

Cálculo de la Huella de Carbono en Industrias del sector lácteo y medidas para su reducción y/o compensación

Autores:

Luis Antonio Marcos Naveira (Universidad de Burgos -UBU-; qplamn@ubu.es).
Francisco Javier Hoyuelos Álvaro (Universidad de Burgos; fjha@ubu.es) **María Bercedo Alonso** (Universidad de Burgos); **Beatriz González García** (Universidad de Burgos); **Beatriz Medel de Pablo** (Universidad de Burgos); **Virginia Tombo Arranz** (Universidad de Burgos).

Área temática: Energía, eficiencia y cambio climático

Palabras Clave: Huella de carbono, emisiones de gases efecto invernadero, cambio climático, industria sostenible.

Resumen:

El presente estudio analiza la Huella de Carbono de tres empresas españolas del sector lácteo, como instrumento de utilidad para identificar el grado de sostenibilidad ambiental de sus procesos productivos.

Se procede en primer lugar a calcular la Huella de Carbono generada por cada una de las actividades productivas de estas empresas del sector lácteo, diferenciándose el Alcance 1 (emisiones directas), el Alcance 2 (emisiones indirectas ligadas a la energía) y el Alcance 3 (otras emisiones indirectas), para lo cual se realiza un inventario exhaustivo de su consumo de materias primas y energía, de sus sistemas logísticos y de transporte y de su producción de residuos, entre otros parámetros.

Para determinar las emisiones de gases de efecto invernadero por los alcances 1 y 2 se ha utilizado la herramienta de cálculo del Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (Mapama). La cuantificación del alcance 3 de la Huella de Carbono para las tres empresas se ha realizado utilizando los factores de conversión más próximos a las actividades y materias empleadas en este sector industrial.

La Huella de Carbono global calculada, se compara para las tres empresas del sector lácteo estudiadas y también frente a resultados publicados por otras empresas de la misma área productiva. Se identifican así mismo cuáles son los ámbitos productivos del sector lácteo más significativos desde el punto de vista de las magnitudes de gases de efecto invernadero emitidos.

Finalmente se analizan además en este trabajo, diversas actuaciones que pueden contribuir a la reducción o mitigación de las emisiones equivalentes de dióxido de carbono por el sector industrial de lácteos, así como una serie de propuestas que se enmarcarían tanto en el ámbito de la compensación de emisiones de gases de efecto invernadero como en el de Adaptación al Cambio Climático.

1.- CARACTERÍSTICAS DE LAS EMPRESAS LÁCTEAS ESTUDIADAS.

El sector de la producción de leche y de la fabricación industrial de derivados lácteos es extraordinariamente importante en España, especialmente en las comunidades autónomas de Galicia y de Castilla y León; la figura 1 (Mercasa 2015) refleja algunas de las cifras más significativas de este sector. En esta comunicación científica, se estudian

desde el punto de vista de la Huella de Carbono, tres empresas del sector de productos lácteos radicadas en Castilla y León; por compromisos previos de confidencialidad establecidos entre la Universidad de Burgos (UBU) y las citadas, se mantiene el anonimato de las mismas, por lo cual se procederá a denominarlas de la siguiente forma: Empresa Láctea ESL01, Empresa Láctea ESL02 y Empresa Láctea ESL03.

Principales empresas lácteas y de derivados lácteos

Leche		Derivados lácteos	
Empresa	Producción mill. litros	Empresa	Ventas mill. euros
Grupo Lactalis Iberia, S.A.	620,0	Grupo Lactalis Iberia, S.A.	1.180,00
Ipariat, S.A.	610,0	Danone, S.A.	950,00
Corp. Alimentaria Peñasanta, S.A.	590,0	Calidad Pascual, S.A.U.	705,00
Leche Celta, S.A.	455,3	Corporación Alimentaria Peñasanta, S.A (Capsa).	677,60
Calidad Pascual, S.A.	415,0	Indust. Lácteas Asturianas, S.A. (ILAS) - Grupo	515,00
Leite Río, S.L.	398,1	Grupo TGT	450,00
Coop. Gan. Valle Pedroches (COVAP)	260,0	Coop. Ganadera del Valle de los Pedroches – Covap	373,00
Kaiku Corporación Alimentaria, S.A.	170,0	Senoble Ibérica, S.L.U.	360,00
Coop. Feiraco	90,0	Ipariat, S.A.	350,30
Industrias Lácteas Asturianas, S.A.	55,0	Leche Celta, S.L.	310,65

Informe de Alimentación 2015, Mercasa

Figura 1. Principales empresas lácteas y producción de derivados lácteos España (Mercasa, 2015).

La Empresa Láctea ESL01, es una actividad industrial proveniente de un grupo empresarial familiar con más de 90 años de experiencia en el mundo de la alimentación, cuenta con más de 150 empleados y una facturación cercana a los 55 millones de euros.

Esta empresa se dedica a la elaboración de alimentos saludables, de origen 100 % vegetal, contando con el certificado de IP de materia prima no transgénica. Además su sistema de gestión es SAP, siguen un proceso de mejora continua Lean Manufacturing y cuentan con la certificación ISO 9001 y certificación de productos ecológicos.

Comercializa cerca de 50 productos y marcas diferenciadas, dentro de las cuales destacan los derivados lácteos como queso fresco, postres UHT, mantequilla y productos deshidratados, los preparados vegetales: productos UHT y otros y los Alimentos precocinados: caldos y cremas UHT. Aunque su actividad principal es la fabricación de productos de alimentación, como actividad secundaria, genera electricidad y calor mediante una planta de cogeneración.

La Empresa Láctea ESL02, es una actividad industrial proveniente de una larga tradición familiar y dedicada exclusivamente al sector lácteo, fabricando productos lácteos (fundamentalmente quesos frescos, yogures y queso rallado) que comercializa a través de 25 marcas diferentes. Cuenta con 70 empleados y factura anualmente cifras superiores a los 50 millones de euros.

La fábrica cuenta con dos plantas, la primera y más importante de ellas, la denominada planta de queso fresco. En esta se produce transformación del producto, desde la materia prima que suele ser leche, hasta infinidad de derivados lácteos como mozzarellas frescas, yogures, quesos frescos, etc. La otra planta, denominada planta de fundidos, no desarrolla actividades que conlleven la transformación el producto. A esta

planta llegan quesos fundidos en grandes bloques y estos son o bien rallados, o bien loncheados, y envasados para comercializar.

La Empresa Láctea ESL03, es una actividad eminentemente agrícola y ganadera, de dimensiones modestas, que se dedica fundamentalmente a la producción de leche y derivados lácteos como la nata y quesos, cuenta con 3 empleados fijos y una facturación anual del orden de los 5 millones de euros.

2.- EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y HUELLA DE CARBONO EN EL SECTOR LÁCTEO.

El fenómeno del Efecto Invernadero es de origen natural, necesario para la vida sobre la superficie terrestre y un mecanismo por medio del cual la atmósfera de la Tierra y del resto de los planetas se calienta. La composición química de la atmósfera terrestre incluye mayoritariamente dos gases, Nitrógeno (N_2), en un 79% y Oxígeno (O_2) en un 20%. El 1% restante está formado por diversos gases, los más abundantes son el Argón (Ar) en un 0,9% y el dióxido de carbono (CO_2) cuya composición es de 0,04%. Este último gas, presente en proporciones tan bajas, es de crucial importancia en el proceso de calentamiento de la atmósfera.

Los gases antropogénicos de Efecto Invernadero más importantes son el dióxido de carbono, el metano, los óxidos de nitrógeno, el ozono y los clorofluorocarbonos (véase Figura 2). Estos gases retienen parte de la energía calorífica que se recibe del sol, manteniendo la temperatura dentro de límites que permiten el desarrollo de la vida. Los Gases de Efecto Invernadero, permiten el paso de las radiaciones solares de onda corta, calentando la superficie terrestre. A su vez, absorben parte del calor que emana de la superficie terrestre en forma de radiaciones infrarrojas, de mayor longitud de onda que la luz solar. Como consecuencia, la superficie de la tierra experimenta un calentamiento de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $15\text{ }^{\circ}\text{C}$. A éste se le denomina Efecto Invernadero Natural (Aguilar, 2003).

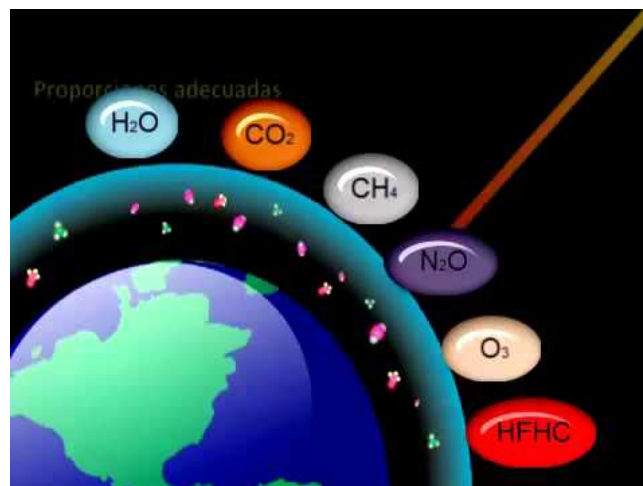


Figura 2.- Principales Gases de Efecto Invernadero en la Atmósfera.

<https://sites.google.com/site/efectoinvernadero321/gases-de-efecto-invernadero>

Sin embargo, la actividad humana tiende a aumentar desde la Revolución Industrial las concentraciones de estos gases en la atmósfera, multiplicando el Efecto Invernadero

hasta niveles que conducen al Calentamiento Global del planeta y el peligroso Cambio Climático; es el denominado Efecto Invernadero Antropogénico (Aguilar, 2003). Las temperaturas medias anuales del planeta ya se encuentran 1°C por encima de la media preindustrial, las concentraciones de dióxido de carbono superan las 410 ppm (algo que no ha ocurrido en los 800.000 años precedentes) y los informes de los científicos del IPCC alertan de que las consecuencias si se superan los 1,5°C de temperatura media serán devastadores desde el punto de vista del número e intensidad de los fenómenos extremos, fusión del hielo polar, ascenso del nivel del mar y consecuencias económicas, sociales de salud humana y sobre la biodiversidad planetaria (Caballero et al., 2007).

Dentro del ámbito de la alimentación, el aumento poblacional y el nuevo modelo de consumo, ha encaminado a la ganadería hacia una producción intensiva. En la actualidad este sector contribuye al total de las emisiones de gases de efecto invernadero de origen antropogénico, hasta un 14,5%, destacando la producción de carne y leche de vacuno (Clune et al., 2017). Por subsectores, es la producción de carne y leche de vacuno la que contribuye en mayor grado con un 41% y 19% de las emisiones del sector respectivamente. Mientras que la carne de porcino, carne de aves de corral y los huevos contribuyen respectivamente en un 9% y 8% (FAO, 2010; FIAB, 2013).

El metano es el gran problema del sector ganadero, dividiéndose en el producido por fermentación entérica en el proceso digestivo de los rumiantes (siendo entre el 44% y el 50% de las emisiones totales de la cadena), y el generado en la manipulación de los estiércoles. El CO₂, gas de efecto invernadero más popularizado, es emitido entre un 33% y un 20% según el producto analizado, siendo originado en el proceso de alimentación, en los pastos, en la producción de energía directa e indirecta y en procesos posteriores a la granja (Wackernagel, 2001).

3.- CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO.

La Huella de Carbono (HdC) es una potente herramienta para luchar contra el Cambio Climático; mide la cantidad del dióxido de carbono y otros GEI asociados a un producto, empresa o individuo, definiéndose como “la totalidad de Gases de Efecto Invernadero emitidos por efecto directo o indirecto por un individuo, organización, evento o producto en el ciclo de vida del mismo” (Mapama, 2015). Las emisiones pueden ser directas o indirectas:

- Las emisiones directas de GEI proceden de fuentes propiedad o bajo control de la organización. De forma simplificada podrían entenderse como las emisiones liberadas in situ en el lugar donde se produce la actividad.
- Las emisiones indirectas de GEI son producidas por actividades de la empresa, pero por fuentes que son propiedad o bajo control de otra organización.

La Huella de Carbono identifica todas las fuentes de emisiones de GEI y establece, medidas de reducción efectivas (Mapama, 2015). La Huella de Carbono sería una versión simplificada del Análisis de Ciclo de Vida (herramienta metodológica que sirve para medir el impacto ambiental de un producto, proceso o sistema a lo largo de todo su ciclo de vida, partiendo desde la obtención de las materias primas hasta el procesado final) en el que se considera únicamente una categoría del impacto ambiental: el Calentamiento Global (Ihobe, 2009). Existen dos tipos de Huella de Carbono: la de un

producto y la de una organización.

La Huella de Carbono de productos o servicios se obtiene midiendo las emisiones de GEI que se generan en la cadena de producción, desde la obtención de materias primas hasta el tratamiento de residuos, pasando por la manufacturación y el transporte basándose en los Análisis de Ciclo de Vida. A través de su análisis, las organizaciones pueden reducir o compensar sus emisiones (Rodríguez Olalla et al., 2015).

La Huella de Carbono de una organización cuantifica sus emisiones de GEI como la suma de las emisiones y absorciones de Gases de Efecto Invernadero, emitidas por efecto directo o indirecto, como consecuencia de todas sus actividades y expresadas en CO₂ (Jiménez Herrero, 2011). En este tipo de Huella de Carbono distinguimos:

- **Alcance 1:** emisiones directas fruto de las actividades propias de la empresa, véase Figura 4. Incluye el calor, electricidad o vapor generados por calderas situadas en las propias instalaciones, así como productos químicos y materiales resultantes de la producción y los vehículos de la empresa.
- **Alcance 2:** son emisiones indirectas generadas por el uso de electricidad necesaria para actividades objeto de estudio, por ejemplo, iluminación, calefacción y procesos de la maquinaria de la empresa (Figura 3).
- **Alcance 3:** son emisiones indirectas generadas por actividades que no pueden ser controladas, Figura 4, como las asociadas a las materias primas de la organización, los viajes de trabajo con medios externos, el transporte de materias primas, de combustibles y de productos realizados por terceros o la utilización de

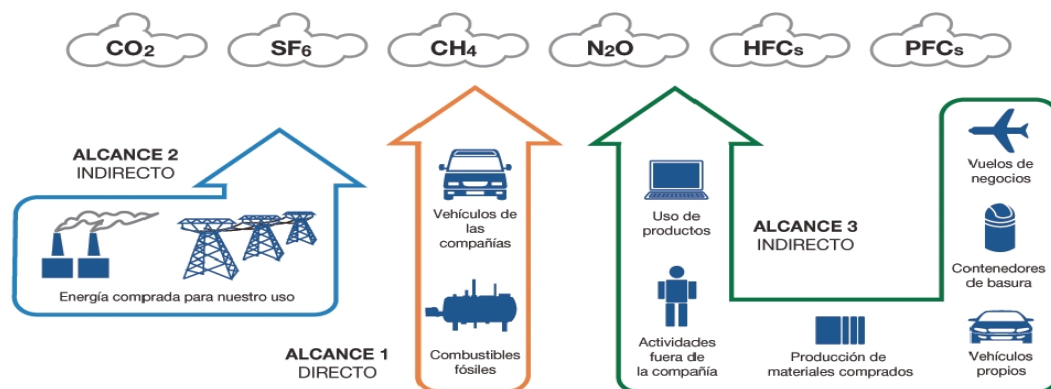


Ilustración 2: Esquema de Tipos de Emisiones

productos o servicios ofrecidos por otros (Mapama, 2015).

Figura 3: Esquema de los tipos de emisiones que forman parte del Alcance 1, 2 y 3. (Mapama, 2015).

Todos los proyectos que surgen de la necesidad de medir la HdC (Huella de Carbono) de una organización o producto no sólo tienen como objetivo el cálculo de las emisiones de GEI, sino que también han de establecer medidas de reducción o compensación de dichas emisiones. Los pasos que se han llevado para calcular la HdC de esta organización son los siguientes: se deben identificar qué factores de emisión se corresponden con cada actividad y efectuar su producto (Figura 4):

- El dato de actividad: es el parámetro que define el grado o nivel de la actividad generadora de las emisiones de GEI (datos de consumo).
- El factor de emisión: supone la cantidad de GEI emitidos por cada unidad del parámetro “dato de actividad”. Estos factores varían en función de la actividad que se trate (kg CO_{2eq}). (Mapama, 2015).

HUELLA DE CARBONO = DATO ACTIVIDAD X FACTOR EMISIÓN

Figura 4: Fórmula para calcular la HdC (Huella de carbono = Dato actividad x factor emisión). Fuente: Elaboración propia.

La herramienta seleccionada para el cálculo de la HdC de esta organización es la calculadora MAPAMA, proporcionada por el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Es una iniciativa puesta en marcha en 2014, para fomentar la lucha contra el Cambio Climático con el cálculo y reducción de la HdC, (Alcances 1 y 2), de las actividades de las organizaciones españolas, siendo especialmente indicada para las pequeñas y medianas empresas que no cuenten con emisiones distintas a las de combustión, producidas como resultado de reacciones, intencionadas o no, entre sustancias, o su transformación, así como para promover los proyectos de reducción y compensación de sus emisiones (Mapama, 2016).

La calculadora consiste en una hoja de cálculo Excel de fácil uso, en la que se introducen los datos correspondientes al año natural de 2015, 2016 y 2017 en este caso, que definen la actividad de la organización. La propia calculadora ya contiene los factores de emisión que se corresponden con cada actividad y realizará las operaciones para obtener un resultado final a partir del cual se llevará a cabo el plan de reducción de emisiones. La hoja de cálculo está dividida en 9 pestañas distintas, Figura 5, las cuales incluyen:

Figura 5.- Contenido de la Calculadora MAPAMA (de Agricultura y Pesca, Alimentación

y Medio Ambiente). Fuente: Calculadora MAPAMA (2016).

4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Una vez distribuidos los datos en su correspondiente Alcance 1 y 2, la herramienta de cálculo MAPAMA proporciona los resultados absolutos anuales para las tres empresas del Sector Lácteo de Castilla y León estudiadas.

Los resultados de la Empresa ESL01 para el año natural de 2016, están reflejados en la Figura 6, donde se exponen los alcances 1 y 2. Haciendo un balance de los resultados obtenidos, la suma de ambos Alcances 1 + 2 es de 28.952,36 t CO_{2eq}, es decir, este valor equivale al global de emisiones de GEI directas e indirectas emitidas por la citada organización láctea (Tombo, 2017).

El alcance 1 supone un total de 21.226,50 t CO_{2eq}, fundamentalmente debidas a las emisiones de fuentes de instalación fijas, y en mucha menor proporción a los desplazamientos de los vehículos propios de la empresa y a las emisiones de gases fluorados. Por su parte, el alcance 2 (emisiones indirectas por consumo de electricidad, suponen 7.725,87 t CO_{2eq} en el periodo considerado.

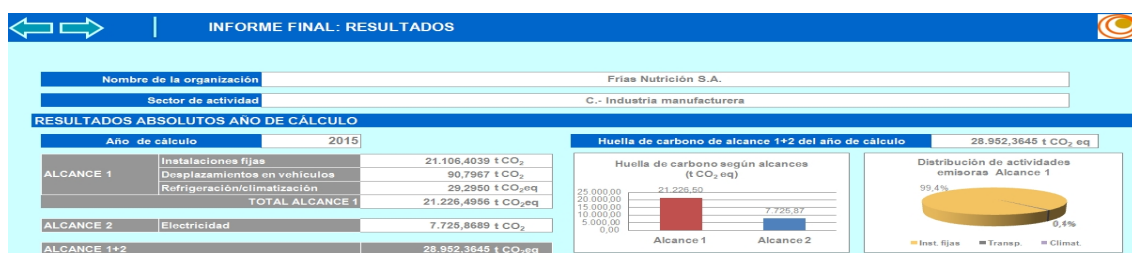
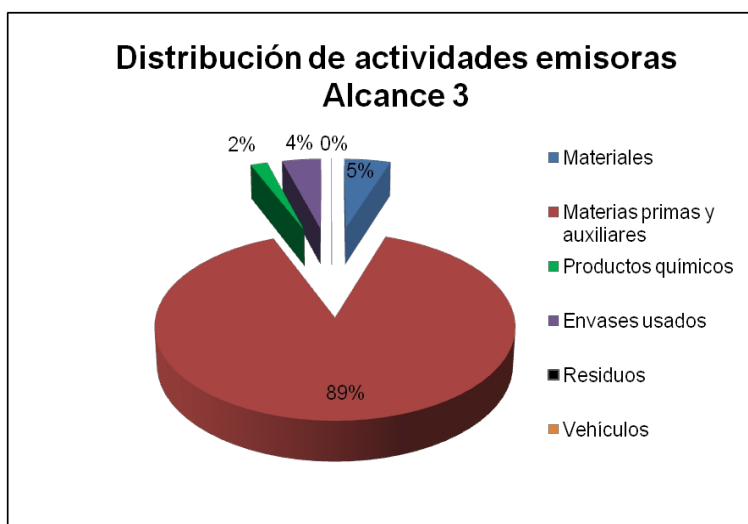


Figura 6: Resultados del Cálculo de la Huella de Carbono. Alcance 1 y 2. Empresa Sector Lácteo ESL01. Año de Cálculo 2016.

Respecto al alcance 3 de la citada empresa ESL01, abarca un total de emisiones de 41.085,76 t CO_{2eq}, como puede verse en la Figura 7. El máximo número de toneladas equivalentes de CO₂, se refleja en las materias primas y auxiliares sobretudo en la leche cruda (vaca, cabra, oveja) con un total de 23.530.304 t CO_{2eq}, en los azúcares con 8.270.010 t CO_{2eq}, por último en los cereales y otros vegetales, 4.053.941 t CO_{2eq}.

Figura 7.- Resultados del Cálculo del Alcance 3 de la Huella de Carbono. Empresa del Sector Lácteo ESL01. Año de Cálculo 2016.



Por tanto, para el año 2016, el Cálculo de la Huella de Carbono Total para la Empresa del Sector Lácteo de la comunidad de Castilla y León ESL01 es de 70.038,12 t CO_{2eq} en las cuales el Alcance 3 (Tombo, 2017), debido principalmente a las materias primas utilizadas es el máximo responsable (Figura 8).

$$\text{ALCANCE 1} + \text{ALCANCE 2} + \text{ALCANCE 3} = 70.038,12 \text{ t CO}_{2eq}$$

Figura 8.- Resultados del Cálculo de la suma de los tres alcances de la Huella de Carbono. Empresa del Sector Lácteo ESL01. Año de Cálculo 2016.

Respecto a la segunda empresa del sector lácteo estudiada, denominada ESL02, respecto al alcance 1 (emisiones directas) y alcance 2, los resultados pueden analizarse en las Figuras 9 y 10, según Bercedo (2017).

ALCANCE 1

Combustibles fósiles en instalaciones fijas	Emisiones asociadas al transporte	Emisiones fugitivas – fluorados
Gas natural *1	Estos datos aportan cantidades poco significativas a la contribución total de las emisiones de esta empresa.	
7.134.086,57 kWh		

Figura 9: Resultados del Cálculo de la Huella de Carbono. Alcance 1. Empresa Sector Lácteo ESL02. Año de Cálculo 2015.

Dado que el Factor de Emisión correspondiente al Gas Natural en el ejercicio considerado (*1) es de 0.202 kg CO₂ eq. / kWh. Tal y como viene proporcionado por la Herramienta de Cálculo de Huella de Carbono del mapama, y dado que los datos que han sido obtenidos vienen expresados en PCS (poder calorífico superior) y tienen que ser convertidos a PCI (poder calorífico inferior), mediante el uso de la conversión: 1 kWh_(PCS) = 0.901 kWh_(PCI) debe realizarse una transformación, que hace que partiendo de un total de 6.427.812 kWh_(PCS), se obtenga el resultado final: **7.134.086,57 kWh (PCI)**.

Considerando finalmente el Factor de Emisión correspondiente, se obtiene un valor global para el **ALCANCE 1** → 1.441,085 toneladas de CO₂ equivalente.

Respecto al Alcance 2 (emisiones indirectas debidas al consumo de electricidad), la empresa suministradora de electricidad a ESL02 durante el periodo considerado es Gas natural Comercializadora SA. El factor de emisión que se usa en este caso es 0.35 kg CO₂ eq. / kWh. Tal y como establecía en ese momento la Herramienta de cálculo del Mapama (Bercedo, 2017). La figura 10 nos expone el consumo de electricidad, y tras multiplicar esa cifra por el factor de emisión se obtiene el resultado del Alcance 2:

ALCANCE 2 → 849,077 toneladas de CO₂ equivalente.

ALCANCE 2

Electricidad
Gas Natural Comercializadora, S.A
2.425.936 kWh

Figura 10: Resultados del Cálculo de la Huella de Carbono. Alcance 2. Empresa Sector Lácteo ESL02. Año de Cálculo 2015.

Para el cálculo del Alcance 3 de la Huella de Carbono de la empresa ESL02, se ha procedido a cuantificar el conjunto de materias primas utilizadas en el ejercicio considerado (consumos de agua, volumen de leche adquirido, materiales como madera, aluminio, otros metales, papel, cartón, plásticos...) y se les han aplicado los correspondientes factores de emisión, proporcionados por los proveedores u obtenidos de la bibliografía. También se han incluido en el alcance 3 las emisiones generadas por los sistemas de movilidad de los empleados en sus desplazamientos a la empresa.

La Figura 11 resume (Bercedo, 2017) los consumos de diferentes materias primas de la empresa ESL02 en el ejercicio considerado, los factores de conversión utilizados y las emisiones de gases de efecto invernadero que totalizan. Por su parte, la Figura 12 refleja las emisiones atribuidas a desplazamientos inherentes al funcionamiento de la empresa. Todo lo cual totaliza para el alcance 3:

ALCANCE 3 → 45.805,52 toneladas de CO₂ equivalente.

Datos	Consumo anual	Unidades de medida	Factor de emisión (kg CO ₂ eq/ud)	kg CO ₂ eq
Leche	32.400.000	L	1,4	45.360.000
Agua	98.829	m3	0,084	8.301,63
Madera	140,034	m3	150	21.005,18
Metales aluminio	104,58	kg	9	941,22
Papel/cartón	74,77	Tn	1.127	84.265,79
Otros plásticos	48.758,65	kg	3,5	170.655,275
Plásticos PET	37.661,95	kg	1,7	64.025,315

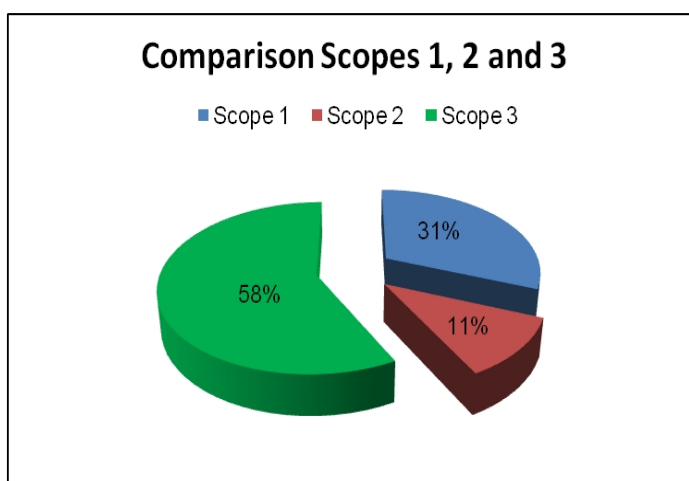
Figura 11: Resultados del Cálculo de la Huella de Carbono. Materias Primas. Empresa Sector Lácteo ESL02. Año de Cálculo 2015.

Dato	Consumo anual	Unidades de medida	Factor de emisión (g CO ₂ eq / km)	kg CO ₂ eq
Vehículos trabajadores	424.320	km	0,227	96.320,64

Figura 12: Resultados del Cálculo de la Huella de Carbono. Desplazamientos. Empresa Sector Lácteo ESL02. Año de Cálculo 2015.

Por tanto la suma de los alcances 1, 2 y 3 nos da un total de la Huella de Carbono de la Empresa ESL02 de 68,483.38 t CO_{2eq} en el año 2015, con una distribución relativa entre los tres alcances que puede verse en la Figura 13 (Bercedo, 2017).

Figura 13.- Porcentajes de la Huella de Carbono por alcances. Empresa del Sector Lácteo ESL02. Año de Cálculo 2015.



Finalmente, respecto a la tercera empresa del sector lácteo estudiada, denominada ESL03, respecto al alcance 1 (emisiones directas) se han tenido en consideración las aportaciones de gases de efecto invernadero debido a la combustión en instalaciones fijas, en los desplazamientos de los vehículos de la propia empresa, y el consumo de gases fluorados (Medel, 2018).

Las instalaciones fijas en este caso, son aquellas utilizadas para el procesado de la leche y en general para la explotación agrícola. Estas instalaciones únicamente consumen gasoil quemado en una caldera industrial. En 2015, 2016 y 2017 se ha empleado en el uso de esta: 17.786, 21.746 y 22.703 L respectivamente obteniendo una huella de carbono a través de la herramienta de cálculo de entre 51.010,25 kg CO_{2eq} y 65.112,20 kg CO_{2eq} en los diferentes años, debido a que el factor de conversión para el gasóleo C (empleado en calderas industriales) es de 2,868 kg CO₂/litro.

Respecto a los desplazamientos en vehículos de reparto, que se utilizan para distribuir la leche a los distintos clientes y consumidores (dos vehículos frigoríficos) gastan al año cerca de 8000 L entre los dos, y como ambos son gasoil se utiliza el factor de conversión para gasoil tipo A o B empleado en vehículos (2,54 kg CO₂/litro), con el que se obtiene una emisión en 2015, 2016 y 2017 de 20.427,73, 20.658,19 y 19.330,52 kg

CO₂eq, respectivamente.

La organización cuenta con dos equipos que utilizan gases fluorados: una balsa de agua que contiene dos circuitos con dos gases diferentes (R-422D y R-442A) y una cámara frigorífica con un solo circuito (R-422D). Los factores de emisión correspondientes para cada gas (R-422D: 2,729 PCG; R-442A: 1,888 PCG) son imprescindibles para obtener la cantidad total de kg CO₂eq proporcionados por los gases fluorados anualmente, siendo de 13.104 kg CO₂eq.

La suma de todos estos componentes, nos ofrece el resultado del alcance 1 para los tres ejercicios en que se han efectuado los cálculos de Huella de Carbono para esta empresa, y que pueden verse en la Figura 14 (Medel, 2018).

	t CO ₂ eq 2015	t CO ₂ eq 2016	t CO ₂ eq 2017
alcance 1	71,4380	83,0257	84,4427

Figura 14: Resultados del Cálculo de la Huella de Carbono. Alcance 1. Empresa Sector Lácteo ESL03. Año de Cálculo 2015-16-17.

Respecto al alcance 2, la empresa ESL03 se abastece de energía eléctrica proporcionada a través de Iberdrola, este parámetro tiene un factor de emisión de 0,21 kg CO₂/kWh, que como se ve en la Figura 15 (Medel, 2017) da lugar a unas emisiones de CO₂ de 280.479,98, 258.544,21 y 427.047,04 kg CO₂eq a lo largo de los años 2015, 2016 y 2017, respectivamente.

	Factor de emisión	2015	kg CO ₂ eq 2015	2016	kg CO ₂ eq 2016	2017	kg CO ₂ eq 2017
Electricidad (KWh)	0,21	1.335.619	280.480	1.723.628	258.544	1.525.168	427.047
Placas solares	0,00	136.478	0	100.201	0	132.035	0
Energía hidroeléctrica	0,00	305.171	0	332.303	0	161294	0
TOTAL Electricidad			280.480		258.544		427.047

Figura 15: Resultados del Cálculo de la Huella de Carbono. Alcance 2. Empresa Sector Lácteo ESL03. Año de Cálculo 2015-16-17.

Además de esta energía adquirida, la empresa ESL03 genera su propia energía renovable la cual no contribuye a la huella de carbono pero si evita que esta sea mayor, ya que disminuye la cantidad de energía que sería necesaria comprar en el caso de no tener estas otras fuentes de producción.

Cuenta con una presa hidroeléctrica que genera entre 332.303 y 161.294 kWh/año dependiendo de la cantidad de lluvia que haya caído ese año sobre la tierra y la fuerza

con la que esta llegue hasta la presa. El principal inconveniente de esta energía es que es estacional, lo que obliga a comprar el resto de la energía necesaria en función de la cantidad generada y necesitada.

Así mismo, la empresa láctea ESL03 posee placas solares proporcionando de esta manera otra fuente de energía renovable, pero esta energía no es utilizada por la empresa sino que se vende al mismo proveedor del que se adquiere el resto de energía (Iberdrola).

Si todos los kWh de producción eléctrica renovable tanto hidráulica, como solar se obtuvieran mediante el proveedor Iberdrola (factor de emisión de CO₂ de 0.21 kgCO₂/kWh) las emisiones de CO₂ que se generarían serían de 373.226,27, 349.370,05 y 488.646,13 kg CO₂eq durante los años 2015, 2016 y 2017, lo que aumentaría considerablemente la huella de carbono y la importancia del alcance 2 en el cálculo.

En lo que se refiere al Alcance 3 del Cálculo de la Huella de Carbono de la Empresa del Sector Lácteo de Castilla y León ESL03, en este apartado se determinan los kg CO₂eq emitidos de forma indirecta a través de los envases utilizados para la venta de la leche, los alimentos de los animales, el desplazamiento de los trabajadores, los productos de limpieza, el agua la leche y nata producidas (Medel, 2018).

Para la distribución y venta de la leche obtenida, la organización compra únicamente tetra-bricks procedentes de la marca TetraPack, siendo este el único envase en que se distribuye la leche. Estos tetra-bricks tienen un factor de emisión de 0,111 kg CO₂/envase, que lleva a una huella de carbono de entre 20.828,04 hasta 33.273,36 Kg CO₂eq dependiendo de los envases comprados en el año de cálculo.

Los piensos y demás productos empleados para las vacas y ovejas criadas en la finca, se han clasificado en tres categorías con distinto factor de emisión: Paja (0,50 kg CO₂/kg paja), cereales (1,00 kg CO₂/kg cereal) y piensos artificiales comprados (1,50 kg CO₂/kg pienso). Según las cantidades consumidas, se obtienen las emisiones equivalentes de dióxido de carbono: 2.331.257,50 kg CO₂eq en 2016 y 3.159.833 kg CO₂eq en 2017.

El desplazamiento de los tres trabajadores, que se realizan en sus vehículos particulares, con un factor de emisión de 0,104 kg CO₂/km, proporciona al año 2.091,54 kg CO₂eq. Por su parte, los productos de limpieza empleados por la empresa: *Spetac*, *Pascal*, *Divosan desinfectante* y *Divosan TC86* generan un equivalente de 2.214,16 kg CO₂eq.

La leche y nata tienen un factor de emisión muy alto, debido a que cuenta con toda la producción de gases invernadero generados por los animales y no solo por el producto (Chauhan et al., 2015; DairyCo, 2012; IDF, 2015; Vergé et al., 2013), habiéndose estimado en 1,40 kgCO₂/litro de leche y en 9,30 kgCO₂/kg de nata, que proporcionan al alcance 3, por estos conceptos: 366.747,60 kg CO₂eq en 2015, 352.199,50 kgCO₂eq en 2016 y en 2017 de 332.700 kg CO₂eq.

Completa los apartados considerados en el cálculo del Alcance 3 el consumo de agua, que equivale de media por cada día de envasado a 1200 L de agua, lo que da un cómputo anual de 124.800 L de agua, con un factor de emisión de 0,084 kg CO₂/L. Los resultados para el agua se exponen en la Figura 16 (Medel, 2018).

	Factor emisión	2015	kg CO ₂ eq 2015	2016	kg CO ₂ eq 2016	2017	kg CO ₂ eq 2017
Agua procesos envasado (L/año)	0,084 kg CO ₂ /L	124.800	10483,20	124.800	10483,20	124.800	10483,20

Figura 16: Resultados Huella de Carbono por Consumo de Agua. Alcance 3. Empresa Sector Lácteo ESL03. Año de Cálculo 2015-16-17.

Sumando todas las contribuciones al Alcance 3 para el Cálculo de la Huella de Carbono de la empresa ESL03, en el **ejercicio 2017, de 3.540.595, 3 kg CO₂eq.** En la Figura 17 se exponen los resultados de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero para la Empresa ESL03 para los tres ejercicios considerados, si bien no son comparables por no incluir los mismos conceptos.

Figura 17: Resultados del Cálculo de la Huella de Carbono. Alcance 3. Empresa Sector Lácteo ESL03. Año de Cálculo 2015-16-17. Kg CO₂eq.

La suma de los alcances 1, 2 y 3 nos proporciona la Huella de Carbono total de la Empresa Láctea ESL03 para los tres años considerados, aunque debido a que numerosos productos que imputan al alcance 3 no se computaron en 2015, las cifras de este año no son representativas.

En la Figura 18 se exponen los resultados para cada ejercicio de la Huella de Carbono total, que para el año 2017 supera las 4.000 Toneladas de CO₂eq (Medel, 2018).

Figura 18: Resultados del Cálculo de la Huella de Carbono Total. Empresa Sector Lácteo ESL03. Año de Cálculo 2015-16-17; t CO₂eq.

Para comprender mejor el impacto sobre las emisiones de gases de efecto invernadero de las industrias del sector lácteo, es preciso abordar las emisiones de dióxido de carbono equivalente de cada empresa por unidad de producto generada; son cifras complejas y que hay que valorar con precaución, porque las tres empresas del sector lácteo de Castilla y León estudiadas producen una amplia gama de derivados lácteos, cuya huella de carbono individualizada es diferente.

En el caso de la Empresa del Sector Lácteo ESL01, las emisiones de gases de efecto invernadero emitidas por kg de derivados lácteos comercializados son de 7,2 kg CO₂eq. Para la Empresa ESL02 las emisiones equivalentes de dióxido de carbono por kg de productos lácteos son de 9,5 kg CO₂eq. Y finalmente la Empresa ESL03, emite 10,6 kg CO₂eq. por cada kg de productos lácteos procesados puestos en el mercado.

Son unas cifras homologables a las obtenidas en otros estudios, donde Bravo (2016) habla de 9,2 kg de CO₂ equivalente por kg de derivado lácteo, Canellada et al. (2018) de 10,2 kg de CO₂ equivalente por kg de derivado lácteo.

En general, la horquilla de variación de las emisiones de gases de efecto invernadero en

empresas de este sector por kilogramo de producto oscilan entre los 2,9 kg de CO₂ equivalente por kg de derivado lácteo para las producciones artesanales de productores locales y los 18,2 kg de CO₂ equivalente por kg de derivado lácteo, siendo los valores más frecuentes los comprendidos entre 8,5 y 12,4 kg de CO₂ equivalente por kg de derivado lácteo, para producciones industriales (Aguirre-Villegas et al., 2011; Clune et al., 2017; Flysjö, 2012; Vasilaki et al., 2016).

5.- PROPUESTAS ELABORADAS PARA LA REDUCCIÓN Y COMPENSACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO DE LAS EMPRESAS ESTUDIADAS.

Entre las propuestas elaboradas para las empresas del sector lácteo estudiadas en orden a reducir o compensar su Huella de Carbono, se incluyen las siguientes (Bercedo, 2017; Tombo, 2017 y Medel, 2018):

- I. Gran cantidad del agua que se consume se destina al procesamiento de la leche cruda y la otra gran parte se destina a la limpieza y desinfección de los moldes, tanques y tuberías. Cuando la leche cruda recibe el tratamiento de termización y pasteurización, la leche alcanza temperaturas muy elevadas, por medio del agua. Este hecho conlleva una demanda energética muy elevada. Parte de esa energía puede ser ahorrada si la leche recién salida del pasteurizador (y antes de que sea refrigerada) se utiliza para precalentar la próxima partida de leche que vaya a ser tratada. Así la leche entra al equipo con una temperatura algo más elevada y el calentamiento es más rápido y con menos coste. Se consigue así un ahorro de energía y a la vez de agua.
- II. El agua usada en los procesos de limpieza, tanto de maquinaria, como de moldes y cubas o de tuberías de la fábrica puede ser reutilizada mediante la implantación de un sistema CIP (Cleaning In Place: "limpieza in situ"). Este método típico de la industria láctea, se basa en un sistema de limpieza con el que no hace falta desmontar el equipo de producción para lavarlo. La limpieza y desinfección se realiza mediante la recirculación de la disolución limpiadora a través de las tuberías, válvulas, etc. Es decir, el sistema está programado para que el agua del enjuagado final recircule y sea utilizada para el pre-enjuagado, aprovechando, además, que esa agua tiene ya agentes limpiadores.
- III. Las tres empresas estudiadas realizan la movilidad de su personal fundamentalmente mediante los vehículos particulares de sus empleados, por lo cual se propone el uso de un autobús de empresa en cada uno de los turnos de la jornada laboral, o el uso de vehículo particular compartido en los casos de menor tránsito de personal. Esta modificación del sistema de transporte del personal, se estima reduciría las emisiones de gases de efecto invernadero en este concepto entre el 40 y el 60% (Bercedo, 2017; Tombo, 2017 y Medel, 2018).
- IV. Otra vía de reducción de las emisiones es la compra local de las materias primas. Normalmente en el sector lácteo los piensos para la alimentación animal y la leche cruda adquirida a ganaderos constituyen la principal causa de emisiones de gases de efecto invernadero entre las entradas al sistema industrial. Si piensos y leche cruda se adquieren en las proximidades y entorno de la actividad industrial de transformación, se reducen de forma significativa la elevada cantidad de emisiones asociadas al gasto de combustible.

- V. Las empresas consideradas emplean refrigerantes industriales del tipo R-434, R-407, R-22..., que contribuyen a las emisiones de GEI. Por tanto, la sustitución de estos refrigerantes por otros ecológicos favorece la reducción de las emisiones de GEI en el Alcance 1.
- VI. Reordenar el proceso de gestión de residuos, priorizando la minimización en origen; la recogida y separación en origen; optimizar la logística y transporte; maximizar el reciclaje como destino final del residuo, obteniéndose recortes en los ratios de t residuo/t producto fabricado. Conversión de los residuos de papel y cartón de instalaciones de una planta láctea en un subproducto a través de la trituración de los mismos. Esta iniciativa favorece la reducción de GEI como consecuencia de la reducción del número de viajes realizados por la empresa gestora. (Alcance 3).
- VII. Dos de las empresas estudiadas generan energía renovable, sea por procesos hidroeléctricos o mediante energía solar fotovoltaica. Se propone incrementar el porcentaje de energías renovables de su mix energético, introduciendo una mayor proporción de energía solar fotovoltaica y sustituyendo el consumo de Gas Natural por productos biológicos, como biomasa, entre los que se destacan los siguientes tipos: Astillas, Carbón vegetal, Madera, Pellet, Residuos agrícolas o Residuos de madera (Bercedo, 2017; Tombo, 2017 y Medel, 2018).
- VIII. La compensación de emisiones de CO₂ consiste en captar una cantidad de dióxido de carbono equivalente a parte de las emitidas en una empresa u organización. Una opción es mediante la participación en proyectos de absorción de dicho gas, tales como, los expuestos por el MAPAMA (2015), como Repoblaciones forestales con cambio de uso de suelo, o actuaciones en zonas forestales incendiadas para el restablecimiento de la masa forestal existente, así una plantación forestal, con unos 500 árboles por ha retiene anualmente una media de 6 t de CO₂ por ha.

6.- CONCLUSIONES.

Se ha calculado la Huella de Carbono para tres empresas del sector lácteo de la comunidad de Castilla y León, abordando de forma diferenciada los alcances 1 y 2 (utilizando para ello la Herramienta de Cálculo del Ministerio de Medio Ambiente) y el alcance 3, realizando un inventario riguroso de la movilidad, las materia primas y los residuos que intervienen en el proceso de producción.

El Cálculo de la Huella de Carbono Total para la Empresa del Sector Lácteo ESL01 es de 70.038,12 t CO_{2eq} en el año 2015. Se obtiene un total de la Huella de Carbono de la Empresa ESL02 de 68,483.38 t CO_{2eq} en el año 2016 y finalmente para el ejercicio 2017, la Huella de Carbono total de la Empresa Láctea de Castilla y León ESL03 supera las 4.000 Toneladas de CO_{2eq}.

En todos los casos considerados, es el alcance 3 el máximo responsable de la Huella de Carbono de las empresas del sector lácteo consideradas, situándose entre el 58% y el 87% de las emisiones de gases de efecto invernadero totales.

Las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por unidad de producto (kg de

transformado lácteo) son, en el caso de la Empresa del Sector Lácteo ESL01, de 7,2 kg CO₂eq. Para la Empresa ESL02 las emisiones equivalentes de dióxido de carbono por kg de productos lácteos son de 9,5 kg CO₂eq. Y finalmente la Empresa ESL03, emite 10,6 kg CO₂eq. por cada kg de productos lácteos procesados puestos en el mercado. Son unas cifras homologables a las obtenidas en otros estudios, cuyos valores más frecuentes están comprendidos entre 8,5 y 12,4 kg de CO₂ equivalente por kg de derivado lácteo, para producciones industriales.

Analizando las particularidades de cada empresa del sector lácteo estudiadas, se realizan una serie de propuestas para la reducción o compensación de las emisiones de gases de efecto invernadero producidas.

7.- BIBLIOGRAFÍA.

Aguilar Peris, José (2003). El efecto Invernadero, el cambio climático, la crisis medioambiental y el futuro de la tierra. Discurso de ingreso Real Academia Nacional de Medicina. Madrid, 2003. Páginas 19 y 20. Consultado en línea 02/05/2018.

Aguirre-Villegas, Horario et al. (2011). "Understand the Carbon Footprint of Cheese". University of Wisconsin-Madison. 28 pp.

Bercedo Alonso, María (2017). "Cálculo de la Huella de Carbono de una Actividad Industrial y Propuestas de Acciones Ambientales para su reducción". Trabajo de Fin de Grado (TFG). Facultad de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Universidad de Burgos (UBU). 25 pp.

Bravo Fernández, Elisa (2016). Trabajo de Fin de Master (TFM). "Estudio de la Huella de Carbono de Organización de una Industria Quesera y su Proveedor Lácteo mediante la Norma ISO 14.064-1 en el año 2015". E.T.S. Ingenierías Agrarias (Palencia). Universidad de Valladolid. 51 pp.

Caballero, M., Lozano, S., Ortega B. (2007). "Efecto Invernadero, Calentamiento Global y Cambio Climático: una perspectiva desde las ciencias de la tierra". Revista digital Universitaria - DGSCA-UNAM. 8 (10), 3 – 12. ISSN: 1067-6079.

Canellada, F., A. Laca, A. Laca y M. Díaz. (2018). "Environmental impact of cheese production: A case study of a small-scale factory in southern Europe and global overview of carbon footprint". Science of the Total Environment 635 (2018).167–177.

Chauhan, R. R. et al. (2015). "Carbon Footprint and Dairy Industry". National Seminar on Indian Dairy Industry: Opportunities and Challenges. XI Alumni Convention at SMC College of Dairy Science, AAU. 105-110 pp.

Clune, Stephen John ; Crossin, Enda ; Verghese, Karli. (2017) "Systematic review of greenhouse gas emissions for different fresh food categories". In: Journal of Cleaner Production. 2017; Vol. 140, No. Part 2. pp. 766-783.

DairyCo (2012). "Greenhouse gas emissions on British dairy farms". DairyCo is a division of the Agriculture and Horticulture Development Board. 54 pp.

FAO (2010). "Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector. A Life Cycle

Assessment". FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS.

Animal Production and Health Division. 98 pp.

FIAB (2013). "Alimentamos un futuro sostenible. Retos medioambientales de la Industria Alimentaria a 2020". Informe de la Federación Española de la Alimentación y Bebidas. Financiado por Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA). 68 pp.

Flysjö, Anna (2012). "Greenhouse gas emissions in milk and dairy product chains improving the carbon footprint of dairy products". PhD thesis • Science and Technology • 2012. Aarhus University. Danmark. 165 pp.

IDF -International Dairy Federation- (2015). "A common carbón footprint aproach for dairy. The IDF guide to standard lifecycle assesment methodology for the dairy sector". Bulletin of the International Dairy Federation 479/2015: https://www.fil-idf.org/wp-content/uploads/2016/09/Bulletin479-2015_A-common-carbon-footprint-approach-for-the-dairy-sector.CAT.pdf

Ihobe (2009). "Análisis del Ciclo de Vida y Huella de Carbono. Dos maneras de medir el impacto ambiental de un producto". (2009). Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental del País Vasco.

Jiménez Herrero, L. M. (2011). "Enfoques Metodológicos para el Cálculo de la Huella de Carbono". Observatorio de la Sostenibilidad en España (OSE).

Mapama (2015) "Guía para el Cálculo de la Huella de Carbono y para la elaboración de un Plan de mejora de una organización". Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación del Gobierno de España. 65 pp.

Mapama (2016). "Instrucciones de uso de la calculadora de Huella de Carbono de Alcance 1+2 para una explotación agrícola". (2016). Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA).

Medel de Pablo, Beatriz (2018). "Cálculo de la Huella de Carbono de una Actividad Industrial y Propuestas de Acciones Ambientales para su reducción". Trabajo de Fin de Grado (TFG). Facultad de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Universidad de Burgos (UBU). 25 pp.

Mercasa (2015). Informe Mercasa: "La Alimentación en España: Producción, Industria, Distribución y Consumo". Ediciones Mercasa 2015. 552 pp.

Rodríguez Olalla, A., Álvarez Gallego, S. Madrid, (2015). *La Huella de Carbono de las Organizaciones*. AENOR Ediciones.

Tombo Arranz, Virginia (2017). "Cálculo de la Huella de Carbono de una Actividad Industrial y Propuestas de Acciones Ambientales para su reducción". Trabajo de Fin de Grado (TFG). Facultad de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Universidad de Burgos (UBU). 25 pp.

Vasilaki, V., Katsou, E., Ponsá, S. y Colón, J., (2016). "Water and carbon footprint of selected dairy productos: A case study in Catalonia". Journal of Cleaner Production

2016, 139, 504-516. Elsevier.

Vergé, X.P.C. et al. (2013). "Carbon footprint of Canadian dairy products: Calculations and issues". J. Dairy Sci. 96 :6091–6104.

Wackernagel, Mathis (2001). "Nuestra huella ecológica: Reduciendo el impacto humano sobre la Tierra". Lom Ediciones, 2001. Página 26. Consultado on-line el 08/05/2018.