

Article

Indicadores de Carbono en la Industria Farmacéutica: Huella de Carbono vs Huella Ecológica

María-Concepción Martínez-Rodríguez ^{1*} , Mariana Marcelino-Aranda ² , Ana Laura Cervantes-Nájera ³ , Griselda Castillo Noguera ⁴ 

¹ Doctora Profesora Investigadora del Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo, IPN-CIEMAD; ORCID: 0000-0003-3094-5411; E-mail: mconcepcionmr@yahoo.com.mx

² Doctora Profesora Investigadora del Instituto Politécnico Nacional; ORCID: 0000-0003-4997-0617; E-mail: mmarcelino@ipn.mx

³ Doctorado en Ciencias en Estudios Ambientales y de la Sustentabilidad, IPN-CIEMAD; ORCID: 0000-0003-3841-2011, E-mail: acervantesn1300@alumno.ipn.mx

⁴ Maestra en Gestión Ambiental y Auditorías Ambientales (Instituto Politécnico Nacional); ORCID: 0000-0001-6372-3896, E-mail: griscastn@gmail.com

*Correspondence: Tel. 52 55 57296000 ext. 52719. E-mail: mconcepcionmr@yahoo.com.mx

ABSTRACT

Climate change is among the factors of greatest interest worldwide in the social and business level, the carbon footprint is an indicator that measures the emissions of carbon dioxide (CO₂) that are made in the material production chain, since obtaining raw materials until waste treatment. The ecological footprint is a real measure of the impact caused by human activities on the environment and is determined according to the amount of greenhouse gases produced. The proposal is the measure of the complete ecological footprint to consider the carbon as the base and not only CO₂, as used in the tools described. The present research works on the international context and methodologies for carbon measurement and makes a comparative analysis between the carbon footprint and the ecological footprint, its scope, and differences, as well as illustrating its application in the pharmaceutical industry.

Keywords: climate change; carbon measurement indicators; ecological footprint; carbon footprint; pharmaceutical industry.

RESUMEN

El cambio climático se encuentra entre los factores de mayor interés a nivel mundial en los aspectos social y empresarial, la huella de carbono es un indicador que mide las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) que se realizan en la cadena de producción de bienes, desde la obtención de materias primas hasta el tratamiento de desperdicios. La huella ecológica es una medida real del impacto provocado por las actividades del ser humano en el medio ambiente y se determina según la cantidad de gases de efecto invernadero producidos. La propuesta es medir la huella ecológica de manera completa con la finalidad de considerar al carbono como la base y no únicamente al CO₂, como es utilizado en las herramientas descritas. La presente investigación trabaja sobre el contexto internacional y metodologías para la medición del carbono, asimismo se efectúa un análisis comparativo entre la huella de carbono y la huella ecológica, sus alcances y diferencias, al igual que ilustrar su aplicación en la industria farmacéutica.

Palabras clave: cambio climático; indicadores de medición de carbono; huella ecológica; huella de carbono; industria farmacéutica.



Submissão: 14/05/2020



Aceite: 24/02/2022



Publicação: 29/04/2022



1. Introduction

En México, los laboratorios de las industrias farmacéuticas están adaptando el concepto de huella de carbono, así como “eco-etiquetas” o “certificaciones” que los lleven a posicionarse en el mercado dando un imagen “verde” y trabajar en favor del medio ambiente en casos particulares los llevan a imprimir en sus envolturas desde un Tidyman (que es un logo en negro de una persona que deposita el residuo en un contenedor de reja) hasta eco etiquetas que hablan de no dañar a la capa de ozono y que no tienen que ver con su proceso.

Los laboratorios farmacéuticos son la industria que tiende a cumplir con mayor reglamentación por la misma índole de sus negocios, al dedicarse al cuidado del ser humano, la Unión Europea y los Estados Unidos de América son los más avanzados en cuanto a los mecanismos y metodologías creados por los compromisos internacionales como el Protocolo de Kyoto, procesos voluntarios de medición, reducción y hasta neutralización de la huella de carbono de productos, eventos, territorios y empresas; han implementado iniciativas orientadas a la aplicación de medidas arancelarias a los productos que entran en su territorio, en función de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) generadas en su respectivo ciclo de vida (J.L. Doménech 2004).

En este contexto, se han desarrollado estándares y marcos metodológicos todavía poco armonizados, las economías de los países de América Latina se basan en la exportación de materias primas o productos elaborados y distribuidos hacia países desarrollados, por lo que estos nuevos factores de mercado han sido descubiertos, además de contar con una motivación ecológica, traen consigo consecuencias sobre los intercambios internacionales.

Es esencial analizar cuáles son las fortalezas y debilidades de América Latina frente a los países desarrollados en relación a la huella ecológica y sus probables consecuencias comerciales. Identificar las diferencias entre el nivel actual de preparación de dichos países y las exigencias de corto plazo, así como las líneas de trabajo a tratar para que esta región no pierda competitividad frente a otros países o zonas del mundo, y pueda convertir estos desafíos en oportunidades de crecimiento y desarrollo.

Contexto Internacional

El calentamiento global es un tema reconocido y de importancia a nivel mundial, se han implementado, a escala nacional e internacional, órganos y procesos de reflexión, y herramientas de transferencia tecnológica y financiera que mitiguen las emisiones de GEI relacionados con la actividad humana.

En julio del 2008, la Comisión Europea presentó un plan de acción para el Consumo y la Producción Sostenible (CPS) y el Desarrollo Industrial Sostenible (SID), estos proyectos cuentan con el soporte del Consejo de la Unión Europea a través de sus dictámenes del 4 de diciembre del 2008 y, además de apoyar las primeras iniciativas locales, ilustran el proceso de reflexión en el cual se encuentra actualmente (Commission of the European Communities 2008).

La Unión Europea plantea el apoyo hacia la armonización y el reforzamiento a nivel continental de medidas que apuntan al consumo y producción sostenible dentro de ella (Council of the European Union 2008), destacándose aspectos relacionados con la Huella de Carbono como: a) Realizar esfuerzos para determinar estándares y metodologías para la evaluación de emisiones de GEI; b) Reforzar la información al consumidor mediante las eco-etiquetas, las cuales deben considerar el ciclo de vida de los productos que circulan dentro de la Unión Europea; c) Reforzar la comunicación e información en general dirigido a los consumidores, a las empresas minoristas y a las empresas productoras; d) Incentivar cambios hacia la producción y comercialización verde, en particular a nivel de la pequeña y mediana empresa (PYME); y e) Analizar herramientas de incentivo económico (bonificación/castigo, por ejemplo) a las empresas productoras y comercializadoras.

Entre los países más avanzados en la medición de carbono se encuentran Inglaterra y Francia, en este último el tema del cambio climático ha adquirido gran importancia y reconocimiento por la ciudadanía, lo que se tradujo en un proceso público-ciudadano y derivó en las leyes “Grenelle de l’Environnement” (“Grenelle 1” aprobada en octubre del 2008 y “Grenelle 2”, en octubre del 2009 (Commission of the European Communities 2008). Éstas apuntan a una economía y gestión sostenible, para involucrar en la lucha contra el calentamiento global a los actores económicos y los consumidores, entre otros.

La ley “Grenelle 2” prevé: 1. Para empresas con más de 500 empleados y colectividades territoriales de más de 50,000 habitantes, la obligación de calcular su Huella de Carbono a partir del 2010; 2. A partir del 1 de enero del 2011, la obligación de informar los



impactos ambientales de los productos, principalmente de la Huella de Carbono, por medio del etiquetado de estos; Para esto, la Agencia para el Medio Ambiente y el Control de la Energía (ADEME) y la Asociación Francesa de Normalización (AFNOR) han elaborado un referencial de buenas prácticas con miras a armonizar el etiquetado ambiental que permitirá al consumidor orientar sus decisiones de compra.

La ADEME elaboró e implementó a partir del 2004 una herramienta metodológica llamada *Bilan Carbone*, dedicada a la medición de emisiones de GEI. Ampliamente difundida y utilizada en Francia, caracteriza el marco general francés en términos de medición de Huella de Carbono, con influencia en los países limítrofes. El éxito de la difusión y el uso del instrumento se debe a su carácter nacional e institucional, al hecho de que el gobierno francés otorga subvenciones a las entidades que realizan la medición de Huella de Carbono con este método (Agencia de Gestión del Medio Ambiente y Energía (ADEME) 2019). Si bien el etiquetado ambiental pretende considerar otros elementos todavía en debate (potencial de eutrofización, biodiversidad, uso de pesticidas, consumo de agua etc.) y, por lo tanto, aún no se ha determinado la metodología que aprobará el gobierno en aplicación de la ley existe gran probabilidad de que se utilice una adaptación del *Bilan Carbone* para lo concerniente a las emisiones de GEI.

Inglaterra por su gestión parte; particularmente, a través del Departamento para el Medio Ambiente, la Alimentación y los Asuntos Rurales (DEFRA – *Department for Environment, Food and Rural Affairs*), creó *Carbon Trust*, entidad dedicada a buscar soluciones para lograr una economía baja en carbono, y elaborar estrategias y medios de evaluación y uso de esta huella. Uno de los productos de Carbon Trust, elaborado en conjunto con el *British Standard Institute*, es el *Publicly Available Standard 2050* (PAS 2050), herramienta metodológica para la medición de la Huella de Carbono del ciclo de vida de productos y servicios. Más recientemente, estos mismos organismos, han elaborado y publicado el PAS 2060, dedicado a la medición de la Huella de Carbono de organismos (empresas, administraciones), colectividades territoriales y particulares, con un enfoque en la compensación de las emisiones de GEI no reducibles y la comprobación de la validez del carácter “neutro en carbono” de iniciativas desarrolladas. Al mismo tiempo, en octubre del 2008, el gobierno inglés creó el Departamento de Energía y Cambio Climático (*Department of Energy and Climate Change*, DECC) con miras a reforzar su política interna y externa en estos temas.

Producto de lo anterior y de sus respectivos compromisos internacionales, Inglaterra busca mitigar las emisiones de las grandes empresas, tanto públicas como privadas, obligándolas, a partir de abril del 2010, a medir regularmente sus emisiones de GEI e implementar medidas de reducción (programa *Carbon Reduction Commitment* CRC12). Las metas de reducción que el gobierno inglés transmite tienen influencia principalmente en el consumo de energía, e, indirectamente, en las materias primas y productos elaborados utilizados por ellas.

Estados Unidos con el *Green House Gas Protocol* (GHG), fue implementado en el 2001 mediante la publicación del “Corporate Standard”. Es una iniciativa del World Business Council for Sustainable Development (WBCSD32) y del World Resources Institutes (WRI33). Se plantea como una colaboración multilateral entre empresas, organizaciones no gubernamentales y gobiernos (el GHG Protocol está apoyado por el USAID y el USEPA) que tiene como meta el establecimiento de bases para la contabilización de emisiones de GEI. El GHG Protocol es un marco metodológico general que da pautas de trabajo para la determinación de herramientas (softwares) de cálculo de emisiones de GEI. En particular, los métodos *Bilan Carbone* y PAS 2050, son los más importantes desarrollados y comúnmente utilizados a la fecha, siguen las líneas de recomendación del GHG Protocol. Así también la norma ISO 14064, desarrollada por el International Organization for Standardisation (ISO), apunta de nuevo a la definición de líneas generales de cuantificación de emisiones de GEI, retoma los resultados del GHG Protocol.

El cambio climático en la industria farmacéutica

Hay muchos factores en el entorno macroeconómico que afectará las decisiones de los directivos de cualquier organización: cambios en los impuestos, las nuevas leyes, las barreras comerciales, el cambio demográfico y los cambios en las políticas gubernamentales. Estos factores pueden considerarse como se presenta a continuación:



Tabla 1. Factores en el entorno macroeconómico que afectan las decisiones de cualquier organización

| Factores políticos. | Factores Ambientales |
|--|--|
| <p>Se refiere a ¿qué bienes y servicios tiene el gobierno y puede dar? ¿Cuáles son sus prioridades en términos de apoyo a las empresas?</p> <p>Las decisiones políticas tienen impacto en muchas áreas vitales para el negocio como la educación de la fuerza de trabajo, la salud de la nación y la cantidad de infraestructura de la economía como el sistema de carreteras y los transportes.</p> | <p>El mercadeo, la estrategia y el posicionamiento del mercado van dirigidos a cumplir con respeto al medio ambiente o en ocasiones solo como marca, porque aparecen ecoetiquetas que no tienen nada que ver con el producto, por ejemplo: una cera de limpieza dice que no emite gases dañinos al medio ambiente cuando el contacto con el producto final impide tal emanación.</p> |
| Factores Sociales | Factores Tecnológicos y Legales |
| <p>Los cambios en las tendencias sociales pueden tener un impacto sobre la demanda de los productos de una empresa y la disponibilidad y la voluntad de las personas a trabajar, en el Reino Unido la población es vieja y su economía se ha adecuado a ello, en América Latina la población joven y la segmentación del negocio está dirigido a edades de 18-40 años.</p> | <p>Las nuevas tecnologías al servicio y demanda del público usuario y claro el entorno legal en el que operan.</p> |

Fuente: (Heery and Noon 2008)

El Banco Mundial advirtió en el foro de Cancún 2010 (México), que cada desastre natural vinculado con el cambio climático en la región, como tormentas, sequías e inundaciones, cuestan, en promedio, 0.6 por ciento del producto interno bruto de los países afectados. Si la frecuencia de estos fenómenos aumenta de uno cada cuatro años a uno cada tres, esos desastres podrían reducir dos por ciento el producto interno bruto por habitante y por década en la región, según un informe presentado por Laura Tuck, directora del Departamento de Desarrollo Sustentable del Banco Mundial. La economía caribeña podría sufrir pérdidas de 6,000 millones de dólares hacia 2050 en gastos de producción costera y en el turismo, la industria farmacéutica y la pesquera.

América Latina es responsable de 12 por ciento de la emisión de gases de efecto invernadero, que provocan el aumento de la temperatura y la alteración mundial del clima. México y Brasil encabezan el listado de mayores emisores de la región (Godoy 2008). América Latina y el Caribe poseen más de 33 por ciento de la biomasa forestal del mundo, 50 por ciento de las selvas forestales y 65 por ciento de biomasa forestal tropical. Sus exportaciones agrícolas equivalen a 12 por ciento del total mundial y tres por ciento del empleo agrícola (Godoy 2008). De esa cuenta, las emisiones por habitante de dióxido de carbono, generadas por consumo de energía crecerían a 33 por ciento para 2030.

El Banco Mundial propuso a la región establecer una "arquitectura internacional" en materia de cambio climático y de políticas internas para adaptarse a los efectos de ese fenómeno y explotar las oportunidades de mitigación, ahora bien, se habla que la industria farmacéutica es una de las ramas industriales con mayor rigidez en cuanto a sus prácticas de fabricación, documentación y negocio a nivel mundial, en la creencia de que la transparencia y la rendición de cuentas pueden ser herramientas para promover el cambio empresarial, *Climate Counts* es una organización sin fines de lucro que creó un sistema de puntuaciones en conjunto con *GreenOrder*, en donde las empresas farmacéuticas se califican frente a 22 criterios con el calentamiento global.

Las empresas se califican en una escala entre 0 a 100 y en función de su puntuación, son nombrados punto de Partida ("Stuck"), Inicio ("Starting") o Caminando ("Striding") ésta última con 50-100 puntos. Cuanto más alto sea el puntaje, mayor compromiso de la compañía con la lucha contra el calentamiento global. El sistema mide: a) Si el laboratorio mide su huella; b) Si está trabajando en reducir su impacto sobre el calentamiento global; c) Si apoya verdaderamente la legislación climática progresiva; y d) Si publica sus acciones de manera transparente y útil. La tabla siguiente muestra las puntuaciones de los sistemas de los laboratorios participantes:



Tabla 2. Extracto de tabla de Posición de los laboratorios farmacéuticos con respecto a sus sistemas medio ambientales a nivel mundial

| Lugar | Empresa | Puntuación | Clasificación |
|-------|----------------------|------------|---------------|
| 1 | AstraZeneca | 76 | Caminando |
| 2 | Johnson & Johnson | 75 | Caminando |
| 3 | Baxter Internacional | 66 | Caminando |
| 4 | Pfizer | 60 | Caminando |
| 4 | GlaxoSmithKline | 60 | Caminando |
| 4 | Schering-Plough | 60 | Caminando |
| 7 | Genentech | 58 | Caminando |
| 7 | Roche | 58 | Caminando |
| 9 | Bristol-Meyers | 57 | Caminando |
| 10 | Abbot Laboratorios | 56 | Caminando |
| 11 | Novartis | 55 | Caminando |
| 12 | Eli Lilly | 52 | Caminando |
| 13 | Merck & Co. | 51 | Caminando |
| 14 | Sanofi-Aventis | 50 | Caminando |
| 15 | Wyeth | 36 | Inicio |
| 16 | Amgen | 20 | Inicio |

Fuente: (Climate Counts and the Center of Sustainable Organizations 2013)

Como puede verse ya sea por negocio, estrategia o un verdadero compromiso, la industria farmacéutica se toma en serio el papel de remediar sus emisiones y mantener en control su huella.

Indicadores

Huella de carbono (HC)

Los investigadores William Rees y Mathis Wackernager crearon un indicador que bautizaron con el nombre de “huella de carbono”, que mide la superficie necesaria para producir los recursos consumidos por un ciudadano y para absorber los residuos que genera. Es producido por un “déficit ecológico” cuando se consume más tierra de la que dispone, la huella generada es mayor. Un habitante de Mali apenas emite 50 kilos de CO₂ al año en comparación con un estadounidense que llega a los 21,000 kilogramos, Argentina está por encima de los 5,000 kilogramos por persona y por año, la media de los países más industrializados es de 12,000 kilogramos.

El propio concepto de huella de carbono también es puesto en entredicho debido a que todavía no hay un acuerdo absoluto sobre su significado, y menos aún sobre cómo calcularlo. Es importante precisar que la Huella de Carbono se puede aplicar en diferentes situaciones o lugares, siendo los principales: a) una empresa o administración; b) un territorio; c) un bien o un servicio; d) un evento; y e) una persona. Las metodologías pueden estar especializadas en uno o más de estos conceptos, o cubrir el espectro completo de dichos conceptos. Además, la Huella de Carbono se puede medir, en distintas escalas, perímetros o alcances, comúnmente designado como “scope”, por su traducción en inglés. En la siguiente tabla se distinguen tres scopes:



Tabla 3. Scopes

| | |
|-----------------|--|
| Scope 1: | Las emisiones directas (que ocurran físicamente en el perímetro analizado. Como el consumo interno de combustibles, la generación de desechos...) |
| Scope 2: | Las emisiones indirectas vinculadas con el consumo de energía (como el consumo de energía provista por redes interconectadas) |
| Scope 3: | Todas las otras emisiones indirectas (como las vinculadas a los proveedores de materias primas y el uso y fin de vida de los productos generados). |

Fuente: (World Resources Institute; and World Business Council for Sustainable Development 2019)

Poner en práctica las tres erres: reducir, reutilizar y reciclar; hace a un consumidor responsable además de disminuir su huella, al sólo comprar lo imprescindible, evita las bolsas de plástico y los productos de un solo uso.

Formas de medición

A pesar de la diversidad mencionada – necesaria en el caso de procesos o contextos específicos que requieren de datos y estructuras de cálculos particulares – se muestran a continuación algunos de los métodos de medición de la huella de carbono en la tabla siguen

Tabla 5: Metodologías para medir la huella de carbono



| Herramienta | Desarrollador | URL | Objetivo | Normatividad | Funciones | | | | Gases considerados | Escala | Alcance |
|-----------------------------|---|---|--|----------------------------------|-----------------|-----------|--------------|----------------|--------------------|-------------------------------|-----------------------|
| | | | | | Contabilización | Reducción | Compensación | Otros aspectos | | | |
| GHG Protocol | WBCSD-WRI | http://www.ghgprotocol.org | Establecer lineamientos y herramientas básicas para la contabilización de emisiones GEI | ISO 14064/14065 | Si | Poco | No | No | 6 GEI Kioto | Sitio / Territorio / Producto | Directas + indirectas |
| Bilan Carbone | ADEME | http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=23674&m=3&catid=23675 | Proveer herramientas de medición de la huella de carbono | ISO 14064/14065, GHG Protocol | Si | Si | No | No | Todos GEI | Sitio / Territorio / Producto | Directas + indirectas |
| PAS 2050 | Carbon Trust - British Standart Institute | http://www.bsigroup.com/pas2050 | Proveer herramientas de medición de la huella de carbono | ISO 14064/14065, GHG Protocol | Si | No | No | No | Todos GEI | Producto | Directas + indirectas |
| PAS 2060 | Carbon Trust - British Standart Institute | Público http://www.bsigroup.com/pas2060 | Proveer herramientas de medición de la huella de carbono y de compensación de emisiones no reductibles | ISO 14064/14065, GHG Protocol | Si | Si | Si | No | Todos GEI | Sitio / Territorio | Directas + indirectas |
| Greenhouse Gas Suite | Environmental Software Providers | http://www.espnet.com/Solutions/GreenhouseGasSuite/tabid/66/Default.aspx | Inventario + gestión en bolsas de carbono | ISO 14001, EU ETS, US 1605b, GRI | Si | No | Si | No | 6 GEI Kioto | Sitio | Directas + indirectas |
| GEMS | ICF International | http://www.icfi.com/markets/climate-change/carbontools.asp#gems | Inventario + reducción (especializado en el sector petrolero) | todas | Si | Si | Si | No | CO2, CH4, NO2 | Sitio | Directas + indirectas |
| Carbon View | Supply Chain Consulting | http://www.carbon-view.com/ | Inventario, monitoreo, gestión financiera | | Si | Si | Si | No | CO2 | Sitio/ Territorio / Producto | Directas + indirectas |

Fuente: (Agencia de Gestión del Medio Ambiente y Energía (ADEME) 2019; British Standards Institution (BSI) 2011; 2018; ICF International Inc. 2018)



Submissão: 14/05/2020



Aceite: 24/02/2022



Publicação: 29/04/2022



Huella de carbono corporativa (HCC)

Ahora bien, la aplicación del indicador en una esfera corporativa es notablemente atractiva para empresas y organizaciones, sobre todo, al considerar la difusión y relevancia del cambio climático global, así como el incremento de la demanda de información medioambiental por parte de accionistas, clientes y demás partes interesadas.

Aspectos como i) el desarrollo de legislación relacionada con el control del nivel de emisiones y vertidos; ii) las sustancias empleadas en los procesos productivos; iii) los deberes de información respecto a cuestiones relacionadas con el medio ambiente; iv) la demanda de una mayor transparencia y compromiso por parte de los agentes con los que se relacionan; v) la consciencia de que las relaciones con diferentes colectivos (accionistas, clientes, trabajadores, la comunidad...) y el medio ambiente forman parte del valor de la empresa); vi) la búsqueda de nuevas herramientas para gestionar los beneficios y riesgos derivados de la intensificación de los procesos de globalización y el enterramiento de las fronteras nacionales; propician que, desde una perspectiva empresarial, se valoren este tipo de cuestiones, antes olvidadas.

Las empresas entienden el papel de la sostenibilidad, el cual constituye un medio de diferenciación, que contribuye para incrementar su productividad y competitividad. Se considera que la gestión de la sostenibilidad adoptando una óptica proactiva tiene repercusiones directas y positivas en la competitividad del negocio. Aunque la HCC es un indicador relativamente empleado en la actualidad, no existe consenso en lo que se refiere a su contenido ni al método de cálculo empleado.

Todavía no hay una única denominación, empleándose en muchos estudios el genérico HC para referirse a la HCC, aunado a que el auge del concepto de Responsabilidad Social Corporativa (RSC) y la aparición de guías y convenios que tratan de estandarizar el diseño e implementación de informes sobre el desempeño ambiental, social y económico de las organizaciones, son buenos ejemplos de la preocupación por incorporar el medio ambiente a la gestión empresarial.

Algunas propuestas en este sentido, como la “Iniciativa de informe Global” (Global Report Initiative (GRI) 2018), han conseguido una notable difusión en todo el mundo. Sin embargo, a pesar de que estas iniciativas constituyen importantes logros, no existen recomendaciones estrictas en ese sentido, lo que deja en las manos de las organizaciones el empleo, o no, de estas herramientas, además del modo en que se aplican las elegidas. Esto se manifiesta en una cuestión de especial importancia: la medición del desempeño medioambiental de las organizaciones, pues los diferentes estándares suelen proponer una lista de indicadores, que, en algunos casos pueden ofrecer resultados contradictorios, dificultando el diagnóstico a realizar y la comunicación de resultados.

Autores como (Holland 2003) señalan la falta de un instrumento que, al utilizar un enfoque holístico, sintetice la situación medioambiental de las organizaciones, y pueda ser empleado, tanto para la toma de decisiones, como para comunicarse con los accionistas, *stakeholders* y la sociedad en general.

En este contexto, diversos trabajos (Holland 2003; Chambers and Lewis 2001; Lenzen, Manfred; Lundie, Sven; Bransgrove, Grant; Charet, Lisa; Sack 2003; Lenzen, M; Foran, B; Dey 2006; Wiedmann, Thomas; Lenzen 2006; J.L. Doménech 2004; Penela et al. 2008; Juan Luis Doménech and Arenales 2008; Wiedmann and Lenzen 2007; Murray, J; Dey 2007; Carballo Penela et al. 2008), retoman la posibilidad de aplicar el análisis de huella ecológica (HE) a empresas y sus productos, aportando ideas o desarrollando diferentes metodologías para la estimación de una huella ecológica corporativa (HEC).

2.2.1. Formas de medición

Wackernagel y Rees diseñan un método de cálculo que es empleado en buena parte de los estudios de HCC, el indicador parte del consumo de recursos y como la generación de residuos pueden ser convertidos (Wackernagel, M; Rees 1996). La HCC es comparada



Submissão: 14/05/2020



Aceite: 24/02/2022



Publicação: 29/04/2022



con la superficie disponible, esto al asumir que las poblaciones con una huella superior a la superficie de la que disponen son insustentables (Lenzen, Manfred; Lundie, Sven; Bransgrove, Grant; Charet, Lisa; Sack 2003), esto da origen a lo que se denomina excedencia o déficit ecológico.

Tal y como señalan, el método de cálculo propuesto por Wackernagel y otros colegas, denominado a veces método compuesto, implica el empleo de estadísticas de consumo y población con la finalidad de estimar el consumo anual per cápita. La HCC es obtenida de la comparación del consumo per cápita de los habitantes del área geográfica estudiada y la media de la productividad anual de la superficie de los bienes consumidos.

2.3. Huella ecológica (HE)

La Huella Ecológica se define como la medida del impacto de nuestra vida en la naturaleza en cuanto a la capacidad de ésta de generar los recursos que consumimos y absorber los desechos que producimos. La Huella Ecológica se mide en hectáreas por persona y no solo en emisiones de tCO₂ como lo hace la huella de carbono (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2012).

La huella como singular, es la marca o señal que deja el pie del hombre o del animal en la tierra por la cual pasa. En tanto, la huella ecológica resulta ser el indicador que expresa el área de territorio ecológicamente productivo, pastos, bosques, cultivos, que se necesita para producir los recursos utilizados y para asimilar los residuos producidos por una población. Es decir, es un indicador que facilita la medición del impacto que tiene un modo de vida determinado sobre el planeta y que además nos da una idea de la bio-capacidad que ostenta el mismo, un indicador clave a instancias de la sostenibilidad.

El cálculo de la huella ecológica no es para nada sencillo, sino por el contrario resulta ser bastante complejo y hasta en algunas situaciones, imposible, de todas maneras, existen algunos métodos de estimación los cuales parten del análisis de los recursos que una persona consume y los residuos que produce.

Los resultados se basan en la observación de los siguientes aspectos: cantidad de hectáreas utilizadas para urbanizar, generar infraestructuras y centros de trabajo, hectáreas que se necesitan para producir el alimento vegetal necesario, la superficie que se necesita para pastos que alimenten al ganado, la superficie marina necesaria para producir el pescado, hectáreas de bosques para asumir nuestro consumo energético. De acuerdo con los últimos datos, a nivel global, los habitantes del mundo consumen más recursos y generando más residuos de los que el planeta puede admitir y generar.

La huella ecológica fue definida en 1996 por William Rees y Mathis Wackernagel (Wackernagel, M; Rees 1996) en la School for Community & Regional Planning (Escuela para la Planificación Comunitaria y Regional) de la Universidad de la Columbia Británica, la metodología de cálculo consiste en contabilizar el consumo de las diferentes categorías y transformarlo en la superficie biológica productiva apropiada a través de índices de productividad. Estas categorías son a) Cultivos: área para producir los vegetales que se consumen, constituye la tierra más productiva ecológicamente aunado a esto genera la mayor producción neta de biomasa utilizable por las comunidades humanas; b) Pastos: área dedicada al pastoreo de ganado; c) Bosques: área en explotación para producir la madera y el papel; d) Mar productivo: área para producir pescado y marisco; e) Terreno construido: áreas urbanizadas u ocupadas por infraestructuras; f) Área de absorción de CO₂: superficie de bosque necesaria para la absorción de la emisión de CO₂ debida al consumo de combustibles fósiles para la producción de energía, se contabilizan consumos en la producción de bienes, gastos en vivienda y transportes, entre otros.

2.3.1 Formas de Medición

El déficit ecológico es la diferencia entre el área disponible (capacidad de carga) y el área consumida (huella ecológica) en un lugar determinado. La capacidad de carga es la capacidad local disponible, teniendo en cuenta la productividad del terreno y una reserva del 12% para conservación de la biodiversidad. Supone la máxima explotación a que puede ser sometido un terreno sin dañar de manera permanente su productividad.



A continuación, es estimada la capacidad de carga del planeta se consideró la existencia 11,300 millones de hectáreas de terreno productivo y espacio marino, y que la población mundial es de 6,100 millones de personas. Se distribuyó entre cada ser humano: 0.25 Ha de cultivo, 0.6 Ha de pastos, 0.6 Ha de bosque, 0.5 Ha de mar y 0.03 Ha construidas.

El resultado sería 2.00 Ha/habitante*año, restando el 12% de biodiversidad, resulta un 1.75 Ha/habitante. La huella ecológica media global es de 2.8 Ha/habitante, lo que la sitúa 2/3 por encima de la capacidad de carga: 0.8 Ha de cultivo, 1.5 Ha de pastos, 0.5 Ha de bosque, 0.2 Ha de mar, 0.1 Ha construidas y 1.7 Ha absorción CO₂.

La huella individual para cada recurso con 6 categorías ecológicas: cultivos, pastos, bosque, mar, superficie construida y áreas de absorción de CO₂. El área apropiada *per cápita* (aa) para la producción de cada artículo de consumo es igual a c/p , donde c es el consumo medio anual de ese artículo (kg/cap.) y p es la productividad media o rendimiento (kg/Ha). La Huella ecológica *per cápita* es el sumatorio de huellas individuales. La Huella global (HG) de un país, es igual a (producción + importación - exportación) entre la productividad media mundial. En tanto que la Huella Local (HL) es igual a HG por el factor de rendimiento.

La huella mide en hectáreas la superficie de terreno consumida por habitante y año. En la tabla siguiente se puede observar la huella de los distintos países en relación con el número de habitantes, poniendo de manifiesto las cantidades totales que implica.

Tabla 4: Huellas Ecológicas en diversos países del mundo.

| País | Población (millones de personas) | Huella Ecológica | Capacidad de Carga | Déficit |
|----------------|--|------------------|-----------------------|---------|
| Estados Unidos | 271.6 | 12.5 | 5.5 | 7.0 |
| Dinamarca | 5.2 | 10.30 | 5.6 | 4.7 |
| Noruega | 4.3 | 9.2 | 5.9 | 3.3 |
| Canadá | 29.9 | 8.7 | 11.0 | -2.3 |
| Finlandia | 5.1 | 8.2 | 9.6 | -1.4 |
| Francia | 58.5 | 7.3 | 4.1 | 3.2 |
| Inglaterra | 58.4 | 6.3 | 1.7 | 4.6 |
| España | 39.7 | 5.5 | 2.3 | 3.2 |
| Chile | 14.6 | 3.6 | 2.0 | 1.6 |
| México | 94.3 | 3.1 | 1.6 | 1.5 |
| Brasil | 163.1 | 2.2 | 10.9 | -8.7 |
| India | 960.2 | 0.7 | 0.7 | 0.0 |
| Bangladesh | 122.0 | 0.6 | 0.3 | 0.3 |

Fuente: (Global Footprint Network 2016)

Huella Ecológica Corporativa (HEC)

La HEC es un indicador que mide el impacto de todas nuestras actividades (consumo de materiales o energía, consumo de recursos naturales como agua, papel o madera, producción de residuos, etc.) expresado en número de hectáreas de ecosistemas productivos. Pero no la acotamos a esto, sino que sumamos la cadena de suministro (supply chain). Cuando hablamos de la cadena de suministro, nos referimos a la compleja serie de procesos de intercambio o flujo de materiales y de información que se establece tanto dentro de cada organización o empresa como fuera de ella, con sus respectivos proveedores y clientes.

Básicamente la cadena de suministro es una red de instalaciones y medios de distribución que tiene por función la obtención de materiales, transformación de dichos materiales en productos intermedios y productos terminados y distribución de estos productos terminados a los consumidores. Una cadena de suministro consta de tres partes: el suministro, la fabricación y la distribución, la parte del suministro se concentra en cómo, dónde y cuándo se consiguen y suministran las materias primas para fabricación, la fabricación



convierte estas materias primas en productos terminados y la distribución se asegura de que dichos productos finales lleguen al consumidor a través de una red de distribuidores, almacenes y comercios minoristas.

Se dice que la cadena comienza con los proveedores de tus proveedores y termina con los clientes de tus clientes. Tanto porque la legislación ambiental está cada vez más desarrollada como por la presión de los consumidores y por la propia toma de conciencia de los dirigentes, las empresas deben asumir cada vez mayores compromisos ambientales, al contribuir para el logro de un medio ambiente sustentable o, al menos, para evitar su degradación.

La gestión ambiental en el ámbito de la empresa ha avanzado en los últimos años, dando pie al surgimiento de diferentes sistemas que tratan de incorporar cuestiones ambientales a la dirección y a la organización. Los denominados European Eco-Management and Audit Scheme (EMAS), International Standard ISO 14000 Series (Holland 2003) o el marco de análisis de la Global Report Initiative (GRI) (Global Report Initiative (GRI) 2018; Global Footprint Network 2016) y su guía para la elaboración de memorias de sustentabilidad suponen avances en este sentido.

Sin embargo, cuentan con la desventaja de tender a centrarse en impactos individuales sin mecanismo que emplee un enfoque holístico, sintetice la situación ambiental de las organizaciones y pueda ser empleada para comunicarse con los accionistas, con grupos de interés y con la sociedad en general.

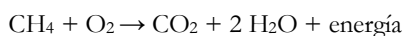
En este contexto, resulta interesante la elaboración de una herramienta que muestre de modo sencillo la situación ambiental de organizaciones y empresas, esto se debe convertir en un elemento útil para la toma de decisiones a este respecto.

Formas de Medición

El estudio de caso la HEC pretende reducir en un 1% anual *per cápita* de las emisiones de cada sitio participante, los cálculos se realizan según: 1. La energía eléctrica, promedio de consumo de 3 años; 2. La revisión de las fuentes generadoras; 3. El consumo de energéticos de origen fósil; 4. Emisiones por gases refrigerantes (gases R permitidos por el protocolo de Kyoto) en Ton/anuales; 5. Sistemas de extinción (halones, halotrones y gases limpios) revisión de fichas técnicas y mejoramiento en cuanto enfoque de negocio y viabilidad del equipo; 6. Impacto ambiental del transporte.

El impacto del transporte sobre el medio ambiente es un asunto complejo. En efecto, el transporte contribuye no únicamente el cambio climático, sino también al deterioro de la calidad del aire suelo y agua, a la alteración del paisaje y los ecosistemas. Estos impactos se pueden clasificar en: emisiones, calentamiento global por la acción de los GEI, acidificación del medio, formación de ozono en la troposfera, consumo de agua potable y relación con la producción.

El cálculo de emisiones es más sencillo en los sectores de energía y transporte, pues estas resultan de la combustión (u oxidación) de hidrocarburos, que es descrita por reacciones químicas conocidas. La más sencilla es la combustión del metano, que combinado con oxígeno produce agua, bióxido de carbono y energía que se usa, por ejemplo, para producir el vapor que mueve las turbinas de una planta eléctrica. La fórmula es descrita como:



Donde el peso molecular del metano es de 16 y el del bióxido de carbono es de 44. En la combustión de 1 kilo de CH_4 produce $44/16 = 2.74$ kilos de CO_2 . Se establece 2.74 como el factor de emisión de bióxido de carbono para 1 kilo de metano. El metano usualmente se compra en unidades de volumen: 1m^3 a 15°C pesa 0.68 kg y produce 1.86 kg de CO_2 ; 1.86 es el factor de emisión de CO_2 para 1 metro cúbico CH_4 . Las reacciones químicas para la combustión de gasolina, diesel, gas licuado o carbón son conocidas y los factores de emisión de estos combustibles están relativamente determinados. Entre 1996 y 2006 los factores de emisión de la gasolina, diesel y gas licuado nacional eran cercanos a 2.4, 2.7 y 1.5 kilogramos de CO_2 por litro consumido, con una variación inferior a 10% durante todo el período.

Hay varios tipos de plantas productoras de electricidad. Sus emisiones dependen de la fuente de energía que usan y de la eficiencia de la planta al explotar esta fuente. En dos estudios comisionados por el gobierno de Estados Unidos de América, encontraron que en 1999 las plantas basadas en carbón, petróleo, gas natural y geotermia producían cerca de 0.95, 0.89, 0.60 y 0.09 kilogramos de CO_2 eq por kW/h generado.



En las geotérmicas los GEI vienen con el vapor que se extrae del subsuelo. Incluso las plantas hidroeléctricas producen GEI, la vegetación que existe en el fondo de los embalses se descompone y produce metano. Sólo las plantas nucleares, eólicas y solares están prácticamente libres de emisiones de GEI. Todo esto se multiplica el factor de conversión para kilos de carbón que es 0.056 en caso de la energía eléctrica para kW/h. Si se toma en cuenta que la Biocapacidad es igual a una medida de la cantidad de tierra y agua biológicamente productiva disponible para el consumo humano. Entonces:

$$\begin{aligned} \text{Biocapacidad per capita} &= 1.8 \text{ hectáreas.} \\ \text{Huella ecológica} &> \text{biocapacidad} = \text{no sustentable.} \end{aligned}$$

Análisis Comparativo entre HCC y HEC

La huella ecológica (HE) es un indicador que evalúa la demanda de biocapacidad de los habitantes de área geográfica para mantener su consumo de recursos y la generación de desechos, haciendo uso de la tecnología existente [26]. La comparación de la HE con la superficie disponible, permite determinar en qué medida se supera, o no, la capacidad de carga disponible. El indicador data de principios de los 90 (Wackernagel, M; Rees 1996; Rees 1992; Mathis Wackernagel 1998; 1994) esto tuvo cambios a lo largo del tiempo los cuales mejoraron determinadas carencias iniciales (M; Wackernagel and Silverstein 2000; Mathis; Wackernagel and Yount 2000; M. Wackernagel et al. 2002; Monfreda, Wackernagel, and Deumling 2004; Kitzes et al. 2007; Lin et al. 2018).

Se trata de una herramienta versátil, susceptible de ser aplicada en otro tipo de contextos diferentes a poblaciones, como pueden ser organizaciones, productos, diferentes tipos de actividades etc. (Wackernagel, M; Rees 1996).

La identificación entre HC y HCC se manifiesta en algunas de las definiciones más difundidas del término, que emplean el primero para referirse al segundo:

"La HC es una medida de la cantidad total de dióxido de carbono que es directa e indirectamente causado por una actividad o es acumulado durante las diferentes etapas que atraviesa un producto en su vida" (Wiedmann and Lenzen 2007).

"La HC estima las emisiones totales de gases de efecto invernadero en toneladas equivalentes de carbono de un producto a lo largo de su ciclo de vida desde la producción de las materias primas empleadas en su producción, hasta la eliminación del producto acabado" (Carbon Trust 2018).

Las diferencias más relevantes entre las alternativas existentes surgen a la hora de considerar dos cuestiones fundamentales, relacionadas con los gases que se consideran y con el alcance del indicador. En el sentido de si se toman en cuenta sólo emisiones directas, o también se deben tener presente aquellas emisiones generadas indirectamente, tanto al adquirir bienes y servicios que necesitaron energía para ser producidos, o también pensar en las emisiones generadas en la cadena de suministradores de los que se abastece la empresa para obtener sus productos (Wiedmann and Minx 2007; Wiedmann, Barret, and Lenzen 2007).

Otra cuestión debatida, se relaciona con las unidades en las que se expresa el indicador y su papel en el análisis de huella ecológica. La inclusión del término "huella" parece establecer vínculos con el concepto de HE o, en el caso de corporaciones, de HEC, lo que podría implicar el uso de unidades de superficie.

De acuerdo con GFN [39] la HC hace referencia a la demanda de biocapacidad exacta para secuestrar, mediante fotosíntesis las emisiones de CO₂ procedentes de la combustión de combustibles fósiles; este enfoque implica las diferentes hipótesis relacionadas, principalmente, con la capacidad de absorber CO₂ de cada tipo de superficie, esto involucra errores innecesarios a la hora de estimar el indicador (Wiedmann and Minx 2007).

Así, en algunos trabajos, la HCC es considerada independientemente del análisis de la HEC, manteniéndose en otros casos como una variante del análisis de huella ecológica. Incluso sin responder, por el momento, a los interrogantes planteados alrededor del concepto de HCC, es posible destacar su utilidad e importancia en el ámbito de la gestión ambiental de empresas y organizaciones.

La HEC facilita la estimación de las emisiones de las empresas y organizaciones, lo que hace que este indicador tenga especial interés en el ámbito de la gestión empresarial, de esta forma ve reflejados de manera directa las reducciones en sus emisiones traducidas



como: ahorros directos en gasto; maximización de recursos; minimización en desechos o subproductos; evita multas ante los distintos entes de gobierno; reconocimiento de marca y mercadeo con posición entre las otras empresas del mismo sector.

Finalmente, la difusión y publicación de la HEC de productos puede sentar las bases para establecer medidas fiscales que penalicen a aquellos bienes y servicios más contaminantes. En España, la Estrategia de cambio climático y energía limpia Horizonte 2007-2012-2020, considera las políticas fiscales como un instrumento esencial para conseguir los objetivos establecidos en el Protocolo de Kioto, esto resalta el potencial de la fiscalidad verde para este cometido.

La HCC puede identificar las emisiones generadas en la producción de cada bien y servicio, posibilita la aplicación de diferentes tipos de gravamen en función del nivel de contaminación, particularmente se considera que esta medida funciona si es llevada a cabo de manera estricta, aunque como está enfocada para una empresa los beneficios antes citados serán determinantes para que la empresa invierta y “compre” a este indicador.

Discusión de Resultados

Hemos visto pues cómo el empleo de la huella ecológica y huella del carbono en las empresas puede activar el efecto dominó y actuar como acelerador del cambio de los hábitos de consumo que ya estamos experimentado. Es una herramienta que, en cualquiera de sus modalidades, está experimentando un espectacular interés y un incremento constante tanto en volumen de estudios publicados como de velocidad de difusión. Pensamos pues que se le debe dar una importancia especial como herramienta clave para prepararse ante los retos del cambio climático.

Tal y como describen los autores del método original de huella ecológica calculan la huella necesaria para absorber el CO₂ generado por las actividades humanas, al usar el potencial de absorción de los bosques, si bien describen que

“un método alternativo, no usado en las cuentas actuales, sería calcular el secuestro basado en el potencial de absorción de carbono del terreno bioproduutivo medio mundial, mejor que solo el de los bosques. Como los bosques son más eficientes que otros tipos de superficies en cuanto a secuestro de carbono, un método usando la tierra media mundial daría lugar a una mayor huella del carbono total” (Kitzes et al. 2007).

Así pues, numerosos textos legales tanto a nivel europeo como nacional ya establecen tanto los objetivos de reducción de emisiones de GEI para un futuro próximo, como las medidas que se irán adoptando para lograr estos objetivos.

Una de las herramientas que permite el conocimiento del impacto ambiental de las empresas es la HE, mediante la reducción constante y gradual de la HE las empresas pueden aumentar su competitividad para lograr asegurar una buena presencia en el mercado, reducir costos e impactos ambientales y además mejorar su imagen gracias a la reducción del impacto ambiental de sus operaciones diarias.

Por otro lado, etiquetar la huella ecológica de un producto supone ventajas a los productores y minoristas de productos agroalimentarios. Las razones principales para hacerlo son: a) para no quedar fuera del mercado, las principales compañías han adoptado políticas para comercializar productos respetuosos con el medio ambiente. Estas políticas se aplican a los proveedores de sus productos por lo que si su empresa quiere vender a una de estas multinacionales debe conocer la huella de carbono de sus productos. No hacerlo podría dejar a su empresa fuera del mercado en pocos años; b) para vender más, a imagen de marca de las empresas que han dado a conocer voluntariamente sus cifras de emisiones de gases efecto invernadero y han diseñado los mecanismos adecuados para reducirlas ha mejorado considerablemente. Los consumidores aprecian esta iniciativa empresarial y consideran su implicación con el medio ambiente como un valor añadido; c) para ahorrar costos, las mejoras que la reducción de la huella de carbono introduce en las organizaciones redundan en su mayor parte en una mejora de la competitividad ya que las actuaciones tienen como base un menor consumo de energía y/o combustibles y una mayor eficiencia energética.

El compromiso de reducción de emisiones en el tiempo influye directamente en la cadena de suministro, favoreciendo la reducción de las emisiones en los procesos llevados a cabo por los distintos proveedores. Algunas organizaciones han iniciado programas conjuntos con proveedores y colaboradores para revisar las etapas de la cadena de suministro, determinar las principales fuentes que influyen en la huella de carbono de un producto e identificar maneras conjuntas para reducir las emisiones.



Se considera que la filosofía de los autores que estudian la huella del carbono y/o la huella ecológica, es incorporar la mayor parte de los impactos producidos por el ser humano (British Standards Institution (BSI) 2018; British Petroleum (BP) 2019), lo que aún está lejos de suceder en la mayor parte de los actuales métodos de cálculo. Por eso, somos partidarios de que la huella ecológica incluya todo impacto que pueda ser convertible a carbono de una forma coherente, y, concretamente, todos los insumos considerados en la huella ecológica corporativa.

Es por esto que la metodología de la huella del carbono obtenida a través de la conversión total de la huella ecológica corporativa –tal y como aquí proponemos– (es decir, la huella ecológica basada en carbono), se le puede considerar como uno de los métodos más completos para obtener las emisiones totales de CO₂ equivalente de una organización, enfocada en un producto y todo lo que le involucra (desde su fabricación hasta sus residuos, sus subproductos, su destrucción, su cadena de suministro, etc.)

Conclusiones

Como se observó se mostraron los esfuerzos de los distintos países por controlar sus emisiones y sus respectivas huellas a través de ecoetiquetas, herramientas, sistemas de gestión, etc. Por todo ello, discurrimos que la huella ecológica corporativa se convertirá en una de las principales herramientas para los negocios, las instituciones y las organizaciones en la lucha constante contra el cambio climático, y en la que, precisamente por ese motivo, urge esforzarse más en establecer un método estandarizado que evite la dispersión de métodos de cálculo que empieza a observarse. Finalmente hay que considerar que todas las huellas del carbono y ecológicas calculadas, por el método que sea, son una huella de mínimos, es decir que las emisiones estimadas irán aumentando conforme avance el número de inputs convertidos a carbono, al igual que el avance del estado de nuestros conocimientos sobre el impacto total que causamos en el medio, y conforme vayan mejorando los índices de conversión de los diferentes consumos y desechos producidos.

Referencias

- Agencia de Gestión del Medio Ambiente y Energía (ADEME). 2019. “Centro de Recursos de Equilibrio de Gases de Efecto Invernadero.” 2019. <https://www.bilans-ges.ademe.fr/fr/accueil>.
- British Petroleum (BP). 2019. “Climate Change.” Reducing Emissions in Our Operations. 2019. <https://www.bp.com/en/global/corporate/sustainability/climate-change/reducing-emissions-in-our-operations.html>.
- British Standards Institution (BSI). 2011. “ISO, Standards, Certificación, News.” Newly Revised PAS 2050 Poised to Boost International Efforts to Carbon Footprint Products. 2011. <https://www.bsigroup.com/en-GB/about-bsi/media-centre/press-releases/2011/9/NEWLY-REVISED-PAS-2050-POISED-TO-BOOST-INTERNATIONAL-EFFORTS-TO-CARBON-FOOTPRINT-PRODUCTS/>.
- . 2018. “PAS 2060 Carbon Neutrality.” Demonstrate Your Carbon Neutrality. 2018. <https://www.bsigroup.com/en-GB/PAS-2060-Carbon-Neutrality/>.
- Carballo Penela, A.; M. C.; García-Negro, J. L.; Doménech Quesada, C. S.; Villasante, G.; Rodríguez Rodríguez, and M. García Arenales. 2008. “A Pegada Ecológica Corporativa: Concepto e Aplicación a Dúas Empresas Pesqueiras de Galicia.” *Revista Galega de Economía* 17.
- Carbon Trust. 2018. “Carbon Footprinting.” <https://www.carbontrust.com/>.
- Chambers, N., and K Lewis. 2001. “Ecological Footprint Analysis: Towards a Sustainability Indicator for Business.” ACCA Research Report No.65.
- Climate Counts and the Center for Sustainable Organizations. 2013. “Assessing Corporate Emissions Performance through the Lens of Climate Science.” *CIREC - Open Access Proceedings Journal*. <https://www.sustainableorganizations.org/>.
- Commission of the European Communities. 2008. “Communication from the Commission to the European Parliament, The Council, The European Economic and Social Committee and The Committee of the Regions on the Sustainable Consumption and Production and Sustainable Industrial Policy Action Plan.” Bruselas. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:52008DC0397>.
- Council of the European Union. 2008. “Sustainable Consumption and Production and Sustainable Industrial Policy Action Plan. Council Conclusions.” Bruselas. https://register.consilium.europa.eu/doc/srv?l=EN&f=ST_16914_2008_INIT.
- Doménech, J.L. 2004. “Huella Ecológica Portuaria y Desarrollo Sostenible.” *Puertos*, no. 114: 26–31.



- Doménech, Juan Luis, and Mónica G. Arenales. 2008. "La Huella Ecológica de Las Empresas: 4 Años de Seguimiento En El Puerto de Gijón." *Observatorio Iberoamericano Del Desarrollo Local y La Economía Social* 1: 21.
- Global Footprint Network. 2016. "Ecological Wealth of Nations." Global Footprint Network. <https://www.footprintnetwork.org/>.
- Global Report Initiative (GRI). 2018. "Towards More and Better Reporting GRI Standards: A Global Common Language for Transparency." [https://www.globalreporting.org/SiteCollectionDocuments/2019/Towards more and better reporting - GRI Annual Report 2018.pdf](https://www.globalreporting.org/SiteCollectionDocuments/2019/Towards%20more%20and%20better%20reporting%20-%20GRI%20Annual%20Report%202018.pdf).
- Godoy, Emilio. 2008. "Inter Press Service. Agenda de Noticias." *CAMBIO CLIMÁTICO-AMÉRICA LATINA: Números Que Asustan*. 2008. <http://www.ipsnoticias.net/2008/11/cambio-climatico-america-latina-numeros-que-asustan/>.
- Heery, Edmund; and Mike Noon. 2008. "PEST Analysis." *A Dictionary of Human Resource Management*. Oxford University Press. <https://www.oxfordreference.com/view/10.1093/acref/9780199298761.001.0001/acref-9780199298761-e-936>.
- Holland, Leigh. 2003. "Can the Principle of the Ecological Footprint Be Applied to Measure the Environmental Sustainability of Business?" *Corporate Social Responsibility and Environmental Management* 10: 224–32.
- ICF International Inc. 2018. "Work ICF." *Climate Action and Resilience*. 2018. <https://www.icf.com/work/climate>.
- Kitzes, J., A. Peller, S. Goldfinger, and M. Wackernagel. 2007. "Currents Methods for Calculating National Ecological Footprint Accounts." *Science for Environment & Sustainable Society* 41: 1–9.
- Lenzen, M; Foran, B; Dey, C. 2006. "Sustainability Accounting for Business-A New International Software Based on Input-Output Tables." In *Intermediate Input-Output Meeting Conference, 26–28 July Sendai, Japan*.
- Lenzen, Manfred; Lundie, Sven; Bransgrove, Grant; Charet, Lisa; Sack, Fabian. 2003. "Assessing the Ecological Footprint of a Large Metropolitan Water Supplier: Lessons for Water Management and Planning towards Sustainability." *Journal of Environmental Planning and Management* 46: 113–41.
- Lin, David, Laurel Hanscom, Adeline Murthy, Alessandro Galli, Mikel Evans, Evan Neill, Maria Mancini, et al. 2018. "Ecological Footprint Accounting for Countries: Updates and Results of the National Footprint Accounts, 2012–2018." *Resources* 7 (3): 58. <https://doi.org/10.3390/resources7030058>.
- Monfreda, C., M. Wackernagel, and D. Deumling. 2004. "Establishing National Natural Capital Accounts Based on Detailed Ecological Footprint and Biological Capacity Assessments." *Land Use Policy* 21: 231–46.
- Murray, J; Dey, M. 2007. "Assessing the Impacts of a Loaf of Bread."
- Penela, Adolfo Carballo, María Do Carme García Negro, Juan Luis Doménech Quesada, Carlos Sebastián Villasante, Gonzalo Rodríguez Rodríguez, and Mónica González Arenales. 2008. "La Huella Ecológica Corporativa: Concepto y Aplicación a Dos Empresas Pesqueras de Galicia." *Revista Galega de Economía* 17 (2).
- Rees, William E. 1992. "Ecological Footprints and Appropriated Carrying Capacity: What Urban Economics Leaves Out." *Environment and Urbanization* 4 (2): 121–30.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2012. *Huella Ecológica, Datos y Rostros*. Centro de.
- Wackernagel, M; Rees, W. E. 1996. "Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth." New Society Publishers. Philadelphia, USA.
- Wackernagel, M; and J. Silverstein. 2000. "Big Things First: Focusing on the Scale Imperative with the Ecological Footprint. *Ecological Economics*." *Ecological Economics* 32: 391–94.
- Wackernagel, M., N. Schulz, D. Deumling, A. Callejas Linares, M. Jenkins, V. Kapos, C. Monfreda, et al. 2002. "Tracking the Ecological Overshoot of the Human Economy." In *National Academy of Science* 99, 9266–71.
- Wackernagel, Mathis; and J. David Yount. 2000. "Footprints for Sustainability: The Next Steps." *Environment, Development and Sustainability* 2: 23–44.
- Wackernagel, Mathis. 1994. "Ecological Footprint and Appropriated Carrying Capacity: A Tool for Planning toward Sustainability." The Swiss Federal Institute of Technology, Zürich, 1988.
- . 1998. "The Ecological Footprint of Santiago de Chile." *Local Environment* 3: 7–25.
- Wiedmann, Thomas; Lenzen, Manfred. 2006. "Sharing Responsibility along Supply Chains - A New Life-Cycle Approach and Software Tool for Triple-Bottom-Line Accounting." In *Working Paper Presented at the Corporate Responsibility Research Conference*, 4–5.



Wiedmann, T., J. Barret, and M. Lenzen. 2007. "Companies on the Scale: Comparing and Benchmarking the Footprints of Businesses." In Working Paper Presented at the International Ecological Footprint Conference.

Wiedmann, T., and M. Lenzen. 2007. "Unravelling the Impacts of Supply Chains. A New Triple-Bottom-Line Accounting Approach. ISA UK Research Report."

Wiedmann, T., and J. Minx. 2007. "A Definition of Carbon Footprint. ISA UK Research Report." Durhan, U.K.

World Resources Institute, and World Business Council for Sustainable Development. 2019. "Greenhouse Gas Protocol." Corporate Value Chain (Scope 3) Standard. 2019. <https://ghgprotocol.org/standards/scope-3-standard>.