



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

# **CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO EN EL ENGORDE DE LUBINA**

Trabajo Fin de Máster Interuniversitario en Acuicultura

Paula Isabel Perelló Guarro  
Universidad Politécnica de Valencia  
2014

Tutor/a: Silvia Martínez Llorens

Tutor/a: Óscar González Pérez

## ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| Abreviaturas .....   | 3  |
| I. INTRODUCCIÓN .....  | 5  |
| II. ESTADO ACTUAL DE LA HUELLA DE CARBONO .....                              | 6  |
| III. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO .....   | 10 |
| IV. OBJETIVOS .....  | 13 |
| V. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA .....   | 13 |
| <i>Características de las empresas</i> .....                                 | 13 |
| <i>Descripción de los polígonos de jaulas marinas</i> .....                  | 15 |
| <i>Personal</i> .....  | 18 |
| <i>Embarcaciones y maquinaria</i> .....                                      | 19 |
| <i>Plan de producción</i> .....  | 20 |
| <i>Procedimiento estándar contra Vibriosis</i> .....                         | 20 |
| <i>Actividades de la empresa en el proceso de engorde de la lubina</i> ..... | 21 |
| 1. <i>Descarga de alevines</i> .....   | 21 |
| 2. <i>Alimentación</i> .....   | 22 |
| 3. <i>Cambios de red</i> .....   | 25 |
| 4. <i>Mantenimiento de las instalaciones</i> .....                           | 28 |
| 5. <i>Despesques</i> .....   | 29 |
| VI. CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO PARA LA PRODUCCIÓN DE LUBINA .....       | 31 |
| <i>Material y métodos</i> .....  | 31 |
| <i>Ámbito de estudio</i> .....   | 31 |
| <i>Inventario de datos</i> .....   | 33 |
| <i>Supuestos para el cálculo de la huella de carbono</i> .....               | 33 |
| VII. RESULTADOS .....  | 35 |
| <i>Cálculo de la huella de carbono para el pienso</i> .....                  | 35 |
| <i>Cálculo de la huella de carbono para el carburante</i> .....              | 37 |
| <i>Cálculo de la huella de carbono total</i> .....                           | 39 |
| VIII. DISCUSIÓN .....  | 39 |
| IX. CONCLUSIONES .....   | 40 |
| Bibliografía .....   | 41 |
| Webgrafía .....  | 42 |

## ABREVIATURAS

IPCC: Intergovernmental Panel of Climate Change

UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change

GEI: Gases de efecto invernadero

WMO: World Meteorological Organization

UNEP: United Nations Environment Programme

ACV: Análisis de Ciclo de Vida

HE: Huella Ecológica

HC: Huella de Carbono

eq: equivalente

Kg: kilogramo

FIFO: *Fish-In Fish-Out*

FOESA: Fundación Observatorio Español de Acuicultura

G.A.P.: (En español B.P.A. :) Buenas Prácticas Agrícolas

OILCA: Olive oil live cycle assessment

APROMAR: Asociación Empresarial de Productos de Cultivos Marinos de España

UE: Unión Europea

Fig.: Figura

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

PAS: *Publicly available specification*

UNE: Una norma española

EN: Norma europea (*European Norman*)

ISO: Organización Internacional de Normalización (*Internacional Standar Organization*)

## CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO EN EL ENGORDE DE LUBINA Trabajo Fin de Máster Interuniversitario en Acuicultura

Paula Isabel Perelló Guarro  
Universidad Politécnica de Valencia

**Resumen.** En el presente trabajo, se lleva a cabo el cálculo de la Huella de Carbono en una empresa acuícola dedicada al engorde de lubina en jaulas marinas, para saber cuáles son las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes durante un año, procedentes de las *materias primas* y el *transporte*, para conocer cómo repercute al calentamiento global y, por tanto, en el cambio climático.

Se han escogido dos empresas dedicadas al engorde de lubina en jaulas marinas flotantes, además de otras especies, para el cálculo de la huella de carbono, denominadas INDUSTRIAS PESQUERAS BALMAR, S.A. situada en Altea (Alicante, Comunidad Valenciana) y NIORDSEAS, S.L. situada en Calpe (Alicante, Comunidad Valenciana).

**Palabras clave.** Lubina, huella de carbono, carburantes, pienso.

**Abstract.** Calculation of the Footprint Carbon in aquaculture company dedicated fattening of seabass in sea cages, to know what the CO<sub>2</sub> emissions for a year, from raw materials and transport.

We have chosen two companies dedicated fattening of seabass in floating sea cages, and other species, to calculate the Footprint Carbon, called INDUSTRIAS PESQUERAS BALMAR, S.A. located in Altea (Alicante, Spain) and NIORDSEAS, S.L. located in Calpe (Alicante, Spain).

**Keywords.** Seabass, Footprint Carbon, fuel, fodder.

## I. INTRODUCCIÓN

Según Mondéjar y Navarro (2011), la huella de carbono es “el equivalente en gramos de CO<sub>2</sub> de los gases de efecto invernadero, asociados a la producción de un producto o servicio, y su cálculo debe abarcar todo el ciclo de vida del mismo. Como gases de efecto invernadero, el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (Intergovernmental Panel of Climate Change, IPCC), incluye<sup>1</sup>: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC, SF<sub>6</sub>, NF<sub>3</sub>, SF<sub>5</sub>CF<sub>3</sub>, éteres halogenados y otros hidrocarburos no mencionados en el Protocolo de Montreal” (Mondéjar-Navarro, *et al.* 2011).

El concepto de “huella de carbono” se va extendiendo progresivamente a todos los sectores y servicios. Cada vez son más las empresas que lo añaden a la presentación final de sus productos, para concienciar a los ciudadanos y poder adoptar iniciativas con el objetivo de reducir las emisiones, tales como: minimizar los consumos energéticos, invertir en energías renovables o el uso de métodos de transporte alternativos. El presente trabajo aborda un estudio sobre las emisiones de CO<sub>2</sub> en el proceso de engorde de la lubina, dada la escasez de estudios sobre especies mediterráneas.

El cálculo de la huella de carbono surge como medida para hacer frente al cambio climático<sup>2</sup>, el cual “supone una alteración del equilibrio en la naturaleza, que tiene implicaciones tanto para los humanos como para los sistemas naturales y, aunque no se conocen todavía con exactitud sus consecuencias, los científicos aseguran que puede originar cambios en el uso de recursos, pero también en la producción y la actividad económica” (IPCC, 2007)<sup>3</sup>.

Ante las emisiones actuales de CO<sub>2</sub>, se han desarrollado herramientas para su estimación, como la Huella de Carbono, que mide la totalidad de gases de efecto invernadero, que contribuyen al calentamiento global, para después convertir los resultados individuales de cada gas a equivalentes de CO<sub>2</sub>. Debemos destacar, que la contribución de las emisiones de CO<sub>2</sub> por parte del sector acuícola es ínfima, en comparación con otros sectores alimenticios.

El presente estudio está estructurado en nueve apartados que abordan, a partir de esta introducción, el estado actual de la Huella de carbono en el sector acuícola y cómo la escasa proliferación de estos trabajos justifica la elaboración de esta investigación y alienta otras futuras. El objetivo principal propuesto aquí reside en llevar a cabo el cálculo de la huella de carbono en una empresa acuícola dedicada al engorde de lubina en jaulas marinas, para

---

<sup>1</sup>CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), CH<sub>4</sub> (metano), N<sub>2</sub>O (óxidos de dinitrógeno), HFC (hidrofluorocarburos), SF<sub>6</sub> (Hexafluoruro de Azufre), NF<sub>3</sub> (Trifluoruro de nitrógeno), SF<sub>5</sub>CF<sub>3</sub> (pentafluorosulfuro de trifluorometilo).

<sup>2</sup> El Cambio Climático no debe confundirse con el calentamiento global, término utilizado para referirse, únicamente, al fenómeno de aumento de la temperatura media global de la atmósfera terrestre y de los océanos. “La temperatura media mundial de la superficie (es decir, el promedio de la temperatura del aire cerca de la superficie de la tierra y de la temperatura de la superficie del mar) ha subido desde 1861.” (FOESA, 2013).

<sup>3</sup> “Con la intención de investigar las causas del cambio climático, así como sus consecuencias y las posibles medidas para hacerle frente, se estableció en el año 1988 el **Panel Intergubernamental del Cambio Climático** (IPCC, The Intergovernmental Panel on Climate Change) por la *Organización Meteorológica Mundial* (WMO, World Meteorological Organization), y el *Programa Ambiental de las Naciones Unidas* (UNEP, United Nations Environment Programme)” (Mondéjar-Navarro, *et al.* 2011, p. 1.951). El Protocolo de Kioto es otro instrumento importante destinado a luchar contra el cambio climático. Con su entrada en vigor, el 16 de febrero de 2005, funciona como un acuerdo internacional vinculado a las Naciones Unidas, cuya principal característica es que establece objetivos para 37 países industrializados y la Comunidad Europea, con el fin de lograr reducir los GEI –medidos en unidades de equivalencia de dióxido de carbono-, en una media del 5,2% para 2012, respecto a los valores de 1990 (Véase Mondéjar-Navarro, *et al.* 2011, p. 1.951 y ss.).

determinar cuáles son las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes por kilogramos de peces producidos, a lo largo de un año, desde las materias primas y el transporte hasta la fase de engorde de la lubina, y conocer cómo este proceso repercute en el calentamiento global y, por tanto, en el cambio climático. Después, en el apartado de descripción de la empresa, se presentan sus características, así como la organización de tareas, sus necesidades y los recursos materiales y humanos necesarios.

El siguiente apartado se dedica al cálculo de la huella de carbono para la producción de lubina, analizando: *Material y métodos, Ámbito de estudio, Inventario de datos y los Supuestos para el cálculo de la huella de carbono*. Los cálculos muestran los resultados de la huella de carbono, tanto para el pienso como para el carburante y la suma total de emisiones de CO<sub>2</sub> eq. Estos resultados son contrastados en el apartado que precede al último, en el que se elaboran las conclusiones. Añadimos las correspondientes referencias bibliográficas y una webgrafía.

## II. ESTADO ACTUAL DE LA HUELLA DE CARBONO

A mediados de este siglo, si la comunidad internacional no logra un acuerdo eficaz para mitigar al menos a la mitad, y antes del 2025, las emisiones globales de CO<sub>2</sub> actuales (alrededor de los 50 mil millones de toneladas por año), el cambio climático antropogénico generará según el IV Informe de Evaluación del IPCC (2007): “un incremento de las emisiones mundiales de GEI en un rango del 25 al 90% de las actuales para el período entre 2000 y 2030” (FOESA, 2013) y “un aumento en la temperatura de hasta 4°C” (Mondéjar-Navarro, *et al.* 2011).

Se han desarrollado herramientas que se aplican para la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero, para el calibrado del impacto colectivo sobre el planeta y para la evaluación de la viabilidad o sostenibilidad futura de las actividades industriales o de servicios. Algunas en concreto se han focalizado en la evaluación del impacto de las emisiones de CO<sub>2</sub>, entre las que cabe destacar el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), la Huella Ecológica (HE) o la Huella de Carbono (HC) (Mondéjar-Navarro, *et al.* 2011).

La huella ecológica es un indicador de sostenibilidad de índice único, desarrollado por Rees y Wackernagel en 1996, que mide todos los impactos que produce una población, expresados en hectáreas de ecosistemas o “naturaleza”. Utilizada habitualmente para regiones o países, en anteriores trabajos se ha constatado que dicho indicador podía utilizarse también en empresas y en cualquier tipo de organización (Domenech Quesada, 2007).

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una herramienta metodológica que trata los aspectos ambientales e impactos ambientales potenciales, recopilando y evaluando las entradas y salidas a lo largo de todo el ciclo de vida de un producto o servicio, el uso de recursos y las consecuencias ambientales de las emisiones para cada categoría de impacto, por ejemplo: calentamiento global, consumo de recursos energéticos, reducción de la capa de ozono, eutrofización, acidificación, consumo de materias primas, etc.

Como metodología de evaluación, suelen emplearse los Ecoindicadores, que expresan la carga ambiental total de un producto mediante una puntuación única, y se rige por las normas UNE-EN ISO 14040:2006 y UNE-EN ISO 14044:2006 (ISO, 2006a; ISO 2006b). Ambas normas son

sistemas de gestión ambiental, aplicables en la realización del ciclo de vida de los productos, pero en la norma UNE-EN ISO 14040:2006 se explican los principios y directrices que hay que seguir para llevarlo a cabo, mientras que en la norma UNE-EN ISO 14044:2006 se exponen los requisitos y directrices para su ejecución.

Cuando realizamos dicho análisis no sólo se contemplan impactos ambientales, como el cambio climático y en consecuencia el calentamiento global, sino además también se consideran otros impactos ambientales como: el consumo de recursos energéticos, reducción de la capa de ozono, eutrofización, acidificación, consumo de materias primas y formación de oxidantes fotoquímicos (Guía para el cálculo de la huella de carbono en el sector del aceite de oliva, 2012).

Gumersindo Feijoo, perteneciente al grupo de investigación de Ingeniería Ambiental y Bioprocesos de la Universidad de Santiago de Compostela, en la que trabaja de profesor, con gran experiencia en el análisis del ciclo de vida y de la huella de carbono en productos de pesca y acuicultura, explica que “para calcular la huella de carbono, primero siempre se realiza un análisis de ciclo de vida, ya que este es más completo, porque considera otros parámetros como la eutrofización, la toxicidad...” (Paz-Andrade, 2010, p. 7). El responsable de Oceana, Javier López, también se muestra de acuerdo en este punto, y es que, a pesar de que le parece una medida recomendable “ya que facilita información a los consumidores para que puedan ejercer su derecho a realizar un consumo responsable” (*Ibid.*, p. 8). López opina que “es una medida de sostenibilidad sesgada, ya que solo contempla el factor del cambio climático” (*Ibidem*). Es decir, “resulta una medida de carácter unidimensional que no contempla otros factores igualmente interesantes desde el punto de vista ambiental, como el impacto sobre los ecosistemas, por lo que puede llegar a confundir al consumidor” (*Ibidem*). Por otra parte, considera que la huella de carbono proporciona algunas ventajas, como la contribución al ciudadano al medio ambiente, y mejoraría la imagen del sector en un entorno social más concienciado cada día.

Así pues, la Huella de Carbono surge del concepto de HE, de la que podría decirse que es un subconjunto, con la diferencia de que ésta mide la totalidad de gases de efecto invernadero (GEI) que contribuyen al calentamiento global, emitidos por efecto directo o indirecto de un individuo, organización, evento o producto a lo largo de su vida útil, para después convertir los resultados individuales de cada gas a equivalentes de CO<sub>2</sub>. Por ello, el término correcto sería HC equivalente o emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes. También se puede considerar que la HC es una versión simplificada de un ACV en el que, en lugar de considerar varias categorías de impacto ambiental al mismo tiempo, se considera únicamente la categoría de impacto relativa al Calentamiento Global (Mondéjar-Navarro, *et al.* 2011).

La huella de carbono del producto, según la nueva ISO 14067, es la suma de las emisiones y reacciones de gases de efecto invernadero (GEI) en un sistema de producto, expresadas en CO<sub>2</sub> equivalentes y tomando como base una evaluación del ciclo de vida, usando como única categoría de impacto el cambio climático (FOESA, 2013).

Fernando Otero Lourido es vicepresidente de la comisión de Medio Ambiente de la Federación Europea de Productos de Acuicultura y responsable de Medio Ambiente de APROMAR. Otero explica que es absolutamente ínfima la incidencia en emisión de CO<sub>2</sub> en el sector acuicultor

español. Además, añade que “los peces son poiquiloterms y flotantes, unos animales energéticamente muy eficientes, y, por tanto, muy buenos convertidores de alimento. (...) Desde otro punto de vista, las especies acuícolas más producidas en España, como la lubina, dorada o mejillón, desde la *hatchery* o la siembra hasta el proceso productivo, prácticamente no utilizan fuentes de emisión de GEI, si exceptuamos el trasiego de los barcos, en todo caso, ínfimo en términos relativos” (Paz-Andrade, 2010, p. 6). Otero continúa exponiendo la escasa potencia de las embarcaciones empleadas en la acuicultura, así como su bajo consumo. En definitiva, al no estar navegando permanentemente, las contempla como auxiliares de la actividad principal: “Su incidencia potencial es tan escasa que resultaría difícilmente detectable. En todo caso, los primeros interesados en optimizar y reducir en lo posible el gasto en gasóleo son los primeros productores, por sostenibilidad ambiental” (Paz-Andrade, 2010, p. 6-7), pero por economía.

Según Kaushik Sadasivam J. (2012), se obtienen las cifras de kg de CO<sub>2</sub>/Kg de producto alimenticio que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1. kg de CO<sub>2</sub>/Kg de producto alimenticio

| <b>PRODUCTO ALIMENTICIO</b> | <b>KgCO<sub>2</sub>/Kg PRODUCTO</b> |
|-----------------------------|-------------------------------------|
| <b>Vacuno</b>               | 16-40                               |
| <b>Leche</b>                | 0.8-1.4                             |
| <b>Cerdo</b>                | 3-6                                 |
| <b>Pollo</b>                | 1.5-7                               |
| <b>Salmón</b>               | 1.8-3.3                             |

Se puede observar, que en la producción acuícola del salmón se obtienen cifras relativamente bajas de kg de CO<sub>2</sub> equivalente con un valor de 1.8-3.3, al ser comparada con otras producciones alimenticias, sobre todo con la de vacuno.

Según Otero, respecto al proceso de la formulación de los piensos, tampoco es significativa si la comparamos con cualquier otra actividad industrial, a pesar de que la incidencia es algo mayor como consecuencia del tipo de buque empleado y de los materiales utilizados en el procesado” (Paz-Andrade, 2010, p. 6-7). Además, Feijoo apunta que la optimización del consumo del combustible es algo exigible a otros muchos sectores. En este sentido, considera que “dotarse de un motor auxiliar más pequeño sería una gran ventaja para muchas operaciones” (*Ibidem*).

La figura siguiente (Kaushik, 2012) muestra los diferentes ingredientes que contribuyen al índice de la huella de carbono (CO<sub>2</sub> equivalente por tonelada de producto producido).

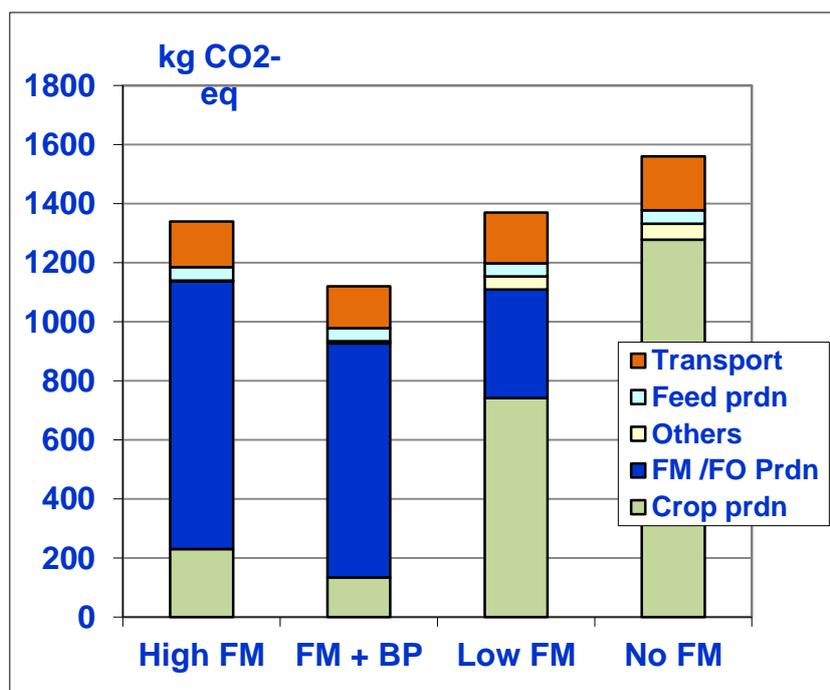


Figura 1. Factores que influyen el contenido de harina de pescado en el pienso

De todos los factores, lo primero que llama la atención es que a menor cantidad de harina de pescado en el pienso, mayor es la cantidad de CO<sub>2</sub> equivalente, cuestión que destaca la figura anterior.

El índice FIFO (*Fish-In Fish-Out*) hace referencia a la cantidad de pescado silvestre necesaria para producir pescado en granjas, es decir, al contenido de harina o aceite de pescado que debe de contener el pienso y su rendimiento en la producción acuícola. Según Kaushik (2012), en lugar de relacionar las entradas y salidas en un balance de masas como ingredientes y productos, se debe pensar en nutrientes suministrados y retirados como alimento humano, y aquí, la acuicultura es claramente un sector de la producción animal muy eficiente.

El rendimiento en la producción acuícola depende del porcentaje de harina y aceite de pescado. En la formulación de los piensos para especies carnívoras se emplea actualmente un 20 al 25 % de harina de pescado y un 5 al 12% de aceite de pescado, aunque también depende mucho de la especie que se produce. Cuando las cantidades de harina y aceite de pescado son inferiores es porque son sustituidas por fuentes proteicas de origen vegetal, lo que provoca un aumento en los kilogramos de CO<sub>2</sub> equivalente. Esto es debido al origen de las fuentes vegetales que puede aumentar el carburante consumido durante el transporte hasta el lugar de destino incrementando los kilogramos de CO<sub>2</sub> equivalente.

Sin embargo, éste depende mucho de la ubicación de la fábrica de piensos y de la piscifactoría, así como de la procedencia de la harina y del aceite de pescado. En la Figura 2 (Winter *et al.*, 2009, p. 4) muestra la importancia de la distancia en la ubicación que separa fábrica de piensos de la piscifactoría, en este caso de salmón, a la que suministra. Evidentemente, a mayor distancia mayor emisión de CO<sub>2</sub> debido a combustión de carburante.

### Cálculo de la huella de carbono en el engorde de lubina

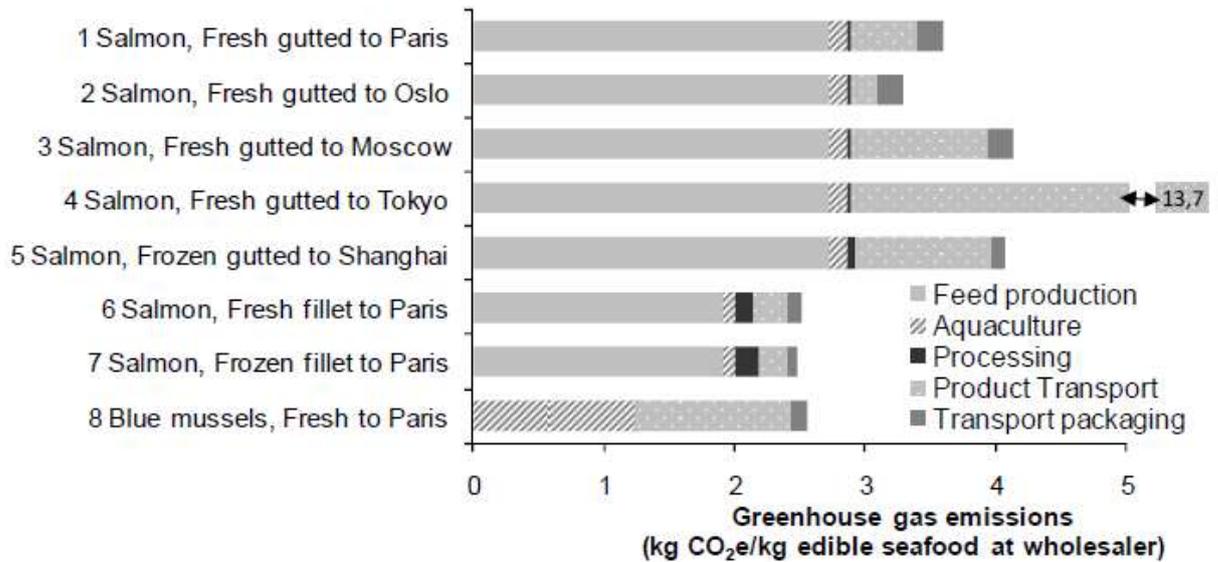


Figura 2. Huella de carbono total procedente de los productos acuícolas

### III. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

El presente proyecto se justifica por la necesidad de elaborar estudios sobre las emisiones de CO<sub>2</sub>, por su repercusión negativa en el medio ambiente. A pesar de que existen numerosos estudios sobre especies acuícolas, tanto marinas como continentales, escasean aquellos dedicados a especies mediterráneas como la lubina, que es la especie objeto de nuestro estudio.

La necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de origen antrópico por parte de todos los sectores, incluido la acuicultura, hace inevitable la toma de medidas para mitigar la contribución de emisiones de origen acuícola. De este modo, se propone que el consumidor sea informado de las emisiones de carbono asociadas con los diferentes productos, viéndose reflejado el caculo de la huella de carbono en el etiquetado de los mismos. Así,

(...) la huella de carbono contribuye a reducir dichas emisiones contribuyendo a la creación de un mercado de productos y servicios de bajo carbono que, a su vez, da respuesta a la demanda social actual. La huella de carbono identifica oportunidades de ahorro de costes en las organizaciones y demuestra ante terceros los compromisos de la organización con la responsabilidad social a través de sus acciones en la mitigación del cambio climático (FOESA, 2013).

El cálculo de la huella de carbono en el sector acuícola se debe de realizar para contribuir, en la medida de lo posible, a la reducción del cambio climático, acelerado por parte del calentamiento global, que ocasionan los gases de efecto invernadero de origen antrópico. Los gases de efecto invernadero de origen natural que existen en nuestro planeta mantienen una temperatura constante de unos 15° C de media (FOESA, 2013). El problema surge a partir de la revolución industrial, cuando el hombre emite de forma continua gases como CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O,

entre otros, a una velocidad desmesurada, que hacen a la atmósfera más densa atrapando el calor e intensificando el efecto invernadero, cuyas consecuencias más evidentes es el aumento de la temperatura media global de la Tierra. Este aumento de temperatura está provocando otras alteraciones climáticas, como el deshielo de las capas de hielo de los polos, cambios en la distribución de flora y fauna, fenómenos climáticos extremos como períodos de sequías o lluvias torrenciales, la acidificación de los océanos debido a su capacidad para absorber CO<sub>2</sub> de la atmósfera, entre otros (IPCC, 2007).

Durante el siglo XX, y particularmente a partir de 1973, las temperaturas en España han aumentado de forma general (Castro *et al.* 2005). Los registros instrumentales del siglo XX y XXI en la Península Ibérica muestran un aumento progresivo de la temperatura (Fig.3) que ha sido especialmente acusado en las tres últimas décadas, en las que se registra una tasa media de calentamiento aproximada de 0,5°C/ década (un 50% superior a la media continental en el hemisferio norte y casi el triple de la media global). La subida de temperatura ha afectado a todas las estaciones del año por igual, pero en los últimos 30 años el calentamiento ha sido mucho más pronunciado en primavera y en verano.

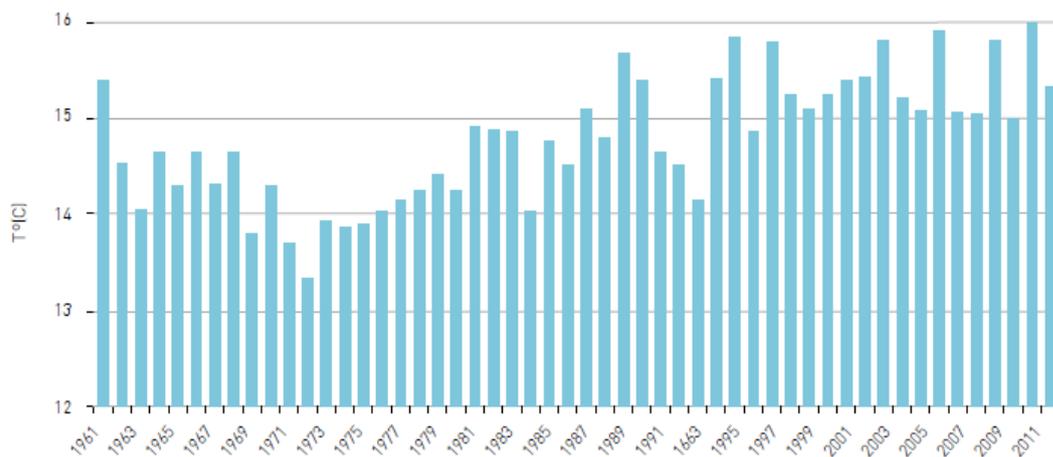


Figura 3. Series anuales de las temperaturas medias anuales de España (FOESA, 2013, p. 11).

En la figura 3 se muestra el tipo de GEI, situándose en primer lugar el CO<sub>2</sub> (81%), seguido del CH<sub>4</sub> (9%), N<sub>2</sub>O (6.8%) y por último los gases fluorados (2.5%), porcentajes muy similares obtenidos por el IPPC para el año 2004 a nivel mundial<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> Como dato importante, relacionado con nuestro tema de investigación, subrayamos que en un informe publicado por la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), se confirma que el sector lácteo genera cerca del 4 por ciento del total de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), que produce la actividad humana a nivel mundial (FAO, 2010).



Figura 4. Porcentajes de distribución de cada tipo de GEI para el año 2011 en España (FOESA, 2013, p. 13)

En general, y según el Perfil Ambiental de 2012, el aumento del 0,5% en las emisiones GEI producido en 2011 rompe la tendencia de descenso de los años anteriores y sitúa las emisiones un 21% por encima del año base, establecido por el Protocolo de Kyoto para el periodo 2008-2012. En 2011, la aportación española a las emisiones de GEI de la UE fue del 7,7% y las emisiones por habitante y por unidad de PIB fueron inferiores a las de la media de la UE (FOESA, 2013). *Como consecuencia, surge la necesidad de realizar el cálculo de la huella de carbono en todos los sectores, incluido el alimenticio y más concretamente el acuícola, para tratar de reducir al máximo posible el aporte de gases de efecto invernadero, por ínfimo que sea, en la acuicultura y conseguir cumplir las reducciones establecidas.*

Cabe destacar, en este apartado, la falta de información en el cálculo de la huella de carbono en el sector acuícola, sobre todo para obtener los factores de emisión que no estén relacionados con el consumo de energía o carburante, en lo que se refiere a aspectos más específicos del sector como el pienso, la tasa de respiración de los peces y la fabricación de la pintura antiincrustante utilizado en las redes.

Los estudios realizados hasta ahora explican cómo llevar a cabo la metodología para el cálculo de la huella de carbono y la necesidad de su cálculo para obtener información sobre la cantidad de gases emitidos, pero en los resultados no aparece con claridad los datos específicos del sector acuícola, las unidades que deben poseer y los factores de emisión que hay que utilizar para su cálculo. Además, hay una gran variación en cuanto a datos de huella de carbono, debido a que la acuicultura es un sector que abarca un gran número de especies, con diferentes hábitos alimentarios, muchas localizaciones y diversos sistemas de producción, por lo que se hace muy difícil establecer un valor de huella de carbono. Es por ello que se hace necesario determinar una huella de carbono para cada especie y cada explotación.

Con el presente trabajo se pretende obtener el cálculo de la huella de carbono de forma específica para el sector acuícola y sobre todo exponer de forma explícita las operaciones realizadas para obtener los kilogramos de CO<sub>2</sub> equivalentes, centrándose en los factores de emisión para cada actividad y en los datos concretos de una empresa.

#### IV. OBJETIVOS

En el presente trabajo, se lleva a cabo el cálculo de la huella de carbono en una empresa acuícola dedicada al engorde de lubina en jaulas marinas, para determinar cuáles son las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes por kilogramos de peces producidos, a lo largo de un año, desde las materias primas y el transporte hasta la fase de engorde de la lubina, y conocer cómo este proceso repercute en el calentamiento global y, por tanto, en el cambio climático.

- Objetivo principal:

- Obtener un dato de huella de carbono por kilogramo de producto obtenido, que pueda ser utilizado como indicador ambiental de la empresa.

- Alcances derivados del trabajo:

- Incrementar la eficiencia en los procesos y favorecer la optimización en el uso de los recursos, con la finalidad de aumentar la producción acuícola.
- Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de origen antrópico.
- Información al consumidor de las emisiones de CO<sub>2</sub> que conlleva la producción acuícola.
- Reducción del consumo de energía en actividades acuícolas.
- Utilización de materiales y recursos que generen un menor impacto ambiental.

#### V. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

##### *Características de las empresas*

Para el desarrollo del presente trabajo, cuyo objetivo principal es el cálculo de la huella de carbono en la lubina, se han tomado dos empresas dedicadas al engorde de lubina en jaulas marinas flotantes, denominadas INDUSTRIAS PESQUERAS BALMAR, S.A., situada en Altea (Alicante, Comunidad Valenciana), y NIORDSEAS, S.L., situada en Calpe (Alicante, Comunidad Valenciana).

INDUSTRIAS PESQUERAS BALMAR, S.A.<sup>5</sup> fue constituida el 07/06/1976, siendo su actividad la Acuicultura Marina. El objeto social aportado en la constitución es la adquisición, enajenación, permuta y contratación en general activa o pasivamente, respecto a toda clase de bienes e inmuebles y la cesión de los mismos en arrendamientos. El último balance presentado en el registro es del año 2012 y refleja un rango de ventas entre 3 y 6 millones € y un tamaño por empleados entre 5 y 25. En esta empresa, además de producir lubina, también se dedica al engorde de dorada.

NIORDSEAS, S.L.<sup>6</sup>, antes Conei Overseas Investments S.L., es una empresa constituida el 30/11/1999 y está inscrita en el Registro Mercantil de Castellón. Su objeto social es la creación, explotación, en régimen de propiedad o arrendamiento, de toda clase de piscifactorías, la comercialización y venta de sus productos. El capital social de esta empresa está en el tramo

<sup>5</sup> [http://www.informacion-empresas.com/Empresa\\_INDUSTRIAS-PESQUERAS-BALMAR.html](http://www.informacion-empresas.com/Empresa_INDUSTRIAS-PESQUERAS-BALMAR.html)

<sup>6</sup> [http://www.axesor.es/Informes-Empresas/1426343/NIORDSEAS\\_SL.html](http://www.axesor.es/Informes-Empresas/1426343/NIORDSEAS_SL.html)

de más de 100.000 €, con una cantidad de empleados de entre 11 y 50, y una facturación de más de 3.000.000 €, por lo que constituye una empresa de tamaño mediano. Se encuentra entre las empresas líderes del sector de la acuicultura española. En esta empresa, además de producir lubina, también se dedica a la producción de corvina, una nueva especie prometedora.

Ambas empresas pertenecen al grupo llamado ANDROMEDA IBERICA ACUICULTURA S.L. En el 2009, Andromedagroup adquiere NIORDSEAS, S.L., a la que pertenece INDUSTRIAS PESQUERAS BALMAR, S.A. Todos los productos que proceden de Andromedagroup se producen bajo condiciones controladas, siguiendo procedimientos certificados con la norma ISO 22000, ISO 9001, ISO 14001 y **GLOBALG.A.P** en todas las etapas de producción, desde alevines hasta el producto final. De modo que no sería difícil introducir sistemas de gestión ambiental, como ISO 14040: 2006 e ISO 14044: 2006, donde se reflejan las pautas y directrices para el cálculo de la huella de carbono.

Ambas granjas funcionan como una única empresa con sede en Calpe, ya que en el mismo Puerto –dirección: Carretera del puerto S/N, 03710 Calpe, Alicante-, se encuentran las oficinas, los vestuarios para el personal, un almacén para piensos, herramientas, taquillas para los empleados, elementos de cabullería y la transpaleta, contenedores para residuos, embarcaciones y máquina elevadora. Desde la oficina, se organiza al personal para asignarle las tareas diarias; es el lugar donde se controla, organiza y administra la producción.

Al lado del almacén, se encuentra el contenedor de residuos plásticos donde se depositan los sacos y *bigbags* de pienso una vez se han vaciado. Periódicamente, viene un camión de recogida de plástico para llevarlos al punto de reciclaje y dejar vacío el contenedor, para su posterior uso. A continuación, se encuentran las cubetas para los alevines donde los descarga el camión de la siembra y las cargan en el barco, después las cubas de pesca y luego las cubas de bajas (Fig.5), las cuales son vaciadas con frecuencia por un camión encargado de la recogida de animales muertos. En la parte más alejada de la entrada del puerto se encuentran los elementos de mantenimiento de gran tamaño como las boyas, balizas, flotaciones, anclas...



Figura 5. Cuba de bajas

**Descripción de los polígonos de jaulas marinas**

La producción anual de ambas empresas es aproximadamente de 1500 tm, y las especies producidas son dorada (*Sparus aurata*), lubina (*Dicentrarchus labrax*) y corvina (*Argyrosomus reius*).

En INDUSTRIAS PESQUERAS BALMAR, S.A., podemos encontrar un polígono de jaulas flotantes de 2x6, con un total de 12 jaulas formadas por:

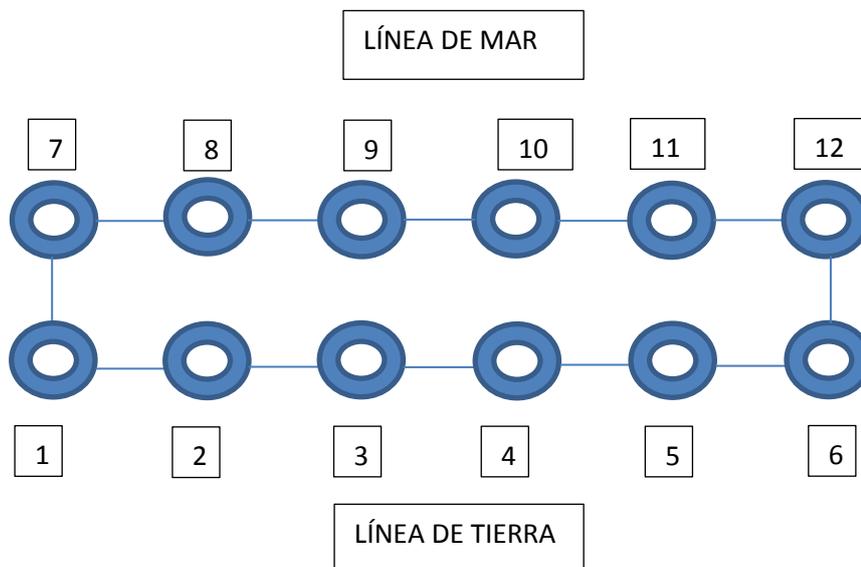


Figura 6. Esquema de un polígono de jaulas marinas flotantes (Elaboración propia)

1: Alevines de lubina, 2: Lubina, 3: Dorada, 4: Lubina, 5: Dorada, 6: alevines de lubina, 7: alevines de lubina, 8: lubina, 9: lubina, 10: lubina, 11: juveniles de lubina y 12: juveniles de lubina.

En esta empresa, el tamaño de la jaula es de 25 m de diámetro y 10 m de profundidad, con un volumen de 4909 m<sup>3</sup>. Se siembra con un número de peces inicial de 220.000 alevines.



Figura 7. Jaula de 25 m de diámetro

Sin embargo, en la empresa NIORDSEAS, S.L. puede encontrarse la misma distribución de las jaulas, pero están formadas por las siguientes especies:

1: Corvina, 2: corvina, 3: dorada, 4: dorada, 5: corvina, 6: dorada, 7: alevines de dorada, 8: alevines de dorada, 9: alevines de dorada, 10: dorada, 11: juveniles de dorada y 12: dorada.

En esta empresa, el tamaño de las jaulas es de 19 m de diámetro y 10 m de profundidad. Con un volumen de 2835 m<sup>3</sup>. Se siembra con un número de peces inicial de 170.000 alevines.

Las jaulas están numeradas de la 1 a la 12 y precedida de la letra S, si pertenece a SEAS (NIORDSEAS, S.L.), o de la letra B, si pertenece a Balmar (INDUSTRIAS PESQUERAS BALMAR, S.A.). La numeración comienza en la jaula más cercana al puerto y continúa por la línea de costa llamada "línea de tierra" hasta la jaula 6; enfrente, está la jaula 12 que continúa por la línea de mar hasta la jaula 7, situándose enfrente de la jaula 1.

Cada jaula está unida al entramado reticular general mediante estachas, el cual mantiene su posición mediante boyas de flotación y estachas de fondeo, unidas a anclas con sus cadenas y murtos correspondientes.

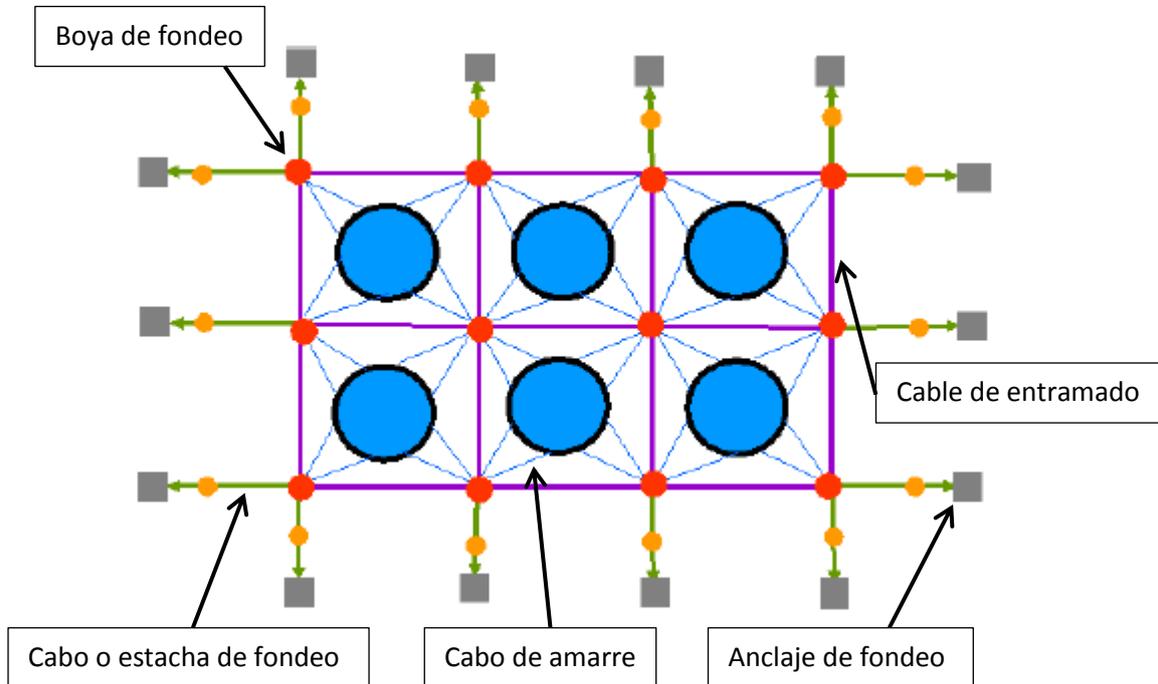


Figura 8. Esquema de jaulas marinas flotantes (Ingeniería de sistemas, Prof. Dr. Ing. Miguel Jover Cerdá)

Las jaulas están cubiertas por redes antipájaros, sujetas por una torreta flotante central y unidas a las barandillas de las jaulas, mediante cabos por tres vértices opuestos, para que se mantengan en posición central continuamente y sirvan de apoyo a la red antipájaro para que ésta no toque el agua.



Figura 9. Cabo que une la red antipájaros con la barandilla

A medida que en ambas empresas se van realizando pescas, a continuación se realizan siembras y no tiene por qué ser de la misma especie que se ha pescado, por lo que la distribución de especies en ambos polígonos puede variar a lo largo del año. Las lubinas son sembradas en las jaulas marinas flotantes con un peso de 10 g. Estos alevines de lubina proceden de *hatcheries* como Piscimar y Alevines del Sureste S.L. La duración de los lotes dura de 16 a 20 meses cada uno, dependiendo del peso comercial deseado, que suele alcanzar de 350 g a 400 g para dorada y lubina, y 1500 g para corvina.

### **Personal**

El personal necesario para cada operación de mantenimiento es:

- a) Mantenimiento de las jaulas flotantes: cambio de redes, revisión de la instalación, limpieza de incrustaciones. Se necesitan un total de 8 buzos, 4 buzos para cada polígono formado por 12 jaulas y un patrón de barco.
- b) Tratamiento de formol: 4 buzos más un patrón de barco.
- c) Pesca de lubina: 2 buzos, 1 patrón de barco y un marinero.
- d) Siembra: 1 buzo, 2 marineros y 1 patrón de barco.
- e) Alimentación: 1 patrón de barco y 1 marinero en invierno, mientras que en verano se duplica el personal necesario (equipo mínimo para dar al día de 10-11 tm de pienso). También es conveniente contar con un buzo que compruebe si el pescado come lo suministrado.

El personal total con el que cuenta ambas empresas: 8 buzos (dos de ellos buzos) ,4 patrones y 4 marineros. De los 8 buzos, uno a su vez es el encargado de alimentación, otro el de pescas y mantenimiento y otro el de granja.

### **Embarcaciones y maquinaria**

- Barcos:

- a) *Bases vivas tres*: Es donde va el personal de mantenimiento, posee una grúa y una eslora de 16 m.
- b) *Bases vivas uno* (Fig. 10): Es donde va el personal de alimentación, posee una grúa y una eslora de 8 m.



Figura 10. Barco *Bases vivas uno*

- Lancha motora (Fig. 11): Medio auxiliar de dos motores fueraborda.



Figura 11. Lancha motora

- Máquina elevadora: Se utiliza para mover todo tipo de pesos en puesto, así como las tareas de manipulación de redes.

-Transpaleta: Se utiliza para mover material como palés de pienso, cañones o tolvas de alimentación, botellas de oxígeno y de buceo...

- Cañones o tolvas de alimentación (Fig. 12): Se dispone de una tolva o cañón con una capacidad aproximadamente de 15 kg de pienso para la lancha motora y otra de 800 kg de capacidad para los barcos. La de menor capacidad funciona con gasolina; la otra se une al

barco mediante un cable al motor hidráulico. El control del caudal del pienso se realiza manualmente según el sistema de cada tolva, modificando la apertura del pienso, así como la potencia de la bomba según se requiera.



Figura 12: Cañón o tolva de alimentación de mayor capacidad

### ***Plan de producción***

El plan de producción de la empresa, para la lubina, consiste en realizar siembras en las jaulas de 25 m de diámetro con 220.000 alevines, obteniendo una supervivencia próxima al 85%, sin sufrir patologías como Vibriosis –causada por la bacteria *Vibrio anguillarum*–, que suele causar mortalidades del 10 al 20%, llegando a un 80% en casos agudos. Los brotes de vibriosis se dan generalmente entre primavera y otoño, cuando los cambios de agua suben y bajan bruscamente.

Se realizan 4 siembras de lubina anuales. El ciclo de producción dura de 16 a 20 meses, dependiendo de la época del año en que se siembren. Por lo tanto, se realizarán pescas cada 4 o 5 meses, según el final del lote, indicado por el alcance del pienso comercial entre 350 y 400 g. La producción anual de lubina es 1.757.772 peces (701.469 kg) y se pescaron en 104 veces, siendo las pescas de unas 7 tm, aproximadamente.

### ***Procedimiento estándar contra Vibriosis***

Cuando aparecen los signos que evidencian la enfermedad –como septicemia generalizada, con hemorragias en vísceras, piel y base de las aletas–, el veterinario contratado por la empresa lleva a cabo las decisiones de lucha contra las enfermedades que tienen lugar en las instalaciones. En el caso de la vibriosis, hay que realizar el siguiente protocolo: en primer lugar, se toman muestras capturando varios individuos desde la superficie con salabre y se trasladan al laboratorio para su diagnóstico. En segundo lugar, se realiza una observación diaria por parte de los trabajadores, ya sea en superficie por parte de los alimentadores y marineros o subacuática por parte de los buzos, para ver si los peces presentan anomalías o un comportamiento anormal. Además, se recogen las bajas tanto superficiales como subacuáticas de cada jaula y si son mayores de 100 se avisa al veterinario. Si se diagnostica la enfermedad,

el veterinario determina los tratamientos a seguir, además de continuar un muestreo periódico de las jaulas afectadas para conocer la evolución de la enfermedad, así como proceder al envío de las bajas más frescas. En el caso de que la enfermedad no remita, el veterinario considera el nuevo tratamiento a seguir.

Como prevención, los alevines que se introducen en las jaulas vienen vacunados por inmersión, reciben un baño a los 2-3 g y otro a los 8 g. Cuando las lubinas presentan la enfermedad se les suministra pienso medicado con contenido en antibióticos y únicamente la cantidad marcada para dicho tratamiento. No se completa la dosis con pienso normal hasta cubrir la demanda de la tasa de alimentación diaria y el pienso medicado se utiliza durante 10 días. La composición de los antibióticos es Sulfadiacina al 25% y Trimetropín al 5% en 87 g de Mastermix en 25 kg de pienso (1 saco). Este tratamiento tiene poca aceptación por las lubinas, porque disminuyen la velocidad de alimentación y hay que suministrarle el pienso de manera muy lenta.

### ***Actividades de la empresa en el proceso de engorde de la lubina***

1. **Descarga de alevines** (siembra). Este proceso es determinante en la producción, ya que un mínimo error podría ocasionar gran mortalidad, bien por la manipulación de los peces durante el proceso o por el estrés ocasionado. Este proceso conlleva cuatro etapas:
  - a) Preparación del barco en el puerto, que se realiza el día anterior a la descarga. Se utiliza el barco de mayor eslora, pero aun así las dimensiones del barco no permiten el transporte completo de los alevines equivalentes a una jaula de 25 m de diámetro, así que hay que realizar 3 viajes.
  - b) Llevar las botellas de oxígeno al barco de forma conveniente y firmemente amarradas, ya que es un material peligroso (Fig. 13).



Figura 13. Botellas de oxígeno para la siembra

- c) Una vez cargadas las cubetas para el transporte de alevines descargarlos del camión para su posterior destino hasta las jaulas.
- d) Comprobar el oxígeno durante el transporte en todo momento hasta que se vacíen las cubas con los alevines en las jaulas.

**2. Alimentación.** La cantidad de alimentación que requieren los peces varía en función de la temperatura del agua, por tanto el requerimiento de pienso en verano será mayor que en invierno, al igual que los camiones de piensos necesarios. En invierno, llegan a puerto una media de una vez al mes los camiones de pienso, mientras que en verano puede aumentar hasta tres veces por semana. La carga de pienso que transporta cada camión es de aproximadamente 11 tn. El pienso utilizado en ambas empresas es de la marca BIOMAR y procede de Palencia, gastando una cantidad de carburante de unos 300 l. De este proceso deben hacerse las siguientes consideraciones:

- a) Una vez el camión de pienso llega a puerto, es almacenado en una nave para su posterior utilización.
- b) Todas las mañanas, al inicio de la jornada de laboral, se calcula el pienso necesario para cada jaula con las tablas de alimentación y la biomasa que se calcula que hay, y se traslada de la nave al barco de alimentación.
- c) De las operaciones de alimentación se encargan los marineros y un patrón portuario que gobierna un barco llamado *Bases vivas uno*. Las operaciones de alimentación consisten en que una vez llega el camión de pienso al puerto, el pienso se descarga y se almacena en la nave; a su vez, se prepara el pienso para alimentar en ese día la lubina. Una vez cargado el pienso en el barco, se dirige a la instalación para alimentar a los peces. Debemos destacar que la INDUSTRIAS PESQUERAS BALMAR, S.A. se alimenta en el turno de mañana, mientras que NIORDSEAS, S.L. se alimenta en el turno de la tarde y que los alevines de lubina se alimentan en dos tomas al día, mientras que los adultos solo en una.
- d) La lubina adulta se alimenta con un cañón o tolva de alimentación, mientras que a los alevines se les alimenta a mano o con una tolva de menor capacidad que es transportada en la lancha motora. En el barco o en la lancha se deja a un marinero o alimentador en la jaula marina flotante, con los sacos de pienso necesarios y los alimenta con una pala. Cuando se alimenta a pala hay que tener en cuenta que cuanto más al centro llegue el pienso y más disperso mejor.
- e) La velocidad de alimentación es muy importante, porque hay que dejarle tiempo a los peces para que se coman el pienso, si no, se traduce en pérdidas, porque el pienso se sale fuera de la jaula. Para que el pienso llegue a su destino, hay que orientar la embarcación o el trabajador que alimenta a mano a favor del viento.
- f) El estrés puede perjudicar mucho la alimentación de los peces y cuando están sometidos a pescas o a operaciones de cambio de red, es preferible que ayunen o minimizar la ración.
- g) El personal encargado de alimentar también desempeña otras funciones, como la revisión de las jaulas de la parte superficial, donde se encuentran los sensores que

sujetan las redes antipájaros. Así mismo, cosen estas redes, revisan las flotaciones y los soportes, y recogen las bajas de cada jaula.

- h) A diario, se realiza un registro en tablas de alimentación, apuntando la temperatura del agua, la ración de pienso que han tomado y el tiempo que tardan en comérsela, las bajas y cómo han comido siguiendo un rango de valores.

El tamaño de pienso suministrado a la lubina es el siguiente:

- a) <10 g = 1.5 mm
- b) 10 g = 1.9 mm
- c) 20 g = 3 mm (en teoría, pero en la práctica se cambia cuando el pez alcanza los 30-40 g, porque hay que tener en cuenta la dispersión de los tamaños y que cuanto mayor es el pienso es de menor calidad).
- d) 60 g = 4.5 mm (en la práctica se cambia cuando el pez alcanza los 80 g). Se continúa con este tamaño de pienso durante toda la fase adulta, hasta que se pescan con 350-400 g.



Figura 14. Bigbag de 625 kg de pienso

La composición del pienso<sup>7</sup> (Fig. 14) para lubina adulta es: harina de pescado, torta de soja, aceite de soja, torta de colza, trigo, proteína de guar<sup>8</sup>, harina de sangre, aceite de pescado,

<sup>7</sup> La composición del pienso se ha obtenido de las etiquetas de los sacos de pienso.

<sup>8</sup> La Goma de Guar proviene del Guar (*Cyamopsis Tetragonoloba*), planta leguminosa que procede de zonas secas tropicales. El Germen de Guar es una materia prima de alta concentración proteica, digestible, apetecible y segura. A través de un proceso mejorado, se ha conseguido que el porcentaje de proteína bruta sea más elevado. El Germen de Guar se trata térmicamente (al vapor, cocido, laminado y micronizado) con el fin de aumentar la digestibilidad (> 85%) y palatabilidad. Datos extraídos de <http://www.abnspain.com/alimentacion-animal/otros-ingredientes.html>

harina de plumas hidrolizadas, gluten<sup>9</sup> de maíz, metionina, cloruro de colina y los componentes analíticos se muestran en la tabla 1:

Tabla 2. Componentes del pienso de lubina adulta

| COMPONENTE     | VALOR (%) |
|----------------|-----------|
| Proteína bruta | 42        |
| Grasa bruta    | 20        |
| Fibra bruta    | 3.5       |
| Ceniza bruta   | 6.7       |
| Fósforo        | 0.9       |
| Calcio         | 1.47      |
| Sodio          | 0.41      |

La composición del pienso para juveniles de lubina es: harina de pescado, guisante, torta de soja, torta de colza, aceite de soja, proteína de guar, trigo, harina de sangre, gluten de maíz, harina de plumas hidrolizadas, aceite de pescado, metionina, fosfato monocálcico y cloruro de colina y los componentes analíticos se muestran en la tabla 2:

Tabla 3. Componentes del pienso de juveniles de lubina

| COMPONENTE     | VALOR (%) |
|----------------|-----------|
| Proteína bruta | 44        |
| Grasa bruta    | 17        |
| Fibra bruta    | 3.5       |
| Ceniza bruta   | 7         |
| Fósforo        | 0.95      |
| Calcio         | 1.48      |
| Sodio          | 0.41      |

La composición del pienso para alevines de lubina es: harina de pescado, gluten de maíz, torta de soja, aceite de pescado, guisante, gluten de trigo, harina de krill, extracto de levadura, cloruro de colina y los componentes analíticos se muestran en la tabla 3:

Tabla 4. Componentes del pienso de alevines de lubina

| COMPONENTE     | VALOR (%) |
|----------------|-----------|
| Proteína bruta | 50        |
| Grasa bruta    | 18        |
| Fibra bruta    | 2.2       |
| Ceniza bruta   | 7.9       |
| Fósforo        | 1.08      |
| Calcio         | 1.85      |
| Sodio          | 0.59      |

<sup>9</sup> El gluten está presente en muchos tipos de cereales, es una glicoproteína que actúa como aglutinante, por tanto, es un agente gelificante y emulgente, que liga las moléculas de agua y funciona eficazmente como elemento estructurador. Véase <http://www.beiker.es/es/vivir-sin-gluten/que-es-el-gluten>

**3. Cambios de red.** Las redes utilizadas en las jaulas tienen el problema de que con el paso del tiempo se llenan de incrustaciones impidiendo el paso del agua, además de la atracción de otros organismos que pueden llegar a romper la red. El problema es de suma importancia en los meses de verano, cuando se fijan las larvas de mejillón. Las redes utilizadas, una vez que las lubinas son adultas, son redes tratadas con pintura antiincrustante, para ralentizar el proceso natural y que la red dure más tiempo limpia. En ambas empresas se utilizan dos tipos de redes:

- a) Cuadrada. Según el tamaño de la luz de malla: 10,26 y 28 mm.
- b) Hexagonal: de 24 o 36 mm entre vértices opuestos.

La periodicidad con que se cambian las redes es:

- a) Cuando son cuadradas de 10 mm, se utilizan para los alevines y se cambian a los 120 días.
- b) Las redes de 24mm hexagonales son equivalentes a las de 16 mm cuadradas y se cambian cada 270 días.
- c) Las redes de 36 mm hexagonales son equivalentes a las de 28 mm cuadradas y se cambian cada 360 días.

El procedimiento de cambio de red es el siguiente:

- a) En puerto se carga al barco de mayor eslora la nueva red con ayuda de la grúa y se extiende para darle la vuelta y dejarla preparada para su posterior ensamble en la jaula.
- b) El modo de darle la vuelta supone extenderla en el suelo del puerto y, con ayuda de un cabo o una braga, enganchar la grúa al copo de la red por dentro de la misma, e ir levantándola con la grúa en etapas, enganchando cada parte de la red por dentro de la misma con ayuda de una braga.
- c) La red sucia es extendida en puerto con ayuda de la máquina elevadora, para que quede seca para su posterior plegado y dejarla lista para ser enviada a las estaciones de limpieza y reparación de redes.

Una vez se llega a la jaula para realizar el cambio de red, el proceso es el siguiente:

- a) Desanudar los cabos de las flotaciones.
- b) Retirar el plomo anti-corriente del copo de la red sucia, para posibilitar el deslizamiento de la red nueva por debajo de ésta.
- c) Introducir la nueva red entre esta y las flotaciones, e ir llevándola a mano tirando entre varios trabajadores, sujetando la parte superior y dejando caer el resto, a la vez que otro va atando a la barandilla la parte superior de la red, utilizando los cabos anteriormente anudados a ella.
- d) Con la grúa del barco se va bajando más la red (Fig. 15), a medida que se necesite.



Figura 15. Bajada de la nueva red

- e) Cuando ya no es posible extenderla a mano (Fig. 16) se utiliza la maquinaria del barco, es decir, una herramienta a la que los trabajadores llaman “maquinilla”, que gira y enrolla un cabo para tirar fuerte de él, que sirve para lanzar reenvíos y así hacer avanzar la red, para centrar el círculo y para que pase por debajo de la otra red.



Figura 16. Extensión de la nueva red

- f) Durante este proceso, los buzos se encargan de asegurar que la red nueva (Fig. 17) pase por debajo de la vieja y en qué momento hay proceder a pasar el copo de la red vieja dentro de la nueva, operación de mayor complejidad.



Figura 17: Ubicación de la nueva red

- g) Una vez puesta la red nueva por debajo de toda la red vieja (Fig. 18) y bien anudada a la barandilla, se procede a soltar los amarres de la red vieja a la barandilla mientras los buzos se encargan de tirar un reenvío de la grúa del barco al copo de la red vieja para posteriormente tirar de él e ir subiendo la red vieja al barco.



Figura 18. Recogida de la red vieja con ayuda de la grúa

- h) Después se amarra la red nueva a las flotaciones y se ajustan los amarres a las barandillas para que todo quede perfectamente anudado.
- i) Por último, se ponen las bridas que unen la nueva red con la antipájaros, para sellar completamente cualquier hueco.

**4. Mantenimiento de las instalaciones.** Esta tarea requiere:

- a) *Revisión diaria de embarcaciones.* A diario se comprueba el estado de las embarcaciones y su correcto funcionamiento, antes de abandonar el puerto. Se provisiona a las embarcaciones de carburante y se comprueba la maquinaria para ver si está en buen uso.
- b) *Comprobación de balizas nocturnas.* Cada polígono cuenta con 4 balizas periféricas que lucen intermitentemente por la noche, para avisar a posibles embarcaciones del emplazamiento de las instalaciones. La tarea de comprobación de su funcionamiento consiste en acercarse con una embarcación a cada una de las balizas, tapar su sensor de luz y comprobar si comienzan a lucir o, por el contrario, están estropeadas. No es una tarea que se realiza con mucha frecuencia.
- c) *Revisión de redes y recogida de bajas por parte de los buzos.* Aproximadamente cada 2 días, el equipo de buzos se encarga de hacer una revisión total de las partes sumergidas, para ver que todo se encuentra en perfecto estado y si no es así, qué hay que reparar, como por ejemplo, pequeños agujeros en las redes y cerrarlas con bridas. También se verifica la cantidad de incrustaciones en las redes, por si hace falta rascados o cambios de red. Además, los buzos entran en las redes para recoger las bajas del copo de la jaula e introducirlos en bolsas de bajas, las cuales se encuentran en el interior de las jaulas y atadas con cabos a las barandillas de las flotaciones en un extremo, para que desde la superficie se puedan recoger, generalmente por los alimentadores, ser contadas y medidas en las cubas de bajas.
- d) *Limpieza de estachas, flotaciones y resto de la instalación marina.* Las incrustaciones acumuladas en las instalaciones son un problema, ya que reducen la vida útil de los elementos que la forman, debido a la tensión que sufren estos elementos por el aumento del peso que radica en las flotaciones, afectando a la estabilidad del conjunto. Además, las incrustaciones atraen a la fauna circundante lo que perjudica a la instalación. En las tareas de limpieza realizadas por los buzos, se utilizan rasquetas de diferentes tamaños y longitudes para eliminar las incrustaciones que se encuentran en las superficies. Dichas tareas se realizan con gran frecuencia para mantener en buen estado la instalación.
- e) *Recambio de boyas.* Cuando se rompen las boyas en las instalaciones, es necesario su cambio por otras en buen estado, las cuales se encuentran almacenadas en el puerto.
- f) *Reparación de tubos de flotación.* Los tubos de flotación son muy resistentes, pero en ocasiones se rompen y se reparan con una máquina especial de sellado, que se transporta con el barco, para reparar la zona rajada del tubo, directamente en la instalación marina.
- g) *Revisión de redes antipájaros y flotaciones.* Las redes antipájaros para ser efectivas deben tener todo su contorno perfectamente cerrado con la red principal y no tener ningún orificio por el que puede entrar cualquier animal. A diario, se comprueba su estado durante la alimentación. Mientras un

trabajador alimenta, otro recorre la jaula sobre los tubos de flotación, comprobando que la red antipájaros este correctamente atada a la barandilla, perfectamente embridada a la red principal y que está bien tensa, para evitar que pueda tocar el agua del mar, ya que si lo hiciera, disminuiría su vida útil, además de favorecer las incrustaciones. También se observa que no tenga ningún agujero por rotura, se corrigen las irregularidades con bridas o cosiéndola, además de tensarla. La misma persona que realiza la revisión de la red antipájaros, observa el estado de las flotaciones, por si hay que reparar, cambiar los cabos o tensarlos.

**5. Despesques.** Las pescas están programadas en unos días y cantidades concretas, las toneladas de pesca de la jaula pueden variar y el vaciado se realiza en varias etapas. En el puerto se cargan las 33 cubas en el barco de mayor tamaño, de manera que quede espacio en estribor, para cargar la red de arte de pesca que se vaya a utilizar, de forma que el barco se amarre por estribor y ya esté preparada la red de pesca.

Para la conservación del pescado, las cubas se llenan con hielo hasta la mitad. Durante el viaje, se añade agua de baldeo a las cubas y se machaca el hielo con una pala hasta que quede tres cuartas partes de la cuba llena, uniformemente, sin bloques de hielo. El sacrificio de los peces se produce por el shock térmico que sufren, al introducirlos en las cubas con agua y hielo, manteniendo la cadena del frío durante todo el proceso.

El inicio de la operación de pesca consiste en amarrar el barco por estribor a los arcos de flotación por la última estacha, utilizando los amarres de proa y popa, y se procede a desembridar la red antipájaro de la red principal aproximadamente de media jaula, la cual se despliega y se anuda a la plataforma central, para dejar media jaula al descubierto y proceder a la pesca. Después, se tapa la superficie de las cubas con una lona, para poder trabajar sobre ellas, ya que resbalan mucho y sería muy peligroso desplazarse sobre ellas sobre todo con mala mar.

Con ayuda de la grúa desde el barco y de los buzos desde la jaula, se alza el arte de pesca y se introduce en la jaula. Los buzos se encargan de posicionarla y de hacer que los peces entran en la red, calculando la cantidad requerida. Una vez cerrado el cerco y atrapados los peces, el personal de cubierta tira de la red para amontonar los peces cerca de la superficie y facilitar su pesca. En ese momento se retira la lona que cubría las cubas, se engancha el salabre a la grúa y se destapa la primera cuba. Después, el salabre es introducido y maniobrado con la grúa y con la ayuda de una persona, mientras que otra se encarga de abrir y cerrar las tapas de las cubas, a medida que se depositan los peces en ellas desde el salabre (Fig. 19).



Figura 19. Salabre con peces que deposita en cubas

El salabre posee una marca (Fig. 20) que indica el nivel que corresponde a una cuba para que se llene de pescado, pero a veces no se llega a este nivel o se pasa de él y, por tanto, hay que dividir una descarga de salabre en dos cubas, de manera que todas queden llenas.



Figura 20. Salabre completo de peces

Una vez llenadas las cubas (Fig. 21), se recoge el arte de pesca, dejando el resto de peces sobrantes libres de nuevo en la jaula para la siguiente pesca, lo que puede ocasionar gran estrés sobre ellos, sobretodo en la lubina, porque le produce muchas heridas superficiales, las desescama y se producen numerosas bajas, debido al estrés que sufren. Por ello, se recomienda no volverlas a soltar y pescarlas aunque sobren. Para finalizar, se procede a recoger y subir a bordo el arte de pesca, a la vez que un buzo desata la red antipájaros de la torreta central y otras dos personas la estiran atándola a la barandilla, en los puntos que fue desatada y embridándola a la red principal, de manera que quede todo perfectamente cerrado, para prevenir bajas por depredación.



Figura 21. Llenado de las cubas con peces

Una vez han sido transportadas las cubas hasta el puerto, se descargan con ayuda de la grúa y se trasladan al camión de reparto con ayuda de la máquina elevadora, para su posterior transporte hasta la planta de procesado o puntos de venta en fresco, que la empresa tuviera contratados.

## VI. CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO PARA LA PRODUCCIÓN DE LUBINA

### ***Material y métodos***

El sistema de producción de alimentos en su conjunto es reconocido como uno de los principales contribuyentes a los impactos ambientales, por lo tanto, lo es la producción de alimentos, el procesamiento, el transporte y la cuenta de consumo de una porción relevante de los gases de efecto invernadero (GEI), asociadas a cualquier país. En este contexto, existe una creciente demanda de mercado de la información sobre el clima pertinente y sobre el impacto del calentamiento global de productos de consumo de los alimentos, a lo largo de las cadenas de suministro (Iribarren *et al.* 2010). Por esta razón, este trabajo se ocupa de la evaluación de la huella de carbono de los productos acuícolas, como un subgrupo clave en el sector de la alimentación.

### ***Ámbito de estudio***

El cálculo de la huella de carbono se basa en los sistemas de gestión ambiental (ISO 14040: 1997 e ISO 14044: 2006) o en la metodología ambiental (PAS 2050, 2012). El ámbito de estudio del trabajo es obtener los kilogramos de CO<sub>2</sub> equivalentes por kilogramo de lubina producida y, para ello, se ha escogido como herramienta base el PAS 2050 (2012), el cual contempla el cálculo de CO<sub>2</sub> equivalente del producto (lubina) y no de la empresa. De este modo, no se tiene en cuenta el consumo eléctrico o los bienes de capital que son de larga duración, como las jaulas, la fabricación de los barcos, las oficinas...

Según la metodología ambiental PAS 2050 (2012), en primer lugar, hay que realizar el mapa de procesos de la empresa (Fig. 22), para después definir los límites del sistema mediante un

diagrama de flujo, donde se contemplen las entradas y salidas de los diferentes productos que intervienen en la producción de lubina (Fig. 23). A continuación, se debe escoger el enfoque para evaluar las emisiones y recopilar los datos necesarios para el cálculo final de la huella de carbono.

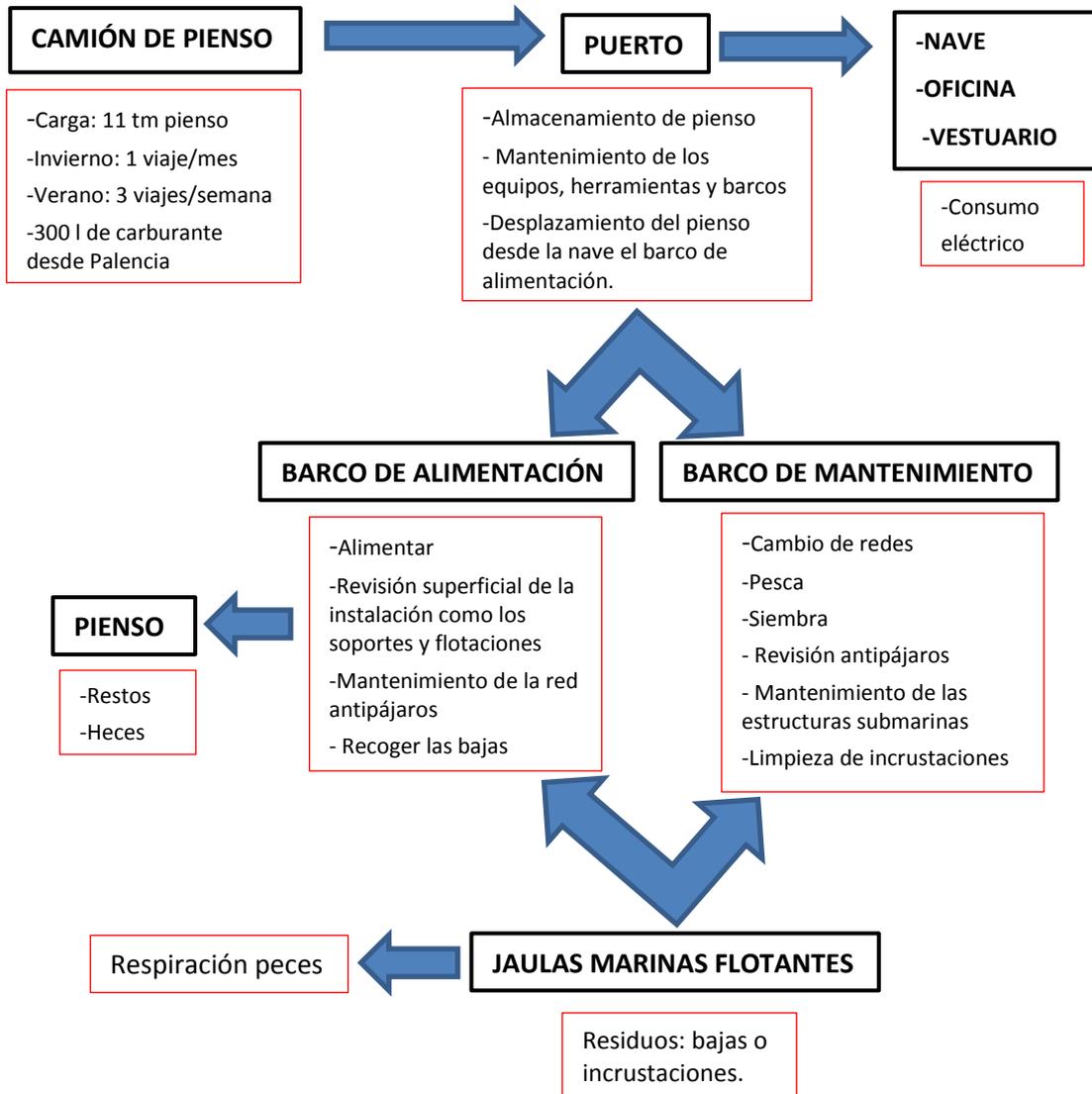


Figura 22. Mapa de procesos de la empresa (Elaboración propia)

En la evaluación de las emisiones se ha escogido “negocio a negocio” que corresponde con un enfoque “de la cuna a la puerta”, que incluye todas las emisiones previas y se detiene en el punto en que el producto es entregado a una nueva organización (Iribarren *et al.* 2010). La elección de realizar este enfoque es debido a que la información no es transmitida al consumidor, sino que una vez el pescado es retirado de las jaulas se transporta en cubas con agua y hielo hasta una planta de procesado donde lo dejan listo para salir al mercado, por lo tanto, se analizan únicamente las emisiones de GEI en la instalación de engorde.

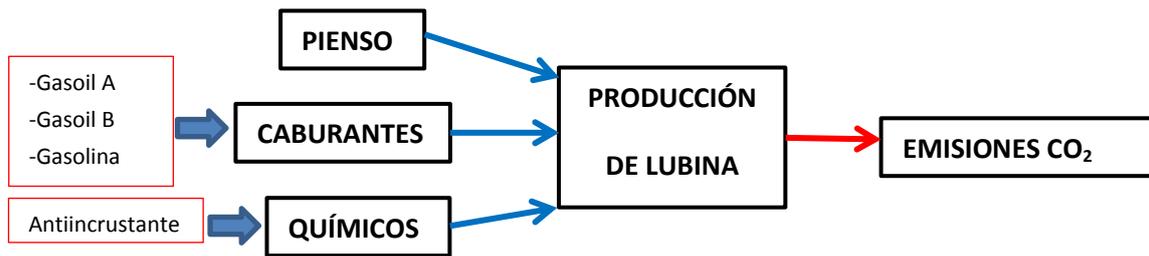


Figura 23. Diagrama de flujo de entradas y salidas (Elaboración propia)

Los principales elementos de entrada (*inputs* –flecha azul) considerados en la instalación de engorde de lubina han sido: el pienso, los carburantes y los productos químicos que poseen las redes para evitar las incrustaciones. Este último dato se ha tenido que despreciar, porque no ha podido ser suministrado por la empresa, debido a que la empresa recibe las redes de otra empresa ya con la pintura antiincrustante y no posee esta información. Dado el alcance del trabajo, se han considerado únicamente las emisiones directas al aire de CO<sub>2</sub>, como los principales elementos de salida (*ouputs* –flecha roja), considerados en la fase de engorde de la lubina.

### ***Inventario de datos***

Se han recopilado los datos necesarios para calcular la huella de carbono en las empresas mencionadas dedicadas al engorde de lubina, tomando como base un año, es decir, desde el 1/07/2013 al 1/07/2014. Son los siguientes:

- a) Producción anual: 1.757.772 lubinas (701.469 kg), doradas 135.784,00 (50.401 kg) y corvinas 151.434,00 (173.900 kg).
- b) Pienso anual: 1.388.019 Kg.
- c) Número de lotes al año: 4 siembras anuales de lubina.
- d) Viajes al año que realiza el camión del pienso: 127 viajes y gasta 300 l de carburante desde Palencia donde se encuentra la fábrica de piensos Biomar hasta Calpe.
- e) Combustible<sup>10</sup>: Gasoil B= 4000 l/mes, gasolina= 600 l/mes, gasoil (gasóleo A) 200 l/mes.
- f) Consumo del camión de alevines para realizar las siembras desde Burriana a Calpe: 58.38 l.

### ***Supuestos para el cálculo de la huella de carbono***

El cálculo de la huella de carbono se ha realizado para el engorde de la lubina, por lo que los datos necesarios han sido las contribuciones de CO<sub>2</sub> de la fabricación del pienso, de los

<sup>10</sup> Ambos barcos más la lancha motora, recorren al día unas 10 Millas, ya que INDUSTRIAS PESQUERAS BALMAR, S.A. se encuentra a unas 3 Millas de la costa, mientras que NIORDSEAS, S.L. se encuentra a unas 1.7 Millas. La cantidad de carburante es lo que va a repercutir en el *cálculo de la huella de carbono*, siendo: 1600 l/mes para el barco *Bases vivas uno*, 2500l/mes para el barco *Bases vivas tres* y 1830 l/mes para la lancha motora.

carburantes utilizados en los camiones de pienso, siembras, barcos, lancha motora, máquina elevadora y cañones o tolvas de alimentación. Las pinturas antiincrustantes de las redes no se han considerado, por la falta de datos proporcionados, además de porque su contribución de CO<sub>2</sub> es mínima (Vázquez-Rowe *et al.* 2013) una vez están colocadas en las jaulas.

Para calcular los Kg de CO<sub>2</sub> que produce la fabricación de los piensos, a falta de datos, se han tomado los de Iribarren *et al.* (2012), y se han extrapolado de acuerdo a nuestras cantidades.

Tabla 5: Composición del pienso (Iribarren *et al.* 2012)

| <b>U.F: 1 tm pienso</b>       |                      |
|-------------------------------|----------------------|
| <b>Componente</b>             | <b>Cantidad (kg)</b> |
| <b>Harina de pescado</b>      | 192,500              |
| <b>Concentrados vegetales</b> | 282,950              |
| <b>Harina animal</b>          | 180,000              |
| <b>Aceite soja</b>            | 30,000               |
| <b>Aceite de pescado</b>      | 144,500              |
| <b>Trigo</b>                  | 78,000               |

En este artículo, se considera como unidad funcional 1tm de pienso y lo divide entre pre-engorde (11,8%) y engorde (89,1%). En nuestro caso, como partimos de una cantidad de pienso de 1.388,02 tm/año, obtenemos 163,79 tm/año de pienso para pre-engorde y 1.236,72 tm/año de pienso para engorde.

En ausencia de los datos de las cantidades de los componentes del pienso para lubina, utilizado en la empresa, se ha formulado un pienso tipo, teniendo en cuenta el artículo de Kaushik (2012), que considera que un pienso no debe de poseer más de un 25% de harina y aceite de pescado, de forma que el pienso formulado posee esta cantidad durante el engorde y un 15% más durante el pre-engorde.

Tabla 6: Pienso tipo para especies Mediterráneas como la lubina.

| <b>ENGORDE</b>                |                     | <b>PRE-ENGORDE</b>            |                     |
|-------------------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------|
| <b>Componente</b>             | <b>Cantidad (%)</b> | <b>Componente</b>             | <b>Cantidad (%)</b> |
| <b>Harina de pescado</b>      | 15                  | <b>Harina de pescado</b>      | 30                  |
| <b>Concentrados vegetales</b> | 40                  | <b>Concentrados vegetales</b> | 23                  |
| <b>Harina animal</b>          | 15                  | <b>Harina animal</b>          | 10                  |
| <b>Aceite soja</b>            | 7                   | <b>Aceite soja</b>            | 5                   |
| <b>Aceite de pescado</b>      | 10                  | <b>Aceite de pescado</b>      | 24                  |
| <b>Trigo</b>                  | 13                  | <b>Trigo</b>                  | 8                   |

Una vez conocidos los porcentajes del pienso tipo formulado para la lubina, ya se puede obtener las cantidades de cada componente que forma el pienso.

Tabla 7: Cantidad de los componentes del pienso.

| ENGORDE                |               | PRE-ENGORDE            |               |
|------------------------|---------------|------------------------|---------------|
| Componente             | Cantidad (tm) | Componente             | Cantidad (tm) |
| Harina de pescado      | 185,509       | Harina de pescado      | 49,136        |
| Concentrados vegetales | 494,690       | Concentrados vegetales | 37,671        |
| Harina animal          | 185,509       | Harina animal          | 16,379        |
| Aceite soja            | 86,571        | Aceite soja            | 8,189         |
| Aceite de pescado      | 123,672       | Aceite de pescado      | 39,309        |
| Trigo                  | 160,774       | Trigo                  | 13,103        |

## VII. RESULTADOS

### *Cálculo de la huella de carbono para el pienso*

Una vez conocidos las cantidades de los componentes, ya podemos calcular los Kilogramos de CO<sub>2</sub>, partiendo de la base que de que en el artículo de Iribarren *et al.* (2012), una tonelada de pienso emitía a la atmósfera 101,07 Kg de CO<sub>2</sub>. Por lo tanto, se calcula la cantidad de CO<sub>2</sub> para componente de pienso en función de este dato.

Tabla 8: Cantidad de CO<sub>2</sub> de los componentes del pienso.

| U.F: 1 tm pienso                     |               |                                 |
|--------------------------------------|---------------|---------------------------------|
| Componente                           | Cantidad (kg) | Kg CO <sub>2</sub> eq/tm pienso |
| Harina de pescado                    | 192,500       | 19,456                          |
| Concentrados vegetales <sup>11</sup> | 282,950       | 28,598                          |
| Harina animal <sup>12</sup>          | 180,000       | 18,193                          |
| Aceite soja                          | 30,000        | 3,032                           |
| Aceite de pescado                    | 144,500       | 14,605                          |
| Trigo                                | 78,000        | 7,883                           |

Con estos resultados, ya se puede obtener los kilogramos de CO<sub>2</sub> equivalente, para un pienso tipo de lubina.

<sup>11</sup> Concentrados vegetales= Soja 189,95+Guisante 50+Harina de colza 43=282,95 Kg

<sup>12</sup> Harina animal=Sangre 70+ Hemoglobina 60+ Aceite y grasa animal 50 = 180 Kg

Tabla 9: Cantidad de CO<sub>2</sub> de los componentes de un pienso de engorde para lubina.

| ENGORDE                |              |                                 |
|------------------------|--------------|---------------------------------|
| Componente             | Cantidad(tm) | Kg CO <sub>2</sub> eq/tm pienso |
| Harina de pescado      | 185,509      | 18,749                          |
| Concentrados vegetales | 494,690      | 49,998                          |
| Harina animal          | 185,509      | 18,749                          |
| Aceite soja            | 86,571       | 8,750                           |
| Aceite de pescado      | 123,672      | 12,500                          |
| Trigo                  | 160,774      | 16,249                          |
| <b>TOTAL</b>           |              | <b>124,996</b>                  |

Tabla 10: Cantidad de CO<sub>2</sub> de los componentes de un pienso de pre-engorde para lubina.

| PRE-ENGORDE            |              |                                 |
|------------------------|--------------|---------------------------------|
| Componente             | Cantidad (%) | Kg CO <sub>2</sub> eq/tm pienso |
| Harina de pescado      | 49,136       | 4,966                           |
| Concentrados vegetales | 37,671       | 3,807                           |
| Harina animal          | 16,379       | 1,655                           |
| Aceite soja            | 8,189        | 0,828                           |
| Aceite de pescado      | 39,309       | 3,973                           |
| Trigo                  | 13,103       | 1,324                           |
| <b>TOTAL</b>           |              | <b>16,554</b>                   |

En la siguiente figura (Fig. 24), se compara el pienso de engorde y el de pre-engorde con las diferentes cantidades de sus componentes, para ver cuál contribuye con mayores emisiones de CO<sub>2</sub>.

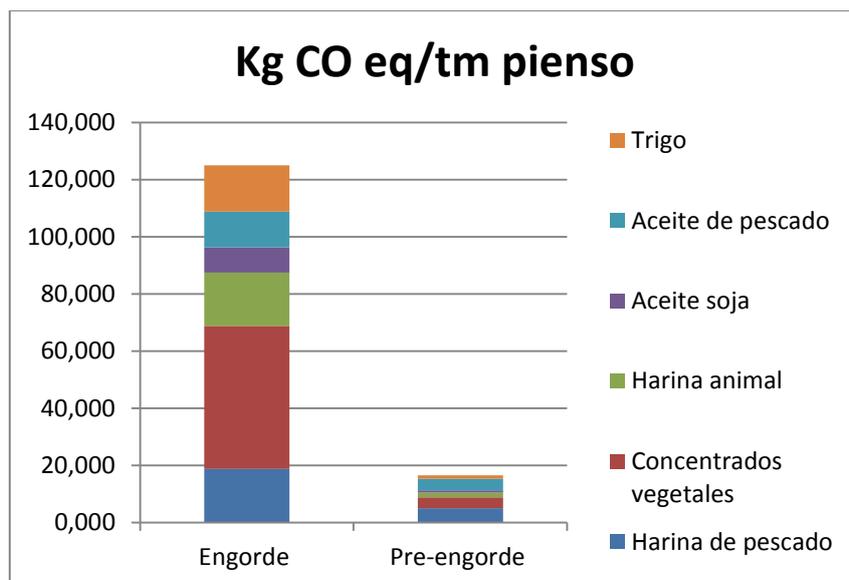


Figura 24. Emisiones de CO<sub>2</sub> de los piensos (Elaboración propia)

El total de las emisiones de CO<sub>2</sub> es **141.550 kg CO<sub>2</sub> equivalente/tm pienso**, aportando el pienso **de engorde 124,996 kg CO<sub>2</sub> equivalente/tm pienso**, mientras que el de **pre-engorde 16.554 kg CO<sub>2</sub> equivalente/tm pienso**.

La huella de carbono por kilogramo de lubina será:

Huella de carbono (Kg CO<sub>2</sub>)= Dato de la actividad (tm) X Factor de emisión (Kg CO<sub>2</sub> eq/tm)

Huella de carbono (Kg CO<sub>2</sub>)= 1388.02 tm X 141.550 kg CO<sub>2</sub> eq/tm pienso

Obteniendo **196.473,62 Kg CO<sub>2</sub> anuales** con ambos piensos, en las dos fases de producción.

Al producir una biomasa de lubina igual a 571.687,65 kg, la huella de carbono total emitida por el pienso es **0.34 Kg CO<sub>2</sub>/kg lubina de producida**.

### ***Cálculo de la huella de carbono para el carburante***

Una vez obtenido el carburante que gasta la lubina al año con los factores de emisión, ya se puede calcular la huella de carbono.

Tabla 11: Carburante que gasta la lubina al año y factores de emisión.

| <b>Carburante</b> | <b>Cantidad (l/año)</b> | <b>Factor de emisión (Kg CO<sub>2</sub>/l)<sup>13</sup></b> |
|-------------------|-------------------------|---|
| <b>Gasoil B</b>   | 41.258,42               | 2,471   |
| <b>Gasolina</b>   | 6.188,76                | 2,196   |
| <b>Gasoil A</b>   | 40.396,44               | 2,471   |

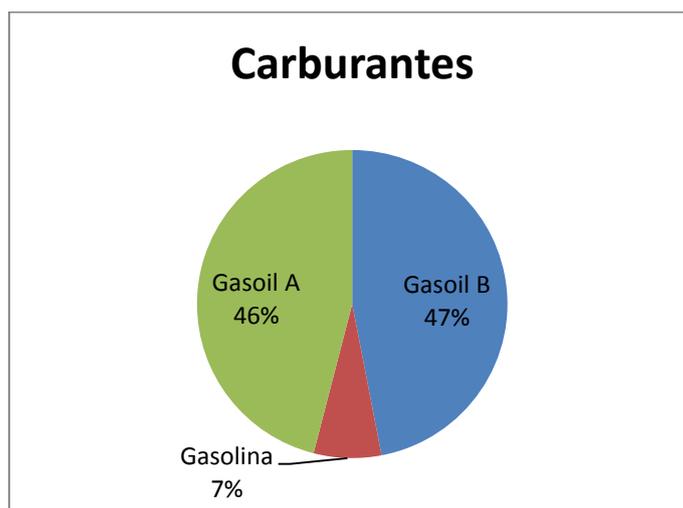


Figura 25. Representación gráfica de los carburantes (Elaboración propia)

<sup>13</sup> Fuente para la toma de datos del Factor de Emisión: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 2014. Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización. D

El consumo del gasoil B<sup>14</sup> (Fig. 25) (gasóleo agrícola) se debe a los barcos, *Bases vivas uno* y *Bases vivas tres* y el de gasolina al de la lancha motora y al de los cañones o tolvas de alimentación. El consumo de gasóleo A (Fig. 26) se divide entre la cantidad que consumen los camiones de pienso al año, el de las siembras y el de la lancha motora.

Tabla 12: Consumo de gasóleo A.

| Gasoil A (l/año) |           |           |
|------------------|-----------|-----------|
| Siembra          | Elevadora | Pienso    |
| 233,52           | 2.062,92  | 38.100,00 |

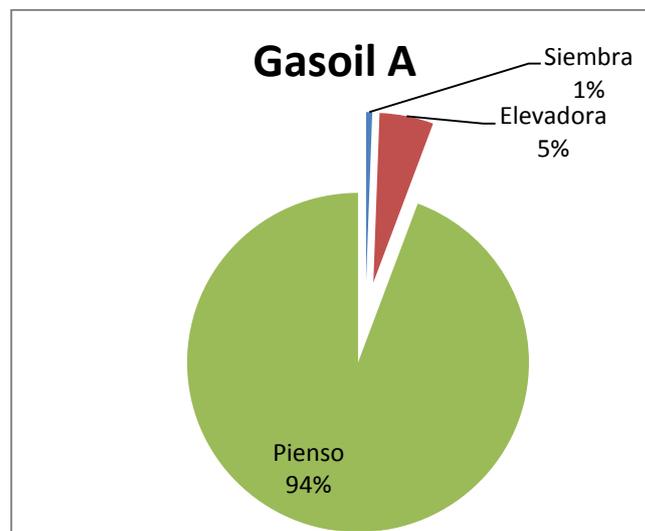


Figura 26. Representación gráfica del consumo de gasóleo A. (Elaboración propia)

La huella de carbono para los diferentes tipos de carburantes es:

Huella de carbono (Kg CO<sub>2</sub>)= Dato de la actividad (l) X Factor de emisión (Kg CO<sub>2</sub>/l)

Obteniendo: **101.949,56 Kg CO<sub>2</sub> de gasoil B**, **13.590,56 Kg CO<sub>2</sub> de gasolina** y **5.097,48 Kg CO<sub>2</sub> de gasoil A**. Por lo tanto, la huella de carbono total emitida por los carburantes es de **120.637,56 Kg CO<sub>2</sub>**, pero al poseer una biomasa de 571.687,65, la huella de carbono es de **0.21 Kg CO<sub>2</sub>/kg lubina producida**.

<sup>14</sup> El gasóleo B o gasóleo agrícola es un combustible con unas características técnicas muy parecidas al gasóleo A. Este combustible está indicado para motores agrícolas e industriales, aunque también se utiliza para calefacción, al ser más refinado que el gasóleo C. Fiscalmente, el Gasóleo B está bonificado en las mismas condiciones que el gasóleo C, por lo que es más barato que el gasóleo A. Para evitar el fraude con el gasóleo B, éste se suministra con un trazador que lo tiñe de color rojo característico. Las sanciones por el uso indebido de este combustible pueden ascender hasta a 12000 euros (Véase <http://www.fgsuministros.com/gasoleob.asp>).

**Cálculo de la huella de carbono total**

La huella de carbono total para el engorde de lubina se obtiene sumando los kilogramos de CO<sub>2</sub> equivalente de los carburantes más los del pienso, y es de **0.55 Kg CO<sub>2</sub>/kg lubina producida**.

**VIII. DISCUSIÓN**

En este estudio, se ha obtenido la huella de carbono de cada uno de los componentes del pienso y de los carburantes consumidos en el transporte, durante el engorde de la lubina. El resultado obtenido de los componentes del *pienso* es 0,34 Kg CO<sub>2</sub>/Kg de lubina producida, mientras que el resultado obtenido de los *carburantes* es 0,21 Kg CO<sub>2</sub>/Kg de lubina producida, obteniéndose un total de 0,55 Kg CO<sub>2</sub>/Kg de lubina producida.

En lo que respecta a la fabricación del *pienso*, el componente que más ha influido en las emisiones de CO<sub>2</sub> ha sido el de los concentrados vegetales, tanto en el pienso de pre-engorde como en el de engorde. El problema reside tanto en la procedencia de las materias primas, por el recorrido del transporte y su correspondiente emisión de CO<sub>2</sub> de la combustión del carburante, como en el proceso de la transformación de dichas materias primas en pienso. Kaushik (2012) también obtiene como resultado un valor mayor de kilogramos de CO<sub>2</sub> equivalentes, cuando el pienso posee un bajo o nulo contenido en harina de pescado<sup>15</sup>, lo que se debe a que posee una mayor sustitución de fuentes proteicas de origen vegetal.

En lo que respecta al transporte, el consumo de *carburantes* se encuentra en segundo lugar respecto a las emisiones de CO<sub>2</sub>. Del mismo modo, Samuel-Fitwi, B. *et al.* (2013) también obtiene en la producción de trucha arcoíris un segundo lugar para el transporte en las emisiones de CO<sub>2</sub>. Sin embargo, en el artículo de Iribarren *et al.* (2012) el transporte del pienso junto con el transporte de materias ocupan el primer lugar con respecto a las emisiones de CO<sub>2</sub>, al igual que sucede en el artículo de Pelletier *et al.* (2009), que demuestran que dependiendo donde se produzca el salmón, las emisiones de CO<sub>2</sub> van a variar de 1,8 a 3,3 Kg CO<sub>2</sub>/kg de salmón producido, dependiendo del transporte que haya que utilizar y del país donde se recibe el producto. En Noruega, se obtiene un valor de 1,79 Kg CO<sub>2</sub> equivalente, mientras que en Reino Unido se obtiene un valor de 3,27 Kg CO<sub>2</sub> equivalente. Es por ello, que en el presente trabajo, se ha considerado solo determinar la huella de carbono únicamente en la fase de producción, ya que si se consideran otros factores, como el procesado de los peces, el transporte hasta los puntos de consumo o hasta el final de su vida útil (*hasta la tumba*), los valores son difíciles de comparar, debido a la variabilidad de estos factores.

En la figura 24, se muestra que ambas empresas gastan un 47% de gasóleo B que consumen los barcos, un 7% de gasolina que consume la lancha motora y los cañones o tolvas de alimentación y un 46% de gasóleo A (Fig. 25), que es consumido en un 94% por los camiones que transportan el pienso desde Palencia (donde se encuentra la fábrica de pienso Biomar), hasta Calpe, en un 5%, la máquina elevadora que se encarga del transporte en el interior del

---

<sup>15</sup> Véase la Figura 1.

puerto y en 1%, los camiones de las siembras que transportan los alevines desde Burriana hasta Calpe.

El cálculo de la huella de carbono final nos da como resultado 0,55 Kg CO<sub>2</sub>/kg de lubina producida durante la fase de engorde, resultado que se puede comparar con el obtenido por otros autores como Iribarren *et al.* (2012), que obtiene 0.557 Kg CO<sub>2</sub>/kg de rodaballo hasta el engorde. Vázquez-Rowe, I. *et al.* (2013) obtienen, en escenarios terrestres, de 0,6492 a 1,152 Kg CO<sub>2</sub> equivalente y en escenarios marinos, de 3,158 a 11,538 Kg CO<sub>2</sub> equivalente para el percebe. En el citado trabajo, las mayores emisiones de CO<sub>2</sub> se deben al transporte y, además, se alude a otros autores para comparar los resultados obtenidos de kilogramos de CO<sub>2</sub> equivalente, como Iribarren *et al.* (2010), que obtiene para el jurel 1,180 Kg CO<sub>2</sub> eq utilizando como arte de pesca el arrastre, mientras que si utiliza la red de cerco obtiene 0,980 Kg CO<sub>2</sub> eq. Para la cigala, utilizando la pesca de arrastre obtiene 0,0283 Kg CO<sub>2</sub> eq; para el mejillón, utilizando métodos de pesca artesanales, obtiene 0,8310 Kg CO<sub>2</sub> eq. Vázquez-Rowe *et al.* (2013), mediante la pesca de arrastre, obtiene para la merluza de cola 3,049 Kg CO<sub>2</sub> eq. Por último, Ziegler *et al.* (2011), utilizando métodos de pesca artesanales, obtiene 0,2 Kg CO<sub>2</sub> eq para la gamba.

Las comparaciones realizadas demuestran que el resultado obtenido en nuestro trabajo coincide con el de otros autores, de modo que, este dato nos da información sobre el impacto ambiental que ocasiona el engorde de lubina y cómo afecta las emisiones de CO<sub>2</sub>, al calentamiento global y, a su vez, al cambio climático, el cual, en general, es bastante reducido, si solo se considera la producción y no se incluye ni el procesado posterior ni el transporte, hasta el consumo.

## **IX. CONCLUSIONES**

El presente trabajo se justifica por la necesidad de elaborar estudios sobre las emisiones de CO<sub>2</sub>, dada su repercusión negativa en el medio ambiente. A pesar de que existen numerosos estudios sobre especies acuícolas, escasean aquellos dedicados a especies mediterráneas, como la lubina.

Ante las emisiones actuales de CO<sub>2</sub>, se han desarrollado herramientas para su estimación, como la Huella de Carbono, que mide la totalidad de gases de efecto invernadero, que contribuyen al calentamiento global, para después convertir los resultados individuales de cada gas a equivalentes de CO<sub>2</sub>.

La contribución de las emisiones de CO<sub>2</sub> por parte del sector acuícola es ínfima, en comparación con otros sectores alimenticios. El rendimiento en la producción acuícola depende del porcentaje de harina y aceite de pescado. Cuando las cantidades de este porcentaje son mínimas, es porque son sustituidas por fuentes proteicas de origen vegetal, lo que provoca un aumento en los kilogramos de CO<sub>2</sub> equivalente. Esto se debe a que el origen de las fuentes vegetales puede aumentar el carburante consumido por el transporte, hasta el lugar de destino.

En este estudio, se ha obtenido la huella de carbono de cada uno de los componentes del pienso y de los carburantes consumidos en el transporte, durante el engorde de la lubina. El resultado obtenido de los componentes del *pienso* es 0,34 Kg CO<sub>2</sub>/Kg de lubina producida, mientras que el resultado obtenido de los *carburantes* es 0,21 Kg CO<sub>2</sub>/Kg de lubina producida, obteniéndose un total de 0,55 Kg CO<sub>2</sub>/Kg de lubina producida.

## BIBLIOGRAFIA

CASTRO, M., MARTÍN-VIDE, J. & ALONSO, S. 2005. "El Clima de España: pasado, presente y escenarios de clima para el siglo XXI". In Moreno, J.M. (ed.). *Evaluación Preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, pp. 1-64.

DOMÉNECH QUESADA, J.L. 2007. "Huella ecológica y desarrollo sostenible". In *Encuentros Académicos Internacionales organizados y realizados íntegramente a través de Internet*. Disponible en [www.eumed.net/eve/resum/06-07/jldg.htm](http://www.eumed.net/eve/resum/06-07/jldg.htm)

FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2010. "Un nuevo informe evalúa las emisiones de gases de efecto invernadero del sector lácteo", 20 de abril de 2010, Roma. Disponible en <http://www.fao.org/news/story/es/item/41351/icode/>

FOESA. 2013. *Guía para el cálculo de la huella de carbono en productos acuícolas*. Madrid: FOESA. Disponible en [www.fundacionoesa.es](http://www.fundacionoesa.es)

IPCC. 2007. "Cambio climático 2007: Informe de síntesis". Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Ginebra: Intergovernmental Panel on Climate Change- IPCC. Disponible en [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr\\_sp.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf)

IRIBARREN, D. *et al.* 2010. "Estimation of the carbon footprint of the Galician fishing activity (NW Spain)". In *Science of the Total Environment* 408. Elsevier, pp. 5284-5294. Disponible en journal homepage: [www.elsevier.com/locate/scitotenv](http://www.elsevier.com/locate/scitotenv)

IRIBARREN, D., MOREIRA, M.T. and FEIJOO, G. 2012. "Life Cycle Assessment of Aquaculture Feed and Application to the Turbot Sector". In *Int. J. Environ. Res.*, N. 6 (4), pp. 837-848. Disponible en <http://connection.ebscohost.com/c/articles/83339573/life-cycle-assessment-aquaculture-feed-application-turbot-sector>

ISO 14040:1997. *Norma española. Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida: Principios y marco de referencia*. Madrid: AENOR.

ISO 14044:2006. *Norma española Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida: Requisitos y directrices*. Madrid: AENOR.

KAUSHIK, Sadasivam J. 2012. "Aquaculture in the Reform of the Common Fisheries Policy. "FIFO" and Carbon Footprint". Brussels: European Parliament. Disponible en [http://ebcd.org/pdf/presentation/190-Mr\\_Kaushik.pdf](http://ebcd.org/pdf/presentation/190-Mr_Kaushik.pdf)

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE. 2014. *Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización*. Disponible en [http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/2014\\_05\\_29\\_Guia\\_Huella\\_Carbono\\_tcm7-330253.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/2014_05_29_Guia_Huella_Carbono_tcm7-330253.pdf)

MONDÉJAR-NAVARRO, María Victoria, *et al.* 2011. "La huella de carbono y su utilización en las instituciones universitarias". In *Actas XV Congreso Internacional de Ingeniería de proyectos*. Huesca: Gobierno de Aragón, pp. 1950-1959.

PAS 2050. 2011. *Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services*. London: BSI.

PAZ-ANDRADE, Alfonso (Dir.) 2010. "Siguiendo la pista de la Huella de Carbono en los productos de la acuicultura". In *IPAC ACUICULTURA* Nº 53. Vigo: SIPSA, pp. 6-8.

PELLETIER, N. *et al.* 2009. "Not All Salmon Are Created Equal: Life Cycle Assessment (LCA) of Global Salmon Farming Systems". In *Environ. Sci. Technol.* N. 43, pp. 8730–8736. Disponible en <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es9010114>

SAMUEL-FITWI, B. *et al.* 2013. "Aspiring for environmentally conscious aquafeed: comparative LCA of aquafeed manufacturing using different protein sources". In *Journal of Cleaner Production*, N. 52, Elsevier, pp. 225-233. Disponible en journal homepage: [www.elsevier.com/locate/jclepro](http://www.elsevier.com/locate/jclepro)

VÁZQUEZ-ROWE, I. *et al.* 2013. "Carbon footprint analysis of goose barnacle (*Pollicipes pollicipes*) collection on the Galician coast (NW Spain)". In *Science of the Total Environment* 408. Elsevier. Disponible en journal homepage: [www.elsevier.com/locate/fishres](http://www.elsevier.com/locate/fishres)

VV. AA. 2011. *Guía para el Cálculo de la Huella de Carbono en el sector del aceite de oliva*. In *Proyecto OILCA. Interreg IVB SUDOE*. Disponible en [www.fundacionoesa.es](http://www.fundacionoesa.es) y en [www.interreg-sudoe.eu/...huella-de-carbono](http://www.interreg-sudoe.eu/...huella-de-carbono)

WINTER, U. *et al.* 2009. *Carbon footprint and energy use Norwegian seafood products*. Trondheim: SINTEF.

ZIEGLER, F. *et al.* 2011. "Extended Life Cycle Assessment of southern pink shrimp products originating". In *Senegalese artisanal and industrial fisheries for export to Europe. J. Ind. Ecol.* N. 15, pp. 527–538.

## WEBGRAFÍA

[www.abnspain.com](http://www.abnspain.com)

[www.axesor.es](http://www.axesor.es)

[www.beiker.es](http://www.beiker.es)

[www.elsevier.com](http://www.elsevier.com)

[www.eumed.net](http://www.eumed.net)

[www.fao.org](http://www.fao.org)

[www.fgsuministros.com](http://www.fgsuministros.com)

[www.fundacionoesa.es](http://www.fundacionoesa.es)

[www.informacion-empresas.com](http://www.informacion-empresas.com)

[www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)

[www.magrama.gob.es](http://www.magrama.gob.es)

<http://connection.ebscohost.com>

<http://ebcd.org>

<http://pubs.acs.org>