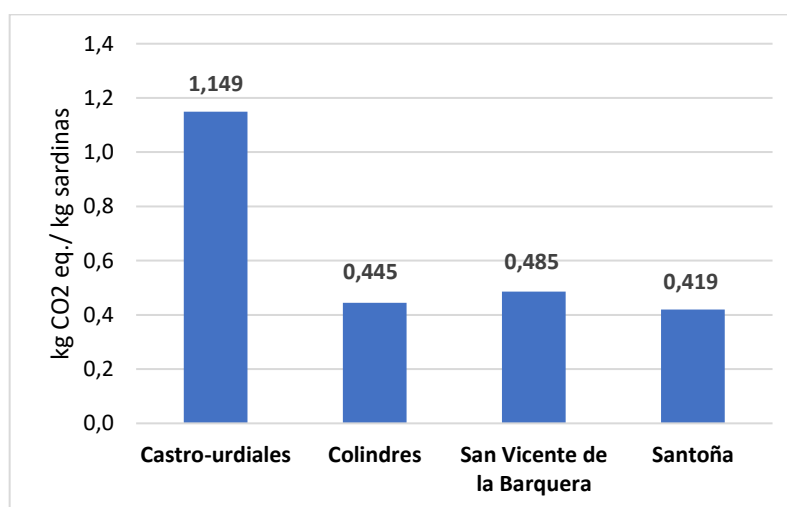


Figura 7. Contribución de impacto ambiental por puerto pesquero.

Atendiendo a los valores promedio, a excepción del puerto de Castro con un valor notablemente mayor al resto, de 1,149 kg de CO₂ equivalentes/ kg de sardinas, los demás puertos poseen promedios de impacto muy similares, en un rango entre 0,41 y 0,49 kg de CO₂ equivalentes/ kg de sardinas.

Respecto al análisis agrupando las embarcaciones por puertos, se tiene al puerto de Colindres como principal contribuidor al impacto con 3,112 kg de CO₂ equivalentes/ kg de sardinas. Representa el 37,8 % del impacto total, lo cual se debe a que cuenta con una flota importante, con 10 embarcaciones pesqueras de cerco. Después se encuentra Santoña, cuyo puerto lleva asociado el segundo mayor aporte al impacto con 2,516 kg de CO₂ equivalentes/ kg de sardinas, lo que supone el 30,56 % del valor total del indicador de calentamiento global. Al igual que sucede con Colindres, el puerto de Santoña tiene una flota de cerco considerable en número, con un total de 11 naves que pescan sardina por el arte de cerco, lo cual explica el impacto que tiene asociado. Por último, con menores aportaciones están los puertos de San Vicente de la Barquera y Castro Urdiales, con un impacto de 1,456 y 1,149 kg de CO₂ equivalentes/ kg de sardinas respectivamente. Las cifras de San Vicente se explican debido a que su flota de cerco es más reducida que el resto, con 4 embarcaciones pesqueras. Sin embargo, las cifras de Castro Urdiales son relevantes en el impacto, debido a que, a pesar de tener un barco de cerco solamente, conlleva un impacto ambiental cercano al de San Vicente, con mayor número de barcos. Ello se explica porque la asignación en masa que tiene el único barco de Castro es considerable, cuyo valor es 6,14 %, es decir, que del total de especies que pesca corresponde ese porcentaje a las sardinas, mientras que, la flota de San Vicente tiene una asignación media en masa notablemente menor, con un valor del 3,13 % para la Sardina pilchardus. La asignación en masa es importante ya que el impacto ambiental, expresado en función de la cantidad de sardinas (unidad funcional), es directamente proporcional a dicho parámetro.

2.4.2. Análisis del impacto por elementos del barco

Cada barco que constituye el sistema de estudio, es decir, la flota de cerco de Cantabria está formado por diferentes elementos (motor, casco, redes, diésel, etc.) que contribuyen en magnitudes diferentes al impacto total del sistema. En la Tabla 12 se muestra la contribución de cada elemento crítico del sistema, expresada en kg de CO₂ equivalentes/ kg de sardinas y en porcentaje. Se han considerado como principales contribuyentes: el casco del barco (construcción y mantenimiento), pintura (construcción y mantenimiento),

antifouling (construcción y mantenimiento), producción de hielo, aceite lubricante, diésel, motores (construcción y mantenimiento), redes (mantenimiento y uso) y, por último, la pintura (construcción y mantenimiento). Asimismo, se muestra la contribución de cada elemento, expresada en tanto por ciento, al impacto ambiental total del proceso de pesca de la Sardina pilchardus.

Tabla 12. Impacto de los elementos relevantes del proceso de pesca (indicador calentamiento global, metodo IPPC).

Etapa	Valor Indicador calentamiento global (kg CO₂ eq./ kg sardinas)	Porcentaje impacto proceso
Casco barco	0,135	1,70 %
Pintura	0,024	0,30 %
Antifouling	0,019	0,24 %
Producción Hielo	0,111	1,40 %
Aceite lubricante	0,027	0,34 %
Diésel	6,918	87,28 %
Motores	0,010	0,13 %
Redes	0,682	8,60 %

Desde el punto de vista global del sistema de estudio, los elementos del proceso de pesca que comportan un mayor impacto ambiental son, por un lado, el diésel, el cual incluye el proceso de su producción y las emisiones asociadas a su combustión por los barcos y representa el 87,28% del impacto ambiental del proceso de pesca y, por otro lado, la producción de las redes, que supone el 8,60 % del impacto total. El resto de elementos del sistema (casco, pintura, antifouling, hielo, lubricante y motores) conllevan un impacto notablemente menor, constituyendo el 4,11 % restante entre todos.

Analizando el casco del barco, presenta un valor de impacto de 0,135 kg de CO₂ equivalentes/ kg de sardinas. En cuanto a los materiales, el casco está formado principalmente por acero puro y acero secundario, los cuales tienen un impacto asociado de 0,129 y 0,006 kg de CO₂ equivalentes/ kg de sardinas respectivamente. Estas aportaciones se deben al tipo de material, lo cual condiciona el proceso requerido para su obtención, ya que para obtener el acero puro hay que someterlo a varios tratamientos en altos hornos para eliminar las impurezas, conllevando así un mayor impacto ambiental. Por su parte, el impacto asociado a los motores supone el menor de todo el sistema, representando un 0,13%, debido a que comportan una masa y volumen notablemente menor al de otros elementos de la embarcación.

La producción de hielo en la flota se lleva a cabo con máquinas que lo producen partir de agua y electricidad como recursos de entrada. Teniendo en cuenta que se requiere 0,175 kWh para producir 1 kg de hielo [27] y que se requiere gran cantidad de hielo para conservar el pescado fresco y en buenas condiciones hasta su desembarco en puerto, se explica la mayor contribución al impacto de la electricidad respecto al consumo de agua. Los resultados nos muestran que del impacto total de la producción del hielo, el 99,45% corresponde al consumo eléctrico, y el resto al consumo de agua.

El impacto relativo al tratamiento superficial del barco, es decir, la pintura y el antifouling conllevan entre ambos un impacto equivalente al 0,54 % del impacto total, debido a que se aplican una vez al año solamente y requieren cantidades menores que otros recursos del barco, como el diésel.

Para las redes, considerando que están constituidas por nylon, resina de poliéster, plomo, etilvinilacetato (EVA) y polietileno, se obtiene un impacto total de 0,682 kg de CO₂ equivalentes/ kg de sardinas. En la Figura 8 se muestra la aportación de cada material constituyente de las redes al impacto global de ese elemento.

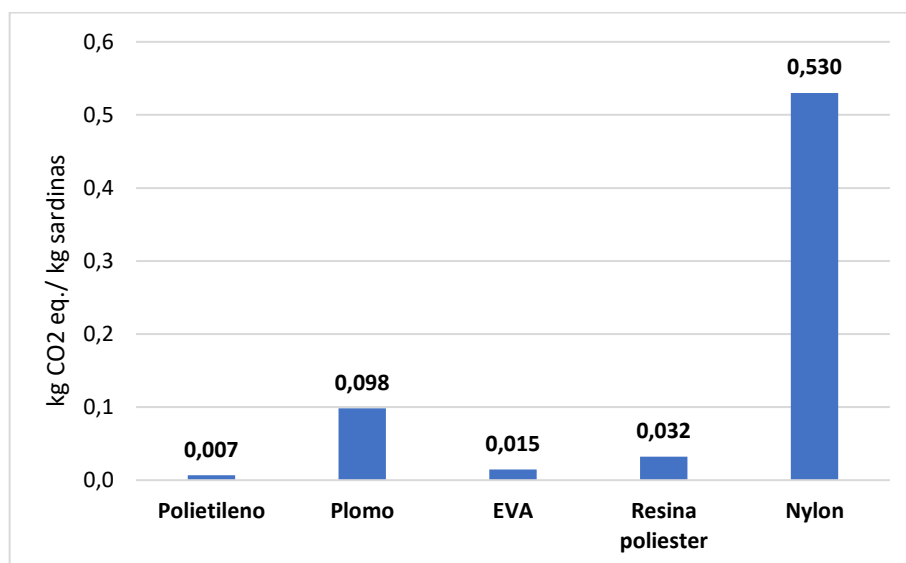


Figura 8. Impacto ambiental por material constituyente de las redes.

El nylon y el plomo aportan la mayoría del impacto para las redes, debido a que la estructura de las redes contiene mayor cantidad de esos materiales en comparación con el etilvinilacetato, el polietileno y la resina de poliéster. Para la estructura de las redes se ha considerado que por metro cuadrado de red se tiene 0,007 kg de EVA, 0,025 kg de plomo, 0,072 kg de nylon y 0,009 kg de polietileno [31].

Los resultados referidos al aceite lubricante muestran que este recurso no tiene una aportación de excesiva relevancia en el impacto total del proceso de pesca (0,027 kg de CO₂ equivalentes/ kg de sardinas). Este tipo de aceite tiene una función importante, ya que se emplea para lubricar las partes móviles de los motores de los barcos y evitar la corrosión de las mismas, así como enfriar el motor al retirar el calor de los pistones. En base a los datos del inventario, se puede apreciar como el consumo de este recurso tiene una magnitud notablemente menor que el respectivo al diésel.

En cuanto al impacto ambiental asociado con el combustible diésel, cuyo valor es 6,918 kg de CO₂ equivalentes/ kg de sardinas, se puede distinguir, por una parte, entre contribución debida al proceso de producción del diésel y, por otra, debido a las emisiones de su combustión por los motores de la flota de cerco. En la Figura 9 se muestra en un gráfico de barras las contribuciones específicas al proceso de producción del diésel y a las emisiones.

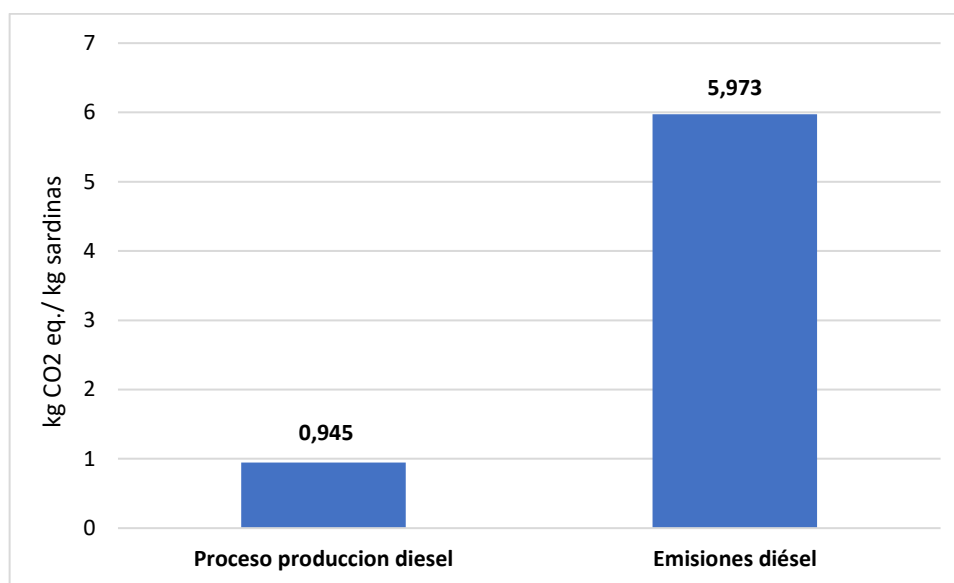


Figura 9. Impacto ambiental del diésel.

Las emisiones como consecuencia de la quema del combustible diésel en el interior de los motores de los barcos conllevan un impacto aproximadamente seis veces mayor (5,973 kg de CO₂ equivalentes/ kg de sardinas) que el ocasionado por el proceso productivo del combustible (0,945 kg de CO₂ equivalentes/ kg de sardinas). Las embarcaciones pesqueras, al tener una masa notablemente superior a otro tipo de vehículos que emplean combustible diésel, requieren una mayor energía para desplazarse, lo que requiere un mayor consumo de combustible y, por ello, comporta altos índices de emisiones. De esta manera, a mayor potencia y mayor peso, se generarán mayores

emisiones contaminantes. En cuanto al proceso productivo del combustible diésel, se lleva a cabo mediante un proceso de destilación del petróleo, por medio de torres o columnas de craqueo donde se introduce el petróleo crudo y se calienta. Como consecuencia, el vapor se condensa y, posteriormente, vuelve a calentarse en una segunda destilación que permite obtener fueloil. Una vez obtenido el fueloil, destilando una vez más se obtiene el combustible diésel, que se emplea en este caso para mover los barcos y permitir llevar a cabo el proceso de pesca. Este proceso lleva asociado igualmente un impacto ambiental, pero en menor magnitud que las emisiones de su combustión.

2.4.3. Propuestas de mejora

Tras realizar el análisis de ciclo de vida del proceso de pesca de la sardina y analizar los resultados obtenidos, se pueden proponer diferentes alternativas para reducir el impacto ambiental. Debido a que el combustible diésel empleado constituye notablemente el mayor impacto al proceso de pesca, contribuyendo al 87,28 % del impacto total, se considera interesante, desde el punto de vista ambiental, sustituir el tipo de combustible empleado por la flota, proponiendo emplear uno con menor impacto ambiental, para conseguir así un proceso de pesca más sostenible en Cantabria. Por ello, se establece como alternativa utilizar biodiesel por las siguientes ventajas: no contiene compuestos de azufre y no los elimina en forma de gases de combustión; disminuye notablemente las emisiones de monóxido de carbono y dióxido de carbono, permitiendo ahorrar desde el 25 hasta el 80% de las emisiones de CO_2 ; su proceso de producción permite el aprovechamiento de tierras agrícolas y, al proceder de aceites vegetales, es biodegradable, lo que reduce de manera importante su impacto ambiental [35]. Asimismo, este tipo de biocombustible posee las mismas propiedades funcionales que el diésel tradicional, ya que actúa en el motor de manera similar y su mayor lubricidad ayuda a aumentar la vida útil del propio motor, incluso utilizándolo como un aditivo. Además, en la actualidad ya existen barcos que emplean biodiésel u otro tipo de combustibles a partir de recursos renovables, lo cual explica la viabilidad de la transición de los combustibles tradicionales a otros más sostenibles y eficientes.

Otro aspecto importante, que está directamente relacionado con el consumo de diésel, y por tanto, con el impacto producido por la flota, es la habilidad y manejo de la embarcación por el patrón. Según Vázquez-Rowe et al. (2012) [36], una habilidad deficiente del manejo del barco o un mal conocimiento de las zonas marinas donde encontrar especies para la pesca, conduce a una pérdida de rendimiento en el proceso de

pesca, lo cual implica mayores tiempos de faena y mayor consumo de combustible y del resto de recursos (electricidad, agua, etc). Por ello, para lograr una pesca más eficiente hay que tener en cuenta una correcta habilidad y manejo de la nave pesquera.

En cuanto a las instituciones competentes del sector pesquero, se requiere un mayor esfuerzo y coordinación para definir estrategias mundiales, europeas y locales que fomenten la economía circular en todo aquello que rodea a la pesca, así como una mayor implantación del ecoetiquetado en sus productos y campañas de concienciación a la sociedad sobre el impacto que conlleva sobre los ecosistemas marinos el vertido de residuos (microplásticos, aguas residuales, residuos peligrosos, etc.) [37].

Dada la importancia, tanto económica como laboralmente, del sector pesquero en Cantabria [4], hacer más sostenible el proceso de pesca en la Comunidad generará impactos positivos en términos de eficiencia de los recursos empleados por la flota, ya que se aprovecharán de manera más sostenible y ello conllevará menor impacto ambiental.

3. CONCLUSIONES

En el presente TFM se ha realizado un análisis ambiental del proceso de pesca de cerco de la Sardina pilchardus en Cantabria empleando la herramienta del Análisis de Ciclo de Vida según la norma UNE-EN ISO 14040 [18].

Los resultados permiten tener una visión global del proceso de pesca de cerco en Cantabria y dan lugar a las siguientes conclusiones:

- El impacto ambiental de la pesca de cerco se encuentra en un rango de valores para las embarcaciones comprendido entre 0,274 y 0,665 kg de CO₂ equivalentes/ kg de sardinas, a excepción de la embarcación P1.1 (Castro Urdiales) que presenta un impacto mayor al resto, con 1,149 kg de CO₂ equivalentes/ kg de sardinas.
- La flota cántabra de pesca de la sardina tiene un impacto total de 8,233 kg de CO₂ equivalentes/ kg de sardinas y, a su vez, un valor promedio de impacto de 0,484 kg de CO₂ equivalentes/ kg de sardinas.
- Al analizar por puertos según sus valores promedio de impacto, se tiene al puerto de Castro Urdiales con un valor notablemente mayor al resto, con 1,149 kg de CO₂ equivalentes/ kg de sardinas, mientras que, los demás puertos poseen promedios de impacto muy similares, en un rango entre 0,41 y 0,49 kg de CO₂ equivalentes/ kg de sardinas. Asimismo, teniendo en cuenta las contribuciones totales de las embarcaciones, Colindres es el principal contribuidor al impacto con un valor promedio de 3,112 kg de CO₂ equivalentes/ kg de sardinas, seguido de Santoña, que lleva asociado 2,516 kg de CO₂ equivalentes/ kg de sardinas y, por último, a los puertos de San Vicente de la Barquera y Castro Urdiales, con un impacto de 1,456 y 1,149 kg de CO₂ equivalentes/ kg de sardinas respectivamente.
- Los elementos del proceso de pesca que comportan un mayor impacto ambiental son: el consumo de diésel (considerando el proceso de producción y las emisiones de su combustión), que representa el 87,28% del impacto ambiental del proceso de pesca, seguido de la producción de las redes, con el 8,60 % del impacto total.
- Se considera interesante, desde el punto de vista ambiental, cambiar el tipo de combustible empleado por la flota por uno menos contaminante, como es el biodiésel, para conseguir así un proceso de pesca de sardina más sostenible en Cantabria, debido al notable impacto ambiental que supone el empleo del diésel tradicional. Por ello, es

importante que desde las instituciones públicas se apoye la búsqueda e implantación de biocombustibles menos contaminantes en el sector pesquero de la comunidad.

4. REFERENCIAS

- [1] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (ONU). 2020. “El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura. La Sostenibilidad en Acción”.
- [2] Confederación Española de Pesca (CEPESCA). “Informe del Sector Pesquero Español 2019”.
- [3] Gobierno de España. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. Informe Anual de la Actividad de la Flota Pesquera Española Año 2020.
- [4] Instituto Cántabro de Estadística (ICANE), 2020. Informe “Cantabria en Cifras”.
- [5] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (ONU), 2020. “The impact of COVID-19 on fisheries and aquaculture food systems Possible responses”.
- [6] White E., Froehlich H., Gephart J.A., Cottrell R., Branch T.A., Bejarano R., Baum J.K. 2020. *Study provides first comprehensive look at COVID’s impact on US seafood industry*. Fish and Fisheries. Volume 22, pp 232-239.
- [7] Organización de Productores Pesqueros de Lugo (OPP).
- [8] Laso J., Margallo M., Ruiz Salmón J., Cristobal J., Kahhat R., Villanueva-Rey P., Bala A., Battle-Bayer L., Fullana-i-Palmer P., Irabien A., Vazquez-Rowe I., 2020. “*Food waste management during the COVID-19 outbreak: a holistic climate, economic and nutritional approach*”. Science of The Total Environment. Volume 742.
- [9] Bennett N., Finkbeiner E.M., Ban N., Belhabib D., Jupiter S., Kittinger J.N., 2020. “*The COVID-19 Pandemic, Small-Scale Fisheries and Coastal Fishing Communities*”. Coastal Management. Volume 48.
- [10] Gobierno de España. Ministerio de Ciencia e innovación. Instituto Español de Oceanografía.
- [11] Gobierno de España. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. “Informe: El Mercado de la Sardina en España 2017”.
- [12] Gobierno de España. Ministerio de Ciencia e Innovación. Base de Datos Española de Composición de Alimentos (BEDCA).

- [13] García-Arias M.T., Álvarez E., García-Linares M.C., García-Fernández M.C., Sánchez-Muñiz F.J. (2003). “*Cooking–freezing–reheating (CFR) of sardine (Sardina pilchardus) fillets. Effect of different cooking and reheating procedures on the proximate and fatty acid compositions*”. Food Chemistry. Volume 83, pp 349-356.
- [14] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. COPESCAL Documento N°4, 1985. “Artes y Métodos de Pesca en Aguas Continentales de América Latina”.
- [15] MERCASA. Informe “Alimentación en España 2020”. [Consulta: 7 de Julio de 2021]. Disponible en: https://www.mercasa.es/media/publicaciones/281/AEE_2020_web.pdf
- [16] Navarrete O., 2016. “Procesamiento de conservas de atún, bonito, caballa, jurel y sardina”.
- [17] La Voz de Galicia. 6 de mayo de 2021. “Sardinas a cinco euros y el tirón de la caballa en Ourense”. [Consulta: 22 junio 2021]. Disponible en: https://www.lavozdeg Galicia.es/noticia/ourense/ourense/2021/05/06/sardinas-cinco-euros-kilo-tiron-caballa-ourense/0003_202105G6P34992.htm
- [18] AENOR. 2006. UNE-EN ISO 14040: 2006: Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia. Madrid: AENOR.
- [19] Almeida, C.; Vaz, S.; Friederike, Z. 2015. “Environmental Life Cycle Assessment of a Canned Sardine Product from Portugal”. Journal of Industrial Ecology, 19 (4), pp. 607-617. ISSN 1088-1980. Disponible en: <http://doi.org/10.1111/jiec.12219/>
- [20] Vázquez-Rowe, I.; Villanueva-Rey, P.; Hospido, A.; Moreira, M.T.; Feijoo, G. 2014. “Life cycle assessment of European pilchard (*Sardina pilchardus*) consumption. A case study for Galicia (NW Spain)”. Science of the Total Environment, 475, pp. 48- 60. ISSN 0048-9697. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.12.099/>
- [21] Laso J., Vázquez-Rowe I., Margallo M., Crujeiras R.M., Irabien A., Aldaco R. 2018. “Life cycle assessment of European anchovy (*Engraulis encrasicolus*) landed by purse seine vessels in northern Spain”. The International Journal of Life Cycle Assessment, 23, pp 1107-1125.

- [22] Avadí A., Bolaños C., Sandoval I., Ycaza C., 2015. “Life cycle assessment of Ecuadorian processed tuna”. *Journal of Life Cycle Assessment*, 20 (10), pp. 1415-1428.
- [23] Iribarren D., Moreira M.T., Feijoo G., 2010. “Life Cycle Assessment of fresh and canned mussel processing and consumption in Galicia (NW Spain)”. *Resources, conservation and recycling*, 55, pp. 106-117.
- [24] Avadí A., Freón P., Quispe I., 2014. “Environmental assessment of Peruvian anchoveta food products: is less refined better?”. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 19 (6), pp. 1276-1293.
- [25] Thinkstep. 2019. GaBi 6.0 Product Sustainability Software. [Sitio web] [Consulta: 22 de junio de 2021]. Disponible en: <https://www.gabi-software.com>
- [26] Ecoinvent 2019. Life Cycle Assessment database. [Sitio Web] [Consulta: 22 de junio de 2021]. Disponible en: <https://www.ecoinvent.org/>
- [27] Cofradía de Pescadores de Sada (Sada, A coruña).
- [28] Olivier J.G., Gaudioso D., Gillenwater M., Ha C., Hockstad L., Martinsen T., Neelis M., Park H., Simmons T., 2006. *IPPC Guidelines*. Volume 3.
- [29] Compañía Española de Petróleos S.A.U (CEPSA).
- [30] Freón P., Avadí A., Amelia R., Chavez V., Iriarte F. 2014. “*Life Cycle Assessment of the Peruvian industrial anchoveta fleet: boundary setting in life cycle inventory analyses of complex and plural means of production*”. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. Volume 19, number 5, pp 1068-1086.
- [31] Vazquez Rowe I. 2012. “*Fishing for solutions. Environmental and operational assessment of selected Galician fisheries and their products*”.
- [32] European Environment Agency (EEA). European Monitoring and Evaluation Programme (EMEP), 2006. “*Emission Inventory Guidebook*”. Chapter shipping activities.
- [33] European Environment Agency (EEA). European Monitoring and Evaluation Programme (EMEP), 2019. “*Air pollutant emission inventory guidebook 2019.*”
- [34] Fullana P., Puig R., 1997. “Análisis del Ciclo de Vida”. Barcelona: Rubes. ISBN 9788449700705.

[35] United States Department of Energy. Energy Efficiency & Renewable Energy. Alternative Fuels Data Center. Biodiesel Benefits and Considerations. [Sitio web] [Consulta 12 de septiembre de 2021]. Disponible en: https://afdc.energy.gov/fuels/biodiesel_benefits.html

[36] Vázquez-Rowe I., Tyedmers P., 2012. “*Identifying the importance of the ‘skipper effect’ within sources of measured inefficiency in fisheries through data envelopment analysis (DEA)*”. Marine Policy Journal, 38, PP 387-396.

[37] Ruiz-Salmón I., Margallo M., Laso J., Villanueva-Rey P., Mariño D., Quinteiro P., Días A.C., Nuner M, Marqués A., Feijoo G., Moreira M.T., Loubet P., Sonnemann G., Morse A., Cooney R., Clifford E., Rowan N., Mendez-Paz D., Iglesias-Parga X., Anglada C., Martin J., Irabien A., Aldaco R., 2020. “Addressing challenges and opportunities of the European seafood sector under a circular economy framework”. Current Opinion in Environmental Science & Health. Volume 13, pp 101-106.

5. ANEXOS

5.1. Anexo I. Emisiones correspondientes a la combustión del diésel.

Tabla 8. Emisiones del diésel de los barcos de cerco en Cantabria (continuación).

Código de la embarcación	Consumo diésel		TSP (kg/año)	PM ₁₀ (kg/año)	PM _{2.5} (kg/año)	Pb (g/año)	Cd (g/año)	Hg (g/año)	As (g/año)	Cr (g/año)
	L/año	t/año								
P1.1	69000	61,41	92,12	92,12	85,97	7,98	0,61	1,84	2,46	3,07
P5.1	216000	192,24	288,36	288,36	269,14	24,99	1,92	5,77	7,69	9,61
P5.2	123595	110,02	165	165	154,00	14,30	1,10	3,30	4,40	5,50
P5.4	90000	80,10	120,15	120,15	112,14	10,41	0,80	2,40	3,20	4,01
P2.2	280898	250,03	375	375	350	32,50	2,50	7,50	10	12,50
P2.4	240000	213,61	320,40	320,40	299,04	27,77	2,14	6,41	8,54	10,68
P2.5	200000	178,02	267	267	249,20	23,14	1,78	5,34	7,12	8,90
P2.6	200000	178,05	267	267	249,20	23,14	1,78	5,34	7,12	8,90
P2.7	154000	137,06	205,59	205,59	191,88	17,82	1,37	4,11	5,48	6,85
P2.8	200000	178,02	267	267	249,20	23,14	1,78	5,34	7,12	8,90
P2.10	180000	160,21	240,30	240,30	224,28	20,83	1,60	4,81	6,41	8,01
P7.1	210000	186,91	280,35	280,35	261,66	24,30	1,87	5,61	7,48	9,35
P7.4	120000	106,83	160,20	160,20	149,52	13,88	1,07	3,20	4,27	5,34
P7.5	90000	80,11	120,15	120,15	112,14	10,41	0,80	2,40	3,20	4,01
P7.8	448500	399,16	598,75	598,75	558,83	51,89	3,99	11,97	15,97	19,96
P7.9	113500	101,01	151,52	151,52	141,42	13,13	1,01	3,03	4,04	5,05
P7.10	100000	89,01	133,50	133,50	124,60	11,57	0,89	2,67	3,56	4,45
P6.2	120000	106,82	160,20	160,20	149,52	13,88	1,07	3,20	4,27	5,34
P6.3	171000	152,19	228,29	228,29	213,07	19,78	1,52	4,57	6,09	7,61
P6.4	120000	106,81	160,20	160,20	149,52	13,88	1,07	3,20	4,27	5,34

Tabla 8. Emisiones del diésel de los barcos de cerco en Cantabria (continuación).

Código de la embarcación	Consumo diésel		Cu (g/año)	Ni (g/año)	Se (g/año)	Zn (g/año)	PCB (mg/año)	PCDD/F (µg I-TEQ/año)	HCB (mg/año)
	L/año	t/año							
P1.1	69000	61,41	12,28	61,41	0,61	73,69	2,33	7,98	4,91
P5.1	216000	192,24	38,45	192,24	1,92	230,69	7,31	24,99	15,38
P5.2	123595	110,02	22,00	110,00	1,10	132,00	4,18	14,30	8,80
P5.4	90000	80,10	16,02	80,10	0,80	96,12	3,04	10,41	6,41
P2.2	280898	250,03	50,00	250,00	2,50	300,00	9,50	32,50	20,00
P2.4	240000	213,61	42,72	213,60	2,14	256,32	8,12	27,77	17,09
P2.5	200000	178,02	35,60	178,00	1,78	213,60	6,76	23,14	14,24
P2.6	200000	178,05	35,60	178,00	1,78	213,60	6,76	23,14	14,24
P2.7	154000	137,06	27,41	137,06	1,37	164,47	5,21	17,82	10,96
P2.8	200000	178,02	35,60	178,00	1,78	213,60	6,76	23,14	14,24
P2.10	180000	160,21	32,04	160,20	1,60	192,24	6,09	20,83	12,82
P7.1	210000	186,91	37,38	186,90	1,87	224,28	7,10	24,30	14,95
P7.4	120000	106,8	21,36	106,80	1,07	128,16	4,06	13,88	8,54
P7.5	90000	80,11	16,02	80,10	0,80	96,12	3,04	10,41	6,41
P7.8	448500	399,16	79,83	399,17	3,99	479,00	15,17	51,89	31,93
P7.9	113500	101,01	20,20	101,02	1,01	121,22	3,84	13,13	8,08
P7.10	100000	89,01	17,80	89,00	0,89	106,80	3,38	11,57	7,12
P6.2	120000	106,82	21,36	106,80	1,07	128,16	4,06	13,88	8,54
P6.3	171000	152,19	30,44	152,19	1,52	182,63	5,78	19,78	12,18
P6.4	120000	106,81	21,36	106,80	1,07	128,16	4,06	13,88	8,54