

Carballo, A.; Castromán, J.L.

Gestión ambiental de las cadenas logísticas...

GESTIÓN AMBIENTAL DE LAS CADENAS LOGÍSTICAS: CONCEPTO Y CASO DE ESTUDIO

ADOLFO CARBALLO PENELA / JUAN LUIS CASTROMÁN DIZ
Universidad de Santiago de Compostela

Recibido: 15 de febrero de 2011

Aceptado: 18 de marzo de 2011

Resumen: La contribución de empresas y organizaciones es fundamental para el logro de un modelo de desarrollo perdurable a largo plazo. La gestión medioambiental –que se configura como una herramienta empresarial imprescindible en este campo– resulta útil para diferenciar las actividades de las empresas y organizaciones, precisando para ello, entre otros factores, de indicadores que ofrezcan información útil como, por ejemplo, la huella del carbono corporativa (HCC), uno de los indicadores más difundidos en la actualidad. Este artículo destaca, en primer lugar, la importancia de enfocar la gestión ambiental a las cadenas logísticas empleando herramientas que permitan la cooperación para que todos sus miembros colaboren en la reducción de los impactos generados a lo largo de toda la cadena. En segundo lugar, se expone una alternativa metodológica: el método compuesto de las cuentas contables (MC3), válido para estimar la HCC de bienes y servicios considerando cadenas logísticas y que, a la vez, permite el ecoetiquetado de bienes y servicios. El caso de estudio realizado contribuye tanto a ilustrar la importancia de la gestión sobre la base de las cadenas logísticas como a exponer los resultados que se obtienen con el MC3. Para ello, se aplica el método a una cadena logística orientada a la producción de mejillón en conserva. Los resultados ofrecen una HCC de 10,75 tCO₂/t de producto, generada principalmente en la fase de elaboración de conservas.

Palabras clave: Gestión ambiental / Cadenas logísticas / Huella del carbono corporativa / MC3.

SUPPLY CHAIN MANAGEMENT: CONCEPT AND CASE STUDY

Abstract: Companies and organizations are a key factor for sustainable development. Environmental management is an essential tool in this task, being also useful for environmental differentiation of organizations and their products. Business environmental management needs robust environmental indicators. Corporate carbon footprints (CCF) are one of the most popular environmental indicators. This paper remarks the role of supply chains in environmental management, in order to achieve environmental benefits from cooperation among chain members. Secondly, the compound method composed of financial statements (MC3), a methodological alternative for assessing CCF in a supply chain framework is introduced. MC3 provides useful information for environmental labeling of products. The case study shows the relevance of environmental management with supply chains, including some obtainable results with the MC3. Results from the study also show that the production of canned mussels generates 10.75 tCO₂/ton of product, mainly from the canning process company.

Keywords: Environmental management / Supply chains / Corporate carbon footprints / MC3.

1. INTRODUCCIÓN

La consideración de los problemas medioambientales en la gestión de las empresas y organizaciones ha pasado de ser un tema poco considerado a desempeñar un papel relevante en el mundo empresarial actual (Doménech, 2007).

El cambio en el rol desempeñado por este tipo de cuestiones ha sido propiciado por cambios en el contexto competitivo que afectan a las empresas desde diferentes perspectivas. El desarrollo de legislación relacionada con el control del nivel de emisiones y vertidos, con el incremento de las obligaciones de información con respecto a asuntos relacionados con el medio ambiente, con el auge de la demanda

de una mayor transparencia y compromiso por parte de los agentes con los que se relacionan las empresas, con la consciencia de que las relaciones con diferentes colectivos –accionistas, clientes, trabajadores, la comunidad...– y con el medio forman parte del valor de la empresa y que esta tiene obligaciones para y con ellos, o con la búsqueda de nuevas herramientas para gestionar los beneficios y los riesgos derivados de cambios en el contexto competitivo, propician que este tipo de materias adquieran un papel diferente al tradicional (Carballo Penela, 2010; Shaltegger y Wagner, 2006).

Las empresas consideran que la sostenibilidad ofrece un modo de diferenciarse en los mercados, y asumen que la gestión de la sostenibilidad desde una óptica proactiva repercute directamente en su rentabilidad, lo que contribuye a incrementar su productividad y competitividad. Conceptos como la responsabilidad social (RS) están cada vez más en boca de gestores, clientes y accionistas (Shaltegger y Wagner, 2006).

Este planteamiento obliga a que las organizaciones y empresas tengan que delimitar la información medioambiental que van a ofrecer y cómo la van a difundir entre las partes interesadas, además de buscar el modo adecuado de gestionarla, surgiendo diferentes iniciativas que tratan de avanzar en estos temas. No obstante, aún existen carencias importantes con respecto al tipo de información que se va a suministrar, a los instrumentos que se van a emplear para obtenerla y a las metodologías que se van a aplicar.

Este artículo se estructura de la siguiente manera. En la sección 2 destacamos las ventajas de adoptar sistemas de gestión ambiental que tomen como unidad de referencia las cadenas logísticas, proponiendo el uso de un indicador –la huella del carbono– que ofrece información sobre un impacto ambiental relevante como es el cambio climático. En la sección 3 se expone el método compuesto de las cuentas contables (MC3) como alternativa metodológica para el cálculo de la huella del carbono en este contexto. En la sección 4 se aplica este método a una cadena logística relacionada con la producción de mejillón en conserva. Y finalmente, en la sección 5 se recogen las conclusiones de este trabajo.

2. LA GESTIÓN AMBIENTAL DE LAS CADENAS LOGÍSTICAS

2.1. LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL DE LAS EMPRESAS Y ORGANIZACIONES

La gestión medioambiental a nivel corporativo está tradicionalmente vinculada al control de los impactos directos –u *on site*–, tratando de establecer actuaciones que afectan a cuestiones como el consumo de recursos o la generación de emisiones y residuos de cada organización aisladamente (Doménech, 2007). Las recomendaciones realizadas por los estándares más empleados en este ámbito –la serie de normas ISO 14000, los estándares proporcionados por la Iniciativa de Informe Global (GRI) o por el Sistema Comunitario de Ecogestión y Auditoría (EMAS),

entre otros— adoptan un enfoque en el que las organizaciones son entendidas principalmente como entes aislados del resto de las empresas con las que se relacionan.

No obstante, el enfoque sistémico nos muestra, por una parte, que la empresa es siempre un subsistema y, por lo tanto, parte de un sistema mayor y, por otra, que considerarla una “unidad de estudio” obliga a incorporar todo lo demás como “ámbito empresarial”, es decir, una especie de saco en el que caben cosas tan dispares como clientes, proveedores, competidores, etc. En el caso que nos ocupa, centrarnos en las fronteras de la empresa dificulta abordar el impacto medioambiental que sus actividades pueden ocasionar, sobre todo si esas actividades están organizadas en un marco supranacional.

Por el contrario, es posible centrarnos en el impacto del “proceso empresarial”, que Bastida y Castromán (1999, p. 66) definen como “*una actividad humana, individual o colectiva, que supone el despliegue de sus capacidades de trabajo, creativas y administrativas, para someter orden y métodos a los cuatro flujos de recursos –humanos, materiales, informativos y financieros–, de manera que alcancen a satisfacer necesidades sociales de forma competitiva*”.

Siguiendo a estos autores, el proceso empresarial comprende el conjunto de tareas mediante las cuales un sistema crea valor para otro u otros, esto es, el modo en que: a) percibe las necesidades del mercado y las posibilidades tecnológicas, legales, etc.; b) concibe productos y servicios vendibles; c) inventa la forma de fabricarlos o prestarlos de forma competitiva; d) conecta con los clientes para ofrecerles los productos y servicios y gestiona sus pedidos; e) contacta con los proveedores de los insumos que necesita (en sentido amplio, es decir, tanto de materias primas como de recursos financieros, tecnología, información, etc.); f) fabrica y entrega los productos; y g) presta servicios complementarios buscando el pleno acoplamiento con el medio.

Las evidencias de la necesidad de enfocarse en un sistema como el que acabamos de describir se manifiestan por todas partes, y como muestra nos basta con reflejar dos tendencias muy significativas en la actualidad: 1) la consideración de la logística como un concepto integrador referido a un sistema interempresarial que abarca toda la cadena de producción, desde las materias primas hasta el punto de consumo. Desde esta concepción, cada vez se acepta en mayor grado que la logística ha de gestionarse como un sistema que trasciende las fronteras tradicionales de la empresa y que abarca los flujos de materiales, servicios e información desde las fuentes hasta los consumidores y usuarios; y 2) la constatación de la necesidad de que el énfasis organizativo cambie, pasando de una angosta orientación funcional, encajada dentro de las fronteras de una empresa, a un punto de vista más amplio, como es la integración del proceso de creación de valor en el interior y en el exterior de la empresa, integración con la que se pretende ganar en eficacia y eficiencia.

En efecto, si reconocemos que servir a la sociedad creando valor es una finalidad primaria de los sistemas empresariales, se acumulan las evidencias de que la

creación y gestión del valor añadido se consigue mejor enfocándose en los flujos de materiales, servicios e información en lugar de las tradicionales nociones de eficiencia funcional o departamental.

Pues bien, siguiendo a Castromán (2001, p. 110), el sistema empresarial que lleva a cabo la totalidad del proceso empresarial es un sistema complejo que se puede descomponer en subsistemas semejantes, que actúan como un todo en perspectiva descendente y como parte en un enfoque ascendente, compartiendo en una escala diferente sus características esenciales. Así, en distintos grados de complejidad, puede manifestarse dentro de una empresa o, más frecuentemente, como un sistema interempresarial que comprende varias empresas vinculadas, formando lo que se conoce como “conducto logístico”, “canal logístico”, “cadena logística” o incluso “cadena de suministradores”. De forma simétrica, una empresa puede abarcar uno o varios sistemas empresariales o ser únicamente parte de uno o de varios sistemas, que es lo más frecuente.

En este contexto, cabe señalar que la consideración de las cadenas logísticas desde perspectivas relacionadas con la gestión de los aprovisionamientos o con la gestión financiera ha disfrutado de un cierto auge (Wiedmann, 2009; Wiedmann y Lenzen, 2009). Numerosas compañías han adoptado enfoques que tenían en cuenta los procesos y operaciones de sus proveedores y clientes. La disposición de este tipo de información ha permitido obtener beneficios relacionados con mejoras en la productividad, con incrementos en la eficiencia o con menores necesidades de capital a aquellas empresas que han adoptado este enfoque (Carbon Trust, 2006; Wiedmann y Lenzen, 2009).

No obstante, la gestión de las cadenas de suministradores aún no ha alcanzado una amplia difusión en términos ambientales, a pesar de que su adopción posibilita el logro de mejoras en el medio ambiente general y reducciones de costes derivadas de una mejor organización de determinados procesos que afectan a la cadena de suministradores (Carballo Penela, 2010; Carbon Trust, 2006; Seuring, 2004), permitiendo, además, la diferenciación de sus productos sobre la base de criterios medioambientales.

Este planteamiento no es nuevo, pues Castromán y Porto (1999, p. 101) ya señalaron lo que suponía para los integrantes en la cadena de empresas el hecho de incorporar otros factores, además de la productividad, la calidad y el rendimiento económico, ya que los obliga a incluir la protección medioambiental en la planificación de los procesos de fabricación de los productos, a impulsar líneas de investigación y de desarrollo tendentes a procurar procesos productivos basados en la gestión racional de los recursos, en la economía de la energía y en la reducción de los residuos, esto es, a la búsqueda de una tecnología cada vez más limpia que combata la contaminación en su origen. Sin embargo, todo esto resuelve solo en parte la agresión al medio, puesto que el producto en sí mismo constituye una fuente apreciable de cargas ambientales a lo largo de toda su vida.

En este sentido, Alting (1992, p. 51) ya proponía considerar la relación entre el producto y el medio a lo largo de lo que suele denominarse “ciclo de vida del pro-

ducto”¹. El ciclo de vida del producto está constituido por seis fases: desarrollo del diseño, selección de materiales, fabricación, distribución, uso y, por último, reunión como residuo al final de su vida útil. Sólo considerando los impactos ambientales en cada fase –y su reducción– es posible optimizar el impacto total.

Siguiendo esta línea, diferentes estudios realizados en los últimos años destacan la necesidad de adoptar una gestión integral del medio ambiente, considerando toda la cadena de empresas por la que un producto avanza desde su concepción hasta su adquisición por el consumidor final (Carbon Trust, 2006; Wiedmann *et al.*, 2009).

Además, desde un punto de vista complementario, la gestión ambiental de las cadenas logísticas también es útil para disponer de información ambiental que pueda proporcionarse a los consumidores de sus productos. Este tipo de información permitiría la consideración de un criterio adicional al económico a la hora de decidir la compra de un producto u otro. Aquellos consumidores preocupados por la salud del medio ambiente podrían manifestar su posición al respecto mediante sus decisiones de compra, optando por productos menos perjudiciales para el medio ambiente. En la medida en que aumente la sensibilidad social hacia los problemas ambientales, se incrementará la presión para que las empresas reduzcan su impacto en el medio (Carballo Penela y García Negro, 2010).

La información sobre las cargas ambientales puede ser ofrecida en etiquetas que contengan información medioambiental –ecoetiquetas–, de modo que el consumidor, a la vez que observa el precio de compra de sus productos, disponga de información relativa a su impacto ambiental. En la actualidad existen diversos tipos de ecoetiquetas, generalmente orientadas a diferenciar en el mercado aquellos bienes y servicios en cuya producción se han considerado cuestiones medioambientales. El diseño de distintivos que ofrezcan información medioambiental todavía está en fase de desarrollo, sin que exista consenso sobre la información que se debe incluir para determinar el impacto ambiental de los bienes y servicios ni del método de cálculo que se debe emplear.

2.2. EL INEFABLE PROBLEMA DE LOS INDICADORES: ¿QUÉ Y CÓMO MEDIR?

Las ventajas señaladas para el medio ambiente –reducción del impacto ambiental de la producción de bienes y servicios– y para las empresas –reducciones de costes o diferenciación– se ven reforzadas porque la gestión ambiental de las cade-

¹ En la bibliografía, así como en el artículo 2.4 de la Decisión 2179/98/CE, que a él se refiere, se emplea la expresión “ciclo de vida del producto”, que Castromán y Porto (1999, p. 101) consideran desafortunada porque induce a confusión con el conocido concepto traído de la biología que relaciona el tiempo con los ingresos por ventas de los productos. Así, proponemos nombrarlo como “ciclo total del producto”, expresión más precisa de la evolución de los constituyentes físicos del producto. En palabras de estos autores, “*el ciclo de vida se refiere al producto genérico, en tanto que el ciclo total se concreta en un producto específico y refleja la evolución en el tiempo de sus constituyentes físicos; además, este segundo concepto es más amplio, por cuanto trasciende más allá de lo que es la vida útil del producto hasta alcanzar la utilización posterior que de sus componentes se haga*”.

nas logísticas o, en otros términos, la gestión integral de la vida de un producto, permite la visualización de impactos ambientales durante toda la vida del producto (Carbon Trust, 2006).

Así, en el ámbito de la Unión Europea, la Estrategia Europea de Desarrollo Sostenible asume la importancia de reducir los impactos ambientales derivados de la producción y distribución de bienes y servicios. El *Libro verde sobre política integrada de productos* señala que una forma de lograrlo es diseñando un “nuevo paradigma de crecimiento y calidad de vida a través de la creación de riqueza y competitividad sobre la base de productos verdes” (European Commission, 2001). De ahí que la “política integrada de producto” (IPP) sea uno de los ejes principales de la Estrategia Europea de Desarrollo Sostenible (European Commission, 2006).

A pesar de los avances en el diseño de la IPP (European Commission, 2006; Nuij *et al.*, 2005), no existe consenso sobre el desarrollo de los indicadores que proporcionen información adecuada para evaluar el impacto ambiental generado en la producción y distribución de bienes y servicios (Comisión Europea, 2003). Se trata de un problema habitual a la hora de poner en marcha cualquier iniciativa relacionada con la dimensión ambiental del desarrollo sostenible, ya de por sí lastrada por la falta de concreción con respecto a las implicaciones de la sostenibilidad ambiental en cuestiones como el crecimiento económico (Carballo Penela, 2009).

En el ámbito de la IPP se está realizando un esfuerzo para determinar un conjunto de indicadores válidos para medir los impactos ambientales derivados de la producción y distribución de bienes y servicios (EPLCA, 2008). Se deben determinar qué temas relacionados con el medio ambiente es necesario medir, cómo se van a medir y qué indicadores se van a emplear.

La degradación del medio ambiente está relacionada con múltiples factores: con los diferentes impactos que la producen como, entre otros, el calentamiento global, la acidificación o la reducción de la capa de ozono²; con los indicadores para medir esos impactos o con las metodologías para calcular algunos de esos indicadores. La respuesta a las preguntas ¿qué medir? y ¿cómo medir? constituyen, sin duda, un primer obstáculo de difícil superación. De ahí que se trate de un proceso lento debido a este tipo de problemas de carácter técnico, y dilatado incluso más al enmarcarse en el ámbito de una estrategia europea con repercusiones en las empresas y los ciudadanos. Por otro lado, la realización en el ámbito de una estrategia europea y la posible obligatoriedad de los indicadores elegidos propician la existencia de presiones que redundan en que los resultados de la elección van a estar, probablemente, influenciados por factores no siempre vinculados a las características de los indicadores. En todo caso, el papel de la Unión Europea a la hora de tutelar este proceso legitima y posibilita la puesta en marcha de los indicadores elegidos.

² En el marco de la IPP se han considerado doce categorías de impacto ambiental y catorce metodologías de análisis diferentes (EPLCA, 2008).

Nuestra investigación se centra en un indicador: la huella del carbono (HC), considerado adecuado para valorar impactos vinculados con el cambio climático (European Commission, 2007).

2.3. CAMBIO CLIMÁTICO, HUELLA DEL CARBONO (HC) Y HUELLA DEL CARBONO CORPORATIVA (HCC)

Como consecuencia de los efectos del aumento de la población, de la eliminación de los bosques y de la cubierta vegetal –que absorben el dióxido de carbono– y de la masiva utilización de combustibles fósiles –que emiten gases de efecto invernadero a la atmósfera–, el ciclo del carbono se ha visto alterado con mayor rapidez desde mediados del siglo XIX. La complejidad de este problema es evidente en la medida en que aglutina diferentes fenómenos y procesos de alcance global, entre los cuales destacan claramente el cambio climático y el calentamiento terrestre, constatados ambos por el progresivo aumento de la temperatura del planeta.

Sin duda, el cambio climático es uno de los principales desafíos del cambio global, que en el siglo XXI constituye una de las principales amenazas para la sostenibilidad ambiental y para el desarrollo mundial, que tendrán efectos sobre la economía global, la salud y el bienestar social, aunque su impacto será más intenso en las regiones pobres y en las futuras generaciones. La región europea y la cuenca mediterránea –y en particular España– están sometidas a una alta vulnerabilidad y a fuertes presiones (Jiménez Herrero *et al.*, 2011). Así, consideramos relevante que la gestión de las cadenas logísticas incluya información relacionada con esta categoría de impacto.

La huella del carbono (HC) es un concepto reciente, cuyo origen se vincula a la huella ecológica (HE) que, a su vez, es un indicador relacionado con el desarrollo sostenible. Fue diseñado en los años noventa por Wackernagel y Rees (1996) para mostrar el consumo de recursos biológicos y la generación de residuos apropiados en términos de la superficie del ecosistema.

El éxito de la HE queda de manifiesto con la multitud de trabajos publicados en todo el mundo sobre este indicador (Carballo Penela, 2009; Ewing *et al.*, 2010; Fiala, 2008; Kitzes *et al.*, 2008; Rees, 2006; Van der Bergh y Verbruggen 1999; Wackernagel y Rees, 1996; Wackerangel *et al.*, 2005), con la creación de una red global para su estandarización, mejora y difusión –Global Footprint Network– y con el debate generado sobre su idoneidad en diferentes situaciones.

La huella del carbono (HC) es un concepto más reciente³ y, a la vez, mucho menos definido que la HE. La HE tiene unos creadores que delimitan el concepto y el método de cálculo que es preciso emplear, mientras que la HC nace sin unos padres conocidos, lo que favorece que surjan diferentes interpretaciones de este indicador. Algunas de las principales diferencias que existen entre ellos se relacionan:

³ Wiedmann y Minx (2007) señalan que el término se usa por primera vez en el año 2004.

a) con los gases cuyas emisiones incluye el indicador; y b) con la consideración de emisiones directas o indirectas.

En el primer caso, algunos estudios optan porque la HC incluya varios gases de efecto invernadero, expresando la huella del carbono en toneladas equivalentes de CO₂ (BSI, 2008; Carbon Trust, 2007; Doménech, 2004; ETAP, 2007; POST, 2006), mientras que otros (BP, 2007; Global Footprint Network, 2007; Wiedmann y Minx, 2008) prefieren limitarse exclusivamente a un único gas: el CO₂.

Por otro lado, la aplicación del indicador a determinadas realidades concretas, como es el caso de las organizaciones y de sus productos, introduce particularidades que añaden nuevas cuestiones que es preciso tener en cuenta. Algunos estudios recomiendan que la huella de bienes y servicios se limite a la estimación de las emisiones directas realizadas por la empresa que los produce, mientras que en otros estudios también se consideran las generadas indirectamente, teniendo en cuenta en este caso las emisiones producidas en la cadena de suministradores de los que se abastece la empresa para obtener sus productos (Wiedmann y Minx, 2008).

Todas las cuestiones señaladas propician que las definiciones propuestas difieran sustancialmente. A modo de ejemplo, desde Global Footprint Network (2007, p. 1) –organismo de referencia en el análisis de la huella ecológica– se define la HC “como la demanda de biocapacidad necesaria para secuestrar mediante fotosíntesis las emisiones de CO₂ procedentes de la combustión de combustibles fósiles”. La definición de Carbon Trust (2004, p. 4) es mucho más amplia, al incluir en la HC “las emisiones totales de gases de efecto invernadero en toneladas equivalentes de un producto a lo largo de su vida, desde la obtención de las materias primas empleadas en su producción hasta la eliminación del producto acabado”.

Para nosotros, la estimación de la huella del carbono de las organizaciones y empresas y de sus bienes y servicios reviste particularidades que hacen necesaria su identificación. Somos partidarios del uso de la denominación *huella del carbono corporativa* (HCC), que indica claramente que la huella calculada se refiere a este entorno. Este argumento se refuerza con la existencia de métodos de cálculo específicos para este ámbito, como es el caso de la propuesta recogida en la PAS 2050, válida para estimar la huella del carbono de bienes y servicios considerando su ciclo de vida (BSI, 2008).

El Protocolo de Kyoto establece objetivos de emisiones para seis gases –CO₂, N₂O, CH₄, HFC, PFC y SF₆–, por lo que la inclusión en la HCC del mayor número posible de gases aumenta la utilidad del indicador para las empresas que tengan objetivos de emisiones relacionados con este Protocolo.

Finalmente, la HCC no debe restringirse a los efectos directos –u *on site*–, siendo útil la consideración de las emisiones a lo largo de toda la cadena de suministradores de los bienes y servicios producidos. De otro modo, a) se evita que el indicador excluya impactos relevantes; b) se fomenta que las empresas de una misma cadena de suministradores tomen decisiones conjuntas para reducir la huella de sus productos y buscar nuevas oportunidades de negocio; c) se habilita el indicador

como herramienta válida en el ámbito de la gestión de las cadenas logísticas, con capacidad para ser empleado en la elaboración de una ecoetiqueta que informe al consumidor final de las emisiones incorporadas en la producción y distribución de bienes y servicios; y d) el enfoque adoptado es coherente con las directrices de la política integrada de producto.

3. ALTERNATIVAS METODOLÓGICAS PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA DEL CARBONO CORPORATIVA (HCC): EL MÉTODO COMPUESTO DE LAS CUENTAS CONTABLES (MC3)

3.1. CONSIDERACIONES GENERALES

A pesar de ser un indicador con una vida muy corta, la HCC ha experimentado una notable difusión, existiendo iniciativas en diferentes países que lo aplican para gestionar las cadenas de suministradores y ecoetiquetar los bienes y servicios.

Es destacable la apuesta del Gobierno británico que mediante una empresa con capital público –Carbon Trust– ha puesto en marcha una iniciativa para medir, reducir y comunicar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a lo largo de las cadenas logísticas. El trabajo de Carbon Trust se ha materializado en una propuesta metodológica estandarizada en colaboración con el British Standards Institute (BSI). La norma PAS 2050, publicada en octubre de 2008 (BSI, 2008), que se fundamenta en análisis del ciclo de vida basado en procesos, es una aproximación comúnmente utilizada en el estudio de las cadenas de suministradores para reducir residuos e incrementar la eficiencia a lo largo de un sistema de productos (Carbon Trust, 2008). Se trata del método que ha experimentado una mayor difusión internacional, publicándose en el año 2010 una nueva versión –la PAS 2060– orientada a la estimación de la huella del carbono de las organizaciones.

La PAS 2050 analiza detalladamente todas las actividades con relevancia en la HCC realizadas en cada fase del ciclo de vida. El diseño de mapas de procesos que describen los flujos de materiales y energía a lo largo del ciclo de vida sirve como guía para cuantificar las fuentes que generan emisiones. Este tipo de análisis proporciona información muy precisa a partir de datos primarios, aunque requiere un esfuerzo importante que redundará en costes económicos y de tiempo.

No obstante, no se trata, ni mucho menos, de la única alternativa existente. Los estándares de referencia a la hora de medir e informar de las emisiones de GEI realizadas por empresas –principalmente la ISO 14061 (AENOR, 2006) y el Protocolo de gases de efecto invernadero (WRI/WBCSD, 2004)– establecen directrices generales, que pueden cumplir varias alternativas metodológicas, sin pronunciarse sobre ninguna en concreto. La publicación de una ISO específica sobre la huella del carbono –la próxima ISO 14067–, prevista para el año 2012, tras sucesivos retrasos, se configura como un factor clave a la hora de tener referencias en el proce-

so de cálculo del indicador, aunque no sabemos si satisfará las expectativas creadas.

Un reciente estudio encargado por la Comisión Europea (European Commission, 2010) muestra que seis países –Reino Unido, Corea, Japón, Francia, Suiza y Suecia– tienen en vigor iniciativas encaminadas al ecoetiquetado sobre la base de la HCC, identificando cuarenta y cuatro metodologías de cálculo diferentes para considerar la huella del carbono. La problemática expuesta anteriormente sobre la medición de impactos ambientales en la producción y distribución de bienes y servicios se incrementa incluso respondiendo a la cuestión ¿qué medir?, pues la respuesta a ¿cómo medir? se vuelve más compleja. En el caso de España, la Oficina Española de Cambio Climático (OECC) ha iniciado el proceso de implantación de sistemas de ecoetiquetado para las compras de las Administraciones Públicas sobre la base de la HCC, estando el MC3 entre las alternativas valoradas.

3.2. EL MÉTODO COMPUESTO DE LAS CUENTAS CONTABLES (MC3)

La alternativa elegida en este trabajo es el método compuesto de las cuentas contables (MC3), que fue diseñado por Doménech (2004, 2007), y que permite la estimación de la HCC de empresas y organizaciones. Partiendo de las contribuciones de Doménech, Carballo Penela (2009, 2010) desarrolló el método para la estimación de bienes y servicios a lo largo de las cadenas logísticas. En el año 2010 ha sido validado por el Observatorio de Sostenibilidad de España (OSE) como método aplicable en el ámbito del Compromiso Voluntario de Reducción de Emisiones, enmarcado en el Plan de Medidas Urgentes de la Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia, Horizonte 2007-2012-2020, aprobado por el Gobierno el 20 de julio de 2007.

3.2.1. Aplicación del MC3 a las organizaciones

En diferentes trabajos hemos expuesto en detalle el funcionamiento del MC3 para estimar la huella de las organizaciones (Carballo Penela, 2009, 2010; Carballo Penela y Doménech, 2009), incluyendo un artículo publicado en esta revista (Carballo Penela *et al.*, 2008). De ahí que nos limitemos a recordar brevemente las cuestiones principales del cálculo a este nivel, centrándonos en el modo de aplicar el método a las cadenas logísticas.

El MC3 parte de la consideración de una matriz de consumos-superficies similar a la elaborada por Wackernagel *et al.* (2000) para el cálculo de la huella familiar. A partir de esta referencia, Doménech diseña una matriz –que se implementa en una hoja de cálculo– que recoge los consumos de las principales categorías de bienes y servicios que una empresa necesita, existiendo también apartados para los residuos generados y para el uso del suelo. Así, la HCC incluye las emisiones de GEI de cualquier organización y sus productos, expresadas en toneladas de CO₂

equivalentes provocadas por la compra de todo tipo de bienes y servicios [...], por la ocupación del espacio y por la generación de residuos.

La información necesaria para el cálculo de la HCC empleando la metodología MC3 se obtiene principalmente de documentos contables, como el balance y la cuenta de pérdidas y ganancias, aunque puede ser necesario obtener documentación de otros departamentos de la empresa que dispongan de datos específicos de determinados apartados –generación de residuos, superficie ocupada por las instalaciones de la organización, consumo de agua y energía, etc.–.

Tabla 1.- Matriz de consumo-superficies de acuerdo con el MC3

EPÍGRAFE/CAPÍTULO	CONSUMO ANUAL					FACTOR DE EMISIÓN	PCC
	Unidades de consumo (ud./año)	Euros (€/año)	Toneladas (t/año)	Gigajulios/t	Gigajulios (GJ/año)	(t CO ₂ eq./GJ)	(t eq.CO ₂)
ENERGÍA							
1.1. Electricidad							
1.2. Combustibles							
MATERIALES							
2.1. Materiales no amortizables							
2.2. Materiales amortizables							
SERVICIOS							
RESIDUOS							
USO DEL SUELO							
RECURSOS AGROPECUARIOS Y PESQUEROS							
RECURSOS FORESTALES							
AGUA							
TOTAL							TOTAL

FUENTE: Carballo Penela (2010).

El proceso de cálculo comienza con la introducción de los consumos realizados por la empresa estudiada relativos a cada categoría de producto incluida en la hoja de cálculo. Si se conocen las unidades de consumo de cada producto consumido –litros, kilos, etc.–, se introducirán estos valores en la hoja de cálculo. Si la información disponible se refiere a los euros gastados en cada producto, que es lo más habitual –por ejemplo, el gasto de cada materia prima empleada en el proceso productivo–, se transformarán a unidades de masa –toneladas–, considerando precios medios anuales o factores de conversión euros/tonelada obtenidos de la Base de Datos de Comercio Exterior de la AEAT y de las cámaras de comercio (<http://aduanas.cameras.org>).

Si una empresa adquiere, por ejemplo, un equipo informático, el MC3 asigna a ese ordenador una intensidad energética (GJ/t), que indica la cantidad de energía que fue necesaria para producir ese ordenador. Esa intensidad energética se obtiene de diferentes estudios, principalmente de Wackernagel *et al.* (2000), Mayor Farquell (2004) y Simmons *et al.* (2006)⁴. Multiplicando las toneladas consumidas por la intensidad energética, se obtienen los gigajulios (GJ) de energía asociados nece-

⁴ En el caso de los bienes amortizables, la huella total se reparte entre el número de años de vida útil.

sarios para producir la cantidad consumida de cada bien. Posteriormente, se aplican factores de emisión específicos para cada producto (tCO₂ eq./t GJ), de modo que se transforman los GJ de energía asociados con cada categoría de producto en emisiones de GEI. Estos factores se obtienen principalmente del IPCC (IPCC, 1997, 2007), del *Inventario de gases de efecto invernadero en España* (MARM, 2010) y de la European Commission (JRC, 2007).

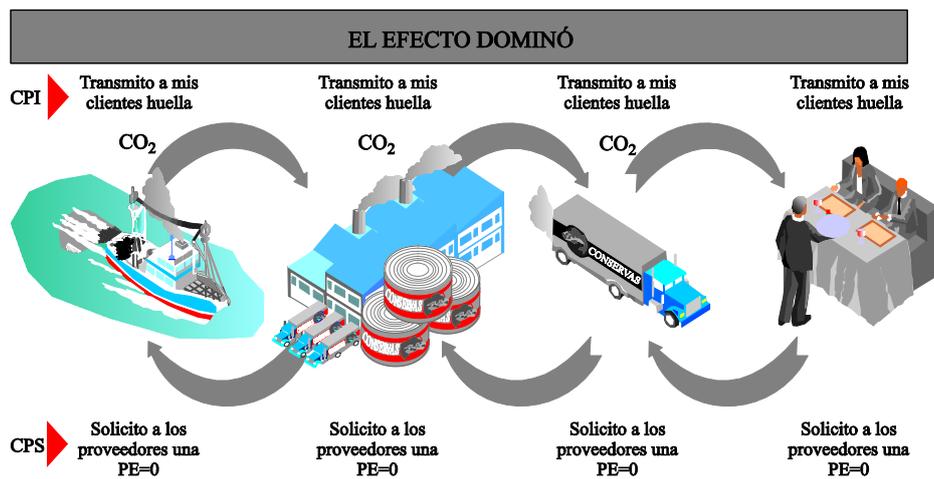
3.2.2. Aplicación del MC3 a las cadenas logísticas y al ecotiquetado de bienes y servicios

La aplicación del MC3 para estimar la HCC de bienes y servicios considerando las cadenas de suministradores y el posterior ecotiquetado es una tarea que el MC3 no contemplaba inicialmente. A continuación, exponemos brevemente los pasos que es preciso dar en este proceso.

Desde la perspectiva del MC3, las emisiones generadas a lo largo de la vida de un bien o servicio se estiman a partir de las generadas por cada una de las empresas por las que pasa ese producto, desde la fase de materias primas hasta que se distribuye al consumidor final. El ciclo del producto se construye, por lo tanto, a partir de las empresas que añaden valor y cargas medioambientales al bien de que se trate.

La figura 1 muestra un ejemplo de este modo de proceder. En este caso, la cadena de suministradores, simplificada para su mejor comprensión, está compuesta por cuatro empresas que producen atún en conserva: una compañía pesquera, una empresa conservera, un transportista y un restaurante. Cada una añade HCC al atún, desde que se captura hasta que llega al consumidor final.

Figura 1.- Ejemplo de una cadena logística: atún en conserva



NOTA: CPI: Cadena productiva insustentable; CPS: Cadena productiva sustentable.

Si el cliente del restaurante demanda pescado con una menor HCC, el restaurante deberá reducir su huella para satisfacer esta demanda. Además de adoptar medidas para reducir su huella mediante consumos más eficientes, reduciendo aquellos innecesarios y adoptando prácticas que busquen el ahorro, podría solicitar atún con menor huella a su proveedor. Este comportamiento puede extenderse a todos los participantes, por lo que el ecoetiquetado de bienes y servicios, de acuerdo con la HCC, puede ser una herramienta relevante en la contribución a un mundo más sostenible, porque en la medida en que esto se extienda en más cadenas el comportamiento del consumidor influirá positivamente en la sostenibilidad (Doménech, 2007).

La adopción de este enfoque requiere la conexión en términos de HCC de las diferentes empresas que participan en la cadena logística. Debemos tener en cuenta que cada uno de los participantes adquiere bienes y servicios de la empresa situada en la fase anterior y, a la vez, adquiere la HCC que ese bien incorpora. De ahí que cada participante deba suministrar a la siguiente fase las tCO₂ equivalente/t de producto de los bienes y servicios que comercializa, de modo que pueda incorporar la información de los bienes adquiridos a su huella.

Estas huellas unitarias se obtienen repartiendo la huella total de esa empresa entre los productos obtenidos⁵. En la tabla 2 se presenta una forma de este modo de operar en la que se muestra un ejemplo de una cadena similar al de la figura 1, sustituyendo la empresa transportista por un comerciante al por menor. En esta tabla se asume que cada una de las empresas participantes produce un único bien –el atún–, y que en cada nivel se realizan consumos de una tonelada, además de otros productos, ofreciéndose información de la HCC.

Tabla 2.- Forma de aplicación de huellas unitarias a la cadena logística del atún en conserva

EMPRESA	HCC
EMPRESA PESQUERA (tCO ₂ equivalente/t de producto)	8,0
<i>Combustible</i> (tCO ₂ equivalente/t de producto)	2,0
<i>Cebo</i> (tCO ₂ equivalente/t de producto)	6,0
EMPRESA TRANSFORMADORA	15,0
<i>Atún</i> (tCO ₂ equivalente/t de producto)	8,0
<i>Maquinaria</i> (tCO ₂ equivalente/t de producto)	7,0
DISTRIBUIDOR MINORISTA	17,5
<i>Atún</i> (tCO ₂ equivalente/t de producto)	15,0
<i>Combustible</i> (tCO ₂ equivalente/t de producto)	2,5
RESTAURANTE	21,0
<i>Atún</i> (tCO ₂ equivalente/t de producto)	17,5
<i>Electricidad</i> (tCO ₂ equivalente/t de producto)	3,5

FUENTE: Carballo Penela (2010).

⁵ Si, por ejemplo, la HCC de una empresa es de 1.000 tCO₂ y produce 100 t de un único producto, la huella unitaria en el año estudiado sería de 10 tCO₂/t. En el caso de que se obtuviera más de un producto diferente, habría que obtener una huella unitaria para cada uno, distribuyendo las 1.000 tCO₂ entre los diferentes bienes sobre la base de un criterio de reparto establecido.

La empresa pesquera estimaría su huella a partir de las huellas unitarias de los bienes que consume –en este ejemplo, solo combustibles (2 tCO₂ equivalente/t) y cebos (6 tCO₂ equivalente/t)–. Su huella total es de 8 tCO₂ equivalente/t de atún. La empresa transformadora adquiere una tonelada de atún y, por lo tanto, 8 tCO₂ equivalente/t. A mayores, añade la huella que surge del consumo de maquinaria (7 tCO₂ equivalente/t), siendo su huella total de 15 tCO₂ equivalente/t de atún que, recordemos, es su único producto.

El distribuidor al por menor realiza consumos que producen huella (2,5 tCO₂ equivalente/t), incorporando también a su HCC la huella del atún que adquiere de la empresa transformadora (15 tCO₂ equivalente/t), transmitiendo 17,5 tCO₂ equivalente/t de atún al restaurante. Una vez incorporada la huella añadida por esta empresa (3,5 tCO₂ equivalente/t), la adquisición de atún por un consumidor final implica una HCC de 21 tCO₂ equivalente/t. Este valor figuraría en una ecoetiqueta que recogiera la HCC de esta marca de atún en conserva.

Cabe destacar que la huella de cada producto no se obtiene como la suma de la huella de todas las empresas participantes (61,5 tCO₂/t), pues cada una de ellas incluye la totalidad de la huella del atún que generaba su proveedor.

A continuación tratamos algunas de las cuestiones que es necesario tener en cuenta para poder operar de este modo.

♦ *La puesta en marcha del método.* Este modo de proceder precisa de huellas unitarias para cada una de las categorías de producto que se recogen en la hoja de cálculo empleada como matriz de consumos-superficies. Estas huellas unitarias se obtienen en estudios piloto que se están llevando a cabo en la actualidad, incluyéndose en la propia hoja de cálculo empleada para estimar la HCC. Esos estudios se basan en las intensidades energéticas habitualmente empleadas por el MC3, además de otros trabajos que estimen las emisiones de CO₂ o la demanda de superficie a partir de datos primarios obtenidos de los procesos productivos.

La transmisión de esta información a lo largo de la cadena logística y su utilización en una ecoetiqueta dependerá de la voluntad de las empresas participantes para estimar su huella, por lo que el éxito del enfoque adoptado radica en que empresas y organizaciones se percaten de las ventajas de estimar la HCC de sus bienes. La diferenciación de los productos en los mercados o la reducción de costes debido a la cooperación entre empresas son dos de los factores que también es necesario tener en cuenta (Wiedmann y Lenzen, 2009).

Consideramos que el apoyo de las Administraciones Públicas a este tipo de iniciativas es una opción válida, y que parece tener éxito en países como Reino Unido, por lo que el ejemplo de Carbon Trust puede ser el camino a seguir. En ausencia de un organismo o de una normativa que impulse el proceso, es necesario que las empresas interesadas lo lideren y que involucren a los demás participantes de la cada cadena logística.

♦ *El alcance del indicador.* Existen diferentes enfoques por lo que respecta al alcance del análisis a la hora de estudiar las cargas ambientales generadas en la

producción y distribución de bienes y servicios. En nuestro caso, los límites del sistema se definen desde una perspectiva *cradle to gate*, de modo que se estudia la generación de emisiones desde la extracción de materias primas hasta la comercialización del bien, incluyendo la huella de la manufactura del producto y el transporte hasta el lugar de venta. Se excluyen las emisiones derivadas del uso y eliminación del bien por parte del consumidor –el enfoque denominado *cradle to grave*–.

El objetivo del MC3 es la comunicación de las emisiones generadas en la producción y distribución de bienes y servicios bajo la premisa de que esta información puede ser útil para alcanzar un desarrollo más sostenible, proporcionando, además, una herramienta de gestión empresarial.

La información derivada de la HCC debería incentivar a las empresas a incorporar los principios de la sostenibilidad en sus negocios. Las emisiones generadas por el uso del producto por parte del consumidor y su posterior eliminación o reciclaje dependen tanto de las características técnicas del producto como del uso realizado por parte del consumidor. Las características técnicas del producto son relevantes para aquellos bienes cuyo uso genera emisiones –por ejemplo, un automóvil–, pero no siempre para el resto de los bienes –por ejemplo, los alimentos–. Esta información podría ser mostrada, como ya ocurre, en etiquetas específicas o en información adicional proporcionada por los vendedores.

Por otro lado, las emisiones vinculadas con el uso y eliminación de productos varían sustancialmente en función del usuario del producto. Este hecho dificulta la obtención de información de las emisiones asociadas a esas actividades. Adicionalmente, las empresas que participan en la producción y distribución poseen una limitada influencia en el comportamiento de los adquirentes de sus productos (Carbon Trust, 2007).

♦ *La transmisión de la información a lo largo de la cadena logística y el eco-etiquetado de bienes y servicios.* La información de la HCC en términos unitarios (tCO₂ equivalente/t) debe acompañar al precio de los bienes para los que se estudia la huella en cada una de las fases de la cadena. Cuando se trata de un bien terminado y cuyo destino es el consumo final, la huella debe mostrarse en la etiqueta, en los tickets de compra o en cualquier documento similar. En las fases intermedias, el precio se muestra en diferentes documentos como las facturas, albaranes, presupuestos o contratos, siendo este el lugar donde debe mostrarse la HCC acumulada en cada fase. De este modo, la información de la HCC estará disponible y podrá ser transmitida en todas las etapas de vida, pudiendo ser un factor relevante a la hora de elegir un proveedor u otro.

Cuando una empresa adquiera un bien, la documentación de la compra incluirá la huella unitaria acumulada hasta ese momento, de modo que la podrá emplear para estimar su HCC. En el caso de que una empresa esté interesada en estimar su huella y de que el suministrador no incluya esta información de los bienes que distribuye –que es lo habitual al poner en marcha el método–, la base de datos del

MC3 proporcionará esa información para una cadena estándar, ofreciendo información de las huellas unitarias para cada categoría de producto referidas a las diferentes fases del ciclo de vida. Estas huellas se obtienen de los estudios piloto. La denominación de las categorías de producto presentes en la matriz consumos-superficie permitirá identificar la fase en la que se encuentra cada producto, de modo que el usuario del método pueda elegir la huella unitaria más adecuada⁶. En el momento en que el bien se comercializa, acumula la huella de todas las fases por las que ha pasado. Cuantos más estudios de este tipo se realicen, más detallada será la información de esta base de datos. La situación ideal sería ofrecer huellas unitarias de diferentes marcas de un determinado producto.

La comunicación de la información ambiental y la información económica permiten la integración de la primera de modo natural en los mercados, obteniéndose una transmisión fluida y sin costes relevantes. Si a nivel teórico es preciso definir las etapas de la cadena logística, en la práctica la huella se acumula automáticamente fase a fase a medida que el bien de que se trate avance por su cadena de suministradores hasta llegar al consumidor final.

3.3. ANÁLISIS DEL MÉTODO EXPUESTO

El MC3 es una alternativa metodológica que se añade a las conocidas hasta el momento y que, al igual que otros métodos, también tiene sus puntos fuertes y débiles. Tanto en la evaluación de los indicadores como de sus métodos de cálculo se incurre frecuentemente en el error de asumir la existencia de un método o de un indicador ideal que recoja perfectamente todas las cuestiones relacionadas. Este planteamiento es incorrecto, pues resulta imposible que un único indicador –en este caso ambiental– recoja con total precisión todos los aspectos relevantes de la realidad estudiada, del mismo modo que todas las metodologías de cálculo válidas para estimar un mismo indicador presentan limitaciones. La consideración de información proveniente de otros indicadores que complemente la ofrecida por el elegido y la identificación del ámbito de aplicación adecuado contribuyen a optimizar los resultados obtenidos en cualquier análisis. En nuestro caso, nos centramos en exponer algunas fortalezas y debilidades de la metodología aplicada.

3.3.1. Fortalezas

En trabajos anteriores Carballo Penela *et al.* (2008) ya destacaron que el MC3 es un método completo, transparente y técnicamente viable, basado en el método compuesto de Wackernagel y Rees. Su cálculo no precisa de conocimientos específicos, y cualquiera que trabaje con hojas de cálculo es capaz de estimar la HCC

⁶ En el ejemplo recogido en la tabla 2 la matriz consumos-superficies debería incluir denominaciones como “atún”, “atún en conserva”, “atún en conserva: comerciante al por menor” y “atún en conserva: restaurante”.

(Carballo Penela *et al.*, 2009). Estas ventajas están presentes en el MC3 para el estudio de las cadenas logísticas.

En este contexto, el método de cálculo propuesto favorece la recogida de la información. El hecho de que la información se base en documentos contables accesibles, y que cada empresa abarque una fase completa de la cadena estudiada, implica menores costes económicos y de tiempo, además de delimitar claramente los bienes para los que se estima la huella.

La exposición teórica del método requiere la determinación de las empresas que participan, aunque el funcionamiento práctico permitirá que cada producto acumule su huella fase a fase hasta llegar al consumidor final, de modo que este obtenga la información ambiental necesaria a la vez que la económica.

Igualmente, la identificación corporación-fase-vida favorece la flexibilidad del método, permitiendo la introducción de modificaciones para adaptarse a las variaciones en las cadenas implicadas en la fabricación de un mismo producto –por ejemplo, la ampliación o reducción en función de la marca–.

El modo de estimar la HCC evita los problemas de doble contabilidad de inputs intermedios hacia adelante, cuestión especialmente relevante en este contexto (Global Footprint Network, 2006, 2009). Tal y como se ha expuesto, la huella generada en la producción de un bien aflora a la huella de la economía en el momento en que el bien es adquirido por alguien que no lo va a comercializar.

3.3.2. Limitaciones

El modo de considerar la gestión ambiental de las cadenas logísticas se aleja en algunos casos de la utilización más consolidada de este tipo de análisis, pues nuestra propuesta es menos minuciosa que un análisis de ciclo de vida basado en procesos, como el empleado en la PAS 2050, e implica una mayor agregación. Las actividades de cada organización no se descomponen en procesos unitarios en los que se estudia con todo detalle el consumo de energía o la cantidad de cada sustancia implicada, determinando la cantidad, la energía, los materiales necesarios, etcétera, para obtener una unidad de los bienes producidos. En lugar de realizar esta cuantificación, se recogen todas las entradas de bienes y servicios de la organización estudiada.

No se evita la doble contabilidad en el caso de que una empresa adquiera un producto que incorpore materiales producidos por él mismo. El horizonte temporal empleado en el análisis de huella ecológica suele ser de un año, tiempo suficiente para que una empresa produzca un bien o una materia prima, empleada por otra para producir bienes, y que serán adquiridos posteriormente por la primera. Si esta retroalimentación sucede, la parte del bien que vuelve a la empresa que lo produjo inicialmente es registrada en la huella de esa empresa dos veces.

En el caso del estudio de la HCC de bienes y servicios, la importancia del problema dependerá de la existencia de este tipo de procesos de retroalimentación en

la cadena de suministradores que se estudie. En todo caso, existe la posibilidad de corregirlo, una vez que se identifique. La realización de correcciones sistemáticas, de modo que cada empresa descuenta la huella propia que incorporan los bienes adquiridos, es una cuestión a investigar.

Por otro lado, la globalización del consumo implica que las empresas adquieren bienes y servicios procedentes de cualquier parte del mundo. Esto dificulta la identificación de este tipo de errores, aunque la existencia de muchos suministradores de un único bien puede reducir la probabilidad de que una empresa adquiera bienes que incorporen materias producidas por ella misma.

Finalmente, cabe señalar que este error no influye a la hora de comparar la huella de bienes con un mismo –o muy similar– ciclo de vida, pues aunque el valor absoluto que refleje la ecoetiqueta no sea del todo preciso, el error será el mismo en todos los casos.

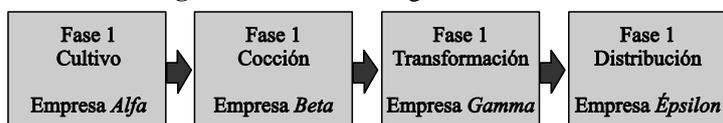
4. CASO DE ESTUDIO

A efectos de ilustrar el modo de proceder del MC3, hemos elegido una cadena logística cuyo producto final es el mejillón en conserva. Como sucede en la mayoría de productos, este tipo de cadenas en realidad son redes de suministradores que incluyen a todas las empresas participantes en la producción de todos los productos necesarios para obtener mejillón en conserva. Los suministradores de aceite y condimentos, los que proporcionan las latas de conserva, las empresas fabricantes de la maquinaria utilizada en el proceso productivo o incluso los proveedores de los equipos informáticos empleados por las empresas miembros de la cadena deberían estar presentes en una red que represente de modo completo todas las empresas que directa o indirectamente participan en la producción de mejillón.

En nuestro caso hemos realizado una simplificación a la hora de mostrar la cadena elegida, limitándola a las cuatro empresas que intervienen directamente en la producción de mejillón desde su cultivo en la batea hasta su transformación en conserva y la posterior distribución al consumidor final. Estas empresas –denominadas en este trabajo *Alfa*, *Beta*, *Gamma* y *Épsilon*– son, respectivamente, un productor de mejillón, una empresa cocedora de mejillón, una industria conservera y un distribuidor minorista. Las principales actividades que realiza cada empresa son, respectivamente, el cultivo del bivalvo, la cocción, la conservación y la distribución, tal y como se recoge en la figura 2. Asimismo, cabe señalar que las empresas *Gamma* y *Épsilon* comercializan más productos que el mejillón.

A pesar de que esta cadena se representa mostrando únicamente cuatro empresas, se recoge la huella de todos los productos adquiridos por ellas a partir de la consideración de la huella media relativa a cada cadena de suministradores específica, tal y como se procede habitualmente con el MC3⁷.

⁷ Si, por ejemplo, la empresa conservera adquiere un ordenador, se emplearía una huella media de la cadena logística de un ordenador estándar, de modo que en la práctica se estimaría la huella de una red de empresas.

Figura 2.- La cadena logística estudiada

FUENTE: Elaboración propia.

A continuación resumimos los principales resultados obtenidos⁸ ofreciendo, en primer lugar, información de la cadena logística elegida y, en segundo lugar, incidimos en el tipo de resultados que el método proporciona a nivel de organizaciones, centrándonos en el caso de la empresa *Gamma*.

4.1. LA CADENA LOGÍSTICA ESTUDIADA

La tabla 3 resume los resultados de la huella del mejillón en conserva diferenciando las diferentes fases del proceso productivo. Los resultados se muestran en términos de tCO₂/t producto, aunque los valores obtenidos no se modificarían si se expresaran en otra unidad de masa como, por ejemplo, en gr CO₂/gr de producto, que es más adecuada en este caso. Desde marzo de 2010 el MC3 permite la consideración de los GEI incluidos en el protocolo de Kyoto, pero en el momento de realizar este estudio solo estaba disponible la versión inicial, que únicamente ofrece la HCC considerando emisiones de CO₂. En todo caso, conseguimos el objetivo de visualizar el tipo de resultados que se obtienen y la utilidad del método.

Los resultados muestran que durante el cultivo, cocción, transformación y distribución del mejillón en conserva se generan 10,75 tCO₂/t de mejillón en conserva. Este sería el valor que habría que incluir en una ecoetiqueta basada en la huella del carbono.

Tabla 3.- La huella del mejillón en conserva en la cadena logística estudiada

EMPRESA	HCC DE UNA CONSERVA DE MEJILLÓN	
	tCO ₂ /t añadidas	tCO ₂ /t acumuladas
<i>Alfa</i>	0,30	0,30
<i>Beta</i>	3,28	3,59
<i>Gamma</i>	6,84	10,43
<i>Épsilon</i>	0,31	10,75
TOTAL	10,75	10,75

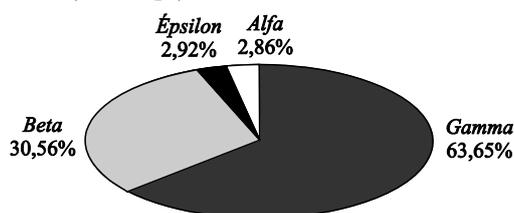
FUENTE: Elaboración propia.

Es destacable que la mayoría de la huella de este producto se genera en la fase de transformación o conserva: 6,84 tCO₂/t, o el 63,65% de la HCC total (gráfico 1). La fase de cocción del mejillón ocupa la segunda posición con el 30,56% de la

⁸ Por ser este el primer estudio realizado con el MC3 adoptando un enfoque de cadena logística, no se disponen de resultados de otros productos, por lo que resulta imposible realizar comparaciones.

HCC, mientras que la empresa *Épsilon*, cuya actividad consiste en comprar y vender mercancías, añade el 2,92% de la HCC de esta cadena logística. La naturaleza del proceso del cultivo de mejillón –actividad al aire libre que no necesita piensos ni productos químicos– explica que la HCC generada en esta fase sea también baja: el 2,86% en términos de tCO₂/t.

Gráfico 1.- Contribución de cada fase de la producción de mejillón en conserva a la HCC total (en tCO₂/t)



FUENTE: Elaboración propia.

La columna de toneladas acumuladas se limita a sumar las huellas generadas en cada fase hasta que el producto llega al consumidor final. Los valores mostrados en cada fila de esa columna son relevantes en la medida en que son los que cada empresa debe transmitir a la siguiente o, dicho de otro modo, la huella acumulada en el producto cuando sale de cada empresa. Al final de esta cadena logística se generan 10,75 tCO₂/t de mejillón.

Dado que este es el primer estudio realizado con el MC3 sobre cadenas logísticas, no disponemos de huellas de otras conservas de mejillón con las que poder comparar, sin que ni siquiera exista información de este tipo de otros productos similares como, por ejemplo, de otro tipo de conserva. Existen estimaciones de la HCC de conservas de mejillón calculadas con metodologías de ciclo de vida, empleando la PAS 2050.

Estudios realizados por Iribarren *et al.* (2010) muestran una HCC de 12,69 tCO₂ equivalente/t de mejillón. Los resultados obtenidos por estos autores no son comparables con los obtenidos con el MC3, pues su método de cálculo y las hipótesis en las que se basa son diferentes, dado que dichos autores consideran las emisiones de uso y reciclaje de productos por parte del consumidor, y porque en su estudio se incluyen más GEI que CO₂. No obstante, el valor obtenido no se aleja demasiado del proporcionado por el MC3, siendo lógico que la proximidad sea mayor si del estudio de Iribarren *et al.* (2010) se eliminan las emisiones de GEI distintas al CO₂.

4.2. EL CASO DE LA EMPRESA GAMMA

La importancia de la HCC de la empresa *Gamma* en la cadena de suministradores estudiada justifica un análisis detallado de su huella. El MC3 ofrece informa-

ción de la HCC de cada uno de los bienes adquiridos por las organizaciones estudiadas, agrupados en diferentes categorías de productos, que pueden ser analizados en categorías más específicas si existe información disponible. Los valores mostrados en la tabla 4 recogen la HCC de la empresa conservera, que asciende a 28.278,34 tCO₂.

En este caso, son las materias primas empleadas en el proceso productivo las que generan mayor huella: el 68,5% de la HCC total. El gráfico 2 muestra la HCC de los principales productos dentro de la categoría 6.3 *Alimentos: proceso productivo*.

Tabla 4.- Distribución de la HCC de *Gamma*: principales epígrafes (en tCO₂)

CATEGORÍA DE PRODUCTO	TOTAL HCC (en tCO ₂)	% HCC TOTAL
1. ENERGÍA	571,42	2,0
1.1 Electricidad	361,37	1,3
1.2 Combustibles	210,05	0,7
2. MATERIALES	5.170,09	18,3
2.1 Materiales no amortizables	4.919,81	17,4
2.2 Materiales amortizables	203,34	0,72
2.3 Materiales de construcción	46,95	0,2
3. SERVICIOS	54,95	0,2
4. RESIDUOS	778,08	2,7
5. USO DEL SUELO	0,00	0,00
6. RECURSOS AGROPECUARIOS Y PESQUEROS	19.375,62	68,5
6.1 Manufacturas y vestuario		
6.2 Comidas de empresa	0,53	0,00
6.3 Alimentos: proceso productivo	19.375,09	68,5
7. RECURSOS FORESTALES	2.270,29	8,0
8. AGUA	57,87	0,2
TOTAL	28.278,34	100,0

FUENTE: Elaboración propia.

El 80,27% de las emisiones de CO₂ vinculadas con el consumo de energía realizado en la producción de los alimentos empleados en el proceso productivo de la empresa conservera se origina en la adquisición de una de sus materias primas: los calamares, que se emplea para producir uno de los productos de esta empresa –las conservas de calamar– (gráfico 2). Este producto procede de caladeros peruanos y argentinos, por lo que la intensidad energética empleada (100 GJ/t) es elevada. Asimismo, esta empresa adquiere una importante cantidad de este producto (2.065 t), lo que explica su importancia en términos de huella. Estas emisiones se reflejan en la huella de la empresa pero no en la del mejillón, ya que se vinculan a otras de las conservas que elabora la empresa *Gamma*.

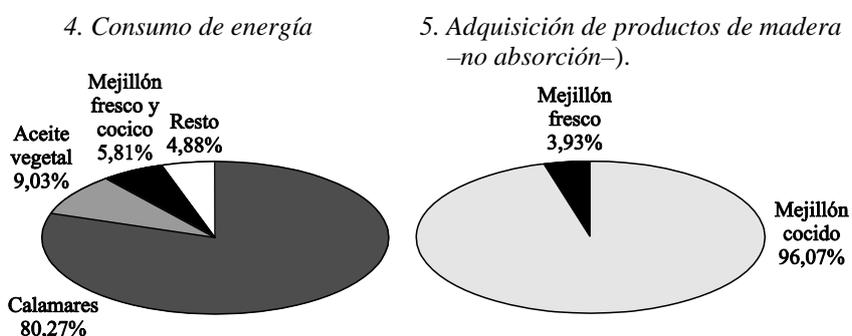
Por lo que respecta a las emisiones no absorbidas por el uso de productos de madera⁹, la adquisición de mejillón cocido genera la práctica totalidad de la huella.

⁹ El MC3 estima las emisiones no absorbidas por los árboles cuya madera se emplea en productos adquiridos por empresas y organizaciones.

La empresa dedicada a la cocción de mejillón emplea una cantidad importante de *palets* de madera, incorporando esta huella al mejillón que se la transmite a la empresa conservera.

En relación con la segunda categoría de producto más importante en el caso de la empresa *Gamma* –los materiales adquiridos (18,3% de la HCC)–, su HCC asciende a 5.170,09 tCO₂. Esta categoría incluye la huella de los envases y de las tapas de conserva, que superan las 4.900 tCO₂, configurándose como el primer material en términos de huella.

Gráfico 2.- Distribución de la HCC de *Gamma*: recursos agropecuarios y pesqueros



FUENTE: Elaboración propia.

4.3. CONSIDERACIONES SOBRE LA GESTIÓN AMBIENTAL DE LAS CADENAS LOGÍSTICAS A LA VISTA DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

La gestión ambiental habitual se basa en un enfoque orientado a la empresa, frente a una orientación que considera la totalidad de la cadena logística. En algunos casos, como el de nuestro estudio, empresas como la elaboradora de conservas *Gamma* podrían tratar de reducir el consumo de combustibles mediante la instalación, por ejemplo, de dispositivos con un menor consumo energético, lo que redundaría en la reducción de la huella derivada del consumo de energía eléctrica, o con el uso de motores más eficientes en las embarcaciones.

Estas medidas contribuyen a mejorar la situación ambiental de la empresa, aunque obvian temas importantes. El estudio realizado muestra la importancia que pueden alcanzar las emisiones indirectas, y concretamente las relacionadas con la adquisición de los bienes que se transforman, se comercializan o, simplemente, se usan en las actividades de la empresa.

Considerando el marco delimitado tanto por el Protocolo de gases de efecto invernadero como por la ISO 14064-1 (WRI/WBCSD, 2004; AENOR, 2006), las emisiones de GEI pueden ser clasificadas en tres tipos. Las emisiones denominadas de alcance 1 o directas son aquellas que provienen de fuentes controladas por una

organización, como las derivadas de la combustión de combustibles fósiles realizadas por la organización de que se trate. Las emisiones indirectas incluyen las denominadas de alcance 2, relacionadas con la generación de electricidad adquirida por la organización, y las de alcance 3, que serán todas las restantes emisiones indirectas asociadas con las operaciones de una organización. Por ejemplo, las emisiones realizadas en la producción de los materiales y en la adquisición de productos para el consumo o manufactura se consideran de alcance 3.

El caso de *Gamma* ilustra claramente esta situación, pues sólo las emisiones indirectas de alcance 3 suponen el 97,97% de su HCC (tablas 4 y 5)¹⁰. En el resto de las empresas estudiadas la importancia que alcanza este tipo de emisiones es siempre superior al 70%: un 82,20% para *Alfa*, un 72,04% para *Beta* y un 92,67% para *Épsilon*.

Tabla 5.- Distribución de las emisiones de las empresas estudiadas

	ALFA	BETA	GAMMA	ÉPSILON
Energía: electricidad	8,11	1.013,32	361,37	62,28
Energía: combustibles	263,60	260,24	210,05	19,69
Materiales	398,42	422,05	5.170,09	146,03
Servicios	43,19	92,18	54,95	3,52
Residuos	0,00	72,26	778,08	19,38
Recursos agropecuarios y pesqueros	1,84	2.394,10	19.375,62	857,22
Recursos forestales	841,49	268,60	2.270,29	5,30
Agua	4,45	33,32	57,87	5,56
TOTAL	1.517,91	4.556,08	28.278,34	1.118,98

FUENTE: Elaboración propia.

En este caso, la mejora de la posición medioambiental no pasa necesariamente por la reducción del consumo de los productos que generan emisiones de alcance 3, lo que implicaría la reducción del volumen de actividades económicas de las empresas. Nos parece más relevante destacar la influencia de la elección de proveedores cuyos productos incorporen una baja HCC. De ahí la importancia de que todos los participantes, desde los productores hasta el consumidor final, dispongan de información medioambiental de los bienes y servicios que adquieren.

El MC3 asume que las empresas son propietarias y responsables de la huella de todo tipo de bienes y servicios, incluyendo materias primas y mercancías, en este último caso destinadas a la venta. Este supuesto puede ser objeto de crítica, pues incrementa la huella de las empresas cuya actividad sea exclusivamente la compra-venta de bienes; no obstante, es fundamental para que todos los agentes participantes en la producción y distribución de bienes y servicios se percaten de la importancia de adquirir bienes que generen el menor impacto ambiental posible.

¹⁰ Las emisiones indirectas de alcance 3 ascienden a 27.706,58 tCO₂, pues son todas, con la excepción de las reflejadas en el apartado de "energía".

Adoptando una perspectiva centrada en la empresa y no en la cadena, aquellos que distribuyen bienes sin ningún tipo de transformación o que prestan servicios no tienen demasiada responsabilidad ambiental, pues no generan desperdicios ni consumen materiales más allá del consumo de la electricidad y los combustibles. Tampoco tienen muchas vías para reducir su impacto, pues al limitarse a la comercialización de bienes terminados no pueden reducir su consumo, ya que redundan directamente en su rentabilidad.

La gestión de las cadenas logísticas con el MC3 demuestra: 1) que la responsabilidad de este tipo de empresas es mayor, pues adquieren bienes que generaron un impacto en el medio ambiente que, en este caso, se mide por las emisiones de CO₂; y 2) que su impacto se reduce si adquieren bienes con una menor huella.

En nuestro ejemplo, la adquisición por parte de la empresa distribuidora de conservas de mejillón con una menor huella redundaría en menores emisiones para la empresa distribuidora, del mismo modo que la adquisición de materias primas en lugares más próximos al de consumo reduciría la HCC de la empresa conservera. La toma de este tipo de decisiones implica la adopción de sistemas de ecoetiquetado que proporcione esta información durante toda la cadena.

La utilidad de este tipo de sistemas de ecoetiquetado supera la esfera microeconómica y constituye, además, una herramienta de gran utilidad a la hora de diseñar políticas fiscales, pudiendo ser la base para una fiscalidad sobre el consumo que tenga en cuenta el impacto en el medio ambiente de bienes y servicios, estableciendo cargas mayores para aquellos bienes más contaminantes.

Es más, el enfoque adoptado permite contraponer la lógica medioambiental con la lógica económica propia de la fase del capitalismo actual. Las ventajas de la globalización de las actividades económicas se centran en el ámbito de los beneficios económicos para las empresas que deslocalizan su producción, que se abastecen en mercados alejados del lugar de consumo o que comercializan sus bienes en todo el mundo. En términos medioambientales, se convierten en desventajas de difícil percepción y cuantificación.

La adquisición de materias primas y bienes para ser transformados y consumidos en lugares alejados del lugar donde son obtenidos implica un mayor consumo de energía, debido a transportes más largos, a los mecanismos para conservar correctamente los bienes transportados, etcétera, lo que se refleja en una mayor HCC. El impacto de la compra de productos pesqueros procedentes de Perú y de las Malvinas en la huella de *Gamma* ilustra perfectamente este caso.

En ausencia de una poco probable regulación del comercio internacional que considere de algún modo las cuestiones medioambientales, el consumidor puede desempeñar un papel relevante a la hora de penalizar este tipo de estrategias, si existen sistemas de información que permitan la identificación de estos productos. Las empresas que en la medida de lo posible opten por emplear productos locales tendrán en la HCC una herramienta que permitirá diferenciarlas de aquellos competidores que se abastecen globalmente.

5. CONCLUSIONES

La consideración de cuestiones medioambientales en la gestión empresarial, y en particular el avance de filosofías de gestión como la responsabilidad social, hacen necesario el desarrollo de herramientas que proporcionen información útil en este contexto a las empresas y organizaciones.

La huella del carbono es un indicador con un elevado potencial en este ámbito. A nivel empresarial permite la elaboración de un inventario de recursos consumidos y de los residuos generados, que resulta útil para una mejor gestión ambiental. Desde una perspectiva de producto, proporciona información útil para involucrar a toda la cadena logística en la reducción del impacto ambiental de bienes y servicios, posibilitando su ecoetiquetado y, a la vez, facilitando información ambiental a los consumidores, permitiendo la incorporación de variables ambientales en la toma de decisiones. Todo ello contribuye a un desarrollo más sostenible.

En este artículo hemos destacado la importancia de que la gestión ambiental se realice tomando como unidad de referencia las cadenas logísticas y no cada uno de sus miembros separadamente. La importancia en la HCC de las emisiones incorporadas a los bienes y servicios adquiridos o de alcance 3, resaltada en las empresas participantes en el caso de estudio, implica que las medidas de gestión habitualmente empleadas orientadas exclusivamente a la actividad de la empresa no actúan sobre una parte muy significativa de los impactos generados. Poner a disposición de los consumidores este tipo de información sobre los impactos ambientales –en nuestro caso, la HCC– mediante la puesta en marcha de ecoetiquetas, podría incentivar una gestión efectiva de las cadenas logísticas.

En segundo lugar, hemos incidido en una alternativa metodológica: el MC3, que estima la HCC, destacando la aplicación del método a bienes y servicios considerando cadenas logísticas. Concluimos que el MC3 es una alternativa robusta y fácil de emplear, y que facilita información útil para todas aquellas empresas interesadas en incorporar la gestión ambiental a sus prácticas habituales.

La necesidad de compatibilizar objetivos económicos, medioambientales y sociales es una de las premisas del desarrollo sostenible (CMMAD, 1987). La falta de consenso respecto de los indicadores ambientales a emplear y, por lo tanto, la ausencia de información relativa a la dimensión medioambiental del desarrollo sostenible, dificulta la consideración de esta vertiente, posibilitando la hegemonía de la vertiente económica. El estudio realizado pone de manifiesto la utilidad del MC3 como fuente de información medioambiental relevante para esta labor, permitiendo la contraposición de la lógica económica y ecológica y la adopción de decisiones que consideren más criterios que los estrictamente económicos.

BIBLIOGRAFÍA

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN (AENOR) (2006): *UNE-EN ISO 14064-1: 2006. Gases de efecto invernadero*. Parte 1: “Especificación con orienta-

- ción, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero”. Madrid: AENOR.
- ALTING, L. (1992): *Manufacturing Breakthrough*, 2 (6).
- BASTIDA CALVO, J.; CASTROMÁN DIZ, J.L. (1999): “La economía de un ser esquivo. Breves apuntes sobre los objetos material y formal de la economía de la empresa desde una perspectiva logística”, en Damacena y Barreiro [ed.]: *VIII International Conference AEDEM*, pp. 63-72. São Leopoldo (Brasil).
- BRITISH PETROLEUM (BP) (2007): *¿What is a Carbon Footprint?* (http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/STAGING/global_assets/downloads/A/ABP_ADV_what_on_earth_is_a_carbon_footprint.pdf). (Consulta: marzo de 2008).
- BRITISH STANDARDS INSTITUTE (BSI) (2008): *PAS 2050: 2008. Specification for the Assessment of the Life Cycle Greenhouse Emissions of Goods and Services*. (<http://www.bsigroup.com/en/Standards-and-Publications/Industry-Sectors/Energy/PAS-2050/>). (Consulta: enero de 2009).
- CARBALLO PENELA, A. (2009): *A pegada ecolóxica de bens e servizos. Desenvolvemento dun método de cálculo e aplicación ao ciclo de vida do mexillón en conserva en Galicia*. (Tesis doctoral). Santiago de Compostela: Universidade de Santiago de Compostela.
- CARBALLO PENELA, A. (2010): *Ecoetiquetado de bienes y servicios para un desarrollo sostenible*. Madrid: AENOR.
- CARBALLO PENELA, A.; DOMÉNECH, J.L. (2010): “Managing the Carbon Footprint of Products: The Contribution of the Method Composed of Financial Statements (MC3)”, *International Journal of Life Cycle Assessment*, 15, pp. 962-969.
- CARBALLO PENELA, A.; GARCÍA NEGRO, M.C. (2010): “El método compuesto de las cuentas contables (MC3): una herramienta para la responsabilidad social corporativa”, *XII Reunión de Economía Mundial*. Santiago de Compostela.
- CARBALLO PENELA, A.; GARCÍA NEGRO, M.C.; DOMÉNECH QUESADA, J.E.; VILLASANTE, C.S.; RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, G.; GONZÁLEZ ARENALES, M. (2008): “A pegada ecolóxica corporativa: concepto e aplicación a dúas empresas pesqueiras en Galicia”, *Revista Galega de Economía*, 17 (2), pp. 149-176.
- CARBON FOOTPRINT (2008): *¿What is a Carbon Footprint?* (<http://www.carbonfootprint.com/carbonfootprint.html>). (Consulta: marzo de 2008).
- CARBON TRUST (2006): *Carbon Footprints in the Supply Chain: The Next Step for Business*. (Report CTC618). London. The Carbon Trust.
- CARBON TRUST (2007): *Carbon Footprint Measuring Methodology 1.3*. (<http://www.carbontrust.co.uk>). (Consulta: noviembre de 2009).
- CARBON TRUST (2008): *Product Carbon Footprinting: The New Business Opportunity Pack*. (Report CTC74). London: The Carbon Trust.
- CASTROMÁN DIZ, J.L. (2001): “Fundamentación epistemológica de la economía de la empresa. Una revisión conceptual”, en A. Marrero Hernández y J.M. García Falcón [coord.]: *La empresa deslocalizada. Ponencias del XV Congreso Nacional y XI Congreso Hispano-Francés de la Asociación Europea de Dirección y Economía de la Empresa (AEDEM)*, 1, pp. 101-120.
- CASTROMÁN DIZ, J.L.; PORTO SERANTES, N. (1999): “La responsabilidad social de la empresa: impacto social, comportamiento empresarial e información pública”, *XIII Congreso Nacional y IX Congreso Hispano-Francés de AEDEM*. Logroño.

- COMISIÓN EUROPEA (2003): *Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo. Política de productos integrada. Desarrollo del ciclo de vida medioambiental.* (COM 2003 (302) final). (<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2003:0302:FIN:ES:PDF>). (Consulta: febrero de 2009). Bruselas.
- COMISIÓN MUNDIAL SOBRE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO (CMMAD) (1987): *Nuestro futuro común*. Madrid: Alianza.
- DAMACENA, C.; BARREIRO FERNÁNDEZ, J.M. [ed.] (1999): *VIII International Conference AEDEM*. São Leopoldo (Brasil).
- DOMÉNECH, J.L. (2004): “Huella ecológica portuaria y desarrollo sostenible”, *Puertos*, 114, pp. 26-31.
- DOMÉNECH, J.L. (2007): *Huella ecológica y desarrollo sostenible*. Madrid: AENOR.
- ENVIRONMENTAL TECHNOLOGIES ACTION PLAN (ETAP) (2007): *The Carbon Trust Helps UK Businesses Reduce their Environmental Impact*. (http://ec.europa.eu/environment/etap/pdfs/jan07_carbon_trust_initiative.pdf). (Consulta: febrero de 2010).
- ESPAÑA. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO (MARM) (2010): *Inventario de gases de efecto invernadero de España. (Serie 1990-2008). Sumario de resultados*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- EUROPEAN COMMISSION (2001): *Green Paper on Integrated Product Policy*. (COM 2001 (68) final). ([http://www.iwoe.unisg.ch/org/iwo/web.nsf/SysWebRessources/EU_IPP.pdf/\\$FILEEU_IPP.pdf](http://www.iwoe.unisg.ch/org/iwo/web.nsf/SysWebRessources/EU_IPP.pdf/$FILEEU_IPP.pdf)). (Consulta: febrero de 2009). Brussels.
- EUROPEAN COMMISSION (2006): *Making Product Information Work Fuera the Environment*. (Final Report of the Integrated Product Policy Working Group on Product Information). (http://ec.europa.eu/environment/ipp/pdf/20070115_report.pdf). (Consulta: diciembre de 2008). Brussels.
- EUROPEAN COMMISSION (2007): *Carbon Footprint. What is it and How to Measure it?* (http://lca.jrc.ec.europa.eu/Carbon_footprint.pdf). (Consulta: diciembre de 2010). Brussels.
- EUROPEAN COMMISSION (2010): *Product Carbon Footprinting – A Study on Methodologies and Initiatives. Final Report*. (<http://wko.at/tirol/industrie/indakt2010/Folge38/PCF-executive%20summary.pdf>). (Consulta: enero de 2011). Brussels.
- EUROPEAN PLATFORM ON LIFE CYCLE ANALYSIS (EPLCA) (2008): *Analysis of Existent Environmental Impact Assessment Methodologies and Indicators Related with Life Cycle Analysis*. (Working Draft). (<http://lct.jrc.ec.europa.eu/lca-documentation>). (Consulta: febrero de 2009).
- EWING, B.; REED, A.; GALLI, A.; KITZES, J.; WACKERNAGEL, M. (2010): *Calculation Methodology for the National Footprint Accounts*. Oakland: Global Footprint Network.
- FIALA, N. (2008): “Measuring Sustainability: Why the Ecological Footprint is Bad Economics and Bad Environmental Science”, *Ecological Economics*, 67, pp. 519-525.
- GLOBAL FOOTPRINT NETWORK (2006): *Ecological Footprint Standards 2006. Global Footprint Network*. Oakland: Global Footprint Network.
- GLOBAL FOOTPRINT NETWORK (2007): *Footprint Term Glossary. Global Footprint Network*. Oakland: Global Footprint Network.
- GLOBAL FOOTPRINT NETWORK (2009): *Ecological Footprint Standards 2009*. Oakland: Global Footprint Network.
- INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) (1997): *Greenhouse Gas Inventory: Workbook. Revised 1996 IPCC Guidelines*, vol 2. (<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/nrgspan.html>). (Consulta: mayo de 2010).

- INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) (2007): *IPCC Fourth Assessment Report (AR4) Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing*. (http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/Report/AR4WG1_Print_Ch02.pdf). (Consulta: marzo de 2009).
- JIMÉNEZ HERRERO, L.; DOMÉNECH, J.L.; CARBALLO PENELA, A. (2011): *La huella del carbono: un indicador estratégico de sostenibilidad*. Madrid: Mundiprensa (en prensa).
- JOINT RESEARCH CENTER (JRC) (2007): *Wheel-to-Wheels Analysis of Future Automotive Fuels and Powertrains in the European Context. Versión 2c*. (<http://www.ies.jrc.ec.europa.eu/wtw.html>). (Consulta: abril de 2010).
- KITZES, J.; GALLI, A.; RIZK, S.M.; REED, A.; WACKERNAGEL, M. (2008): *Guidebook to the National Footprint Accounts*. Oakland: Global Footprint Network.
- MARRERO HERNÁNDEZ, A.; GARCÍA FALCÓN, J.M. [coord.] (2001): *La empresa deslocalizada. Ponencias del XV Congreso Nacional y XI Congreso Hispano-Francés de la Asociación Europea de Dirección y Economía de la Empresa (AEDEM)*.
- MAYOR FARGUELL, X.; QUINTANA GOZALO, V.; BELMONTE ZAMORA, R. (2004): *Aproximación a la huella ecológica de Cataluña*. (http://www.catsostenible.org/pdf/DdR_7_Huella_Ecologica.pdf). (Consulta: enero de 2010).
- NUIJ, R.; RENTSCH, C.; RYDER, B. (2005): *The Informal European IPP Network Workshop on Product Information*. (Workshop Report). Berna.
- PARLIAMENTARY OFFICE OF SCIENCE AND TECHNOLOGIES (POST) (2006): *Carbon Footprint of Electricity Generation*. (POST Note, 268). London: POST.
- PERRY, S.; KLEMES, J.; BULATOVA, I. (2008): "Integrating Waste and Renewable Energy to Reduce the Carbon Footprint of Locally Integrated Energy Sectors", *Energy*, 33, pp. 1489-1497.
- REES, W. (2006): "Ecological Footprints and Bio-Capacity: Essential Elements in Sustainability Assessment", en J. Dewulf y H.V. Langenhove [ed.]: *Renewables-Based Technology: Sustainability*, pp. 143-156. New York: Wiley.
- SCHALTEGGER, S.; WAGNER, M. (2006): *Managing the Business Case for Sustainability - The Integration of Social, Environmental and Economic Performance*. Sheffield: Greenleaf.
- SEURING, S. (2004): "Industrial Ecology, Life Cycles, Supply Chains: Differences and Interrelations", *Business Strategy and the Environment*, 13, pp. 306-319.
- SIMMONS, C.; GONZÁLEZ, I.; LEWIS, K. (2006): *Methodology for Determining Global Sectoral Material Consumption, Carbon Dioxide Emissions and Ecological Footprints*. (<http://www.bestfootforward.com/OPB/Methodology%20Report%20-%20Review%20v12.pdf>). (Consulta: diciembre de 2010).
- VAN DEN BERGH, J.C.J.M.; VERBRUGGEN, H. (1999): "Spatial Sustainability, Trade and Indicators: An Evaluation of the Ecological Footprint", *Ecological Economics*, 29, pp. 61-72.
- WACKERNAGEL, M.; DHOLAKIA, R.; DEUMLING, D.; RICHARDSON, D. (2000): *Redefining Progress, Assess your Household's Ecological Footprint 2.0*. (http://greatchange.org/ng-footprint-ef_household_evaluation.xls). (Consulta: noviembre de 2006).
- WACKERNAGEL, M.; MONFREDA, CH.; MORAN, D.; WERMER, P.; GOLDFINGER, S.; DEUMLING, D. (2005): *National Footprint and Biocapacity Accounts 2005: The Underlying Calculation Method*. Oakland: Global Footprint Network.
- WACKERNAGEL, M.; REES, W. (1996): *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. Philadelphia: New Society.

- WIEDMANN, T. (2009): “Carbon Footprint and Input-Output Analysis - An Introduction”, *Economic Systems Research*, 21, pp. 175-186.
- WIEDMANN, T.; LENZEN, M. (2009): “Unravelling the Impacts of Supply Chains. A New Triple-Bottom-Line Accounting Approach”, en S. Schaltegger, M. Bennett, R. Burrit y C. Jasch [ed.]: *Environmental Management Accounting for Cleaner Production*, pp. 65-90. Amsterdam: Springer.
- WIEDMANN, T.; LENZEN, M.; BARRET, J. (2009): “Companies on the Scale: Comparing and Benchmarking the Footprints of Businesses”, *Journal of Industrial Ecology*, 13, pp. 361-382.
- WIEDMANN, T.; MINX, J.C. (2008): “A Definition of Carbon Footprint”, en C.C. Petsovam [ed.]: *Ecological Economic Research Trends*, pp. 55-65. New York: New Science.
- WORLD RESOURCES INSTITUTE (WRI); WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (WBCSD) [ed.] (2004): *The Greenhouse Gas Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard*. Washington, D.C.: WRI/WBCSD.