

PUNTUACIÓN DEL NEXO AGUA-ENERGÍA-ALIMENTACIÓN (AEA) PARA LOS PRODUCTOS DEL MAR EN EL MARCO DE UNA ECOETIQUETA HOLÍSTICA ARMONIZADA

Eduardo ENTRENA-BARBERO, Gumersindo FEIJOO, Sara GONZÁLEZ-
GARCÍA, María Teresa MOREIRA
*CRETUS. Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Santiago de
Compostela, 15705 Santiago de Compostela (España).*
eduardo.entrena.barbero@usc.es, gumersindo.feijoo@usc.es,
sara.gonzalez@usc.es, maite.moreira@usc.es

RESUMEN

Los indicadores de las metodologías de análisis de ciclo de vida (ACV) han emergido como herramientas útiles para identificar y comunicar los impactos ambientales de un sistema gracias a su accesibilidad y fácil comprensión para el público no experto. A partir de esta idea, surge el marco de trabajo de nexo Agua-Energía-Alimentación (AEA), con el fin de crear conciencia acerca de las relaciones entre los derechos universales de la provisión de agua, el suministro eléctrico y el abastecimiento de alimentos. Respecto a este último, el sector pesquero destaca como un pilar fundamental en la lucha contra la malnutrición debido a su importante papel en valores nutricionales. Es entonces que la Unión Europea (UE) lanzó el proyecto “crecimiento azul” con el objetivo de asegurar que el desarrollo de las pesquerías no esté relacionado con la degradación de sus ecosistemas. Sin embargo, aunque los productores están dispuestos a comunicar la sostenibilidad de los productos, no existe todavía una metodología estandarizada. Por tanto, este estudio tiene como objetivo proponer una metodología de cálculo de nexo AEA para eco-etiquetar productos del mar en el área atlántica europea, dentro del proyecto NEPTUNUS, estableciendo las bases para lograr un “futuro azul” focalizado en la economía circular y el desarrollo sostenible. Sin embargo, ciertos aspectos, como los procesos de ponderación e integración, deben reevaluarse para ampliar el enfoque a otros ámbitos y casos prácticos con el objetivo de que la eco-certificación propuesta llegue a estar presente en las principales cadenas de suministro y venta al por menor.

Palabras clave: crecimiento azul, sector alimentario, pesca sostenible, alimentos marinos, análisis de ciclo de vida, ecoetiqueta.

ABSTRACT

Indicators from life cycle assessment (LCA) methodologies have emerged as useful tools for identifying and communicating the environmental impacts of a system thanks to they are accessible and easy to understand to non-expert public. From this idea arises the framework of Water-Energy-Food (WEF) nexus, with the aim of raising awareness of the connections between the universal rights to water provision, electronic delivery and food supply. Regarding the latter, the fisheries sector stands

out as a fundamental pillar in the fight against malnutrition due to its important role on nutritional values. In this context, the European Union (EU) "blue growth" project aims to ensure that the development of the fisheries is not linked to the degradation of its ecosystems. However, although producers and authorities are willing to communicate the sustainability of products, there is still no standard methodology for this. Therefore, this study aims to provide technical guidance to calculate a single WEF nexus score for ecolabelling seafood products in the European Atlantic area, within the NEPTUNUS project. This methodology then lays the foundation for achieving a "blue future" based on the bundle of a circular economy along with a sustainable development. However, certain aspects, such as the weighting and integration processes need to be re-evaluated to broaden the approach to other areas and case studies with the aim that the proposed environmental certification can be present in major supply and retail chains.

Keywords: blue growth, food sector, sustainable fishing, seafood, life cycle assessment, ecolabel.

1. INTRODUCCIÓN

Desde principios del presente siglo muchos han sido los indicadores (huellas) que han surgido relacionados con el ámbito medioambiental, estando la mayoría de ellos basados en la perspectiva del ciclo de vida (Hauschild et al., 2018). Por otro lado, las huellas han tenido una gran repercusión al poder aplicarse a diferentes tipos de sistemas (ej., desde alimentos hasta territorios), y tener la capacidad de generar concienciación ambiental (Mcmanus & Haughton, 2006). No obstante, el hecho de centrarse en un único problema es uno de sus principales inconvenientes, resultando ser su combinación útil a la hora de ampliar el alcance del estudio ante la evaluación de sistemas complejos (Fang et al., 2013). Es entonces que surge el marco de trabajo de trabajo del nexo "Agua-Energía-Alimentos" (AEA) con el objetivo de promover los vínculos inseparables entre el uso de los recursos para proporcionar los derechos básicos y universales de provisión de alimentos, suministro de agua y seguridad energética (Biggs et al., 2015).

En cuanto al sector alimentario, los alimentos de origen marino destacan por su interesante perfil nutricional a la hora de paliar la malnutrición y mejorar la salud humana (Golden et al., 2021). Sin embargo, la pesca se enfrenta así mismo a una serie de retos en términos de sostenibilidad relacionados con las consecuencias del cambio climático (Plagányi, 2019). Es entonces por lo que existe un creciente interés por realizar estudios de análisis de ciclo de vida (ACV) de los productos del mar (Ziegler et al., 2016).

Por ello, este trabajo pretende ofrecer una guía técnica para calcular, de forma armonizada y siguiendo la filosofía del nexo AEA, tanto la contribución negativa de los productos del mar en función de su carga ambiental (considerando una perspectiva multi-indicador que se adapte mejor a todos los problemas a los que se enfrenta el sector marino: huellas de carbono (HC), hídrica (HH) y energía (HE)), como su contribución positiva en las dietas humanas (en términos de ingesta de nutrientes gracias a la evaluación de la huella nutricional (NF)). A continuación, la

normalización y posterior ponderación e integración de las huellas seleccionadas servirá para abordar la obtención de un índice de nexos AEA que se representará en forma de eco-certificación para ser aplicado por primera vez a varios casos de estudio de productos del mar situados en el marco europeo (zona atlántica) dentro del proyecto NEPTUNUS. Esta guía técnica sigue las normas ISO 14040 y 14044 sobre ACV y se ha desarrollado de acuerdo con los siguientes documentos (i) *Product Environmental Footprint (PEF)*; (ii) *Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCR)*; (iii) *PAS 2050-2:2012 Assessment of Life Cycle greenhouse gas emissions - Supplementary requirements for the application of PAS 2050:2011 to seafood and other aquatic food products*; y (iv) *ISO 22948:2020 carbon footprint for seafood - Product category rules (CFP-PCR) for finfish*.

En este sentido, la UE apostó por el fomento de la producción sostenible como estrategia para el sector de los productos del mar, mejorando el aprovechamiento de los recursos marinos, a la vez que se incrementan los aspectos sociales, económicos y ambientales para las regiones con alta dependencia del mar, el llamado "crecimiento azul" (European Commission, 2017). Esto ha desencadenado que el segmento pesquero se haya visto promovido a incluir algunas medidas como la mejora de la eficiencia de los recursos o las certificaciones de valor añadido. Sin embargo, aunque los productores y las autoridades están dispuestos a comunicar la sostenibilidad de los productos procedentes del mar, todavía no existe una metodología estandarizada.

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo de investigación es desarrollar una guía práctica que aborde los siguientes temas (i) selección de la Unidad Funcional (UF) más adecuada para el sistema en estudio; (ii) definición de los límites del sistema; (iii) establecimiento de los datos mínimos del Inventario de Ciclo de Vida (ICV) necesarios para cada etapa; (iv) identificación de los métodos de evaluación del impacto del ciclo de vida para el cálculo de las huellas, así como para el establecimiento de la caracterización nutricional en términos de la HN; y (v) integración de estos indicadores en una puntuación del nexos AEM en forma de ecoetiqueta que permita una mejor comunicación con el público en general.

2. MÉTODOS

2.1. Alcance

El alcance de esta guía metodológica incluye los productos del mar (pescado) para consumo humano capturados a partir de cualquier arte de pesca para su puesta a la venta directa en lonjas, supermercados u otros puntos de venta. Por tanto, se excluye los ejemplares que provengan de acuicultura, así como los que se encuentren procesados, tales como los productos congelados o en conserva.

2.2. Análisis de ciclo de vida

2.2.a. Unidad funcional

Para los indicadores seleccionados se pueden definir dos escenarios diferentes (1) el caso de las huellas ambientales (CF, HH y HE), donde el objetivo es evaluar el impacto de la producción de alimentos para el consumo humano y (2) el caso de la

huella nutricional (NF), donde el objetivo es caracterizar los alimentos de origen marino para determinar sus propiedades nutricionales. Por lo tanto, se recomienda el uso de las siguientes UFs (1) 1 kg de producto fresco, desembarcado en puerto, para las huellas ambientales, y (2) 100 g de producto final para la HN.

2.2.b. Límites del sistema

El enfoque seguido para la evaluación de los productos del mar se corresponde con la etapa "de la cuna a la puerta", incluyendo entonces la fase de captura (hasta la puerta del puerto), y excluyendo así las de distribución, consumo y fin de vida. No obstante, esta guía también ofrece flexibilidad para que los profesionales del ACV definan los límites del sistema que se van a establecer, pero deben aplicarse algunas reglas: (i) el alcance mínimo será "de la cuna a la puerta"; (ii) se indicarán las etapas del ciclo de vida incluidas y excluidas; (iii) se proporcionará un diagrama del sistema; (iv) la UF y el flujo de referencia serán coherentes con los límites del sistema elegido.

La producción, el transporte y el consumo de los insumos necesarios para las operaciones de los buques engloban la mayor parte de los impactos ambientales en términos de cambio climático, consumo hídrico y abastecimiento energético, siendo el combustible el principal foco de impacto (Ziegler et al., 2018). Sin embargo, para evaluar las actividades pesqueras, se deben tener en cuenta tanto las contribuciones de las operaciones de los buques como su mantenimiento. Teniendo esto en cuenta, los límites del sistema de cualquier estudio relacionado con la evaluación de los impactos ambientales vinculados a las actividades pesqueras deben incluir al menos los elementos enumerados en la figura 1.

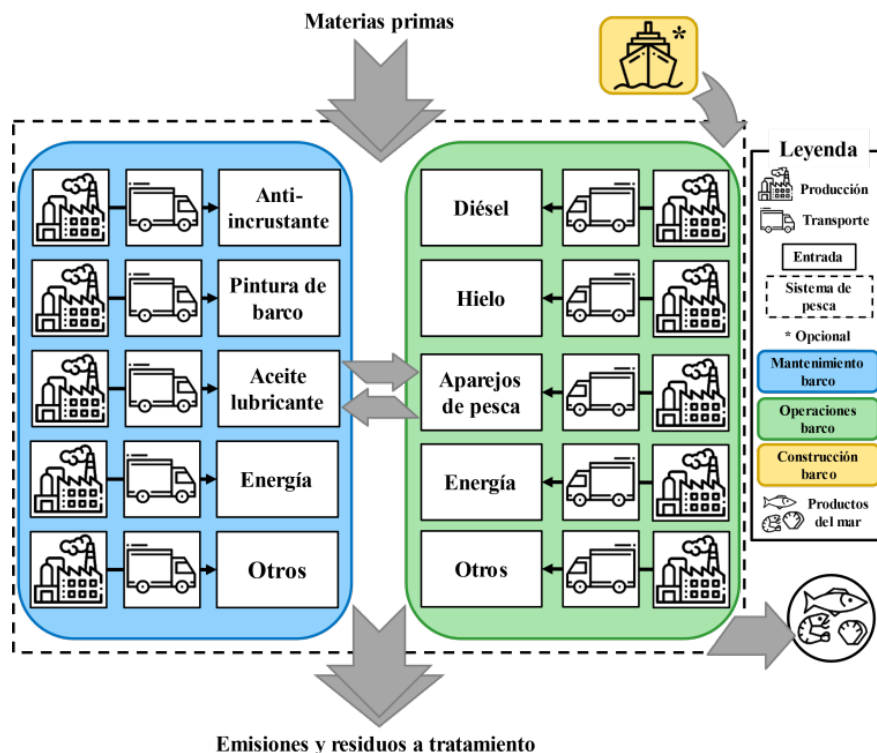


Fig. 1: Límites del sistema para las actividades pesqueras en un estudio de ACV.

2.2.c. Asignación de cargas

Si un sistema provee de más de un bien o servicio es considerado como multifuncional. En estas situaciones, todas las entradas y emisiones derivadas del proceso deben obtenerse solo para el producto o proceso de interés. Por lo tanto, en la literatura de ACV de productos del mar, la mayoría de los estudios realizan una asignación de cargas en términos monetarios o de masa, ya que la mayoría de las artes o están diseñadas para capturar varias especies o capturan especies accesorias. Además, dado que esta guía metodológica propone analizar los impactos ambientales relacionados con cada espécimen, es necesario realizar este paso de asignación. De este modo, las reglas de asignación recomendadas en esta guía se resumen en darle prioridad a la asignación en masa sobre la alternativa económica, por ser el método más sencillo y repetido para los productos del mar, evitando la fluctuación natural de su precio de mercado (Vázquez-Rowe et al., 2011). Así, como segunda opción y si se dispone de datos económicos consistentes, se puede aplicar la asignación económica con un periodo mínimo de tres años.

2.3. Cálculo de huellas

2.3.a. Huella de carbono

Los principios, requisitos y directrices para la cuantificación de la HC de un producto se encuentran en la norma ISO 14067. A partir de esta, la metodología de cálculo elegida ha sido la propuesta por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2019): "IPCC 2013 GWP 100y". Esto se puede traducir en la evaluación del potencial de calentamiento global (GWP) en el horizonte temporal de 100 años en relación con las emisiones de gases de efecto invernadero de los flujos de materia y energía identificados en el sistema a evaluar.

2.3.b. Huella hídrica

El procedimiento para calcular el perfil de la HH deberá ser conforme a la norma ISO 14046 y estar en línea con el PEF. Según dicha norma, el perfil de la HH de un producto puede comprender categorías de impacto relacionadas tanto con el consumo de agua dulce como con la degradación del agua. Por lo tanto, la HH del sistema de alimentos de origen marino que se está evaluando debe comprender una categoría de consumo de agua dulce (denominada uso del agua en el método de la PEF) y dos categorías de degradación del agua (eutrofización del agua dulce y eutrofización marina). La guía del PEF recomienda los siguientes métodos de caracterización: AWARE (Boulay et al., 2018) para la categoría de impacto del uso del agua, y ReCiPe (Struijs et al., 2009) para las categorías de impacto de eutrofización de agua dulce y eutrofización marina. La normalización y la ponderación también deben realizarse utilizando los factores respectivos recomendados en la guía del PEF para agregar los impactos del HH en un único indicador resultante de la suma de los resultados ponderados de las tres categorías de impacto.

2.3.c. Huella energética

En cuanto al consumo de energía, se incluye en las categorías de impacto de agotamiento de recursos. En concreto, puede modelarse siguiendo diferentes enfoques

basados en el alcance y la metodología del ACV. Sin embargo, la aplicación de un método basado en una propiedad inherente debe considerar el uso de energía a lo largo de todo el ciclo de vida de un determinado proceso, producto o servicio, incluyendo el uso de energía directa e indirecta (es decir, incorporada en la construcción y las materias primas). En este sentido, la Demanda Energética Acumulada será el método de ACV implementado para calcular el HE (Frischknecht et al., 2007) porque se encuentra en línea con el método del PEF.

2.3.d. Huella nutricional

En esta guía se ha optado por utilizar una versión modificada del índice NRF9.3, ya que es el indicador que mejor se correlaciona con los beneficios reportados por los alimentos en cuanto a la cantidad de nutrientes ingeridos (Fulgoni et al., 2009). A continuación, el algoritmo utilizado para calcular el perfil nutricional de las especies de pescado fue el índice NRF12.2, es decir, la suma no ponderada de los valores diarios (VD) porcentuales de 12 nutrientes que deben fomentarse (NF), menos la suma de los valores máximos recomendados (VMR) porcentuales de 2 nutrientes que deben limitarse (LIM) por cantidades de referencia consumidas habitualmente. El cómputo de cada uno de los nutrientes de los productos del mar se ha restringido hasta el 100% de sus VD porcentuales, ya que los VD de omega 3 recomendado es fácilmente superado por ciertas especies (pescado azul).

Todos los datos de esta metodología han sido referenciados por 100 g de producto final, así como las fórmulas (ecuaciones 1-3) necesarias para sus cálculos:

$$NF12_{100g} = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{\text{nutriente}_i}{VD_i} \right) \cdot 100 \quad (1)$$

$$LIM_{100g} = \sum_{i=1}^2 \left(\frac{\text{nutriente}_i}{VMR_i} \right) \cdot 100 \quad (2)$$

$$NRF12.2_{100g} = NF12_{100g} - LIM_{100g} \quad (3)$$

Siendo:

nutriente_i: el peso de cada nutriente *i* por ración (100 g en este caso).

VD_i: el valor diario para el nutriente *i*.

VMR_i: el valor máximo recomendado para el nutriente *i*.

Los valores para los tres parámetros mencionados (recogidos en la tabla 1) han sido calculados con los valores de referencia de nutrientes, en promedio para hombres y mujeres adultos, publicados por EFSA (2019), tomando en consideración referencias específicas para proteínas y grasas saturadas (EFSA, 2012; FDA, 2020).

Nutrientes recomendados	con valores	Nutrientes recomendados	con valores máximos
Nutriente	VD (g)	Nutriente	VMR (g)
Proteína	57**	Grasa saturada	20***
Omega 3	0,25*	Na	2*
K	3,5*		
Ca	0,95*		
Fe	0,0135*		
Mg	0,325*		
I	0,000175*		
Se	0,00007*		
Vitamina A	0.0007*		
Vitamina C	0.1025*		
Vitamina D	0.000015*		
Vitamina E	0.012*		

Tabla 1: VD y VMR per capita (*EFSA (2019); **EFSA (2012); ***FDA (2020)).

3. RESULTADOS

El cálculo del índice del nexo AEA debe seguir las siguientes etapas:

- i. **Elección de las huellas:** Establecer una serie de indicadores a ser integrados dentro de la ecoetiqueta de nexo que mejor representen la sostenibilidad y las implicaciones nutricionales de los productos del mar. Para ello, las siguientes huellas fueron elegidas: HC, HH, HE y HN (Laso et al., 2022).
- ii. **Cálculo de ACV:** El análisis de las diferentes huellas seleccionadas se llevará a cabo siguiente los procedimientos descritos en las secciones 2.2 y 2.3.
- iii. **Normalización:** Expresión de los datos de las huellas de forma que puedan ser comparados entre todos los tipos de productos evaluados. Dado que el espectro de especies y artes de pesca analizados son representativos para la zona atlántica, los resultados obtenidos en términos de cada huella se utilizarán como modelo para la normalización interna, utilizando los valores máximos y mínimos considerando toda la muestra evaluada dentro del proyecto NEPTUNUS. Así, mientras que al producto con la menor huella en términos de HC, HH y HE se le asigna una puntuación de 100, el resto de los productos disminuyen la puntuación en proporción, considerando la mayor huella como puntuación 0. A la inversa, dado que la HN debe ser lo mejor posible, al producto con el valor más alto se le asignará el valor 100 y 0 al valor más bajo (ecuaciones 4-7).

$$HC_{n_i} = \frac{HC_{max} - HC_i}{HC_{max} - HC_{min}} \quad (4)$$

$$HH_{n_i} = \frac{HH_{max} - HH_i}{HH_{max} - HH_{min}} \quad (5)$$

$$HE_{ni} = \frac{HE_{max} - HE_i}{HE_{max} - HE_{min}} \quad (6)$$

$$HN_{ni} = \frac{HN_i - HN_{min}}{HN_{max} - HN_{min}} \quad (7)$$

Donde:

HC_{ni} , HH_{ni} , HE_{ni} and HN_{ni} representan el valor de la huella normalizado (para la HC, HH, HE y HN, respectivamente) del producto i bajo análisis.

HC_i , HH_i , HE_i and HN_i representan el valor individual (para la HC, HH, HE y HN, respectivamente) para el producto analizado i .

HC_{min} , HH_{min} , HE_{min} y HN_{min} representan el valor mínimo (para la HC, HH, HE y HN, respectivamente) considerando toda la muestra evaluada.

HC_{max} , HH_{max} , HE_{max} y HN_{max} representan el valor máximo (para la HC, HH, HE y HN, respectivamente) considerando toda la muestra evaluada.

- iv. **Ponderación e integración:** Asignar pesos a los diferentes tipos de huellas en función de su importancia percibida para destacar los impactos potenciales más importantes con la consideración de los requisitos de diseño. Cada indicador tiene una ponderación correlativa, denotada como p_1, p_2, p_3, p_4 , ($\sum_{n=1}^4 p_n = 1$), respectivamente para HC_{ni} , HH_{ni} , HE_{ni} , y HN_{ni} . En la presente guía, todos los indicadores se han considerado tener la misma importancia, por lo que el peso por el que se multiplican sería 0,25, obteniendo un índice de nexo para el producto i en un rango de 0-100. Finalmente, el valor multicriterio del nexo resultante se obtiene de la siguiente manera (ecuación 8).

$$NEXO_i = p_1 \cdot HC_{ni} + p_2 \cdot HH_{ni} + p_3 \cdot HE_{ni} + p_4 \cdot HN_{ni} \quad (ec. 8)$$

Donde i representa el producto analizado.

Por último, el valor final obtenido se convertiría en una ecoetiqueta para comunicar el potencial y mejorar la utilidad de la metodología descrita. En cuanto a su éxito y aceptación en el mercado, hay que tener en cuenta dos factores clave: la comprensión y aceptación por parte de los consumidores, así como el interés de los comerciantes en aplicarlo a sus productos del mar. Teniendo esto en cuenta, el diseño propuesto (figura 2) representa la puntuación del nexo como un porcentaje (de 0 a 100%) con una escala de colores.

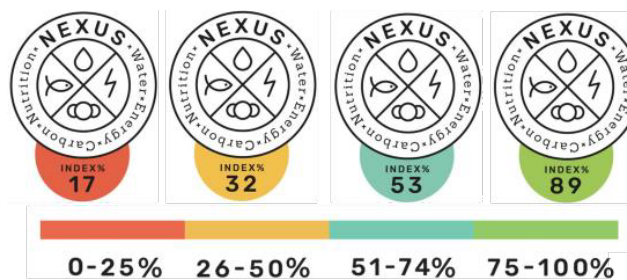


Fig. 2: Diseño de la ecoetiqueta propuesto aplicado a 4 casos de estudios hipotéticos.

4. DISCUSIÓN

Por un lado, el estudio de un solo indicador puede proporcionar información útil sobre el sistema evaluado. No obstante, resulta interesante ampliar el alcance de la evaluación desde el punto de vista de que existen indicadores que se encuentran

interrelacionados entre sí (pensamiento del nexo AEA). Por tanto, su agregación en una escala de porcentajes podría suponer una opción potencial para ganar en visualización de resultados, especialmente para el público en general. Por otro lado, habría una falta de precisión al enmascarar la contribución individual de los indicadores y, por tanto, los principales focos de impacto por parte de estos. Así pues, las directrices metodológicas propuestas sientan las bases de una nueva forma armonizada de evaluar tanto los aspectos medioambientales como los valores dietéticos de los productos del mar, permitiendo realizar comparaciones entre ellos. Es entonces por lo que este estudio pretende ser el punto de partida para que los socios del proyecto NETUNUS creen un ICV robusto sobre índices de nexos AEM de productos marinos. Sin embargo, esto debería ser sólo el comienzo para animar a más profesionales a adaptar los estudios existentes de ACV de la pesca disponibles en la literatura a las particularidades del procedimiento propuesto. Finalmente, la guía metodológica descrita sienta las bases para lograr un "futuro azul" en el sector de la pesca dentro del área atlántica de la UE, donde el crecimiento azul se convierte en el eje principal para lograr tanto una economía circular como un desarrollo sostenible. Para lograrlo, es esencial involucrar a todos los actores de la cadena de suministro: asociaciones de pescadores, supermercados, minoristas y consumidores. Asimismo, en este contexto, los estudios de estado y tendencia de los ecosistemas marinos juegan también un papel clave para promover un sistema de gestión basado en niveles de rendimiento máximo sostenible que evite la sobreexplotación de los caladeros actuales. Una herramienta útil para lograr dicho objetivo es el uso del eco-etiquetado, ya que permite a productores y consumidores fabricar y adquirir, respectivamente, bienes de forma fiable, comunicando su compromiso con el cumplimiento de ciertos criterios de sostenibilidad. No obstante, el ámbito de esta ecoetiqueta sólo alcanza a las especies marinas evaluadas dentro del proyecto NEPTUNUS. Por lo tanto, es necesario afinar ciertos aspectos, como las huellas seleccionadas y sus métodos de cálculo, así como los procesos de ponderación e integración, ampliando el enfoque a otros casos de estudio (productos procesados y de acuicultura). Todo ello, con el objetivo final de que la ecoetiqueta propuesta pueda llegar a aplicarse en un futuro próximo, llegando a estar presente en las principales cadenas de distribución.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado por el proyecto NEPTUNUS (EAPA_576/2018), dentro del programa *Interreg Atlantic Area* a través del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER). Los autores pertenecen a CRETUS y a los Grupos de Referencia Competitiva (GRCED431C 2017/29) cofinanciados por la Xunta de Galicia y FEDER. Eduardo Entrena-Barbero se encuentra financiado por la beca predoctoral de la Xunta de Galicia (ED481A-2021/164).

REFERENCIAS

Biggs, E. M., Bruce, E., Boruff, B., Duncan, J. M. A., Horsley, J., Pauli, N., McNeill, K., Neef, A., Van Ogtrop, F., Curnow, J., Haworth, B., Duce, S., & Imanari, Y. (2015). Sustainable development and the water-energy-food nexus: A perspective on

- livelihoods. *Environmental Science and Policy*, 54, 389–397. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.08.002>
- Boulay, A. M., Bare, J., Benini, L., Berger, M., Lathuillière, M. J., Manzardo, A., Margni, M., Motoshita, M., Núñez, M., Pastor, A. V., Ridoutt, B., Oki, T., Worbe, S., & Pfister, S. (2018). The WULCA consensus characterization model for water scarcity footprints: assessing impacts of water consumption based on available water remaining (AWARE). *International Journal of Life Cycle Assessment*, 23(2), 368–378. <https://doi.org/10.1007/s11367-017-1333-8>
- EFSA. (2012). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for protein. *European Food Safety Authority*, 10(2), 1–66. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2557>
- EFSA. (2019). Dietary Reference Values for nutrients Summary report. *EFSA Supporting Publications*, 14(12). <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2017.e15121>
- European Commission. (2017). Blue Growth Strategy. In *The European Files* (Vol. 47, p. 44). www.europeanfiles.eu
- Fang, K., Heijungs, R., & De Snoo, G. (2013). The footprint family: Comparison and interaction of the ecological, energy, carbon and water footprints. *Revue de Metallurgie. Cahiers D'Informations Techniques*, 110(1), 77–86. <https://doi.org/10.1051/metal/2013051>
- FDA. (2020). *Daily Value and Percent Daily Value: Changes on the New Nutrition and Supplement Facts Labels*. March 2020, 1–6. www.FDA.gov/NewNutritionFactsLabel
- Frischknecht, R., Jungbluth, N., Althaus, H. J., Bauer, C., Doka, G., Dones, R., Hirschler, R., Hellweg, S., Humbert, S., Köllner, T., Loerincik, Y., Margini, M., & Nemecek, T. (2007). *Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods.ecoinvent report n°. 3, v2.0*.
- Fulgoni, V. L., Keast, D. R., & Drewnowski, A. (2009). Development and Validation of the Nutrient-Rich Foods Index: A Tool to Measure Nutritional Quality of Foods. *The Journal of Nutrition*, 139(8), 1549–1554. <https://doi.org/10.3945/jn.108.101360>
- Golden, C. D., Koehn, J. Z., Shepon, A., Passarelli, S., Free, C. M., Viana, D. F., Matthey, H., Eurich, J. G., Gephart, J. A., Fluet-Chouinard, E., Nyboer, E. A., Lynch, A. J., Kjelleve, M., Bromage, S., Charlebois, P., Barange, M., Vannuccini, S., Cao, L., Kleisner, K. M., ... Thilsted, S. H. (2021). Aquatic foods to nourish nations. *Nature*, January. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03917-1>
- Hauschild, M. Z., Olsen, S. I., & Rosenbaum, R. K. (2018). *Life Cycle Assessment: Theory and Practice*. Springer International Publishing.
- IPCC. (2019). *2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Task Force on National Greenhouse Gas Inventories*. www.ipcc-nggip.iges.or.jp
- Laso, J., Ruiz-salm, I., Villanueva-rey, P., Quinteiro, P., Cl, A., Almeida, C., Entrenabarbero, E., Feijoo, G., Loubet, P., Sonnemann, G., Cooney, R., Clifford, E., Regueiro, L., Alonso, D., Sousa, B. De, Jacob, C., Noirot, C., Martin, J., Raffray, M., ... Mellett, S. (2022). Achieving Sustainability of the Seafood Sector in the European Atlantic Area by Addressing Eco-Social Challenges: The NEPTUNUS Project. *Sustainability*, 14(5). <https://doi.org/10.3390/su14053054>
- Mcmanus, P., & Haughton, G. (2006). Planning with Ecological Footprints: A sympathetic critique of theory and practice. *Environment and Urbanization*, 18(1),

113–127. <https://doi.org/10.1177/0956247806063963>

Plagányi, É. (2019). Climate change impacts on fisheries. *Science*, 363(6430), 930–931. <https://doi.org/10.1126/science.aaw5824>

Struijs, J., Beusen, A., Jaarsveld, V. H., & Huijbregts, M. A. J. (2009). *Aquatic Eutrophication. Chapter 6 in: Goedkoop, M., Heijungs, R., Huijbregts, M.A.J., De Schryver, A., Struijs, J., Van Zelm, R. (2009). ReCiPe 2008 - A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and.*

Ziegler, F., Groen, E. A., Hornborg, S., Bokkers, E. A. M., Karlsen, K. M., & de Boer, I. J. M. (2018). Assessing broad life cycle impacts of daily onboard decision-making, annual strategic planning, and fisheries management in a northeast Atlantic trawl fishery. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 23(7), 1357–1367. <https://doi.org/10.1007/s11367-015-0898-3>

Ziegler, F., Hornborg, S., Green, B. S., Eigaard, O. R., Farmery, A. K., Hammar, L., Hartmann, K., Molander, S., Parker, R. W. R., Skontorp Hognes, E., Vázquez-Rowe, I., & Smith, A. D. M. (2016). Expanding the concept of sustainable seafood using Life Cycle Assessment. *Fish and Fisheries*, 17(4), 1073–1093. <https://doi.org/10.1111/faf.12159>