

XESTIÓN AMBIENTAL DAS CADEAS LOXÍSTICAS: CONCEPTO E CASO DE ESTUDO

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

Recibido: 15 de febreiro de 2011

Aceptado: 18 de marzo de 2011

Resumo: A contribución de empresas e organizacións é fundamental para o logro dun modelo de desenvolvemento perdurable no longo prazo. A xestión ambiental –que se configura como unha ferramenta empresarial imprescindible neste campo– resulta útil para diferenciar as actividades das empresas e organizacións, precisando para iso, entre outros factores, de indicadores que ofrezan información útil como, por exemplo, a pegada do carbono corporativa (PCC), un dos indicadores máis difundidos na actualidade. Este artigo destaca, en primeiro lugar, a importancia de enfocar a xestión ambiental ás cadeas loxísticas empregando ferramentas que permitan a cooperación para que todos os seus membros colaboren na redución dos impactos xerados ao longo de toda a cadea. En segundo lugar, expónse unha alternativa metodolóxica: o método composto das contas contables (MC3), válido para estimar a PCC de bens e servizos considerando cadeas loxísticas e que, á vez, permite o ecoetiquetado de bens e servizos. O caso de estudo realizado contribúe tanto a ilustrar a importancia da xestión sobre a base das cadeas loxísticas como a expoñer os resultados que se obteñen co MC3. Para isto, aplícase o método a unha cadea loxística orientada á produción de mexillón en conserva. Os resultados ofrecen unha PCC de 10,75 tCO₂/t de produto, xerada principalmente na fase de elaboración de conservas.

Palabras clave: Xestión ambiental / Cadeas loxísticas / Pegada do 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

A consideración dos problemas ambientais na xestión das empresas e organizacións pasou de ser un tema pouco considerado a desempeñar un papel relevante no mundo empresarial actual (Doménech, 2007).

O cambio no rol desempeñado por este tipo de cuestións foi propiciado por cambios no contexto competitivo que afectan ás empresas desde diferentes perspectivas. O desenvolvemento de lexislación relacionada co control do nivel de emisións e vertidos, co incremento das obrigas de información con respecto a asuntos relacionados co medio, co auxe da demanda dunha maior transparencia e compro-

miso por parte dos axentes cos que se relacionan as empresas, coa consciencia de que as relacións con diferentes colectivos –accionistas, clientes, traballadores, a comunidade...– e co medio forman parte do valor da empresa e que esta ten obrigas para e con eles, ou coa busca de novas ferramentas para xestionar os beneficios e os riscos derivados de cambios no contexto competitivo, propician que este tipo de materias adquiran un papel diferente ao tradicional (Carballo Penela, 2010; Shaltegger e Wagner, 2006).

As empresas consideran que a sostibilidade ofrece un modo de diferenciarse nos mercados, e asumen que a xestión da sostibilidade desde unha óptica proactiva repercute directamente na súa rendibilidade, o que contribúe a incrementar a súa produtividade e competitividade. Conceptos como a responsabilidade social (RS) están cada vez máis en boca de xestores, clientes e accionistas (Shaltegger e Wagner, 2006).

Esta formulación obriga a que as organizacións e as empresas teñan que delimitar a información ambiental que van ofrecer e como a van difundir entre as partes interesadas, ademais de buscar o modo axeitado de xestionala, fornecendo diferentes iniciativas que tratan de avanzar nestes temas. Con todo, aínda existen carencias importantes con respecto ao tipo de información que se vai subministrar, aos instrumentos que se van empregar para obtela e ás metodoloxías que se van aplicar.

Este artigo estrutúrase da seguinte maneira. Na sección 2 destacamos as vantaxes de adoptar sistemas de xestión ambiental que tomen como unidade de referencia as cadeas loxísticas, proponendo o uso dun indicador –a pegada do carbono– que ofrece información sobre un impacto ambiental relevante como é o cambio climático. Na sección 3 expónse o método composto das contas contables (MC3) como alternativa metodolóxica para o cálculo da pegada do carbono neste contexto. Na sección 4 aplícase ese método a unha cadea loxística relacionada coa produción de mexillón en conserva. E finalmente, na sección 5 recóllense as conclusións deste traballo.

2. A XESTIÓN AMBIENTAL DAS CADEAS LOXÍSTICAS

2.1. A SOSTIBILIDADE AMBIENTAL DAS EMPRESAS E ORGANIZACIÓNS

A xestión ambiental a nivel corporativo está tradicionalmente vinculada ao control dos impactos directos –ou *on site*–, tratando de establecer actuacións que afectan a cuestións como o consumo de recursos ou á xeración de emisións e residuos de cada organización illadamente (Doménech, 2007). As recomendacións realizadas polos estándares máis empregados neste ámbito –a serie de normas ISO 14000, os estándares proporcionados pola Iniciativa de Informe Global (GRI) ou polo Sistema Comunitario de Ecoxestión e Auditoría (EMAS), entre outros– adoptan un enfoque no que as organizacións son entendidas principalmente como entes illados do resto das empresas coas que se relacionan.

Con todo, o enfoque sistémico móstranos, por unha parte, que a empresa é sempre un subsistema e, polo tanto, parte dun sistema maior e, por outra, que considerala unha “unidade de estudo” obriga a incorporar todo o demais como “ámbito empresarial”, é dicir, unha especie de saco no que caben cousas tan dispares como os clientes, os provedores, os competidores, etc. No caso que nos ocupa, centrarnos nas fronteiras da empresa dificulta abordar o impacto ambiental que as súas actividades poden ocasionar, sobre todo se esas actividades están organizadas nun marco supranacional.

Pola contra, é posible centrarnos no impacto do “proceso empresarial”, que Bastida e Castromán (1999, p. 66) definen como “*una actividade 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*”.

Seguindo a estes autores, o proceso empresarial comprende o conxunto de tarefas mediante as cales un sistema crea valor para outro ou para outros, isto é, o modo en que: a) percibe as necesidades do mercado e as posibilidades tecnolóxicas, legais, etc.; b) concibe produtos e servizos vendibles; c) inventa a forma de fabricalos ou de prestalos de forma competitiva; d) conecta cos clientes para ofrecerlles os produtos e servizos e xestiona os seus pedidos; e) contacta cos provedores dos insumos que necesita (en sentido amplo, é dicir, tanto de materias primas coma de recursos financeiros, tecnoloxía, información, etc.); f) fabrica e entrega os produtos; e g) presta servizos complementarios buscando o pleno acoplamento co medio.

As evidencias da necesidade de enfocarse nun sistema como o que acabamos de describir maniféstanse por todas as partes, e como mostra abóndanos con reflectir dúas tendencias moi significativas na actualidade: 1) a consideración da loxística como un concepto integrador referido a un sistema interempresarial que abrangue toda a cadea de produción, desde as materias primas ata o punto de consumo. Desde esta concepción, cada vez acéptase en maior grao que a loxística debe xestionarse como un sistema que transcende as fronteiras tradicionais da empresa e que abrangue os fluxos de materiais, servizos e información desde as fontes ata os consumidores e usuarios; e 2) a constatación da necesidade de que a énfase organizativa cambie, pasando dunha angosta orientación funcional, encaixada dentro das fronteiras dunha empresa, a un punto de vista máis amplo, como é a integración do proceso de creación de valor no interior e no exterior da empresa, integración coa que se pretende gañar en eficacia e en eficiencia.

En efecto, se recoñecemos que servir á sociedade creando valor é unha finalidade primaria dos sistemas empresariais, acumúlanse as evidencias de que a creación e a xestión do valor engadido se consegue mellor enfocándose nos fluxos de materiais, servizos e información en lugar das tradicionais nocións de eficiencia funcional ou departamental.

Pois ben, seguindo a Castromán (2001, p. 110), o sistema empresarial que leva a cabo a totalidade do proceso empresarial é un sistema complexo que se pode des-

compoñer en subsistemas semellantes, que actúan como un todo en perspectiva descendente e como parte nun enfoque ascendente, compartindo nunha escala diferente as súas características esenciais. Así, en distintos graos de complexidade, pode manifestarse dentro dunha empresa ou, máis frecuentemente, como un sistema interempresarial que comprende varias empresas vinculadas, formando o que se coñece como “conduto loxístico”, “canle loxística”, “cadea loxística” ou mesmo “cadea de subministradores”. De forma simétrica, unha empresa pode abranguer un ou varios sistemas empresariais ou ser unicamente parte de un ou de varios sistemas, que é o máis frecuente.

Neste contexto, cómpre sinalar que a consideración das cadeas loxísticas desde perspectivas relacionadas coa xestión dos aprovisionamentos ou coa xestión financeira gozou dun certo auge (Wiedmann, 2009; Wiedmann e Lenzen, 2009). Numerosas compañías adoptaron enfoques que tiñan en conta os procesos e operacións dos seus provedores e clientes. A disposición deste tipo de información permitiu obter beneficios relacionados con melloras na produtividade, con incrementos na eficiencia ou con menores necesidades de capital a aquelas empresas que adoptaron este enfoque (Carbon Trust, 2006; Wiedmann e Lenzen, 2009).

Con todo, a xestión das cadeas de subministradores aínda non alcanzou unha ampla difusión en termos ambientais, malia que a súa adopción posibilita o logro de melloras no medio ambiente xeral e reducións de custos derivadas dunha mellor organización de determinados procesos que afectan á cadea de subministradores (Carballo Penela, 2010; Carbon Trust, 2006; Seuring, 2004), permitindo, ademais, a diferenciación dos seus produtos sobre a base de criterios ambientais.

Esta formulación non é nova, pois Castromán e Porto (1999, p. 101) xa sinalaron o que supoñía para os integrantes da cadea de empresas o feito de incorporar outros factores, ademais da produtividade, da calidade e do rendemento económico, xa que os obriga a incluír a protección ambiental na planificación dos procesos de fabricación dos produtos, a impulsar liñas de investigación e de desenvolvemento tendentes a procurar procesos produtivos baseados na xestión racional dos recursos, na economía da enerxía e na redución dos residuos, isto é, a busca dunha tecnoloxía cada vez máis limpa que combata a contaminación na súa orixe. Porén, todo isto resolve só en parte a agresión ao medio, posto que o produto en si mesmo constitúe unha fonte apreciable de cargas ambientais ao longo de toda a súa vida.

Neste sentido, Alting (1992, p. 51) xa propoñía considerar a relación entre o produto e o medio ao longo do que adoita denominarse “ciclo de vida do produto”¹.

¹ Na bibliografía, así como no artigo 2.4 da Decisión 2179/98/CE, que a el se refire, emprégase a expresión “ciclo de vida do produto”, que Castromán e Porto (1999, p. 101) consideran desafortunada porque induce a confusión co coñecido concepto traído da bioloxía que relaciona o tempo cos ingresos por vendas dos produtos. Así, propoñemos nomealo como “ciclo total do produto”, expresión máis precisa da evolución dos constituintes físicos do produto. En palabras destes 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*”.

O ciclo de vida do produto está constituído por seis fases: desenvolvemento do deseño, selección de materiais, fabricación, distribución, uso e, por último, reunión como residuo ao final da súa vida útil. Só considerando os impactos ambientais en cada fase –e a súa redución– é posible optimizar o impacto total.

Seguindo esta liña, diferentes estudos realizados nos últimos anos destacan a necesidade de adoptar unha xestión integral do medio, considerando toda a cadea de empresas pola que un produto avanza desde a súa concepción ata a súa adquisición polo consumidor final (Carbon Trust, 2006; Wiedmann *et al.*, 2009).

Ademais, desde un punto de vista complementario, a xestión ambiental das cadeas loxísticas tamén é útil para dispoñer de información ambiental que poida proporcionarse aos consumidores dos seus produtos. Este tipo de información permitiría a consideración dun criterio adicional ao económico á hora de decidir a compra dun produto ou doutro. Aqueles consumidores preocupados pola saúde do medio poderían manifestar a súa posición a este respecto mediante as súas decisións de compra, optando por produtos menos prexudiciais para o medio. Na medida en que aumente a sensibilidade social cara aos problemas ambientais, incrementarase a presión para que as empresas reduzan o seu impacto no medio (Carballo Penela e García Negro, 2010).

A información sobre as cargas ambientais pode ser ofrecida en etiquetas que conteñan información ambiental –ecoetiquetas–, de modo que o consumidor, á vez que observa o prezo de compra dos seus produtos, dispoña de información relativa ao seu impacto ambiental. Na actualidade existen diversos tipos de ecoetiquetas, xeralmente orientadas a diferenciar no mercado aqueles bens e servizos en cuxa produción se consideraron cuestións ambientais. O deseño de distintivos que ofrezan información ambiental aínda está en fase de desenvolvemento, sen que exista consenso sobre a información que se debe incluír para determinar o impacto ambiental dos bens e servizos nin do método de cálculo que se debe empregar.

2.2. O INEFABLE PROBLEMA DOS INDICADORES: QUE E COMO MEDIR?

As vantaxes sinaladas para o medio –redución do impacto ambiental da produción de bens e servizos– e para as empresas –reducións de custos ou diferenciación– vense reforzadas porque a xestión ambiental das cadeas loxísticas ou, noutros termos, a xestión integral da vida dun produto, permite a visualización de impactos ambientais durante toda a vida do produto (Carbon Trust, 2006).

Así, no ámbito da Unión Europea, a Estratexia Europea de Desenvolvemento Sostible asume a importancia de reducir os impactos ambientais derivados da produción e distribución de bens e servizos. O *Libro verde sobre política integrada de produtos* sinala que unha forma de logralo é deseñando un “*novo paradigma de crecemento e calidade de vida a través da creación de riqueza e de competitividade sobre a base de produtos verdes*” (European Commission, 2001). De aí que a “política integrada de produto” (IPP) sexa un dos eixes principais da Estratexia Europea de Desenvolvemento Sostible (European Commission, 2006).

Malia os avances no deseño da IPP (European Commission, 2006; Nuij *et al.*, 2005), non existe consenso sobre o desenvolvemento dos indicadores que proporcionen información adecuada para avaliar o impacto ambiental xerado na produción e distribución de bens e servizos (Comisión Europea, 2003). Trátase dun problema habitual á hora de poñer en marcha calquera iniciativa relacionada coa dimensión ambiental do desenvolvemento sostible, xa de por si lastrada pola falta de concreción con respecto ás implicacións da sostibilidade ambiental en cuestións como o crecemento económico (Carballo Penela, 2009).

No ámbito da IPP estase a realizar un esforzo para determinar un conxunto de indicadores válidos para medir os impactos ambientais derivados da produción e distribución de bens e servizos (EPLCA, 2008). Débense determinar que temas relacionados co medio é necesario medir, como se van medir e que indicadores se van empregar.

A degradación do medio está relacionada con múltiples factores: cos diferentes impactos que a producen como, entre outros, o quentamento global, a acidificación ou a redución da capa de ozono²; cos indicadores para medir eses impactos ou coas metodoloxías para calcular algúns deses indicadores. A resposta ás preguntas ¿que medir? e ¿como medir? constitúen, sen dúbida, un primeiro obstáculo de difícil superación. De aí que se trate dun proceso lento debido a este tipo de problemas de carácter técnico, e dilatado mesmo máis ao enmarcarse no ámbito dunha estratexia europea con repercusións nas empresas e nos cidadáns. Por outro lado, a realización no ámbito dunha estratexia europea e a posible obrigatoriedade dos indicadores elixidos propician a existencia de presións que redundan en que os resultados da elección van estar, probablemente, influenciados por factores non sempre vinculados ás características dos indicadores. En todo caso, o papel da Unión Europea á hora de tutelar este proceso lexitima e posibilita a posta en marcha dos indicadores elixidos.

A nosa investigación céntrase nun indicador: a pegada do carbono (PC), considerado adecuado para valorar impactos vinculados co cambio climático (European Commission, 2007).

2.3. CAMBIO CLIMÁTICO, PEGADA DO CARBONO (PC) E PEGADA DO CARBONO CORPORATIVA (PCC)

Como consecuencia dos efectos do aumento da poboación, da eliminación dos bosques e da cuberta vexetal –que absorben o dióxido de carbono– e da masiva utilización de combustibles fósiles –que emiten gases de efecto invernadoiro á atmosfera–, o ciclo do carbono viuse alterando con maior rapidez desde mediados do século XIX. A complexidade deste problema é evidente na medida en que aglutina

² No marco da IPP consideráronse doce categorías de impacto ambiental e catorce metodoloxías de análise diferentes (EPLCA, 2008).

diferentes fenómenos e procesos de alcance global, entre os cales destacan o cambio climático e o quentamento terrestre, constatados ambos os dous polo progresivo aumento da temperatura do planeta.

Sen dúbida, o cambio climático é un dos principais desafíos do cambio global, que no século XXI constitúe unha das principais ameazas para a sostibilidade ambiental e para o desenvolvemento mundial, que terán efectos sobre a economía global, a saúde e o benestar social, aínda que o seu impacto será máis intenso nas rexións pobres e nas futuras xeracións. A rexión europea e a conca mediterránea –e en particular España– están sometidas a unha alta vulnerabilidade e a fortes presións (Jiménez Herrero *et al.*, 2011). Así, consideramos relevante que a xestión das cadeas loxísticas inclúa información relacionada con esta categoría de impacto.

A pegada do carbono (PC) é un concepto recente, cuxa orixe se vincula á pegada ecolóxica (PE) que, á súa vez, é un indicador relacionado co desenvolvemento sostible. Foi deseñado nos anos noventa por Wackernagel e Rees (1996) para mostrar o consumo de recursos biolóxicos e a xeración de residuos apropiados en termos da superficie do ecosistema.

O éxito da PE queda de manifesto coa multitude de traballos publicados en todo o mundo sobre este indicador (Carballo Penela, 2009; Ewing *et al.*, 2010; Fiala, 2008; Kitzes *et al.*, 2008; Rees, 2006; Van der Bergh e Verbruggen, 1999; Wackernagel e Rees, 1996; Wackerangel *et al.*, 2005), coa creación dunha rede global para a súa estandarización, mellora e difusión –Global Footprint Network– e co debate xerado sobre a súa idoneidade en diferentes situacións.

A pegada do carbono (PC) é un concepto máis recente³ e, á vez, moito menos definido que a PE. A PE ten uns creadores que delimitan o concepto e o método de cálculo que cómpre empregar, mentres que a PC nace sen uns pais coñecidos, o que favorece que xurdan diferentes interpretacións deste indicador. Algunhas das principais diferenzas que existen entre eles relaciónanse: a) cos gases cuxas emisións inclúe o indicador; e b) coa consideración de emisións directas ou indirectas.

No primeiro caso, algúns estudos optan porque a PC inclúa varios gases de efecto invernadoiro, expresando a pegada do carbono en toneladas equivalentes de CO₂ (BSI, 2008; Carbon Trust, 2007; Doménech, 2004; ETAP, 2007; POST, 2006), mentres que outros (BP, 2007; Global Footprint Network, 2007; Wiedmann e Minx, 2008) prefiren limitarse exclusivamente a un único gas: o CO₂.

Por outro lado, a aplicación do indicador a determinadas realidades concretas, como é o caso das organizacións e dos seus produtos, introduce particularidades que engaden novas cuestións que cómpre ter en conta. Algúns estudos recomentan que a pegada de bens e servizos se limite á estimación das emisións directas realizadas pola empresa que os produce, mentres que noutros estudos tamén se consideran as xeradas indirectamente, tendo en conta neste caso as emisións producidas na cadea de subministradores dos que se abastece a empresa para obter os seus produtos (Wiedmann e Minx, 2008).

³ Wiedmann e Minx (2007) sinalan que o termo se usa por primeira vez no ano 2004.

Todas as cuestións sinaladas propician que as definicións propostas difiran substancialmente. A modo de exemplo, desde Global Footprint Network (2007, p. 1) –organismo de referencia na análise da pegada ecolóxica– defínese a PC “*como a demanda de biocapacidade necesaria para secuestrar mediante fotosíntese as emisións de CO₂ procedentes da combustión de combustibles fósiles*”. A definición de Carbon Trust (2007, p. 4) é moito máis ampla, ao incluír na PC “*as emisións totais de gases de efecto invernadoiro en toneladas equivalentes dun produto ao longo da súa vida, desde a produción das materias primas empregadas na súa produción ata a eliminación do produto rematado*”.

Para nós, a estimación da pegada do carbono das organizacións, das empresas e dos seus bens e servizos reviste particularidades que fan necesaria a súa identificación. Somos partidarios do uso da denominación *pegada do carbono corporativa* (PCC), que indica claramente que a pegada calculada se refire a esta contorna. Este argumento refórzase coa existencia de métodos de cálculo específicos para este ámbito, como é o caso da proposta recollida na PAS 2050, válida para estimar a pegada do carbono de bens e servizos considerando o seu ciclo de vida (BSI, 2008).

O Protocolo de Kyoto establece obxectivos de emisións para seis gases –CO₂, N₂O, CH₄, HFC, PFC e SF₆–, polo que a inclusión na PCC do maior número posible de gases aumenta a utilidade do indicador para as empresas que teñan obxectivos de emisións relacionados con este Protocolo.

Finalmente, a PCC non debe restrinxirse aos efectos directos –ou *on site*–, sendo útil a consideración das emisións ao longo de toda a cadea de subministradores dos bens e servizos producidos. Doutro modo, a) evítase que o indicador exclúa impactos relevantes; b) foméntase que as empresas dunha mesma cadea de subministradores tomen decisións conxuntas para reducir a pegada dos seus produtos e buscar novas oportunidades de negocio; c) habilítase o indicador como ferramenta válida no ámbito da xestión das cadeas loxísticas, con capacidade para ser empregado na elaboración dunha ecoetiqueta que informe ao consumidor final das emisións incorporadas na produción e distribución de bens e servizos; e d) o enfoque adoptado é coherente coas directrices da política integrada de produto.

3. ALTERNATIVAS METODOLÓXICAS PARA O CÁLCULO DA PEGADA DO CARBONO CORPORATIVA (PCC): O MÉTODO COMPOSTO DAS CONTAS CONTABLES (MC3)

3.1. CONSIDERACIÓNS XERAIS

Malia ser un indicador cunha vida moi curta, a PCC experimentou unha notable difusión, existindo iniciativas en diferentes países que o aplican para xestionar as cadeas de subministradores e ecoetiquetar os bens e servizos.

É destacable a aposta do Goberno británico que mediante unha empresa con capital público –Carbon Trust– puxo en marcha unha iniciativa para medir, reducir e comunicar as emisións de gases de efecto invernadoiro (GEI) ao longo das cadeas loxísticas. O traballo de Carbon Trust materializouse nunha proposta metodolóxica estandarizada en colaboración co British Standards Institute (BSI). A norma PAS 2050, publicada en outubro de 2008 (BSI, 2008), que se fundamenta en análises do ciclo de vida baseado en procesos, é unha aproximación comunmente utilizada no estudo das cadeas de subministradores para reducir residuos e para incrementar a eficiencia ao longo dun sistema de produtos (Carbon Trust, 2008). Trátase do método que experimentou unha maior difusión internacional, publicándose no ano 2010 unha nova versión –a PAS 2060– orientada á estimación da pegada do carbono das organizacións.

A PAS 2050 analiza detalladamente todas as actividades con relevancia na PCC realizadas en cada fase do ciclo de vida. O deseño de mapas de procesos que describen os fluxos de materiais e enerxía ao longo do ciclo de vida serve como guía para cuantificar as fontes que xeran emisións. Este tipo de análise proporciona información moi precisa a partir de datos primarios, aínda que require un esforzo importante que redundará en custos económicos e de tempo.

Con todo, non se trata, nin moito menos, da única alternativa existente. Os estándares de referencia á hora de medir e informar das emisións de GEI realizadas por empresas –principalmente a ISO 14061 (AENOR, 2006) e o Protocolo de gases de efecto invernadoiro (WRI/WBCSD, 2004)– establecen directrices xerais, que poden cumprir varias alternativas metodolóxicas, sen pronunciarse sobre ningunha en concreto. A publicación dunha ISO específica sobre a pegada do carbono –a próxima ISO 14067–, prevista para o ano 2012, logo de sucesivos atrasos, configúrase como un factor clave á hora de ter referencias no proceso de cálculo do indicador, aínda que non sabemos se satisfará as expectativas creadas.

Un recente estudo encargado pola Comisión Europea (European Commission, 2010) mostra que seis países –Reino Unido, Corea, Xapón, Francia, Suíza e Suecia– teñen en vigor iniciativas encamiñadas ao ecoetiquetado sobre a base da PCC, identificando corenta e catro metodoloxías de cálculo diferentes para considerar a pegada do carbono. A problemática exposta anteriormente sobre a medición de impactos ambientais na produción e distribución de bens e servizos incrementase mesmo respondendo á cuestión *¿que medir?*, pois a resposta ao *¿como medir?* vólvese máis complexa. No caso de España, a Oficina Española de Cambio Climático (OECC) iniciou o proceso de implantación de sistemas de ecoetiquetado para as compras das Administracións Públicas sobre a base da PCC, estando o MC3 entre as alternativas valoradas.

3.2. O MÉTODO COMPOSTO DAS CONTAS CONTABLES (MC3)

A alternativa elixida neste traballo é o método composto das contas contables (MC3), que foi deseñado por Doménech (2004, 2007), e que permite a estimación

da PCC das empresas e organizacións. Partindo das contribucións de Doménech, Carballo Penela (2009, 2010) desenvolveu o método para a estimación de bens e servizos ao longo das cadeas loxísticas. No ano 2010 foi validado polo Observatorio de Sostibilidade de España (OSE) como método aplicable no ámbito do Compromiso Voluntario de Redución de Emisións, enmarcado no Plan de Medidas Urgentes da Estratexia Española de Cambio Climático e Enerxía Limpa, Horizonte 2007-2012-2020, aprobado polo Goberno o 20 de xullo de 2007.

3.2.1. Aplicación do MC3 ás organizacións

En diferentes traballos expuxemos en detalle o funcionamento do MC3 para estimar a pegada das organizacións (Carballo Penela, 2009, 2010; Carballo Penela e Doménech, 2009), incluíndo un artigo publicado nesta mesma revista (Carballo Penela *et al.*, 2008). De aí que nos limitemos a lembrar brevemente as principais cuestións do cálculo a este nivel, centrándonos no modo de aplicar este método ás cadeas loxísticas.

Táboa 1.- Matriz de consumo-superficies de acordo co MC3

EPÍGRAFE/CAPÍTULO	CONSUMO ANUAL					FACTOR DE EMISIÓN	PCC
	Unidades de consumo (ud./ano)	Euros (€/ano)	Toneladas (t/ano)	Xigajoules/t	Xigajoules (XJ/ano)	(t CO ₂ eq./XJ)	(t eq.CO ₂)
ENERXÍA							
1.1. Electricidade							
1.2. Combustibles							
MATERIAIS							
2.1. Materiais non amortizables							
2.2. Materiais amortizables							
SERVIZOS							
RESIDUOS							
USO DO SOLO							
RECURSOS AGROPECUARIOS E PESQUEIROS							
RECURSOS FORESTAIS							
AUGA							
TOTAL							TOTAL

FONTE: Carballo Penela (2010).

O MC3 parte da consideración dunha matriz de consumos-superficies similar á elaborada por Wackernagel *et al.* (2000) para o cálculo da pegada familiar. A partir desta referencia, Doménech deseña unha matriz –que se implementa nunha folla de cálculo– que recolle os consumos das principais categorías de bens e servizos que unha empresa necesita, existindo tamén apartados para os residuos xerados e para o uso do solo. Así, a PCC inclúe as emisións de GEI de calquera organización e os seus produtos, expresadas en toneladas de CO₂ equivalentes provocadas pola compra de todo tipo de bens e servizos [...], pola ocupación do espazo e pola xeración de residuos.

A información necesaria para o cálculo da PCC empregando a metodoloxía MC3 obtense principalmente de documentos contables, como o balance e a conta de perdas e ganancias, aínda que pode ser necesario obter documentación doutros departamentos da empresa que dispoñan de datos específicos de determinados apartados –xeración de residuos, superficie ocupada polas instalacións da organización, consumo de auga e de enerxía, etc.–.

O proceso de cálculo comeza coa introdución dos consumos realizados pola empresa estudada relativos a cada categoría de produto incluída na folla de cálculo. Se se coñecen as unidades de consumo de cada produto consumido –litros, quilos, etc.–, introducíranse estes valores na folla de cálculo. Se a información dispoñible se refire aos euros gastados en cada produto, que é o máis habitual –por exemplo, o gasto de cada materia prima empregada no proceso produtivo–, transformaranse a unidades de masa –toneladas–, considerando prezos medios anuais ou factores de conversión euros/tonelada obtidos da Base de Datos de Comercio Exterior da AEAT e das cámaras de comercio (<http://aduanas.cameras.org>).

Se unha empresa adquire, por exemplo, un equipo informático, o MC3 asígnalle a ese ordenador unha intensidade enerxética (XJ/t), que indica a cantidade de enerxía que foi necesaria para producir ese ordenador. Esa intensidade enerxética obtense de diferentes estudos, principalmente de Wackernagel *et al.* (2000), Maior Farguella (2004) e Simmons *et al.* (2006)⁴. Multiplicando as toneladas consumidas pola intensidade enerxética, obtéñense os xigajoules (XJ) de enerxía asociados necesarios para producir a cantidade consumida de cada ben. Posteriormente, aplícanse factores de emisión específicos para cada produto (tCO₂ eq./t XJ), de modo que os XJ de enerxía asociados con cada categoría de produto se transforman en emisións de GEI. Estes factores obtéñense principalmente do IPCC (IPCC, 1997, 2007), do *Inventario de gases de efecto invernadero en España* (MARM, 2010) e da European Commission (JRC, 2007).

3.2.2. Aplicación do MC3 ás cadeas loxísticas e ao ecotiquetado de bens e servizos

A aplicación do MC3 para estimar a PCC de bens e servizos considerando as cadeas de subministradores e o posterior ecoetiquetado é unha tarefa que o MC3 non contemplaba inicialmente. A continuación, expoñemos brevemente os pasos que cómpre andar neste proceso.

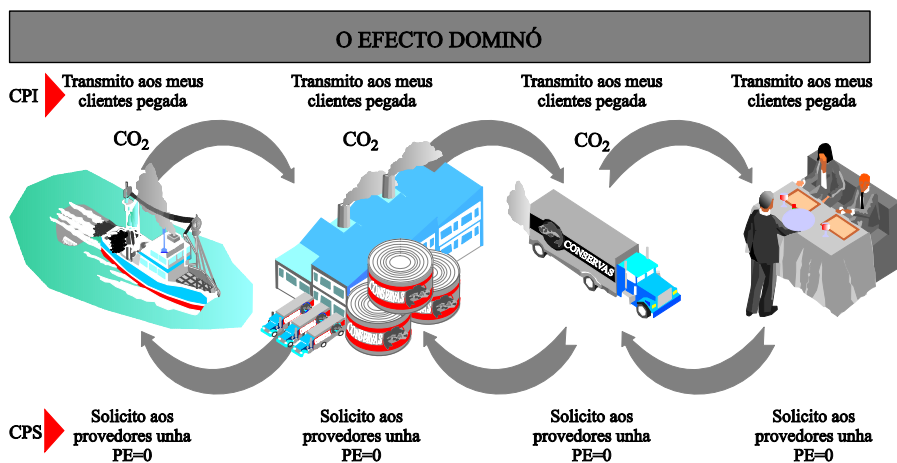
Desde a perspectiva do MC3, as emisións xeradas ao longo da vida dun ben ou dun servizo estímase a partir das xeradas por cada unha das empresas polas que pasa ese produto, desde a fase de materias primas ata que se distribúe ao consumidor final. O ciclo do produto constrúese, polo tanto, a partir das empresas que engaden valor e cargas ambientais ao ben de que se trate.

A figura 1 mostra un exemplo deste modo de proceder. Neste caso, a cadea de subministradores, simplificada para a súa mellor comprensión, está composta por

⁴ No caso dos bens amortizables, a pegada total repártese entre o número de anos de vida útil.

catro empresas que producen atún en conserva: unha compañía pesqueira, unha empresa conserveira, un transportista e un restaurante. Cada unha engade PCC ao atún, desde que se captura ata que chega ao consumidor final.

Figura 1.- Exemplo dunha cadea loxística: atún en conserva



NOTA: CPI: Cadea produtiva insustentable; CPS: Cadea produtiva sustentable.

Se o cliente do restaurante demanda peixe cunha menor PCC, o restaurante deberá reducir a súa pegada para satisfacer esta demanda. Ademais de adoptar medidas para reducir a súa pegada mediante consumos máis eficientes, reducindo aqueles innecesarios e adoptando prácticas que busquen o aforro, podería solicitar atún con menor pegada ao seu provedor. Este comportamento pode estenderse a todos os participantes, polo que o ecoetiquetado de bens e servizos, de acordo coa PCC, pode ser unha ferramenta relevante na contribución a un mundo máis sostible, porque na medida en que isto se estenda en máis cadeas o comportamento do consumidor influirá positivamente na sostibilidade (Doménech, 2007).

A adopción deste enfoque require a conexión en termos de PCC das diferentes empresas que participan na cadea loxística. Debemos ter en conta que cada un dos participantes adquire bens e servizos da empresa situada na fase anterior e, á vez, adquire a PCC que ese ben incorpora. De aí que cada participante deba subministrarlle á seguinte fase as tCO₂ equivalente/t de produto dos bens e servizos que comercializa, de modo que poida incorporar a información dos bens adquiridos á súa pegada.

Estas pegadas unitarias obtéñense repartindo a pegada total desa empresa entre os produtos obtidos⁵. Na táboa 2 preséntase una forma deste modo de operar na que

⁵ Se, por exemplo, a PCC dunha empresa é de 1.000 tCO₂ e produce 100 t dun único produto, a pegada unitaria no ano estudado sería de 10 tCO₂/t. No caso de que se obtivese máis dun produto diferente, habería que obter unha pegada unitaria para cada un, distribuíndo as 1.000 tCO₂ entre os diferentes bens sobre a base dun criterio de repartición establecido.

se mostra un exemplo dunha cadea similar ao da figura 1, substituíndo a empresa transportista por un comerciante polo miúdo. Nesta táboa asúmese que cada unha das empresas participantes produce un único ben –o atún–, e que en cada nivel se realizan consumos de unha tonelada, ademais doutros produtos, ofrecéndose información da PCC.

Táboa 2.- Forma de aplicación de pegadas unitarias á cadea loxística do atún en conserva

EMPRESA	PCC
EMPRESA PESQUEIRA (tCO ₂ equivalente/t de produto)	8,0
<i>Combustible</i> (tCO ₂ equivalente/t de produto)	2,0
<i>Cebo</i> (tCO ₂ equivalente/t de produto)	6,0
EMPRESA TRANSFORMADORA	15,0
<i>Atún</i> (tCO ₂ equivalente/t de produto)	8,0
<i>Maquinaria</i> (tCO ₂ equivalente/t de produto)	7,0
DISTRIBUIDOR POLO MIÚDO	17,5
<i>Atún</i> (tCO ₂ equivalente/t de produto)	15,0
<i>Combustible</i> (tCO ₂ equivalente/t de produto)	2,5
RESTAURANTE	21,0
<i>Atún</i> (tCO ₂ equivalente/t de produto)	17,5
<i>Electricidade</i> (tCO ₂ equivalente/t de produto)	3,5

FONTE: Carballo Penela (2010).

A empresa pesqueira estimaría a súa pegada a partir das pegadas unitarias dos bens que consome –neste exemplo, só combustibles (2 tCO₂ equivalente/t) e cebos (6 tCO₂ equivalente/t)–. A súa pegada total é de 8 tCO₂ equivalente/t de atún. A empresa transformadora adquire unha tonelada de atún e, polo tanto, 8 tCO₂ equivalente/t. A maiores, engade a pegada que xorde do consumo de maquinaria (7 tCO₂ equivalente/t), sendo a súa pegada total de 15 tCO₂ equivalente/t de atún que, lembremos, é o seu único produto.

O distribuidor polo miúdo realiza consumos que producen pegada (2,5 tCO₂ equivalente/t), incorporando tamén á súa PCC a pegada do atún que adquire da empresa transformadora (15 tCO₂ equivalente/t), transmitindo 17,5 tCO₂ equivalente/t de atún ao restaurante. Unha vez incorporada a pegada engadida por esta empresa (3,5 tCO₂ equivalente/t), a adquisición de atún por un consumidor final implica unha PCC de 21 tCO₂ equivalente/t. Este valor figuraría nunha ecoetiqueta que recollera a PCC desta marca de atún en conserva.

Cómpre destacar que a pegada de cada produto non se obtén como a suma da pegada de todas as empresas participantes (61,5 tCO₂/t), pois cada unha delas inclúe a totalidade da pegada do atún que xeraba o seu provedor.

A continuación tratamos algunhas das cuestións que cómpre ter en conta para poder operar deste modo.

♦ *A posta en marcha do método.* Este modo de proceder precisa de pegadas unitarias para cada unha das categorías de produto que se recollen na folla de cálculo empregada como matriz de consumos-superficies. Estas pegadas unitarias obtéñense en estudos piloto que se están levando a cabo na actualidade, incluíndose na

propia folla de cálculo empregada para estimar a PCC. Eses estudos baséanse nas intensidades enerxéticas habitualmente empregadas polo MC3, ademais doutros traballos que estimen as emisións de CO₂ ou a demanda de superficie a partir de datos primarios obtidos dos procesos produtivos.

A transmisión desta información ao longo da cadea loxística e a súa utilización nunha ecoetiqueta dependerá da vontade das empresas participantes para estimar a súa pegada, polo que o éxito do enfoque adoptado radica en que empresas e organizacións se decaten das vantaxes de estimar a PCC dos seus bens. A diferenciación dos produtos nos mercados ou a redución de custos debido á cooperación entre empresas son dous dos factores que tamén cómpre ter en conta (Wiedmann e Lenzen, 2009).

Consideramos que o apoio das Administracións Públicas a este tipo de iniciativas é unha opción válida, e que parece ter éxito en países como Reino Unido, polo que o exemplo de Carbon Trust pode ser o camiño a seguir. En ausencia dun organismo ou dunha normativa que impulse o proceso, é necesario que as empresas interesadas o lideren e que involucren aos demais participantes da cada cadea loxística.

♦ *O alcance do indicador.* Existen diferentes enfoques polo que respecta ao alcance da análise á hora de estudar as cargas ambientais xeradas na produción e distribución de bens e servizos. No noso caso, os límites do sistema defínense desde unha perspectiva *cradle to gate*, de modo que se estuda a xeración de emisións desde a extracción das materias primas ata a comercialización do ben, incluíndo a pegada da manufactura do produto e o transporte ata o lugar de venda. Exclúense as emisións derivadas do uso e eliminación do ben por parte do consumidor –o enfoque denominado *cradle to grave*–.

O obxectivo do MC3 é a comunicación das emisións xeradas na produción e distribución de bens e servizos baixo a premisa de que esta información pode ser útil para alcanzar un desenvolvemento máis sostible, proporcionando, ademais, unha ferramenta de xestión empresarial.

A información derivada da PCC debería incentivar as empresas a incorporar os principios da sostibilidade nos seus negocios. As emisións xeradas polo uso do produto por parte do consumidor e a súa posterior eliminación ou reciclaxe dependen tanto das características técnicas do produto como do uso realizado por parte do consumidor. As características técnicas do produto son relevantes para aqueles bens cuxo uso xera emisións –por exemplo, un automóbil–, pero non sempre para o resto dos bens –por exemplo, os alimentos–. Esta información podería ser mostrada, como xa acontece, en etiquetas específicas ou en información adicional proporcionada polos vendedores.

Por outro lado, as emisións vinculadas co uso e eliminación de produtos varían substancialmente en función do usuario do produto. Este feito dificulta a obtención de información das emisións asociadas a esas actividades. Adicionalmente, as empresas que participan na produción e distribución posúen unha limitada influencia no comportamento dos adquirentes dos seus produtos (Carbon Trust, 2007).

◆ *A transmisión da información ao longo da cadea loxística e o ecoetiquetado de bens e servizos.* A información da PCC en termos unitarios (tCO₂ equivalente/t) debe acompañar o prezo dos bens para os que se estuda a pegada en cada unha das fases da cadea. Cando se trata dun ben rematado e cuxo destino é o consumo final, a pegada debe mostrarse na etiqueta, nos tickets de compra ou en calquera documento similar. Nas fases intermedias, o prezo móstrase en diferentes documentos como as facturas, os albarás, os orzamentos ou os contratos, sendo este o lugar onde debe mostrarse a PCC acumulada en cada fase. Deste modo, a información da PCC estará dispoñible e poderá ser transmitida en todas as etapas de vida, podendo ser un factor relevante á hora de elixir un provedor ou outro.

Cando unha empresa adquira un ben, a documentación da compra incluírá a pegada unitaria acumulada ata ese momento, de modo que a poderá empregar para estimar a súa PCC. No caso de que unha empresa estea interesada en estimar a súa pegada e de que o subministrador non inclúa esta información dos bens que distribúe –que é o habitual ao poñer en marcha o método–, a base de datos do MC3 proporcionará esa información para unha cadea estándar, ofrecendo información das pegadas unitarias para cada categoría de produto referidas ás diferentes fases do ciclo de vida. Estas pegadas obtéñense dos estudos piloto. A denominación das categorías de produto presentes na matriz consumos-superficie permitirá identificar a fase na que se encontra cada produto, de modo que o usuario do método poida elixir a pegada unitaria máis axeitada⁶. No momento en que o ben se comercializa, acumula a pegada de todas as fases polas que pasou. Cantos máis estudos deste tipo se realicen, máis detallada será a información desta base de datos. A situación ideal sería ofrecer pegadas unitarias de diferentes marcas dun determinado produto.

A comunicación da información ambiental e a información económica permiten a integración da primeira de modo natural nos mercados, obténdose unha transmisión fluída e sen custos relevantes. Se a nivel teórico é preciso definir as etapas da cadea loxística, na práctica a pegada acumúlase automaticamente fase a fase a medida que o ben do que se trate avance pola súa cadea de subministradores ata chegar ao consumidor final.

3.3. ANÁLISE DO MÉTODO EXPOSTO

O MC3 é unha alternativa metodolóxica que se engade ás coñecidas ata o momento e que, ao igual que outros métodos, tamén ten os seus puntos fortes e débiles. Tanto na avaliación dos indicadores coma dos seus métodos de cálculo incorrese frecuentemente no erro de asumir a existencia dun método ou dun indicador ideal que recolla perfectamente todas as cuestións relacionadas. Esa formulación é incorrecta, pois resulta imposible que un único indicador –neste caso ambiental– recolla con total precisión todos os aspectos relevantes da realidade estudada, do

⁶ No exemplo recollido na táboa 2 a matriz consumos-superficies debería incluír denominacións como “atún”, “atún en conserva”, “atún en conserva: comerciante polo miúdo” e “atún en conserva: restaurante”.

mesmo modo que todas as metodoloxías de cálculo válidas para estimar un mesmo indicador presentan limitacións. A consideración de información proveniente doutros indicadores que complementa a ofrecida polo elixido e a identificación do ámbito de aplicación axeitado contribúen a optimizar os resultados obtidos en calquera análise. No noso caso, centrámonos en expoñer algunhas fortalezas e debilidades da metodoloxía aplicada.

3.3.1. Fortalezas

En traballos anteriores Carballo Penela *et al.* (2008) xa destacaron que o MC3 é un método completo, transparente e tecnicamente viable, baseado no método composto de Wackernagel e Rees. O seu cálculo non precisa de coñecementos específicos, e calquera que traballe con follas de cálculo é capaz de estimar a PCC (Carballo Penela *et al.*, 2009). Estas vantaxes están presentes no MC3 para o estudo das cadeas loxísticas.

Neste contexto, o método de cálculo proposto favorece a recollida da información. O feito de que a información se basee en documentos contables accesibles, e que cada empresa abrangua unha fase completa da cadea estudada, implica menores custos económicos e de tempo, ademais de delimitar claramente os bens para os que se estima a pegada.

A exposición teórica do método require a determinación das empresas que participan, aínda que o funcionamento práctico permitirá que cada produto acumule a súa pegada fase a fase ata chegar ao consumidor final, de modo que este obteña a información ambiental necesaria á vez que a económica.

Igualmente, a identificación corporación-fase-vida favorece a flexibilidade do método, permitindo a introdución de modificacións para adaptarse ás variacións nas cadeas implicadas na fabricación dun mesmo produto –por exemplo, a ampliación ou a redución en función da marca–.

O modo de estimar a PCC evita os problemas de dobre contabilidade de inputs intermedios cara adiante, cuestión especialmente relevante neste contexto (Global Footprint Network, 2006, 2009). Tal e como se expuxo, a pegada xerada na produción dun ben aflora á pegada da economía no momento en que o ben é adquirido por alguén que non o vai comercializar.

3.3.2. Limitacións

O modo de considerar a xestión ambiental das cadeas loxísticas afástase nalgúns casos da utilización máis consolidada deste tipo de análise, pois a nosa proposta é menos minuciosa que unha análise de ciclo de vida baseado en procesos, como o empregado na PAS 2050, e implica unha maior agregación. As actividades de cada organización non se descompoñen en procesos unitarios nos que se estuda con todo detalle o consumo de enerxía ou a cantidade de cada substancia implicada, determinando a cantidade, a enerxía, os materiais necesarios, etcétera, para obter unha

unidade dos bens producidos. En lugar de realizar esta cuantificación, recóllense todas as entradas de bens e servizos da organización estudada.

Non se evita a dobre contabilidade no caso de que unha empresa adquira un produto que incorpore materiais producidos por el mesmo. O horizonte temporal empregado na análise de pegada ecolóxica adoita ser de un ano, tempo dabondo para que unha empresa produza un ben ou unha materia prima empregada por outra para producir bens, e que serán adquiridos posteriormente pola primeira. Se esta retroacción sucede, a parte do ben que volve á empresa que o produciu inicialmente é rexistrada na pegada desa empresa dúas veces.

No caso do estudo da PCC de bens e servizos, a importancia do problema dependerá da existencia deste tipo de procesos de retroacción na cadea de subministradores que se estude. En todo caso, existe a posibilidade de corrixilo, unha vez que se identifique. A realización de correccións sistemáticas, de modo que cada empresa desconte a pegada propia que incorporan os bens adquiridos, é unha cuestión por investigar.

Por outro lado, a globalización do consumo implica que as empresas adquiren bens e servizos procedentes de calquera parte do mundo. Isto dificulta a identificación deste tipo de erros, aínda que a existencia de moitos subministradores dun único ben pode reducir a probabilidade de que unha empresa adquira bens que incorporen materiais producidos por ela mesma.

Finalmente, cómpre sinalar que este erro non inflúe á hora de comparar a pegada de bens cun mesmo –ou moi similar– ciclo de vida, pois aínda que o valor absoluto que reflecta a ecoetiqueta non sexa de todo preciso, o erro será o mesmo en todos os casos.

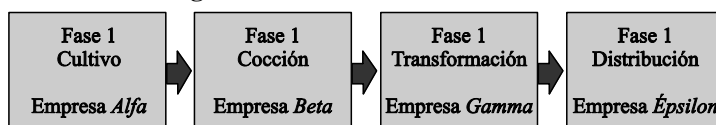
4. CASO DE ESTUDO

Para os efectos de ilustrar o modo de proceder do MC3, eliximos unha cadea loxística cuxo produto final é o mexillón en conserva. Como acontece na maioría de produtos, este tipo de cadeas en realidade son redes de subministradores que inclúen todas as empresas participantes na produción de todos os produtos necesarios para obter mexillón en conserva. Os subministradores de aceite e condimentos, os que proporcionan as latas de conserva, as empresas fabricantes da maquinaria utilizada no proceso produtivo ou mesmo os provedores dos equipos informáticos empregados polas empresas membros da cadea deberían estar presentes nunha rede que represente de modo completo todas as empresas que directa ou indirectamente participan na produción de mexillón.

No noso caso realizamos unha simplificación á hora de mostrar a cadea elixida, limitándoa ás catro empresas que interveñen directamente na produción de mexillón desde o seu cultivo na batea ata a súa transformación en conserva e a posterior distribución ao consumidor final. Estas empresas –denominadas neste traballo *Alfa*, *Beta*, *Gamma* e *Épsilon*– son, respectivamente, un produtor de mexillón, un coce-

doiro de mexillón, unha industria conserveira e un distribuidor polo miúdo. As principais actividades que realiza cada empresa son, respectivamente, o cultivo do bivalvo, a cocción, a conservación e a distribución, tal e como se recolle na figura 2. Así mesmo, cómpre sinalar que as empresas *Gamma* e *Épsilon* comercializan máis produtos que o mexillón.

Figura 2.- A cadea loxística estudada



FONTE: Elaboración propia.

Malia que esta cadea se representa mostrando unicamente catro empresas, recóllese a pegada de todos os produtos adquiridos por elas a partir da consideración da pegada media relativa a cada cadea de subministradores específica, tal e como se procede habitualmente co MC3⁷.

A continuación resumimos os principais resultados obtidos⁸ ofrecendo, en primeiro lugar, información da cadea loxística elixida e, en segundo lugar, incidimos no tipo de resultados que o método proporciona a nivel de organizacións, centrándonos no caso da empresa *Gamma*.

4.1. A CADEA LOXÍSTICA ESTUDADA

A táboa 3 resume os resultados da pegada do mexillón en conserva diferenciando as diferentes fases do proceso produtivo. Os resultados móstranse en termos de tCO₂/t produto, aínda que os valores obtidos non se modificarían se se expresaran noutra unidade de masa como, por exemplo, en gr CO₂/gr de produto, que é máis adecuada neste caso. Desde marzo de 2010 o MC3 permite a consideración dos GEI incluídos no Protocolo de Kyoto, pero no momento de realizar este estudo só estaba dispoñible a versión inicial, que unicamente ofrece a PCC considerando emisións de CO₂. En todo caso, conseguimos o obxectivo de visualizar o tipo de resultados que se obteñen e a utilidade do método.

Os resultados mostran que durante o cultivo, cocción, transformación e distribución do mexillón en conserva se xeran 10,75 tCO₂/t de mexillón en conserva. Este sería o valor que habería que incluír nunha ecoetiqueta baseada na pegada do carbono.

⁷ Se, por exemplo, a empresa conserveira adquirira un ordenador, empregaríase unha pegada media da cadea loxística dun ordenador estándar, de modo que na práctica se estimaría a pegada dunha rede de empresas.

⁸ Por ser este o primeiro estudo realizado co MC3 adoptando un enfoque de cadea loxística, non se dispón de resultados doutros produtos, polo que resulta imposible realizar comparacións.

Táboa 3.- A pegada do mexillón en conserva na cadea loxística estudada

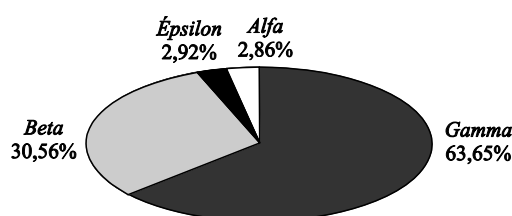
EMPRESA	PCC DUNHA CONSERVA DE MEXILLÓN	
	tCO ₂ /t engadidas	tCO ₂ /t acumuladas
<i>Alfa</i>	0,30	0,30
<i>Beta</i>	3,28	3,59
<i>Gamma</i>	6,84	10,43
<i>Épsilon</i>	0,31	10,75
TOTAL	10,75	10,75

FONTE: Elaboración propia.

É destacable que a maioría da pegada deste produto se xera na fase de transformación ou conserva: 6,84 tCO₂/t, ou o 63,65% da PCC total (gráfica 1). A fase de cocción do mexillón ocupa a segunda posición co 30,56% da PCC, mentres que a empresa *Épsilon*, cuxa actividade consiste en comprar e vender mercadorías, engade o 2,92% da PCC desta cadea loxística. A natureza do proceso do cultivo de mexillón –actividade ao aire libre que non necesita pensos nin produtos químicos– explica que a PCC xerada nesta fase sexa tamén baixa: o 2,86% en termos de tCO₂/t.

A columna de toneladas acumuladas limítase a sumar as pegadas xeradas en cada fase ata que o produto chega ao consumidor final. Os valores mostrados en cada fila desa columna son relevantes na medida en que son os que cada empresa debe transmitir á seguinte ou, dito doutro modo, a pegada acumulada no produto cando sae de cada empresa. Ao final desta cadea loxística xéranse 10,75 tCO₂/t de mexillón.

Dado que este é o primeiro estudo realizado co MC3 sobre cadeas loxísticas, non dispoñemos de pegadas doutras conservas de mexillón coas que poder comparar, sen que nin sequera exista información deste tipo doutros produtos similares como, por exemplo, doutro tipo de conserva. Existen estimacións da PCC de conservas de mexillón calculadas con metodoloxías de ciclo de vida, empregando a PAS 2050.

Gráfica 1.- Contribución de cada fase da produción de mexillón en conserva á PCC total (en tCO₂/t)

FONTE: Elaboración propia.

Estudos realizados por Iribarren *et al.* (2010) mostran unha PCC de 12,69 tCO₂ equivalente/t de mexillón. Os resultados obtidos por estes autores non son comparables cos obtidos co MC3, pois o seu método de cálculo e as hipóteses nas que se basea son diferentes, dado que os ditos autores consideran as emisións de uso e reciclaxe de produtos por parte do consumidor, e porque no seu estudo se inclúen máis GEI que CO₂. Con todo, o valor obtido non se afasta demasiado do proporcionado polo MC3, sendo lóxico que a proximidade sexa maior se do estudo de Iribarren *et al.* (2010) se eliminan as emisións de GEI distintas ao CO₂.

4.2. O CASO DA EMPRESA GAMMA

A importancia da PCC da empresa *Gamma* na cadea de subministradores estudada xustifica unha análise detallada da súa pegada. O MC3 ofrece información da PCC de cada un dos bens adquiridos polas organizacións estudadas, agrupados en diferentes categorías de produtos, que poden ser analizados en categorías máis específicas se existe información dispoñible. Os valores mostrados na táboa 4 recollen a PCC da empresa conserveira, que ascende a 28.278,34 tCO₂.

Neste caso, son as materias primas empregadas no proceso produtivo as que xeran maior pegada: o 68,5% da PCC total. A gráfica 2 mostra a PCC dos principais produtos dentro da categoría 6.3 *Alimentos: proceso produtivo*.

O 80,27% das emisións de CO₂ vinculadas co consumo de enerxía realizado na produción dos alimentos empregados no proceso produtivo da empresa conserveira orixínase na adquisición dunha das súas materias primas: as luras, que se emprega para producir un dos produtos desta empresa –as conservas de lura– (gráfica 2). Este produto procede de caladoiros peruanos e arxentinos, polo que a intensidade enerxética empregada (100 XJ/t) é elevada. Así mesmo, esta empresa adquire unha importante cantidade deste produto (2.065 t), o que explica a súa importancia en termos de pegada. Estas emisións reflíctense na pegada da empresa pero non na do mexillón, xa que se vinculan a outras das conservas que elabora a empresa *Gamma*.

Polo que respecta ás emisións non absorbidas polo uso de produtos de madeira⁹, a adquisición de mexillón cocido xera a práctica totalidade da pegada. A empresa dedicada á cocción de mexillón emprega unha cantidade importante de *palets* de madeira, incorporando esta pegada ao mexillón que lla transmite á empresa conserveira.

En relación coa segunda categoría de produto máis importante no caso da empresa *Gamma* –os materiais adquiridos (18,3% da PCC)–, a súa PCC ascende a 5.170,09 tCO₂. Esta categoría inclúe a pegada dos envases e das tapas de conserva, que superan as 4.900 tCO₂, configurándose como o primeiro material en termos de pegada.

⁹ O MC3 estima as emisións non absorbidas polas árbores cuxa madeira se emprega en produtos adquiridos por empresas e organizacións.

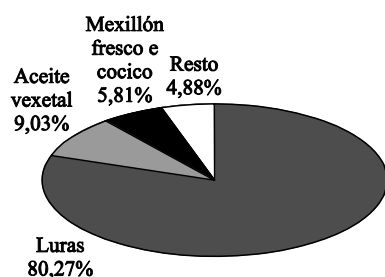
Táboa 4.- Distribución da PCC de *Gamma*: principais epígrafes (en tCO₂)

CATEGORÍA DE PRODUTO	TOTAL PCC (en tCO ₂)	% PCC TOTAL
1. ENERXÍA	571,42	2,0
1.1 Electricidade	361,37	1,3
1.2 Combustibles	210,05	0,7
2. MATERIAIS	5.170,09	18,3
2.1 Materiais non amortizables	4.919,81	17,4
2.2 Materiais amortizables	203,34	0,72
2.3 Materiais de construción	46,95	0,2
3. SERVIZOS	54,95	0,2
4. RESIDUOS	778,08	2,7
5. USO DO SOLO	0,00	0,00
6. RECURSOS AGROPECUARIOS E PESQUEIROS	19.375,62	68,5
6.1 Manufacturas e vestuario		
6.2 Comidas de empresa	0,53	0,00
6.3 Alimentos: proceso produtivo	19.375,09	68,5
7. RECURSOS FORESTAIS	2.270,29	8,0
8. AUGA	57,87	0,2
TOTAL	28.278,34	100,0

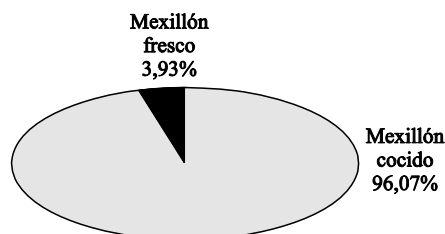
FONTE: Elaboración propia.

Gráfica 2.- Distribución da PCC de *Gamma*: recursos agropecuarios e pesqueiros

4. Consumo de enerxía



5. Adquisición de produtos de madeira –non absorción–).



FONTE: Elaboración propia.

4.3. CONSIDERACIÓNS SOBRE A XESTIÓN AMBIENTAL DAS CADEAS LOXÍSTICAS Á VISTA DOS RESULTADOS OBTIDOS

A xestión ambiental habitual baséase nun enfoque orientado á empresa, fronte a unha orientación que considera a totalidade da cadea loxística. Nalgúns casos, como o do noso estudo, empresas como a elaboradora de conservas *Gamma* poderían tratar de reducir o consumo de combustibles mediante a instalación, por exemplo, de dispositivos cun menor consumo enerxético, o que redundaría na redución da pegada derivada do consumo de enerxía eléctrica, ou co uso de motores máis eficientes nas embarcacións.

Estas medidas contribúen a mellorar a situación ambiental da empresa, aínda que obvian temas importantes. O estudo realizado mostra a importancia que poden alcanzar as emisións indirectas, e concretamente as relacionadas coa adquisición dos bens que se transforman, comercializan ou, simplemente, que se usan nas actividades da empresa.

Considerando o marco delimitado tanto polo Protocolo de gases de efecto invernadoiro como pola ISO 14064-1 (WRI/WBCSD, 2004; AENOR, 2006), as emisións de GEI poden ser clasificadas en tres tipos. As emisións denominadas de alcance 1 ou directas son aquelas que proveñen de fontes controladas por unha organización, como as derivadas da combustión de combustibles fósiles realizadas pola organización de que se trate. As emisións indirectas inclúen as denominadas de alcance 2, relacionadas coa xeración de electricidade adquirida pola organización, e as de alcance 3, que serán todas as restantes emisións indirectas asociadas coas operacións dunha organización. Por exemplo, as emisións realizadas na produción dos materiais e na adquisición de produtos para o consumo ou manufactura considéranse de alcance 3.

O caso de *Gamma* ilustra claramente esta situación, pois só as emisións indirectas de alcance 3 supoñen o 97,97% da súa PCC (táboas 4 e 5)¹⁰. No resto das empresas estudadas a importancia que alcanza este tipo de emisións é sempre superior ao 70%: un 82,20% para *Alfa*, un 72,04% para *Beta* e un 92,67% para *Épsilon*.

Táboa 5.- Distribución das emisións das empresas estudadas

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

FONTE: Elaboración propia.

Neste caso, a mellora da posición ambiental non pasa necesariamente pola redución do consumo dos produtos que xeran emisións de alcance 3, o que implicaría a redución do volume de actividades económicas das empresas. Parécenos máis relevante destacar a influencia da elección de provedores cuxos produtos incorporen unha baixa PCC. De aí a importancia de que todos os participantes, desde os produtores ata o consumidor final, dispoñan de información ambiental dos bens e servizos que adquiren.

¹⁰ As emisións indirectas de alcance 3 ascenden a 27.706,58 tCO₂, pois son todas, coa excepción das reflectidas no apartado de “energía”.

O MC3 asume que as empresas son propietarias e responsables da pegada de todo tipo de bens e servizos, incluíndo materias primas e mercadorías, neste último caso destinadas á venda. Este suposto pode ser obxecto de crítica, pois incrementa a pegada das empresas cuxa actividade sexa exclusivamente a compra-venda de bens; con todo, é fundamental para que todos os axentes participantes na produción e distribución de bens e servizos se decaten da importancia de adquirir bens que xeren o menor impacto ambiental posible.

Adoptando unha perspectiva centrada na empresa e non na cadea, aqueles que distribúen bens sen ningún tipo de transformación ou que prestan servizos non teñen demasiada responsabilidade ambiental, pois non xeran refugallos nin consomen materiais máis alá do consumo da electricidade e dos combustibles. Tampouco teñen moitas vías para reducir o seu impacto, pois ao limitarse á comercialización de bens rematados non poden reducir o seu consumo, xa que redonda directamente na súa rendibilidade.

A xestión das cadeas loxísticas co MC3 demostra: 1) que a responsabilidade deste tipo de empresas é maior, pois adquiren bens que xeraron un impacto no medio que, neste caso, se mide polas emisións de CO₂; e 2) que o seu impacto se reduce se adquiren bens cunha menor pegada.

No noso exemplo, a adquisición por parte da empresa distribuidora de conservas de mexillón cunha menor pegada redundaría en menores emisións para a empresa distribuidora, do mesmo modo que a adquisición de materias primas en lugares máis próximos ao de consumo reduciría a PCC da empresa conserveira. A toma deste tipo de decisións implica a adopción de sistemas de ecoetiquetado que proporcione esta información durante toda a cadea.

A utilidade deste tipo de sistemas de ecoetiquetado supera a esfera microeconómica e constitúe, ademais, unha ferramenta dunha grande utilidade á hora de deseñar políticas fiscais, podendo ser a base para unha fiscalidade sobre o consumo que teña en conta o impacto no medio de bens e servizos, establecendo cargas maiores para aqueles bens máis contaminantes.

É máis, o enfoque adoptado permite contraponer a lóxica ambiental coa lóxica económica propia da fase do capitalismo actual. As vantaxes da globalización das actividades económicas céntranse no ámbito dos beneficios económicos para as empresas que deslocalizan a súa produción, que se abastecen en mercados afastados do lugar de consumo ou que comercializan os seus bens en todo o mundo. En termos ambientais, convértense en desvantaxes de difícil percepción e cuantificación.

A adquisición de materias primas e bens para ser transformados e consumidos en lugares afastados do lugar onde son obtidos implica un maior consumo de enerxía, debido a transportes máis longos, aos mecanismos para conservar correctamente os bens transportados, etcétera, o que se reflicte nunha maior PCC. O impacto da compra de produtos pesqueiros procedentes de Perú e das Maldinas na pegada de *Gamma* ilustra perfectamente este caso.

En ausencia dunha pouco probable regulación do comercio internacional que considere dalgún modo as cuestións ambientais, o consumidor pode desempeñar un papel relevante á hora de penalizar este tipo de estratexias, se existen sistemas de información que permitan a identificación destes produtos. As empresas que na medida do posible opten por empregar produtos locais terán na PCC unha ferramenta que permitirá diferencialas daqueles competidores que se abastecen globalmente.

5. CONCLUSIÓNS

A consideración de cuestións ambientais na xestión empresarial, e en particular o avance de filosofías de xestión como a responsabilidade social, fan necesario o desenvolvemento de ferramentas que proporcionen información útil neste contexto ás empresas e organizacións.

A pegada do carbono é un indicador cun elevado potencial neste ámbito. A nivel empresarial permite a elaboración dun inventario de recursos consumidos e dos residuos xerados, que resulta útil para unha mellor xestión ambiental. Desde unha perspectiva de produto, proporciona información útil para involucrar a toda a cadea loxística na redución do impacto ambiental de bens e servizos, posibilitando o seu ecoetiquetado e, á vez, facilitándolles información ambiental aos consumidores, permitindo a incorporación de variables ambientais na toma de decisións. Todo isto contribúe a un desenvolvemento máis sostible.

Neste artigo destacamos a importancia de que a xestión ambiental se realice tomando como unidade de referencia as cadeas loxísticas e non cada un dos seus membros separadamente. A importancia na PCC das emisións incorporadas aos bens e servizos adquiridos ou de alcance 3, resaltada nas empresas participantes no caso de estudo, implica que as medidas de xestión habitualmente empregadas orientadas exclusivamente á actividade da empresa non actúan sobre unha parte moi significativa dos impactos xerados. Poñer a disposición dos consumidores este tipo de información sobre os impactos ambientais –no noso caso, a PCC– mediante a posta en marcha de ecoetiquetas, podería incentivar unha xestión efectiva das cadeas loxísticas.

En segundo lugar, incidimos nunha alternativa metodolóxica: o MC3, que estima a PCC, destacando a aplicación do método a bens e servizos considerando cadeas loxísticas. Concluimos que o MC3 é unha alternativa robusta e fácil de empregar, e que facilita información útil para todas aquelas empresas interesadas en incorporar a xestión ambiental ás súas prácticas habituais.

A necesidade de compatibilizar obxectivos económicos, ambientais e sociais é unha das premisas do desenvolvemento sostible (CMMAD, 1987). A falta de consenso respecto dos indicadores ambientais que hai que empregar e, polo tanto, a ausencia de información relativa á dimensión ambiental do desenvolvemento sostible, dificulta a consideración desta vertente, posibilitando a hexemonía da vertente

económica. O estudo realizado pon de manifesto a utilidade do MC3 como fonte de información ambiental relevante para este labor, permitindo a contraposición da lóxica económica e ecolóxica e a adopción de decisións que consideren máis criterios que os estritamente económicos.

BIBLIOGRAFÍA

- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN (AENOR) (2006): *UNE-EN ISO 14064-1: 2006. Gases de efecto invernadero*. Parte 1: “Especificación con orientación, 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 e 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: xaneiro 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*. (Tese de doutoramento). 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: novembro 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 epistemolóxica de la economía de la empresa. Una revisión conceptual”, en A. Marrero Hernández e 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, comportamento 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: febreiro 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: febreiro 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: febreiro 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: decembro 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: decembro 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: xaneiro 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: febreiro 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: maio 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 (no prelo).
- 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/wwt.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: xaneiro 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 e 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: decembro 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: novembro 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. Burritt e 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.