

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA
AGRONÒMICA I DEL MEDI NATURAL

HACIA UNA DIETA SOSTENIBLE. EVALUACIÓN NUTRICIONAL Y AMBIENTAL DEL PATRÓN DE CONSUMO DE ALIMENTOS EN ESPAÑA

TRABAJO FIN DE GRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

AUTOR: JOAN BORRÀS FERRER

TUTOR: MARÍA NIEVES SANJUÁN PELLICER

CURSO ACADÉMICO: 2018-2019

VALENCIA, julio 2019

HACIA UNA DIETA SOSTENIBLE. EVALUACIÓN NUTRICIONAL Y AMBIENTAL DEL PATRÓN DE CONSUMO DE ALIMENTOS EN ESPAÑA

RESUMEN

La producción, distribución y consumo de alimentos son responsables de gran parte de los impactos generados sobre el medioambiente, por lo que actuando sobre estas actividades se puede mejorar de la sostenibilidad ambiental de la cadena alimentaria. Cabe destacar que el consumidor es el último eslabón de dicha cadena, por lo que el establecimiento de patrones de consumo de alimentos más sostenibles (lo que se conoce como dieta sostenible) contribuirá a aumentar la sostenibilidad de toda la cadena. En el presente TFG, se ha evaluado la sostenibilidad de la dieta media española en base a criterios nutricionales y de huella de carbono. A partir del panel de consumo alimentario en hogares en España, se han recopilado datos de la demanda directa de alimentos en el periodo 2009-2015. Estos datos han permitido conocer el patrón de consumo de alimentos en España per cápita en los últimos 7 años. Para la evaluación de la huella de carbono se han recopilado datos de la literatura para distintos alimentos. La evaluación nutricional se ha realizado mediante el Nutrient Rich Diet 9.3, que considera nueve nutrientes recomendados (proteína, fibra, vitaminas A, C y E, y los minerales calcio, hierro, magnesio y potasio) y tres a limitar (azúcar añadido, grasa saturada y sodio).

Los resultados del estudio han mostrado que el valor nutricional para la dieta estudiada es 281. Además, esta presenta deficiencia en tres nutrientes recomendados (vitamina E, hierro y fibra) y exceso en los tres a limitar (azúcar añadido, grasa saturada y sodio). Se ha cuantificado el desperdicio alimentario para cada uno de los grupos de alimentos considerados, esto ha permitido a su vez demostrar su importancia en la huella de carbono, ya que prácticamente una cuarta parte de los alimentos producidos son desperdiciados. En cuanto al valor de huella de carbono asociado al consumo anual per cápita en España, se ha cuantificado en 775,3 kg CO₂ equivalentes por cantidad de producto consumido, siendo los productos cárnicos y lácteos los grupos que más contribuyen. Destacar también que la producción agrícola es la etapa del ciclo de vida de los alimentos donde más emisiones de CO₂ equivalentes se producen. Estos resultados han permitido realizar recomendaciones para mejorar la sostenibilidad de la dieta.

PALABRAS CLAVE: dieta mediterránea, índice nutricional, evaluación de ciclo de vida, desperdicio alimentario, huella de carbono, cambio climático

Autor: Borràs Ferrer, Joan

Tutor: Sanjuán Pellicer, María Nieves

Valencia, Julio de 2019

TOWARDS A SUSTAINABLE DIET. NUTRITIONAL AND ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF THE SPANISH FOOD CONSUMPTION PATTERN

ABSTRACT

The production, distribution and consumption of food account for many of the impacts on the environment, thus acting on these activities can contribute to improve the environmental sustainability of the food chain. It should be highlighted that the consumer is the last link in this value chain, so the establishment of more sustainable food consumption patterns (what is known as a sustainable diet) will contribute to increase the sustainability of the entire chain. In this study, the sustainability of the Spanish diet has been evaluated based on nutritional and carbon footprint criteria. Firstly, from the household food consumption panel in Spain, data on the direct demand for food in the period 2009-2015 has been collected. These data have allowed us to know the pattern of food consumption in Spain per capita in the last 7 years. For the evaluation of the carbon footprint, literature data for different foods has been collected. The nutritional evaluation was carried out using the Nutrient Rich Diet 9.3, which considers nine nutrients to be encouraged (protein, fiber, vitamins A, C and E, and the minerals calcium, iron, magnesium and potassium) and three to be limited (added sugar, saturated fat and sodium).

The results of the study have shown that the nutritional value for the studied diet is 281. Moreover, it has also been determined that the diet is deficient in three of the recommended nutrients (vitamin E, iron and fiber) and that the three to be limited are too high (added sugar, saturated fat and sodium). Regarding the carbon footprint value associated with the annual consumption per capita in Spain, it has been quantified in 775,3 kg CO₂ equivalent per product consumed, being meat and dairy products the groups which contribute the most. In addition, the agricultural production stage has been considered the one where more GHG emissions are produced. Moreover, the importance of food waste in the effect of the carbon footprint has been demonstrated, since a quarter of the food produced is wasted. These results have allowed recommendations to improve the sustainability of the diet.

KEYWORDS: mediterranean diet, nutritional index, life cycle assessment, food waste, carbon footprint, climate change

Author: Borràs Ferrer, Joan

Academic tutor: Sanjuán Pellicer, María Nieves

Valencia, June 2019

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.	OBJETIVOS	2
2.	MÉTODOS	3
2.1.	Datos de consumo de alimentos en España	3
2.2.	Medición del valor nutricional	5
2.3.	Cálculo de desperdicio de alimentos	6
2.4.	Cálculo de huella de carbono	7
3.	LIMITACIONES DEL ESTUDIO	9
4.	RESULTADOS	10
4.1.	Evaluación nutricional de la dieta media en España	10
4.2.	Desperdicio alimentario	11
4.3.	Huella de carbono	15
4.4.	Recomendaciones para aumentar la sostenibilidad de la dieta en España	20
5.	CONCLUSIONES	23
6.	BIBLIOGRAFÍA	24

ÍNDICE DE TABLAS

PÁGINA

TABLA 1	Grupos de alimentos considerados en el estudio, número de productos incluidos en cada grupo y consumo medio anual per cápita en el periodo 2009-2015. (Fuente: MAPA 2018).	4
TABLA 2	Valores recomendados (VR) y valores máximos recomendados (VMR) anuales para los nutrientes considerados en la evaluación nutricional.	6
TABLA 3	Porcentaje de alimento desperdiciado por grupos, sin tener en cuenta la fase de consumo.	12
TABLA 4	Porcentaje de alimento desperdiciado por grupos, incluyendo desde la fase de producción hasta la de consumo.	14
TABLA 5	Porcentaje de desperdicio de producto en cada etapa del ciclo de vida del alimento.	15
TABLA 6	Huella de carbono media por kilogramo de los productos incluidos en cada grupo de alimentos.	16
TABLA 7	Huella de carbono del patrón de consumo de alimentos anual per cápita en España. Resultados para cada uno de los grupos de alimentos incluidos en el estudio y su contribución a la huella de carbono total.	18

1. INTRODUCCIÓN

Los hábitos de consumo de alimentos de los españoles han seguido tradicionalmente los parámetros de la dieta mediterránea, no obstante, dichos hábitos cada vez distan más de lo que sería una dieta típicamente mediterránea, principalmente debido al aumento del consumo de carne y procesados. Además de los efectos en la salud que estos cambios provocan, en estos últimos años, se está prestando mucha atención a la influencia de la dieta en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Se ha estimado que las dietas y los procesos de producción relacionados con estas, son responsables de un tercio de la influencia de los humanos en el cambio climático (Garnett, 2011). En efecto, los sistemas alimentarios consumen sobre un 30% del uso final de energía, un 70% de las extracciones de agua mundiales y suponen entre el 20-30% de las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero, siendo la etapa agrícola la más crítica (Garnett, 2011; Vermeulen *et al.*, 2012). Por otra parte, con el aumento de la población global que se prevé para el año 2050, se espera que la producción de alimentos y las extracciones mundiales de agua aumenten en un 60% y 50%, respectivamente, (Vora *et al.*, 2017), por lo que el cambio climático, la salud de los ecosistemas, la seguridad alimentaria y la salud y nutrición de la población en general se convertirían en un problema aún mayor.

Se han realizado multitud de estudios relacionando los cambios en la dieta con el cambio climático. Así, Tilman y Clark (2014) estimaron que el aumento del consumo de comida procesada y alimentos cárnicos a nivel global podría aumentar las emisiones GEI ligadas a la producción alimentaria en un 80% para 2050. Por lo contrario, un cambio en la dieta hacia el consumo de más alimentos vegetales podría reducir en un 50% las emisiones de CO₂ equivalentes referidas a la producción alimentaria (Hallstrom *et al.*, 2015), además de reducir las causas de mortalidad relacionadas con la dieta (Springmann *et al.*, 2016).

La mejora de la eficiencia de la cadena de suministro de alimentos (lo que se conoce en inglés por *food supply chain*) se ha identificado como un medio esencial para mejorar la seguridad alimentaria y reducir la presión sobre los recursos naturales y las emisiones al ambiente (Chaboud y Daviron, 2017). Se han propuesto diferentes enfoques para cumplir estos objetivos, como mejorar los sistemas de producción agrícola, cambiar las dietas, o reducir el desperdicio de alimentos (Alexander *et al.*, 2017).

El desperdicio alimentario es otro aspecto importante en relación con el consumo de alimentos y los problemas ambientales derivados del mismo. La FAO (2014) ha definido el desperdicio alimentario como “la cantidad de alimentos destinados al consumo humano que, por cualquier razón, no acaban siendo destinados a su propósito principal”. El estudio de

Gustavsson *et al.* (2011) realizado por la FAO es el trabajo más reconocido a cerca de este tema. Según este informe, alrededor de un tercio de todos los alimentos producidos a nivel mundial se pierden o desperdician; 1.3 mil millones de toneladas por año (Gustavsson *et al.*, 2011). Además, se estimó que el desperdicio de alimentos en las regiones industrializadas es aproximadamente 12 veces mayor que en los países en desarrollo. Ante esta elevada cantidad de desperdicio de alimentos, Notarnicola *et al.* (2017) destacó la necesidad de incluirlos al contabilizar los impactos ambientales asociados al consumo de alimentos, ya que el desperdicio también contribuye a las emisiones de GEI, entre otros impactos.

Por lo tanto, es necesario cambiar el sistema alimentario y trabajar para encontrar dietas sostenibles. La FAO (2010) define este concepto como “aquellas dietas con bajo impacto ambiental que contribuyen a la seguridad alimentaria y nutricional y a una vida saludable para las generaciones presentes y futuras”. De este modo la FAO considera dietas sostenibles aquellas que protegen y respetan la biodiversidad y los ecosistemas, son culturalmente aceptables, accesibles, económicamente justas y asequibles; nutricionalmente adecuadas, seguras y saludables, y además optimizan los recursos naturales y humanos. Así pues, el primer paso para aumentar la sostenibilidad de las dietas es cuantificar la sostenibilidad de la dieta actual. Para ello se necesitan metodologías que permitan medir los diferentes aspectos de la sostenibilidad. Para evaluar el impacto medioambiental de una dieta, el Análisis de Ciclo de Vida (LCA por sus siglas en inglés) constituye un método científico consensuado que ha sido ampliamente aplicado en la evaluación ambiental tanto de alimentos individuales (p.e. Pernollet *et al.*, 2017; Iribarren *et al.*, 2010) como de dietas (p.e. Heller *et al.*, 2013; Castañé y Antón, 2017; Batlle Bayer *et al.*, 2019). Por otro lado, entre las metodologías disponibles para medir la calidad nutricional de una dieta la aplicación del Nutrient Rich diet 9.3 (Van Kernebeek *et al.*, 2014) se considera un método útil para llevar a cabo esta medición (Esteve Llorens *et al.*, 2019).

1. OBJETIVOS

El objetivo principal de este TFG es evaluar la sostenibilidad de la dieta media española.

El objetivo de la evaluación de la sostenibilidad de la dieta se puede descomponer en los siguientes objetivos secundarios:

1. Determinar, a partir del panel de consumo alimentario español, el consumo anual per cápita de los alimentos que constituyen la dieta española en el periodo 2009-2015.

2. Realizar una evaluación nutricional del consumo anual per cápita de alimentos en España en dicho periodo mediante la aplicación del Nutrient Rich diet 9.3 para determinar si la dieta media española se puede considerar nutricionalmente adecuada.

3. Calcular el desperdicio de alimentos asociado al consumo anual per cápita de alimentos en España en el periodo de estudio. Es decir, se calculará la cantidad de producto que se tiene que producir para obtener la cantidad de alimento que es consumida. De este modo, se conocerá para cada grupo de alimentos la cantidad de producto que se desperdicia desde que este se empieza a producir hasta que llega a las casas de los consumidores.

4. Realizar una evaluación ambiental del consumo anual per cápita de alimentos en España en el periodo 2009-2015 mediante el cálculo de su huella de carbono. Se llevará a cabo el estudio de las emisiones de GEI, expresadas como kg equivalentes de CO₂, asociadas al consumo de cada uno de los grupos de alimentos estudiados, incluyendo el desperdicio alimentario.

2. MÉTODOS

2.1. Datos de consumo de alimentos en España

En el presente estudio se ha trabajado con una lista compuesta por los 111 alimentos más consumidos en España. Los datos de consumo anual per cápita para el panel alimentario se han obtenido a partir del Panel de Consumo Alimentario en España publicado por El Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA, 2018) para en el periodo desde 2009 hasta 2015.

Los alimentos han sido organizados en distintos grupos, para así poder expresar los resultados obtenidos en función de la naturaleza de los productos estudiados.

En la **Tabla 1** se muestran los grupos de alimentos considerados, así como el número de productos pertenecientes a cada uno de los grupos y la cantidad consumida en cada grupo.

En cuanto a la división de los diferentes grupos, el grupo CARNE, incluye tanto carne fresca (*pollo, carne de vacuno, carne de cerdo...*) como productos cárnicos procesados (*platos preparados congelados, chorizo ibérico, lomo embuchado...*). El grupo LÁCTEOS incluye *leche fresca, quesos, yogures* y bebidas que contengan leche como ingrediente mayoritario como *batidos de leche*, además de otros productos procesados cuyo ingrediente principal sea la leche, como la *leche condensada* o la *nata*. En el grupo PRODUCTOS CON HUEVO se incluyen *huevos* y productos que contengan huevo como ingrediente mayoritario, como la *mayonesa*. En VEGETALES Y FRUTAS se han incluido verduras, hortalizas, frutas y platos preparados sin carne

ni legumbres. En cuanto al grupo de CEREALES, LEGUMBRES Y FRUTOS SECOS, se han incluido legumbres sin procesar como *lentejas*, legumbres procesadas como *conservas de legumbres*, productos elaborados a partir de cereales como *pan y harina*, y frutos secos como *avellanas*. En el grupo de BOLLERÍA, PASTELERÍA Y DULCES se han incluido productos como *pasteles y tartas a granel y bollería pastelería envasados*. En este grupo también se han incluido los productos *tableta de chocolate, crema de cacao para untar, crema de chocolate y bombones*, pues en ellos, generalmente la leche no es un ingrediente mayoritario. En PESCADO se han incluido especies de pescado como *lubina*, crustáceos como *langostinos*, y moluscos como *almejas*. Además, se han incluido *conservas de pescado y pescado congelado/cocido*. Finalmente, en ACEITE Y GRASAS se ha incluido tanto el *aceite de oliva*, como *margarina y mantequilla*.

En el estudio no se han tenido en cuenta las bebidas, exceptuando las bebidas lácteas, que han sido incluidas en el grupo de lácteos.

Tabla 1. Grupos de alimentos considerados en el estudio, número de productos incluidos en cada grupo y consumo medio anual per cápita en el periodo 2009-2015. (Fuente: MAPA 2018).

GRUPO	Nº DE PRODUCTOS	CONSUMO (kg per cápita/año)
CARNE	19	32,6
LÁCTEOS	15	96,3
PRODUCTOS CON HUEVO	4	11,8
VEGETALES Y FRUTAS	30	105,7
CEREALES, LEGUMBRES Y FRUTOS SECOS	15	46,6
BOLLERÍA, PASTELERÍA Y DULCES	8	19,4
PESCADO	17	11,9
ACEITE Y GRASAS	3	11,5

Los alimentos más consumidos en la dieta media española son los incluidos en el grupo VEGETALES Y FRUTAS, principalmente las *naranjas* (27,7 kg per cápita/año), *cebollas* (10,3 kg per cápita/año) y *kiwis* (4,2 kg per cápita/año). A continuación, le sigue el grupo LÁCTEOS, debido principalmente al elevado consumo de *leche fresca* (81,6 kg per cápita/año). El grupo CEREALES, LEGUMBRES Y FRUTOS SECOS se sitúa en tercer lugar, debido mayormente al *pan* (32,7 kg per cápita/año) y *arroz* (4,9 kg per cápita/año). El grupo CARNE se sitúa en cuarto lugar, siendo la *carne de vacuno* (6,7 kg per cápita/año) y de *cerdo* (12,3 kg per cápita/año) los productos cárnicos más consumidos.

Finalmente, los grupos BOLLERÍA, PASTELERÍA Y DULCES, PESCADO, PRODUCTOS CON HUEVO y ACEITE Y GRASAS, son los grupos con el valor de consumo más bajo en la dieta estudiada. El grupo PESCADO, a pesar de incluir un alto número de productos, presenta un consumo relativamente bajo. En el grupo BOLLERÍA, PASTELERÍA Y DULCES, los únicos productos que contribuyen de manera notoria son las *galletas dulces* (6,7 kg per cápita/año) y la *bollería y pastelería* (5,8 kg per cápita/año). Mientras que en el grupo PRODUCTOS CON HUEVO, los *huevos* (9,2 kg per cápita/año) son el principal contribuyente. Finalmente, en el grupo ACEITE Y GRASAS, el *aceite de oliva* (10,4 kg per cápita/año) es el producto de mayor consumo.

2.2. Medición del valor nutricional

El valor nutricional de la dieta de los españoles se ha calculado aplicando el Nutrient Rich Diet (NRD 9.3) (Van Kernebeek *et al.*, 2014). Este método considera 9 nutrientes cuyo consumo se debe fomentar (proteína, fibra, Vitaminas A, C y E, los minerales calcio, hierro, magnesio y potasio) y otros 3 a limitar (azúcar añadido, grasas saturadas y sodio).

El cálculo del NRD9.3 se ha llevado a cabo restándole al total de nutrientes cuyo consumo es beneficioso, el total de nutrientes que se quiere limitar, como se refleja en las ecuaciones (1) a (3). Cada nutriente se ha dividido por sus correspondientes valores recomendados (VR) y valores máximos recomendados (VMR) obtenidos de EFSA (2017) y mostrados en la **Tabla 2**.

$$TNR9 = \sum_{i=1}^{i=9} \frac{\text{nutriente}_i \text{ limitado}}{VR_i} \quad (1)$$

$$TNL3 = \sum_{i=1}^{i=3} \frac{\text{nutriente}_i}{VMR_i} \quad (2)$$

$$NRD9.3 = (TNR9 - TNL3) \times 100 \quad (3)$$

Para ello, en primer lugar, se han obtenido los valores nutricionales de cada uno de los alimentos considerados en el estudio a partir de los datos nutricionales del GEA-USDA (USDA, 2019) y de la Base de Datos Española de Composición de Alimentos (BEDCA, 2019).

Se ha elaborado una base de datos, donde se incluyen los datos de consumo anuales per cápita, la porción del alimento la cual está dirigida al consumo humano y las propiedades nutricionales de cada alimento (proteína, fibra, Vitaminas A, C y E, los minerales calcio, hierro, magnesio, potasio y sodio, azúcar añadido y grasas saturadas)

Los datos de azúcar añadido no se encontraron en la BEDCA, por lo que se obtuvieron de la bibliografía (Castañé y Antón, 2017; Esteve Llorens *et al.*, 2019) y de la información nutricional de las etiquetas de algunos de estos productos. Para productos de naturaleza y/o composición similar, se ha supuesto un mismo valor de azúcar añadido.

Tabla 2. Valores recomendados (VR) y valores máximos recomendados (VMR) anuales para los nutrientes considerados en la evaluación nutricional.

NUTRIENTE	UNIADES	VR	VMR
Proteína	kg/año	19,3	.
Fibra	kg/año	9,1	.
Hierro	kg/año	0,02	.
Magnesio	kg/año	0,1	.
Calcio	kg/año	0,3	.
Potasio	kg/año	1,3	.
Vitamina A	g/año	0,3	.
Vitamina C	g/año	32,9	.
Vitamina E	g/año	4,4	.
Azúcar añadido	kg/año	.	21,3
Grasas saturadas	kg/año	.	8,5
Sodio	kg/año	.	0,9

Para no beneficiar el consumo en exceso de nutrientes beneficiosos, cuando la cantidad de un nutriente en algún alimento es mayor a su valor recomendado, el valor de este nutriente se iguala al de su valor recomendado. De este modo se evita “premiar” a los alimentos que contienen cantidades muy elevadas de nutrientes beneficiosos ya que estos nutrientes en exceso también pueden tener un efecto perjudicial.

Una vez calculado el NRD 9.3, se obtiene un valor para cada alimento, cuánto más alto sea este valor, más beneficioso se considera su aporte a la dieta, cuánto más bajo sea el valor, más perjudicial.

2.3. Cálculo de desperdicio de alimentos

La obtención del valor del desperdicio alimentario resulta importante, porque para obtener el producto final se han perdido anteriormente ciertas cantidades de producto las cuales han de ser contabilizadas porque también contribuyen a las emisiones de GEI a considerar en el cálculo de la huella de carbono. Además, permite conocer cuál es la cantidad de producto que se pierde en cada una de las etapas del ciclo de vida de cada producto (*producción agrícola,*

manejo y almacenamiento postcosecha (MyAP), procesado y embalaje, y distribución) y proporciona información sobre cuáles son los productos que más se desperdician.

Para calcular la cantidad de producto desperdiciado para cada alimento se ha tenido en cuenta el porcentaje de producto que se pierde en cada etapa de su ciclo de vida (α). Gustavsson *et al.* (2013) proponen unos valores de estos porcentajes para cada categoría de alimentos y cada una de las etapas del ciclo de vida de los mismos, los cuales se han utilizado en el presente TFG y son mostrados en la **Tabla A.1** del anexo.

Posteriormente, se han aplicado las ecuaciones (4) a (7) para cada una de las etapas del ciclo de vida del alimento, para conocer así la cantidad total de alimento que se tiene que producir para obtener la cantidad de alimento que va a ser consumida.

PRODUCTO NECESARIO EN FASE DISTRIBUCIÓN

$$= \left(\left(\frac{\alpha}{1-\alpha} \right) \times PROD. CONSUMIDO \right) + PROD. CONSUMIDO$$

(4)

PRODUCTO NECESARIO EN FASE PROCESADO Y EMBALAJE

$$= \left(\left(\frac{\alpha}{1-\alpha} \right) \times PROD. DISTRIBUIDO \right) + PROD. DISTRIBUIDO$$

(5)

PRODUCTO NECESARIO EN FASE MyAP

$$= \left(\left(\frac{\alpha}{1-\alpha} \right) \times PROD. PROCESADO \right) + PROD. PROCESADO$$

(6)

PRODUCTO NECESARIO EN FASE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

$$= \left(\left(\frac{\alpha}{1-\alpha} \right) \times PROD. MyAP \right) + PROD. MyAP$$

(7)

2.4. Cálculo de huella de carbono

El cálculo de la huella de carbono se ha realizado de acuerdo con las directrices ISO 14067 (2018). Para ello, la unidad funcional (es decir, la base respecto a la cual se expresan los resultados) considerada para nuestro estudio corresponde con el valor de consumo anual per cápita de cada uno de los alimentos incluidos en el panel alimentario (Batlle Bayer *et al.*, 2019).

El alcance del sistema considerado ha sido “from cradle to distributor”, comprendiendo todas las etapas desde la producción de las materias primas hasta el distribuidor. No obstante,

autores como Pernollet *et al.* (2017), destacan que la producción de materias primas es la etapa que más impacta en producción de alimentos, por lo que para algunos productos se han utilizado estudios de huella de carbono en los que los límites del sistema eran “from cradle to farm gate” y se les han añadido las emisiones de la etapa de transporte como se indica más adelante.

Se ha elaborado una base de datos de la huella de carbono de los alimentos considerados en el estudio a partir de una revisión bibliográfica. En esta base de datos se indica, además del valor de la huella de carbono del producto, la unidad funcional utilizada, los límites del sistema, el origen geográfico del alimento considerado en el estudio y la referencia bibliográfica.

Para la selección del valor de huella de carbono, se ha dado preferencia a aquellos estudios realizados en España (excepto para los productos que son mayoritariamente importados), si no se disponía de estos, se daba preferencia a los estudios europeos.

En nuestro estudio hemos supuesto como punto de consumo final de los alimentos estudiados Barcelona. Por lo que, para los productos mayormente importados de otros países o provenientes de otros puntos de España, se han calculado las emisiones de CO₂ equivalentes ligadas al transporte. Para sumar el valor de emisiones de transporte a estos alimentos, se ha calculado la distancia en kilómetros desde la capital del país importador/comunidad autónoma de origen hasta Barcelona mediante la aplicación Google Maps (2019).

Posteriormente se ha supuesto un medio de transporte utilizado en cada caso y su factor de emisión correspondiente de la base de datos Ecoinvent 3.3 (Wernet *et al.*, 2016):

- Productos importados desde otras comunidades autónomas y sin necesidad de refrigeración, se ha supuesto un camión de menor tamaño (3,5-7,5 toneladas) que emite 0,523 kg CO₂ eq/t·km.

- Productos importados desde otras comunidades autónomas y con necesidad de refrigeración, se ha supuesto un camión de 2,5-7,5 toneladas que emite 0,647 kg CO₂ eq/t·km.

- Productos importados de otros países por transporte terrestre y sin necesidad de refrigeración, se ha supuesto un camión de 16-32 toneladas que emite 0,167 kg CO₂ eq/t·km.

- Productos importados desde otros países por transporte terrestre y con necesidad de refrigeración, se ha supuesto un camión de 7,5-16 toneladas que emite 0,259 kg CO₂ eq/t·km.

- Productos importados desde otros países por mar con necesidad de refrigeración, se ha supuesto una embarcación acuática que emite 0,0115 kg CO₂ eq/t·km.

Para algunos productos como la *carne de cerdo*, los *langostinos* o las *espinacas* los cuales también se incluían en la lista de alimentos como productos congelados y/o cocidos, se ha calculado la energía eléctrica necesaria para la congelación a partir del valor del mix eléctrico español disponible en Ecoinvent v3.3 (Wernet *et al.*, 2016), junto a los valores de energía necesarios para la congelación de la carne (Ramirez *et al.*, 2006) y para el pescado (Meurer y Swchwartz, 2003; Myers, 1981). Esto ha permitido calcular la huella de carbono asociada al proceso de congelación/cocción.

3. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

No se han podido encontrar valores de huella de carbono y composición nutricional para todos los productos inicialmente recopilados del panel de consumo de alimentos para el periodo de estudio. Aquellos alimentos para los que no se encontró bibliografía y cuyo consumo era muy bajo (menor que 0,5 kg per cápita/año) se han eliminado, ya que previsiblemente no alterarían los resultados. En cambio, para aquellos alimentos que su consumo era alto y no se ha encontrado valor nutricional o de huella de carbono, se han considerado los valores de productos similares o se ha construido un valor haciendo un promedio de la huella de carbono de los ingredientes que lo componen. Por ejemplo, para el producto *surtido de frutos secos*, perteneciente al grupo de CEREALES, LEGUMBRES Y FRUTOS SECOS, se ha tomado el valor nutricional de los *cacahuets con cáscara*; para el producto *bombones* del grupo BOLLERÍA, PASTELERÍA Y DULCES se ha tomado el *chocolate* y para el producto *aceitunas envasadas rellenas* del grupo VEGETALES Y FRUTAS se han tomado los valores nutricionales de *aceitunas envasadas con hueso*. De esta manera, se puede considerar que el error asumido es despreciable.

Además, se debe tener en cuenta que, para algunos productos, se dispone de varios valores de huella de carbono de la bibliografía y, en ocasiones, la unidad funcional es distinta. No obstante, para obtener unos valores representativos de huella de carbono, la unidad funcional se ha igualado para todos los productos y se ha realizado un promedio entre los diferentes valores obtenidos. De esta manera, se puede considerar que la base de nuestra lista de alimentos es lo suficientemente homogénea para realizar un estudio comparativo entre estos.

4. RESULTADOS

4.1. Evaluación nutricional de la dieta media en España

Al determinar la composición nutricional del consumo medio anual de alimentos per cápita en España para el periodo 2009-2015 se ha determinado que la ingesta de vitaminas A y C, calcio, potasio, magnesio y proteínas se encuentran dentro del rango recomendado. Las principales fuentes de vitamina A son los lácteos, los vegetales y frutas y el pescado. En cuanto a la vitamina C, las principales fuentes son los vegetales y las frutas, especialmente las *naranjas*. En cuanto al calcio, es aportado por el alto consumo de lácteos en la dieta estudiada. La adecuada cantidad de potasio y magnesio se cubre gracias a la ingesta de fruta, legumbres, lácteos, cereales y *pan*. La ingesta de proteína se encuentra dentro del rango recomendado gracias a la ingesta de frutos secos, marisco, *leche fresca* y carne. Por el contrario, la ingesta de fibra, vitamina E y hierro se encuentran por debajo de los límites recomendados.

Por otra parte, la ingesta de los tres nutrientes limitantes, concretamente, azúcar añadido, sodio y ácidos grasos saturados, se encuentra por encima de los valores máximos recomendados. La alta ingesta de ácidos grasos saturados se puede asociar al elevado consumo de lácteos y aceites vegetales. En cuanto al sodio, el valor calculado está ligado al consumo de productos cárnicos como *jamón curado*, *chorizo ibérico* y *tocino*, también al consumo de alimentos en conserva y platos preparados, así como al consumo de *pan*. Finalmente, el alto valor de azúcares añadidos es debido a los dulces como el *chocolate*, *galletas dulces*, *pasteles* y *tartas a granel*, *mermeladas* y *confituras* y productos lácteos como *batidos de leche* y *yogures azucarados*.

La puntuación nutricional obtenida con el NR9.3 para el patrón de consumo de alimentos anual per cápita en el periodo considerado es de 281. En la **Tabla A.2** del anexo se presentan las puntuaciones nutricionales para cada uno de los alimentos incluidos en el estudio. Entre los alimentos considerados, aquellos que más puntuación nutricional han obtenido son: *leche líquida*, *naranjas*, *pan*, *carne de cerdo*, *aceite de oliva*, *huevos*, *foie gras* y *patés*, *cebollas*, *garbanzos*, *carne de vacuno*, *fresas*, *coles*, *kiwi*, *pescados frescos* y *queso semicurado*. En cambio, los alimentos con peor puntuación nutricional son: *aceitunas envasadas con hueso*, *crema de cacao para untar*, *mantequilla*, *tocino* y *manteca*, *crema de chocolate*, *flanes preparados*, *mermeladas* y *confituras*, *helados*, *tableta de chocolate*, *nata*, *bollería* y *pastelería envasados*, *galletas dulces*.

Por lo general, los alimentos que contienen una elevada cantidad de varios nutrientes beneficiosos han obtenido una puntuación nutricional elevada, como por ejemplo la *leche fresca*

(55,72), *cebollas* (8,27) o *naranjas* (35,77). Algunos productos como *el aceite de oliva* (11,48), aunque contiene una elevada cantidad de ácidos grasos saturados, ha obtenido una puntuación nutricional alta debido al alto aporte de vitamina E. Lo mismo ocurre con el *pan* (15,93), que a pesar de aportar los tres nutrientes limitantes (sodio, azúcar añadido y ácidos grasos saturados), también aporta una elevada cantidad de nutrientes beneficiosos como fibra y proteínas, factor que hace que su puntuación nutricional sea elevada. Por el contrario, aquellos alimentos que contienen altas cantidades de los nutrientes limitantes y no aportan ningún nutriente beneficioso en cantidades considerables han obtenido una puntuación nutricional baja. Por ejemplo, los productos dulces como los *bombones* (-0,29), *tableta de chocolate* (-2,05), *crema de cacao para untar* (-0,58) o *galletas dulces* (-8,54), contienen cantidades muy elevadas de azúcar añadido y de ácidos grasos saturados, así pues, su puntuación nutricional es baja. Para los productos cárnicos como el *chorizo ibérico* (-0,06), *tocino y manteca* (-0,68) o el *salchichón* (-0,35), la puntuación nutricional obtenida es tan baja debido al alto contenido en sodio y ácidos grasos saturados.

Comparando nuestros resultados con los de otros estudios como el de Batlle Bayer *et al.* (2019), la puntuación nutricional de nuestra dieta estudio es baja. Esta diferencia es atribuible a que no se ha tenido en cuenta el consumo de bebidas ni el consumo alimentario fuera del hogar, lo que hace que la ingesta de alimentos considerados sea menor. También se ha de tener en cuenta que en el estudio realizado por Batlle Bayer *et al.* (2019) la ingesta diaria de calorías ha sido ajustada al promedio recomendado, en cambio en nuestro estudio se ha analizado un patrón de consumo real. Por último, destacar también que se han observado algunas diferencias en los valores de referencia de los nutrientes entre ambos estudios, pues estos valores cambian según la fuente consultada.

4.2. Desperdicio alimentario

El estudio del desperdicio alimentario se ha dividido en dos partes. Primero se ha tenido en cuenta el desperdicio correspondiente a las etapas de *producción agrícola, manejo y almacenamiento postcosecha, procesado y embalaje, y distribución*. De este modo se puede determinar el desperdicio que se produce desde que se cultiva el producto hasta que este llega a casa de los consumidores y, por tanto, la cantidad de producto que se ha de producir para obtener la cantidad final de producto que adquiere el consumidor. Por otra parte, se ha estudiado también el desperdicio alimentario teniendo en cuenta la etapa de *consumo*, para así

conocer cuál es el desperdicio alimentario total asociado al consumo medio de alimentos anual per cápita en España correspondiente al periodo de estudio.

En la **Tabla 3** se muestra el porcentaje de alimento desperdiciado para cada grupo, sin tener en cuenta la fase de *consumo*. En la **Tabla A.3** del anexo se presentan cada uno de los alimentos incluidos en el estudio y sus respectivos valores de porcentaje de alimento desperdiciado.

Tabla 3. Porcentaje de alimento desperdiciado por grupos, sin tener en cuenta la fase de consumo.

GRUPO	% ALIMENTO DESPERDICADO
CARNE	12,7
LÁCTEOS	4,6
PRODUCTOS CON HUEVO	7,2
VEGETALES Y FRUTAS	25,1
CEREALES, LEGUMBRES Y FRUTOS SECOS	24,1
BOLLERÍA, PASTELERÍA Y DULCES	9,7
PESCADO	21,5
ACEITE Y GRASAS	11,5

Los grupos en los que se produce más desperdicio alimentario son VEGETALES Y FRUTAS, CEREALES, LEGUMBRES y FRUTOS SECOS y PESCADO. En cambio, los grupos en los cuales se desperdician menos alimentos son LÁCTEOS y PRODUCTOS CON HUEVO.

El alto desperdicio correspondiente al grupo de VEGETALES Y FRUTAS se debe, por una parte, a la etapa de *producción agrícola*, concretamente al daño mecánico que sufren los productos en el momento de la cosecha, a que las cosechas hayan sido afectadas por plagas o temporales o a que esta haya sido demasiado tardía y algunos productos hayan dejado de ser aptos para ser comercializados. En la etapa de *manejo y almacenamiento postcosecha* también se produce un alto desperdicio en los alimentos de este grupo, debido al posible almacenamiento de los productos en condiciones que no sean las óptimas durante un largo periodo de tiempo o también a los daños que se produzcan durante el transporte de estos a las siguientes fases (*procesado y embalaje/distribución*). El desperdicio de producto en la fase de *distribución* también es elevado para este grupo, en esta fase se incluyen las pérdidas en los puntos de venta. En cambio, en el grupo CEREALES, LEGUMBRES Y FRUTOS SECOS, la etapa en

la que más desperdicio se produce es la de *procesado y embalaje*, justo lo contrario al grupo anteriormente mencionado. Esto es atribuible a todas las partes eliminadas en estos productos para obtener el producto final (cáscaras, cortezas, etc), por lo que se trata de un desperdicio no evitable. En el grupo PESCADO, las etapas de *producción agrícola* (pesca en este caso) y de *distribución* son las que contribuyen principalmente a las pérdidas de alimento. Esto es debido a los descartes que se producen en la pesca y a la naturaleza perecedera de estos productos en los puntos de venta, ya que, en caso de que estos productos no sean adquiridos en un corto periodo de tiempo, rápidamente dejan de ser aptos para el consumo.

En cuanto a los grupos de alimentos en los cuales se produce menos desperdicio, destacan los LÁCTEOS, donde las únicas etapas en las que se produce una pérdida de producto notoria son la *producción agrícola* y la *distribución*. Esto es atribuible a las enfermedades que pueden presentar algunas vacas, y en consecuencia, la leche producida por estas no sea apta para el consumo. En el caso de la *distribución*, se puede deber a la pequeña cantidad de producto que, al no ser adquirido en los puntos de venta, deja de ser apto para el consumo. Por otra parte, para el grupo PRODUCTOS CON HUEVO, la única etapa en la que se produce un desperdicio de producto considerable es en la *producción agrícola*, debido también a las enfermedades que puedan sufrir las gallinas ponedoras, así como a posibles roturas de los huevos producidas en esta etapa. No obstante, hay que destacar que para estos dos grupos el porcentaje de desperdicio alimentario es mucho menor (más de tres veces) que en los grupos anteriormente mencionados.

Para el grupo de CARNE, el desperdicio se asocia principalmente a las muertes de los animales que se puedan producir en sus primeras etapas de la vida (*producción agrícola*), a las muertes durante el transporte de estos al matadero y a la *etapa de procesado y embalaje*, donde hasta conseguir el producto final, se eliminan diferentes partes (huesos, cuernos, etc). En cuanto al grupo ACEITE Y GRASAS, la *producción agrícola* y el *procesado y embalaje* son las únicas etapas contribuyentes al desperdicio de alimento. En el grupo BOLLERÍA, PASTELERÍA Y DULCES, los resultados obtenidos presentan alta variabilidad, ya que para algunos productos se ha considerado el porcentaje de desperdicio α de los cereales y para otros el de los lácteos debido a la falta de valores de (α) correspondientes a este tipo de productos.

Por otra parte, en la **Tabla 4** se muestran los resultados de desperdicio alimentario para cada grupo, incluyendo todas las fases desde la *producción* hasta el *consumo del alimento*. Además, en la **Tabla A.4** del anexo se presentan para cada uno de los alimentos incluidos en el estudio sus respectivos valores de porcentaje total de alimento desperdiciado.

Los resultados muestran que incluyendo la fase de *consumo*, se produce un aumento significativo de porcentaje de alimento desperdiciado para todos los grupos, concretamente, para algunos grupos supone que el valor de desperdicio alimentario se duplique.

Tabla 4. Porcentaje de alimento desperdiciado por grupos, incluyendo desde la fase de *producción agrícola* hasta la de *consumo*.

GRUPO	% ALIMENTO DESPERDICiado
CARNE	22,4
LÁCTEOS	11,3
PRODUCTOS CON HUEVO	11,5
VEGETALES Y FRUTAS	37,5
CEREALES, LEGUMBRES Y FRUTOS SECOS	37,4
BOLLERÍA, PASTERERÍA Y DULCES	20,3
PESCADO	29,9
ACEITE Y GRASAS	15,0

Los grupos en los que más aumenta el porcentaje de producto desperdiciado son CARNE, VEGETALES Y FRUTAS, PESCADO y CEREALES, LEGUMBRES Y FRUTOS SECOS. Esto es debido, en el caso de los tres primeros grupos, a la naturaleza perecedera de estos, así pues, es muy fácil que productos de este tipo se compren y no se lleguen a consumir, ya que rápidamente pueden no ser aptos para el consumo. En cuanto al grupo LEGUMBRES Y FRUTOS SECOS, se asocia a la elevada porción no comestible de estos que ha de ser eliminada para su consumo.

Para los grupos LÁCTEOS, PRODUCTOS CON HUEVO y ACEITE Y GRASAS el aumento de desperdicio no es tan elevado como para los otros grupos ya que son productos que en muchos casos están procesados y envasados, factores que disminuyen su naturaleza perecedera, un claro ejemplo son productos como los *quesos* (4,2%), *yogures* (4,2%), *mayonesa* (8,3%) o *el aceite de oliva* (11,5%). Para el grupo BOLLERÍA, PASTERERÍA Y DULCES, los resultados obtenidos presentan variabilidad por el motivo comentado anteriormente.

En la **Tabla 5** se muestra el porcentaje de desperdicio de producto en cada etapa del ciclo de vida del alimento. Para la obtención de estos porcentajes se han sumado los (α) correspondientes a cada etapa del ciclo de vida y posteriormente se ha dividido el valor obtenido para cada etapa entre la suma total de todos los (α), para así obtener el porcentaje de desperdicio alimentario para cada etapa del ciclo de vida.

Se ha determinado que la etapa donde más alimentos se desperdicia es claramente el *consumo*, ya que representa prácticamente un 40% del desperdicio alimentario total. Le siguen las fases de *producción agrícola* y *distribución*, las cuales en conjunto suponen prácticamente otro 40% del desperdicio de alimentos. Según Garnett (2011) e Irz *et al.* (2016), entre el 15% y el 30% de las emisiones totales de GEI en los países desarrollados son debidas a la *producción, distribución de alimentos* y *consumo*. Finalmente, las etapas donde menos alimento se desperdicia son las fases de *procesado y embalaje* y *manejo y almacenamiento postcosecha*. No obstante, el desperdicio de alimentos en estas fases sigue siendo alto para algunos productos.

Tabla 5. Porcentaje de desperdicio de producto en cada etapa del ciclo de vida del alimento.

ETAPA	% ALIMENTO DESPERDICiado
PRODUCCIÓN AGRÍCOLA	19
DISTRIBUCIÓN	16
PROCESADO Y EMBALAJE	13
MANEJO Y ALMACENAMIENTO POSTCOSECHA	14
CONSUMO	39

Los resultados obtenidos muestran que en promedio un 23% de la producción total de alimentos se desperdicia. Se puede afirmar que los grupos en los que se produce mayor desperdicio de alimento son VEGETALES Y HORTALIZAS (37,5%), CEREALES, LEGUMBRES Y FRUTOS SECOS (37,4%) y PESCADO (29,9%). Así pues, se ha de tener en cuenta que el consumo de estos productos lleva consigo un desperdicio alimentario mucho más alto que en el caso de que se consuman productos de los otros grupos.

4.3. Huella de carbono

Los resultados obtenidos para la huella de carbono asociada al consumo medio de alimentos anual per cápita para el periodo estudiado se han dividido en dos partes. En primer lugar, se ha analizado la huella de carbono correspondiente a 1 kg de cada uno de los productos considerados, para así poder saber cuáles son los alimentos que producen más y menos emisiones de CO₂ equivalentes. En la **Tabla 6** se presenta el promedio (con las respectivas desviaciones estándar) de la huella de carbono media para 1 kg de los productos incluidos en cada grupo.

Los resultados muestran que los grupos con una huella de carbono más elevada son, por orden, ACEITE Y GRASAS, CARNE, LÁCTEOS y PESCADO. En la **Tabla A.5** del anexo se presentan los valores de huella de carbono de cada uno de los alimentos incluidos en el estudio.

No obstante, hay que destacar los elevados valores de desviación estándar obtenidos para cada grupo, lo cual indica que, para los productos de un mismo grupo, las emisiones de CO₂ equivalentes pueden variar en gran medida de un producto a otro.

Dentro del grupo ACEITE Y GRASAS, los productos con mayor huella son la *mantequilla* (15,7 kg CO₂-eq/kg producto), siendo la producción de la leche la etapa que más contribuye a la huella de carbono de este producto (Nilsson *et al.*, 2010) y el *aceite de oliva* (5 kg CO₂-eq/kg producto), debido principalmente a la producción de los fertilizantes inorgánicos utilizados en la etapa de *producción agrícola* y la eliminación del efluente líquido de las almazaras en los estanques de evaporación (Avraamides y Fatta, 2008). Por otra parte, hay que destacar también la *margarina* (1,7 kg CO₂-eq/kg producto), que debido a su origen vegetal presenta una menor huella de carbono.

Tabla 6. Huella de carbono media por kilogramo de los productos incluidos en cada grupo de alimentos.

GRUPO	HUELLA DE CARBONO (kg de CO₂-eq/kg)
CARNE	5,8 ± 4,6
LÁCTEOS	5,5 ± 4,8
PRODUCTOS CON HUEVO	2,2 ± 1,2
VEGETALES Y FRUTAS	0,9 ± 1,2
CEREALES, LEGUMBRES, FRUTOS SECOS Y SEMILLAS	1,2 ± 0,9
BOLLERÍA, PASTELERÍA Y DULCES	3,5 ± 1,7
PESCADO	4,8 ± 4,0
ACEITE Y GRASAS	7,4 ± 6,1

Dentro del grupo CARNE, la *carne de vacuno* (17,3 kg CO₂-eq/kg producto), *añojo* (13 kg CO₂-eq/kg producto), *cerdo* (9,3 kg CO₂-eq/kg producto) y los *platos preparados* que contienen estas carnes (15,5 kg CO₂-eq/kg producto) son los productos que mayor huella de carbono

presentan. Esto es debido principalmente, a que la ganadería contribuye al cambio climático al emitir GEI ya sea directamente, debido a la fermentación entérica y el manejo del estiércol, o indirectamente, debido a las actividades de producción de las materias primas para los piensos y, en algunos casos, a la conversión de bosques en pastizales (Gerber *et al.*, 2013). Se estima que la ganadería emite aproximadamente 7,1 Gt de CO₂ equivalentes (4,6 Gt de las cuales corresponden al ganado vacuno), aproximadamente el 14.5% de las emisiones antropogénicas totales de GEI (Gerber *et al.*, 2013).

Por otro lado, el elevado valor de huella de carbono correspondiente al grupo LÁCTEOS es debido principalmente a la huella de carbono asociada a los *quesos*. Realizando un promedio entre todos los quesos incluidos en el estudio, se obtiene un valor de 11,6 kg de CO₂ eq/kg. En este producto, la etapa de *producción agrícola* de la *leche fresca* es la que más emisiones de CO₂ equivalentes produce (79–95%), factor que hace que los *quesos* sean unos de los productos con la huella de carbono por kg de producto más elevada ya que para la producción de 1 kg de queso se necesita entre 1,5-11 L de leche (Finnegan *et al.*, 2018). La etapa de conversión de la leche en queso es la segunda que más emisiones produce (Finnegan *et al.*, 2018).

En cuanto al grupo PESCADO, los productos que más emisiones de gases invernadero producen son el marisco, como por ejemplo *gambas y langostinos cocidos* (9,2 kg CO₂ -eq/kg producto), *gambas y langostinos congelados* (7,2 kg CO₂ -eq/kg producto) y *gambas y langostinos frescos* (6,8 kg CO₂ -eq/kg producto), también algunas especies de pescado como *rodaballo* (12,7 kg CO₂-eq/kg producto) y *pez espada* (9,3 kg CO₂-eq/kg producto) y algunas especies de moluscos como los *mejillones* (11,8 kg CO₂-eq/kg producto). Hay que destacar que la pesca en alta mar es el método de pesca que más contribuye a la huella de carbono global, le siguen la acuicultura intensiva marina y la pesca costera, mientras que la acuicultura extensiva es el método de acuicultura que menos contribuye a la huella de carbono de los alimentos de este grupo (Iribarren *et al.*, 2010).

Los grupos que menos contribuyen a la huella de carbono son los VEGETALES Y FRUTAS y FRUTOS SECOS, LEGUMBRES Y CERALES. En este tipo de productos, la mayoría de las emisiones se producen en la etapa de *producción agrícola* debido al uso de fertilizantes (Notarnicola *et al.*, 2017). La huella de carbono de este tipo de productos también aumenta debido al transporte de estos hacia el punto de consumo y del método de cultivo y/o procesado utilizado.

Los PRODUCTOS CON HUEVO también presentan una baja contribución a la huella de carbono, no obstante, su valor es más alto que el valor correspondiente a los dos grupos

mencionados anteriormente, esto es debido al alto impacto medioambiental producto de la producción de pienso para las gallinas (Abín *et al.*, 2018).

Por último, el valor de huella de carbono para el grupo BOLLERÍA, PASTELERÍA Y DULCES es también bajo. Para los productos incluidos en este grupo, las emisiones de la etapa de *producción agrícola* y el consumo de combustibles fósiles son los principales responsables del impacto medioambiental. Otras etapas como el *procesado y envasado* también tienen una influencia notable en su huella de carbono (Noya *et al.*, 2018).

El presente estudio muestra que la importación de productos desde largas distancias, en muchos casos no aumenta de manera notable el valor de emisiones. El transporte transoceánico solo emite 0,0115 kg CO₂ eq/t-km, siendo el más eficiente. En cambio, el transporte para distancias más cortas, al ser mucho menos eficiente las emisiones se ven incrementadas de manera notable, 0,647 kg CO₂eq/t-km (suponiendo un camión con capacidad de 2,5-7,5 t, y con refrigeración). Ziegler *et al.* (2013) también destacan que el transporte en buques de carga es el modo más eficiente de transporte en comparación con el camión y el transporte aéreo. Por ello, el transporte de productos en camiones para largas distancias es el que más emisiones de gases invernadero produce.

En la **Tabla 7** se muestra la contribución de cada grupo de alimentos a la huella de carbono, teniendo en cuenta el consumo de alimentos anual per cápita en España. En la **Tabla A.6** del anexo se presenta el consumo anual per cápita y valor de la huella de carbono asociada al producto consumido para cada uno de los productos incluidos en el estudio.

Tabla 7. Huella de carbono del patrón de consumo de alimentos anual per cápita en España en el periodo 2009-2015. Resultados para cada uno de los grupos de alimentos incluidos en el estudio y su contribución a la huella de carbono total.

GRUPO	kg CO ₂ -eq/ producto consumido	% CONTRIBUCIÓN HUELLA DE CARBONO TOTAL
CARNE	254,1	33,4
LÁCTEOS	161,8	21,3
PRODUCTOS CONHUEVO	38,8	5,1
VEGETALES Y FRUTAS	78,8	10,3
CEREALES, LEGUMBRES Y FRUTOS SECOS	41,2	5,4
BOLLERÍA, PASTELERÍA Y DULCES	51,3	6,7
PESCADO	76,5	10,1
ACEITE Y GRASAS	58,7	7,7
TOTAL	775,3	100

Se puede observar que los grupos que más que más contribuyen a la huella de carbono son los grupos CARNE y LÁCTEOS. Las altas emisiones producidas por el grupo CARNE son debidas por una parte al alto consumo de *carne de vacuno* (6,7 kg per cápita/año) y *carne de cerdo* (12,3 kg per cápita/año) en España y también debido al alto valor de la huella de carbono por kg de producto cárnico debido al alto impacto de la producción ganadera para la producción de estos alimentos, especialmente la *carne de vacuno* (17,3 kg CO₂-eq/kg producto). Debido a los dos factores mencionados, *la carne de vacuno* es el producto que mayor huella presenta (116,7 kg CO₂-eq/producto consumido) de todos los productos incluidos en nuestro estudio.

En cuanto al grupo LÁCTEOS, el producto que más emisiones invernadero produce es la *leche fresca* (109,8 kg CO₂-eq/producto consumido), debido a su alto consumo en España (81,6 kg per cápita/año). Por otro lado, para los diferentes tipos de queso, a pesar del alto valor emisiones de CO₂ por kg de producto (11,6 kg CO₂-eq/kg), la huella de carbono asociada al consumo de este tipo de productos es menor, ya que el consumo anual per cápita de estos es relativamente bajo (3,4 kg per cápita/año). Así pues, este grupo se sitúa en segunda posición en cuanto a huella de carbono debido al alto consumo de los productos que incluye. Además, al igual que en el grupo CARNE, el impacto de la producción ganadera para la producción de estos alimentos es muy elevado (Hospido *et al.*, 2003; Aguirre *et al.*, 2015).

En cuanto al grupo PESCADO, a pesar de que algunos de los productos que incluye, concretamente mariscos, crustáceos y algunas especies de pescado, tienen un alto valor de huella de carbono por kg producto, en conjunto, las emisiones de gases invernadero de los productos de este grupo son mucho más bajas que las de los grupos CARNE y LÁCTEOS. Además, debido a su bajo consumo en la dieta media española, la huella de carbono asociada este grupo es baja.

Por otra parte, pese a que la huella de carbono por kg de la mayoría los alimentos incluidos en el grupo BOLLERÍA, PASTELERÍA Y DULCES es baja, algunos productos de este grupo se consumen en altas cantidades, por ejemplo, las *galletas dulces* (6,7 kg per cápita/año) y *bollería y pastelería envasados* (5,8 kg per cápita/año).

En el grupo ACEITE Y GRASAS, el *aceite de oliva* es el producto que más contribuye a la huella de carbono asociada al consumo (52 kg CO₂-eq/producto consumido) principalmente debido a su alto consumo (10,4 kg per cápita/año). La *mantequilla*, aunque tiene un alto valor de huella de carbono por kg producto (15,7 kg CO₂-eq/kg producto), su bajo consumo (0,4 kg per cápita/año) hace que su contribución a la huella de carbono sea baja (5,6 kg CO₂-eq/producto consumido) en comparación con el *aceite de oliva*.

Al analizar los resultados del grupo PRODUCTOS CON HUEVO, se observa que principalmente, la huella de carbono asociada a este grupo se atribuye al elevado consumo de *huevos* (9,2 kg per cápita/año).

En el grupo CEREALES, LEGUMBRES Y FRUTOS SECOS, a pesar de que algunos productos tienen un alto valor de consumo (*pan* (32,7 kg per cápita/año) y *arroz* (4,9 kg per cápita/año)), este grupo contribuye muy poco a la huella de carbono total asociada al consumo de alimentos. Esto se asocia al bajo valor de huella de carbono por kg de producto de los alimentos de este grupo.

Finalmente, el grupo VEGETALES Y FRUTAS, que es el grupo que más productos contiene, presenta una baja contribución a la huella de carbono total, esto se debe a que los productos vegetales tienen un valor bajo de kg CO₂ equivalentes por kg de producto. No obstante, algunos productos contribuyen en gran medida a la huella de carbono asociada al consumo alimentario, como por ejemplo las *naranjas* (15,8 kg CO₂-eq/ producto consumido), *las hortalizas y verduras de IV gama* (11 kg CO₂-eq/producto consumido), y *los champiñones y setas* (8,2 kg CO₂-eq/producto consumido) ya sea debido a su proceso de producción, a su alto consumo, o a las emisiones asociadas al transporte de estos. Los demás productos, por lo general contribuyen en menor medida a la huella de carbono

4.4. Recomendaciones para aumentar la sostenibilidad de la dieta en España

En cuanto al estudio nutricional de la dieta media de los españoles, se recomienda reducir el excesivo consumo de lácteos para así reducir la ingesta de ácidos grasos saturados. No obstante, el consumo moderado de lácteos es muy importante, ya que aportan una gran cantidad de calcio y ciertas vitaminas. En cuanto al consumo en exceso de azúcares añadidos, habría que reducir el consumo de procesados y dulces, ya que productos como *galletas dulces*, *chocolate* y *mermelada* aportan cantidades de azúcar muy elevadas. Para reducir la ingesta de sodio habría que disminuir el consumo de *platos preparados*, *huevos*, productos cárnicos procesados (*jamón cocido*, *chorizo ibérico*, etc) y *pan*. Además, se tendría que hacer hincapié en solventar la deficiencia en vitamina E, fibra y hierro que tiene la dieta media de los españoles. Para aumentar la ingesta de vitamina E se podría acrecentar el consumo de aceites vegetales, *nueces* y vegetales de hoja verde como *espinacas* y *brócoli*. En cuanto a la ingesta de fibra, consumiendo una mayor cantidad de legumbres como *lentejas* y *garbanzos*, y de frutos secos como *nueces* y *almendras*, se conseguiría mejorar esta deficiencia. Como destaca el estudio

ANIBES (FEN, 2017), la deficiencia en la ingesta de hierro es un problema muy común, principalmente en las mujeres en edad reproductiva (siendo las recomendaciones diarias de ingesta de hierro para estas, 18 mg/día comparado con los 8 mg/día para los hombres), en los adolescentes y en los niños. Para solventar esta deficiencia, este mismo estudio propone aumentar las fuentes de hierro hemo, mejorando los hábitos de alimentación y sobre todo ingiriendo una mayor cantidad de cereales y carne roja.

Como recomendación general, se debería reducir el consumo de productos cárnicos, lácteos y principalmente de los productos procesados. También se recomienda reducir el consumo de dulces como la *leche condensada*, la *mermelada* o los *bombones* ya que, como muestran los resultados del estudio nutricional, este grupo de alimentos no aporta ningún tipo de beneficio a los consumidores. Se recomienda también un aumento del consumo de frutas, verduras y granos integrales, ya que está estrechamente relacionado con la reducción del riesgo de desarrollar enfermedades crónicas como el cáncer y las enfermedades cardiovasculares, que son las principales causas de muerte en los países industrializados (Cencic y Chingwaru, 2010).

Para reducir el desperdicio alimentario se podría pensar en consumir menos productos de los grupos PESCADO, VEGETALES Y FRUTAS o CREALES, LEGUMBRES Y FRUTOS SECOS, ya que son aquellos en los que mayor cantidad de desperdicio se produce. No obstante, reducir el consumo de estos productos podría derivar en un aumento de consumo de otros grupos como CARNE y LÁCTEOS, lo cual se traduciría en un aumento de la huella de carbono asociada al consumo de alimentos. Así pues, para reducir el desperdicio alimentario es más importante implementar acciones correctoras en las etapas del ciclo de vida de los productos donde más desperdicio se produce. Primeramente, habría que centrarse en la etapa de *consumo*, ya que es la que más desperdicio alimentario conlleva. En esta fase, se ha de concienciar a la población de la importancia que tiene la mejora de los hábitos de consumo, cocinado y compra para reducir el desperdicio alimentario. Si la población tomara medidas para reducir este desperdicio, la huella de carbono ligada al desperdicio alimentario se reduciría considerablemente. En segundo lugar, habría que centrarse en las etapas de *producción agrícola* y *distribución*. En estas fases se podrían mejorar tanto las técnicas manuales como mecanizadas de cosechado para que se produjesen menos pérdidas, además de establecer unos estándares de calidad de estos productos menos estrictos, factor que permitiría comercializar productos óptimos para el consumo pese a que su aspecto no fuera el mejor (Stuart, 2009). De hecho, encuestas realizadas en otros estudios muestran que los consumidores estarían dispuestos a comprar productos heterogéneos siempre que el sabor no se viese afectado (Stuart, 2009). Otra manera de reducir el desperdicio alimentario en esta fase sería promover la cooperación entre agricultores, ya que

podría reducir el riesgo de sobreproducción al permitir que los cultivos excedentes de una explotación agraria sirviesen para resolver la escasez de cultivos en otra (Stuart, 2009). No obstante, factores como la muerte de los animales en la granja causadas enfermedades, plagas y condiciones climáticas adversas hacen que una parte de estos desperdicios sean en muchas ocasiones inevitables. En cuanto a la etapa de *distribución*, la diferencia entre la oferta y la demanda de diferentes productos es uno de los factores que produce el desperdicio alimentario en esta etapa, ya que muchos productos no llegan a ser adquiridos y dejan de ser aptos para la venta o consumo. No obstante, aunque cada vez se produce menos desperdicio alimentario en los puntos de venta gracias a la concienciación de este sector, se sigue incitando a un consumo excesivo e innecesario. Además, los estrictos parámetros de calidad es otra causa del desperdicio alimentario evitable que influye en las etapas anteriores, por lo que sería conveniente, como se ha mencionado más arriba, relajar los estándares de calidad.

Concretamente, se tendrían que focalizar los esfuerzos para reducir el desperdicio alimentario en aquellos grupos de alimentos en los cuales se desperdicia más cantidad de producto, VEGETALES Y FRUTAS (37,5%), CEREALES, LEGUMBRES Y FRUTOS SECOS (37,4%) y PESCADO (29,9%) y también en las etapas de *consumo* (39%) y *producción agrícola* (19%) principalmente, aunque se podrían reducir las pérdidas en todas las etapas. De este modo, sería mucho más eficiente y notable la reducción del desperdicio alimentario y consecuentemente la reducción de emisiones de GEI.

Por otra parte, para reducir la huella de carbono de la dieta media española habría que tomar una serie de medidas a la hora de consumir ciertos alimentos. La primera medida sería la reducción del consumo de carne roja y lácteos. Una porción del consumo de carnes rojas se podría sustituir por *carne de conejo o pollo*, ya que estas carnes ejercen un impacto en el medioambiente mucho menor. Además, habría que aumentar el consumo de VEGETALES Y FRUTAS, y CEREALES LEGUMBRES Y FRUTOS SECOS, ya que además de ser los grupos que menos emisiones de CO₂ equivalentes producen, las legumbres y frutos secos, debido a su alto contenido en proteína son un perfecto sustituyente para el consumo de productos cárnicos. En cuanto al cultivo de vegetales y fruta, los resultados del estudio realizado por Venkat (2012) demuestran que la conversión de tierras de cultivo convencionales en producción ecológica puede ofrecer oportunidades significativas de reducción de GEI en las próximas décadas al aumentar las reservas de carbono orgánico del suelo durante la transición; además, la producción ecológica supondría replazar los fertilizantes de síntesis química con otros productos más respetuosos con el medio ambiente, esto podría tener un efecto positivo en la biodiversidad y la salud humana (Pergola *et al.*, 2013). El consumo de pescado seguiría siendo

una buena opción, ya que, exceptuando el marisco y algunas especies de pescado, su valor de emisiones de GEI por kilogramo de producto es mucho menor que el de la *carne de cerdo* o de *vacuno*. Concretamente, especies como las *anchoas*, las *sardinias* o la *caballa* son las mejores opciones para reducir las emisiones GEI. Las mejoras para la reducción de la huella de carbono en el sector de la pesca deberían centrarse en la minimización del consumo de combustible en los navíos, por ejemplo, mediante el uso de combustibles con mayor eficiencia energética y la planificación sostenible de las rutas de los buques (Schau *et al.*, 2009; Palenzuela *et al.*, 2010). Además, para todos los grupos de alimentos en general habría que promover el consumo de productos locales y de temporada, ya que esto conllevaría una reducción de las actividades de transporte. La implementación de campañas sociales, por ejemplo, de formación cultural, los impuestos especiales para productos con mayor huella de carbono y dar a conocer a la población los beneficios ambientales de las dietas sostenibles podría ayudar a reducir la huella de carbono asociada al consumo de alimentos (Esteve Llorens *et al.*, 2019).

Saez-Almendros *et al.* (2013) destacan que, si la población española cambiara de la dieta española actual a una dieta mediterránea estándar, las emisiones de GEI ligadas al consumo alimentario se reducirían entre un 52 y un 72%. Así que para reducir las emisiones la principal medida que se tendría que tomar sería cambiar los hábitos de consumo actual de los españoles y dirigir esos cambios hacia lo que sería una dieta mediterránea estándar.

De lo expuesto hasta aquí hay que destacar que las medidas tanto para la reducción de la huella de carbono como para la mejora nutricional de la dieta coinciden en muchos aspectos, en concreto, en cuanto a la reducción del consumo de productos cárnicos y aumento del consumo de productos de origen vegetal. Así pues, estas medidas se consideran esenciales ya que ayudarían a mejorar en gran medida la sostenibilidad de la dieta estudiada.

5. CONCLUSIONES

Los resultados del estudio nutricional asociado al consumo medio anual per cápita de alimentos en España para el periodo 2009-2015 muestran que los hábitos de consumo de la población española tienen que cambiar para que esta sea más sostenible nutricionalmente, ya que además de que tres de los nutrientes beneficiosos analizados (hierro, vitamina E y fibra) se encuentran por debajo de las dosis recomendadas, los tres nutrientes limitantes (sodio, azúcar añadido y ácidos grasos saturados) se encuentran por encima.

En cuanto al desperdicio alimentario, este ocurre principalmente en la etapa de *consumo* (39%) y en la etapa de *producción agrícola* (19%), siendo los grupos VEGETALES Y

FRUTAS (37,5%), PESCADO (29,9%) y CEREALES, LEGUMBRES Y FRUTOS SECOS (37,4%) los que más desperdicio generan. Así pues, las medidas correctoras a tomar se han de centrar principalmente en las etapas del ciclo de vida de los grupos mencionados, ya que el desperdicio alimentario es muy elevado (23%) y evitable en gran medida.

Los resultados de la huella de carbono muestran que por kg de producto, los grupos con los valores de huella de carbono más elevados son ACEITE Y GRASAS, CARNE y LÁCTEOS. Por otra parte, la huella de carbono total asociada al consumo medio anual per cápita de alimentos en España es de 775,3 kg de CO₂ equivalentes, siendo los grupos que más contribuyen a este valor CARNE (33%) y LÁCTEOS (21%). Además, también se debe tener en cuenta que la fase de *producción agrícola* y la de *distribución* son las etapas que más contribuyen a la huella de carbono y, además, que la huella de carbono asociada al transporte alimentario en proporción resulta más notoria cuando la distancia a recorrer es menor ya que el método de transporte utilizado está menos optimizado.

Se puede concluir que la mejor manera de aumentar la sostenibilidad de la dieta media española es que los consumidores cambien los hábitos de consumo hacia una dieta mediterránea estándar. Esto incluye principalmente, aumentar el consumo de vegetales y reducir el consumo de productos cárnicos, dulces y procesados. Con este cambio se mejorarían las propiedades nutricionales de la dieta media consumida en España y, además, se reduciría drásticamente la huella de carbono ligada al consumo alimentario.

Resulta necesario realizar campañas para concienciar a la población de lo importante que resulta para el medioambiente seguir una dieta sostenible. Además, es esencial que se comprenda la importancia de la reducción del desperdicio alimentario, principalmente en las etapas de distribución y consumo, ya que son aquellas donde la población puede contribuir en mayor medida y además, los cambios en estas etapas influirán en todas las anteriores.

6. BIBLIOGRAFÍA

- ABÍN, R., LACA, A., & DÍAZ, M. (2018). Environmental assesment of intensive egg production: A Spanish case study. *Journal of cleaner production*, 179, 160-168.
- AGUIRRE-VILLEGAS, H. A., PASSOS-FONSECA, T. H., REINEMANN, D. J., ARMENTANO, L. E., WATTIAUX, M. A., CABRERA, V. E. & LARSON, R. (2015). Green cheese: Partial life cycle assessment of greenhouse gas emissions and energy intensity of integrated dairy production and bioenergy systems. *Journal of dairy science*, 98(3), 1571-1592.

- ALEXANDER, P., BROWN, C., ARNETH, A., FINNIGAN, J., MORAN, D., & ROUNSEVELL, M. D. (2017). Losses, inefficiencies and waste in the global food system. *Agricultural systems*, 153, 190-200.
- AVRAAMIDES, M., & FATTA, D. (2008). Resource consumption and emissions from olive oil production: a life cycle inventory case study in Cyprus. *Journal of Cleaner Production*, 16(7), 809-821.
- BEDCA (2019). Base de Datos Española de Composición de Alimentos. Consulta de Alimentos. Dirección URL: <http://www.bedca.net/bdpub/> [Consulta: 20/02/2019]
- BATLLE-BAYER, L., BALA, A., GARCÍA-HERRERO, I., LEMAIRE, E., SONG, G., ALDACO, R., & FULLANA-I-PALMER, P. (2019). The Spanish Dietary Guidelines: A potential tool to reduce greenhouse gas emissions of current dietary patterns. *Journal of Cleaner Production*, 213, 588-598.
- CASTAÑÉ, S., & ANTÓN, A. (2017). Assessment of the nutritional quality and environmental impact of two food diets: A Mediterranean and a vegan diet. *Journal of Cleaner Production*, 167, 929-937.
- CENCIC, A., & CHINGWARU, W. (2010). The role of functional foods, nutraceuticals, and food supplements in intestinal health. *Nutrients*, 2(6), 611-625.
- CHABOUD, G., & DAVIRON, B. (2017). Food losses and waste: navigating the inconsistencies. *Global Food Security*, 12, 1-7.
- EFSA (2017). European Food Safety Authority. Dietary Reference Values for Nutrients Summary Report. Dirección URL: <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2017.e15121> [Consulta: 21/02/2019]
- ESTEVE-LLORENS, X., DARRIBA, C., MOREIRA, M. T., FEIJOO, G., & GONZÁLEZ-GARCÍA, S. (2019). Towards an environmentally sustainable and healthy Atlantic dietary pattern: Life cycle carbon footprint and nutritional quality. *Science of the Total Environment*, 646, 704-715.
- FAO, 2010. Biodiversity and sustainable diets – united against hunger.
- FAO, 2014. Definitional Framework of Food Loss. Working paper. Rome.
- FINNEGAN, W., YAN, M., HOLDEN, N. M., & GOGGINS, J. (2018). A review of environmental life cycle assessment studies examining cheese production. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 23(9), 1773-1787.
- FEN (2017). Fundación Española de Nutrición. Nota de prensa. El estudio científico ANIBES analiza la ingesta y fuentes alimentarias de hierro en una muestra representativa de la población Española. Dirección URL: http://www.fen.org.es/anibes/archivos/prensa/NP_ANIBES_16_Hierro.pdf

- GARNETT, T. (2011). Where are the best opportunities for reducing greenhouse gas emissions in the food system (including the food chain). *Food policy*, 36, S23-S32.
- GERBER, P. J., MOTTET, A., OPIO, C. I., FALCUCCI, A., & TEILLARD, F. (2015). Environmental impacts of beef production: Review of challenges and perspectives for durability. *Meat science*, 109, 2-12.
- GOOGLE MAPS (2019). Dirección URL: <https://www.google.com/maps> [Consulta: 19/05/2019]
- GUSTAVSSON, J., CEDERBERG, C., SONESSON, U., & EMANUELSSON, A. (2013). The methodology of the FAO study: Global Food Losses and Food Waste-extent, causes and prevention-FAO, 2011.
- GUSTAVSSON, J., CEDERBERG, C., SONESSON, U., VAN OTTERDIJK, R., & MEYBECK, A. (2011). *Global food losses and food waste* (pp. 1-38). Rome: FAO.
- HALLSTRÖM, E., CARLSSON-KANYAMA, A., & BÖRJESSON, P. (2015). Environmental impact of dietary change: a systematic review. *Journal of Cleaner Production*, 91, 1-11.
- HELLER, M. C., KEOLEIAN, G. A., & WILLETT, W. C. (2013). Toward a life cycle-based, diet-level framework for food environmental impact and nutritional quality assessment: a critical review. *Environmental Science & Technology*, 47(22), 12632-12647.
- HOSPIDO, A., MOREIRA, M. T., & FEIJOO, G. (2003). Simplified life cycle assessment of Galician milk production. *International Dairy Journal*, 13(10), 783-796.
- IRIBARREN, D., MOREIRA, M. T., & FEIJOO, G. (2010). Revisiting the life cycle assessment of mussels from a sectorial perspective. *Journal of Cleaner Production*, 18(2), 101-111.
- IRIBARREN, D., VÁZQUEZ-ROWE, I., HOSPIDO, A., MOREIRA, M. T., & FEIJOO, G. (2010). Estimation of the carbon footprint of the Galician fishing activity (NW Spain). *Science of the Total Environment*, 408(22), 5284-5294
- IRZ, X., LEROY, P., RÉQUILLART, V., & SOLER, L. G. (2016). Welfare and sustainability effects of dietary recommendations. *Ecological Economics*, 130, 139-155.
- ISO 14067 (2018). Greenhouse gases. Carbon footprint of products. Requirements and guidelines for quantification. International Organization for Standardization, Geneva.
- MAPA (2018) Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación-Ministerio para la Transición Ecológica. Base de datos de consumo en hogares. Obtenido de: <http://www.mapama.gob.es/app/consumo-en-hogares/consulta.asp> [Consulta: 13/02/2019]
- MEURER, C., & SCHWARZ, W. (2003). The “fish cold chain”–Basic ecological evaluations. In *Proceedings of the international congress of refrigeration*.

- MYERS, M. (1981). Planning and engineering data. 1. Fresh fish handling. *FAO Fisheries Circulars (FAO)*.
- NILSSON, K., FLYSJÖ, A., DAVIS, J., SIM, S., UNGER, N., & BELL, S. (2010). Comparative life cycle assessment of margarine and butter consumed in the UK, Germany and France. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, *15*(9), 916-926.
- NOTARNICOLA, B., TASSIELLI, G., RENZULLI, P. A., & MONFORTI, F. (2017). Energy flows and greenhouses gases of EU (European Union) national breads using an LCA (Life Cycle Assessment) approach. *Journal of Cleaner Production*, *140*, 455-469.
- NOTARNICOLA, B., TASSIELLI, G., RENZULLI, P. A., CASTELLANI, V., & SALA, S. (2017). Environmental impacts of food consumption in Europe. *Journal of Cleaner Production*, *140*, 753-765.
- NOYA, L. I., VASILAKI, V., STOJCESKA, V., GONZALEZ-GARCÍA, S., KLEYNHANS, C., TASSOU, S. & KATSOU, E. (2018). An environmental evaluation of food supply chain using life cycle assessment: A case study on gluten free biscuit products. *Journal of Cleaner Production*, *170*, 451-461.
- PALENZUELA, J. M. T., VILAS, L. G., SPYRAKOS, E., DOMINGUEZ, L. R., & CETMAR, F. (2010, May). Routing optimization using neural networks and oceanographic models from remote sensing data. In *Proceedings of the 1st International Symposium on Fishing Vessel Energy Efficiency E-Fishing, Vigo, Spain*.
- PERGOLA, M., D'AMICO, M., CELANO, G., PALESE, A., SCUDERI, A., DI VITA, G. & INGLESE, P. (2013). Sustainability evaluation of Sicily's lemon and orange production: an energy, economic and environmental analysis. *Journal of Environmental Management*, *128*, 674-682.
- PERNOLLET, F., COELHO, C. R., & VAN DER WERF, H. M. (2017). Methods to simplify diet and food life cycle inventories: accuracy versus data-collection resources. *Journal of Cleaner Production*, *140*, 410-420.
- RAMIREZ, C. A., PATEL, M., & BLOK, K. (2006). How much energy to process one pound of meat? A comparison of energy use and specific energy consumption in the meat industry of four European countries. *Energy*, *31*(12), 2047-2063.
- SÁEZ-ALMENDROS, S., OBRADOR, B., BACH-FAIG, A., & SERRA-MAJEM, L. (2013). Environmental footprints of Mediterranean versus Western dietary patterns: beyond the health benefits of the Mediterranean diet. *Environmental Health*, *12*(1), 118.
- SCHAU, E. M., ELLINGSEN, H., ENDAL, A., & AANONDSSEN, S. A. (2009). Energy consumption in the Norwegian fisheries. *Journal of Cleaner Production*, *17*(3), 325-334.

- SPRINGMANN, M., GODFRAY, H. C. J., RAYNER, M., & SCARBOROUGH, P. (2016). Analysis and valuation of the health and climate change cobenefits of dietary change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(15), 4146-4151.
- TILMAN, D., & CLARK, M. (2014). Global diets link environmental sustainability and human health. *Nature*, 515(7528), 518.
- USDA (2019). United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service. USDA Food Composition Databases. Dirección URL: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list> [Consulta: 21/02/2019]
- VAN KERNEBEEK, H. R. J., OOSTING, S. J., FESKENS, E. J. M., GERBER, P. J., & DE BOER, I. J. M. (2014). The effect of nutritional quality on comparing environmental impacts of human diets. *Journal of Cleaner Production*, 73, 88-99.
- VENKAT, K. (2012). Comparison of twelve organic and conventional farming systems: a life cycle greenhouse gas emissions perspective. *Journal of Sustainable Agriculture*, 36(6), 620-649.
- VERMEULEN, S. J., CAMPBELL, B. M., & INGRAM, J. S. (2012). Climate change and food systems. *Annual Review of Environment and Resources*, 37, 195-222.
- VORA, N., SHAH, A., BILEC, M. M., & KHANNA, V. (2017). Food–energy–water nexus: Quantifying embodied energy and GHG emissions from irrigation through virtual water transfers in food trade. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 5(3), 2119-2128.
- WERNET, G., BAUER, C., STEUBING, B., REINHARD, J., MORENO-RUIZ, E., and WEIDEMA, B., 2016. The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 21(9), 1218–1230.
- ZIEGLER, F., WINTHER, U., HOGNES, E. S., EMANUELSSON, A., SUND, V., & ELLINGSEN, H. (2013). The carbon footprint of Norwegian seafood products on the global seafood market. *Journal of Industrial Ecology*, 17(1), 103-116.