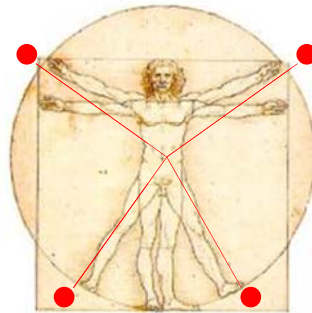


# TECNOLOGÍ@ y DESARROLLO

*Revista de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente*

VOLUMEN XIII. AÑO 2015

SEPARATA



## ¿REASIGNANDO LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO A LOS CONSUMIDORES?

**Marcos López-Brea , Javier Morales Pérez**



UNIVERSIDAD ALFONSO X EL SABIO

Escuela Politécnica Superior  
Villanueva de la Cañada (Madrid)

© Del texto: Marcos López-Brea, Javier Morales Pérez  
Enero, 2015.  
<http://www.uax.es/publicacion/emisiones-y-consumo.pdf>  
© De la edición: *Revista Tecnológ@ y desarrollo*  
Escuela Politécnica Superior.  
Universidad Alfonso X el Sabio.  
28691, Villanueva de la Cañada (Madrid).  
ISSN: 1696-8085  
Editor: Javier Morales Pérez – [tecnologia@uax.es](mailto:tecnologia@uax.es)

No está permitida la reproducción total o parcial de este artículo, ni su almacenamiento o transmisión ya sea electrónico, químico, mecánico, por fotocopia u otros métodos, sin permiso previo por escrito de la revista.

# ¿REASIGNANDO LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO A LOS CONSUMIDORES?

**Marcos López-Brea (a), Javier Morales Pérez (b)**

- (a) Economista, Master en Sistemas de Energía Eléctrica. Teléfono 649 946 043, mlopezbrea@yahoo.es
- (b) Doctor por la Universidad Politécnica de Madrid. Licenciado en Ciencias Biológicas. Coordinador de las carreras de Ciencias Ambientales. Universidad Alfonso X el Sabio.

“You can't keep doing the same thing every day and expect different results”. Albert Einstein

**RESUMEN:** Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) pueden contabilizarse de diferentes maneras. Mientras que el enfoque territorial de los inventarios nacionales considera las emisiones que se liberan físicamente a la atmósfera dentro de un país, el enfoque basado en el consumo aplicado a nivel nacional considera las emisiones de GEI asociadas importaciones y exportaciones de bienes y servicios. Evaluar las emisiones desde un enfoque basado en el consumo requiere de datos de la cadena de suministro de productos y organizaciones. En este sentido, las metodologías de huella de carbono permiten cuantificar las emisiones de GEI liberadas durante el ciclo de vida de productos y de organizaciones y podrían aportar datos para evaluar las emisiones desde el enfoque de consumo.

En este artículo, se presentan el enfoque de consumo como complementario al criterio territorial, obteniendo así una imagen más clara de las emisiones de GEI por país, al considerarse las emisiones de los productos y servicios exportados e importados.

**PALABRAS CLAVE:** gases de efecto invernadero, huella de carbono, emisiones territoriales, emisiones basadas en el consumo, emisiones embebidas, energía.

**ABSTRACT:** Greenhouse Gas (GHG) emissions can be accounted for in different ways. While territorial-based approach used at national inventories considers emissions that are physically released within a country's borders, consumption-based approach applied at the country level takes into account GHG emissions embedded in imports and exports. Assessing emissions from a consumption-based approach requires data from the complete supply chain of products and organisations. In this regard, carbon footprint methodologies which provide guidance to measure and quantify GHG emissions released during the lifecycle of products and organisations could make available relevant data to assess emissions from a consumption-based perspective. This paper presents consumption-based emissions as a complementary approach to the territorial-based criteria, thus contributing to obtain a clearer picture of country's GHG emissions as emissions of both exporting and importing countries are considered.

**KEY-WORDS:** greenhouse gas, carbon footprinting, territorial-based emissions, consumption-based emissions, embedded emissions, energy.

**SUMARIO:**

1. Introducción
2. Metodologías de cálculo de huella de carbono de organización y de producto
3. Diferencias entre el criterio de medición de emisiones basado en el consumo y el criterio territorial
4. Consecuencias sobre las estrategias de mitigación
5. Conclusiones
6. Bibliografía

## 1. Introducción

Las emisiones de gases de efecto invernadero pueden ser contabilizadas de diferentes maneras. Considerando que el enfoque territorial utilizado en los inventarios nacionales considera las emisiones que se liberan físicamente dentro de las fronteras de un país, el enfoque basado en el consumo toma en cuenta las emisiones de GEI asociadas a las importaciones y exportaciones. La metodología de contabilidad más utilizada para medir las emisiones de GEI es el definido bajo la Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático (UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change). Esta metodología sigue un enfoque geográfico conocido comúnmente como enfoque territorial y considera únicamente las emisiones generadas por las actividades productivas dentro de las fronteras de un país. El enfoque basado en el consumo cubre un alcance más amplio de las emisiones, al tomar en consideración las emisiones asociadas a las exportaciones y las importaciones y, por lo tanto, requiere de datos de emisiones de la cadena de suministro completa de productos y organizaciones.

Con el fin de medir y cuantificar las emisiones asociadas a las exportaciones y las importaciones que no son contabilizadas en los inventarios nacionales, debe realizarse una evaluación de las emisiones liberadas durante el ciclo de vida de productos y organizaciones. Herramientas como GTAP (Global Trade Analysis Project) (Peters, 2008) o WIOD (World Input-Output Database) (Wiedmann et al, 2011) han sido utilizados con el fin de proporcionar datos para evaluar las emisiones de gases de efecto invernadero desde una perspectiva basada en el consumo, pero los datos son generalmente estáticos o limitados a ciertos sectores productivos.

Además, las negociaciones internacionales de cambio climático, basadas en las emisiones territoriales, no progresan significativamente. Entre otras cosas, algunos países como China sostienen que una proporción relevante de sus emisiones es responsabilidad de los consumidores del mundo desarrollado. Por ejemplo, en 2008, el 35% de las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a las importaciones del resto del mundo se originaron en China (Arto et al., 2012). Al evaluar las emisiones de GEI a través del enfoque basado en el consumo, la responsabilidad de las emisiones podría asignarse a los países importadores. En este sentido, hay un creciente interés en este tipo de enfoque, basado en el consumo en algunos países como el Reino Unido, que han realizado varios estudios para comparar datos de las emisiones de gases de efecto invernadero publicados en los inventarios nacionales, con las emisiones calculadas siguiendo el enfoque basado en el consumo (Cámara de los Comunes, 2012).

Con el objetivo de obtener datos precisos que podrían utilizarse posteriormente para evaluar las emisiones a través del enfoque basado en el consumo, las metodologías de huella de carbono aparecen como una posible solución. Estas metodologías tienen, como se ha señalado anteriormente, el objetivo de medir y cuantificar la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero liberadas durante el ciclo de vida de los

productos y de las organizaciones y, potencialmente, podrían aportar los datos pertinentes para evaluar las emisiones de gases de efecto invernadero desde el enfoque basado en el consumo. Ciertamente, las metodologías de huella de carbono siguen un enfoque completamente diferente en comparación con el inventario de emisiones generalmente basado en el criterio territorial; están basadas en una evaluación del ciclo de vida de las emisiones, las generadas en otros países en una fase anterior o posterior en la cadena de suministro de productos y organizaciones. Al análisis ya realizado de las metodologías de cálculo de huella de producto, se propone en este apartado, una evaluación unificada de las metodologías de huella de carbono de organización y metodologías de huella de carbono de producto, con el fin de evaluar si los datos requeridos por el enfoque basado en el consumo pueden ser proporcionados por estas metodologías.

Se presentan las emisiones según el criterio de consumo como un enfoque complementario al criterio de base territorial. La primera sección presenta enfoques basados en el enfoque territorial y en el enfoque consumo y presenta los principales desafíos asociados con la aplicación de metodologías de huella de carbono actuales bajo la perspectiva de análisis "basado en el consumo" de las emisiones de GEI. La segunda sección establece, a través de casos prácticos específicos, una comparación de enfoques basados en el consumo y territoriales para asignar las emisiones. La tercera sección analiza las consecuencias de establecer las políticas energéticas y de cambio climático a un enfoque u otro.

## **2. Metodologías de cálculo de huella de carbono de organización y de producto**

La principal diferencia entre los enfoques territorial y consumo, cuando se aplica a nivel nacional, es el tratamiento de las emisiones de GEI asociadas al comercio internacional. El enfoque basado en el consumo excluye las emisiones de GEI de los productos exportados e incluye las emisiones de GEI de productos importados siguiendo un enfoque de ciclo de vida, mientras que el enfoque territorial mide las emisiones que tienen lugar dentro de las fronteras de un país y sirve de base para la fijación de objetivos de reducción de emisiones, en consonancia con la Convención marco de Naciones Unidas sobre el cambio climático (UNFCCC) y el Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático (IPCC) y sus requerimientos de informes.

Por lo tanto, la responsabilidad de las emisiones de GEI asociadas con la fabricación de productos puede ser asignada según el territorio en que se emitieron o según donde se consuma el producto (Peters y Hertwich, 2007). Se ha observado una diferencia significativa en las opciones de mitigación al medir las emisiones de GEI siguiendo un enfoque basado en el consumo en comparación con el enfoque territorial.

Una de las principales críticas del enfoque territorial utilizado por la UNFCCC es el riesgo de fuga de carbono. Fuga de carbono implica el traslado de las emisiones de GEI de países con objetivos de reducción obligatoria a los países sin objetivos obligatorios (Peters, 2008). Esto es particularmente claro en ciertos sectores como la producción de cemento o de acero, sectores con un elevado consumo de energía, con compañías que reubican sus fábricas en países sin objetivos obligatorios de emisiones (Ghertner y Fripp, 2007).

En este sentido, la información sobre el ciclo de vida de los productos y servicios es útil y necesaria para aplicar el enfoque basado en el consumo. Con el objetivo de ver la aplicabilidad de este enfoque, hemos evaluado la potencial aplicación de las metodologías de huella de carbono para evaluar las emisiones de GEI siguiendo un enfoque basado en el consumo. Se presentan a continuación las principales fortalezas y debilidades de las metodologías actuales de huella de carbono desde esta perspectiva.

### **2.1. Metodologías de huella de carbono de organización**

Existen actualmente diferentes metodologías para evaluar una huella de carbono de una organización:

GHG Protocol (Protocolo de gases efecto invernadero), desarrollado por el Instituto de recursos mundiales (WRI, World Resources Institute) y el Consejo Empresarial Mundial sobre el desarrollo sostenible (WBCSD, World Business Council on Sustainable Development).

ISO14064, de la organización de estándares internacional ISO.

Bilan Carbone, metodología desarrollada por la agencia francesa del medio ambiente y gestión de la energía (ADEME) y ahora gestionado por la Asociación Bilan Carbone (ABC).

Herramientas de orientación DEFRA, publicadas por el departamento británico para el medio ambiente, alimentación y asuntos rurales (DEFRA, 2009), en gran parte basado en el protocolo de gases de efecto invernadero.

Estas metodologías podrían citarse como los principales enfoques metodológicos para calcular las emisiones de GEI de organizaciones. Proporcionan orientación a medida para cuantificar el Alcance 1 de emisiones (gases de efecto invernadero emitidos directamente en las instalaciones de la empresa) y Alcance 2 de emisiones (emisiones indirectas derivadas de la compra de electricidad). Los alcances 1 y 2 considerados por las metodologías de huella de carbono de organización no aportan información relevante para evaluar las emisiones de gases de efecto invernadero desde una perspectiva basada en el consumo, dado que incluyen las emisiones liberadas dentro de las fronteras de un país. Además, presentan dos debilidades principales: en primer lugar, los criterios que utilizan las metodologías para calcular la huella no son las

mismas (es decir, definición de los límites del sistema, uso de energía renovable, cambio de uso de la tierra) evitando la comparabilidad de los resultados (Chomkhamsri y Pelletier, 2012). En segundo lugar, estas metodologías no tratan con precisión una parte significativa de las emisiones indirectas derivadas de proveedores y clientes (alcance 3 de emisiones) a excepción del Protocolo de gases de efecto invernadero que ha sido actualizado recientemente con la publicación de un documento de orientación para evaluar las emisiones de gases de efecto invernadero en la cadena de valor empresarial (alcance 3) (GEI, 2012) pero limitado a ciertas actividades de upstream y downstream.

Las emisiones de alcance 3 siguen un enfoque de ACV (Análisis de Ciclo de Vida) o, en sus siglas en inglés, LCA (Life Cycle Assessment) que es muy relevante para obtener una imagen más completa de las emisiones de GEI. De hecho, las emisiones que ocurren aguas arriba (upstream) o aguas abajo (downstream) podrían agregar una parte significativa de la huella de carbono total de una empresa según el sector y tipo de producto fabricado o distribuido por la empresa. Las emisiones posteriores ocurren durante la fase de uso de determinados productos como teléfonos móviles, lavadoras o refrigeradores y las emisiones aguas arriba corresponden a la fabricación y logística de proveedores. Estas emisiones indirectas de gases de efecto invernadero (alcance 3) pueden, por lo tanto, ser especialmente relevantes en determinadas organizaciones y, en ningún caso, deben obviarse con el fin de obtener información rigurosa que podría ser útil para obtener una imagen completa de las emisiones totales de gases de efecto invernadero asociados con una determinada actividad.

Para poder utilizar las metodologías de huella de carbono de organización para preparar un inventario nacional basado en el enfoque de consumo de las emisiones, se deben considerar todas las emisiones alcance 3 pertinentes y deben evaluarse las emisiones upstream y downstream. Esto sólo es posible si los proveedores y los clientes proporcionan información de las emisiones liberadas durante las diferentes actividades de upstream que tienen lugar fuera de las fronteras del país analizado (es decir, combustible y energía utilizada en las actividades de upstream, el uso y tratamiento de fin de vida de productos vendidos, etc.). Por lo tanto, como el enfoque basado en el consumo intenta evaluar las emisiones de GEI liberadas durante el ciclo de vida de las organizaciones y productos, las metodologías de huella de carbono de organización podrían ser bastante útiles para evaluar la emisión de gases de efecto invernadero desde la perspectiva del consumo, únicamente si se miden las emisiones de alcance 3.

La Comisión Europea ha publicado recientemente, la guía para calcular la huella ambiental de organizaciones (OEF, Organization Environmental Footprint) (Manfredi, 2012) que ofrece gran detalle y precisión para evaluar la huella de carbono y otros impactos ambientales (como acidificación y eutrofización) de organizaciones, siguiendo un enfoque de ciclo de vida. Esta guía podría convertirse en obligatoria después de una fase piloto de tres años y podría ser muy valiosa para cuantificar las emisiones siguiendo un enfoque basado en el consumo. Actualmente se están desarrollando

metodologías específicas por sectores, llamadas PCR (Product Category Rules) o reglas de categoría de producto, de manera a obtener una guía exhaustiva para el cálculo de huellas ambientales, según el sector de actividad.

## 2.2. *Metodologías de huella de carbono de producto*

En cuanto a las metodologías de huella de carbono de producto, las principales metodologías utilizadas actualmente en todo el mundo después de largos procesos de revisión por pares, son:

- Protocolo de GEI para análisis del ciclo de vida, contabilidad y presentación de informes estándar para productos, desarrollado por el Instituto de recursos mundiales (WRI) y el Consejo Empresarial Mundial sobre el desarrollo sostenible (WBCSD) en 2008. Define cómo evaluar las emisiones de GEI de la cadena suministro a nivel de producto desde la extracción de materias primas hasta el fin de vida (GHG Protocol, 2012).
- PAS2050 (Public Available Specification, en sus siglas en inglés) (BSI, 2011), metodología publicada en 2008 por BSI (British Standards Institution) y actualizada en 2011, que establece una guía y recomendaciones para la evaluación de las emisiones de GEI de ciclo de vida de bienes y servicios.

No se ha tratado en el análisis la metodología ISO14067, al carecer de rango de norma y ser una guía de referencia así como por la escasa experiencia en la actualidad de utilización de esta metodología, publicada en el año 2013.

Estas metodologías proporcionan requisitos y directrices para llevar a cabo una evaluación de la huella de carbono de un producto o servicio, tras un análisis de ciclo de vida (Finkbeiner, 2009). Esto es muy relevante desde el punto de vista de la medición de emisiones desde una perspectiva basada en el consumo. El principal desafío asociado con este enfoque es, sin embargo, la obtención de información precisa y suficiente. De hecho, la calidad de los datos es crucial para asegurar que el análisis realmente refleja las emisiones reales y ofrece una evaluación fiable de las emisiones de GEI de los productos. Los datos primarios (datos reales) no siempre están disponibles y se utilizan datos secundarios (datos obtenidos de fuentes ajenas a la medición directa de las emisiones de procesos incluidos en el ciclo de vida del producto).

Una de las debilidades de las metodologías de huella de carbono de organización y de productos es que no incluyen una base de datos de factores de emisión. Esto añade mayor incertidumbre en los datos utilizados y aumenta el riesgo de inexactitud de los resultados. El desarrollo de una base de datos desde la cual todas las empresas o individuos pudieran obtener factores de emisión válidos es una de las propuestas de algunos países como Canadá o Francia, como una forma de proporcionar información



fiable, contribuye a la calidad de las huellas de carbono y facilita la labor de las empresas e individuos por reducir los costes del cálculo de huella de carbono, que pueden ser elevados, técnicamente complejos y extensos en el tiempo. Algunas iniciativas recientes podrían traer nuevas ideas para realizar cálculos rápidos de huella de carbono, a través de una estructura de datos uniforme, un análisis de incertidumbre recurrente y un modelo predictivo que genera factores de emisión estimados (Meinrenken et al, 2012).

En comparación con otras iniciativas como GTAP (Global Trade Analysis Project) o WIOD (World Input-Output Database) que proporcionan información a nivel macroeconómico, donde las emisiones de gases de efecto invernadero son sólo una de las salidas y los modelos utilizados son estáticos y limitados a determinados sectores, las metodologías de huella de carbono podrían proporcionar datos más precisos para evaluar las emisiones de GEI.

Aunque en este momento, las metodologías todavía no están totalmente preparadas para suministrar datos de emisiones coherentes al análisis de las emisiones de GEI basado en el consumo debido a las debilidades ya mencionadas (es decir, dificultad para obtener datos primarios, emisiones de alcance 3 no totalmente evaluadas), podrían ser una herramienta valiosa que podría aportar información relevante y más completa para medir las emisiones de GEI y proporcionar nuevas ideas sobre las políticas de mitigación orientadas a modificar la toma de decisiones por parte de los consumidores. Desarrollando en una mayor escala guías específicas por sector y reglas de categoría de producto (Carro y Heise, 2010), que proporcionen criterios muy precisos para determinar la huella de carbono de los productos, podría ser muy útil para elevar su utilidad.

En este sentido, como se ha señalado en el caso de metodologías de cálculo de huella de carbono de organización, la iniciativa de la Comisión Europea para poner en marcha la metodología de huella ambiental de organización (OEF) y la metodología de huella ambiental de producto (PEF), podría facilitar el uso de metodologías de huella de carbono para evaluar con mayor precisión las emisiones de GEI (Manfredi, 2012).

Estas guías se están contrastando mediante proyectos pilotos sectoriales durante los años 2014, 2015 y 2016.

### **3. Diferencias entre el criterio de medición de emisiones basado en el consumo y el criterio territorial**

Esta sección trata de explorar a través de diferentes ejemplos de países, cómo las emisiones de GEI medidas según el enfoque territorial y el enfoque de consumo difieren significativamente. Como ya se ha explicado anteriormente, basándose en el criterio de consumo las emisiones se atribuyen al país que utiliza el producto en lugar de al país que lo produce. La contabilidad basada en el consumo se considera como una herramienta más eficaz que el enfoque territorial de medición de las emisiones de GEI.

En definitiva, hace que los consumidores sean conscientes de los impactos de sus elecciones, de su estilo de vida y de sus pautas de consumo (Wiedmann, 2009). Por ejemplo, en 2004, un 23% de las emisiones de CO<sub>2</sub> se produjeron como consecuencia del comercio internacional, principalmente en las exportaciones de China y otros mercados emergentes a los consumidores en los países desarrollados (Davis y Caldeira, 2010). Por lo tanto, al evaluar las emisiones de GEI a través del enfoque basado en el consumo, la responsabilidad de las emisiones podría, al menos, distribuirse entre países exportadores y países importadores.

### 3.1. Ejemplos de emisiones medidas a nivel nacional

Los datos agregados la Unión Europea (EU-27), Reino Unido, China e India han sido elegidos para ilustrar la comparación entre los enfoques basados en consumo y territorial. Como se muestra en la Fig.3.1, que compara las emisiones de GEI basadas en el consumo en el Reino Unido con las emisiones de GEI territoriales desde 1990 a 2008, el aumento de las emisiones de GEI de Reino Unido, desde una perspectiva basada en el consumo, en este periodo es casi 200 Mt de CO<sub>2</sub>e, mientras que el enfoque territorial muestra una disminución de 100 mt de CO<sub>2</sub>e.

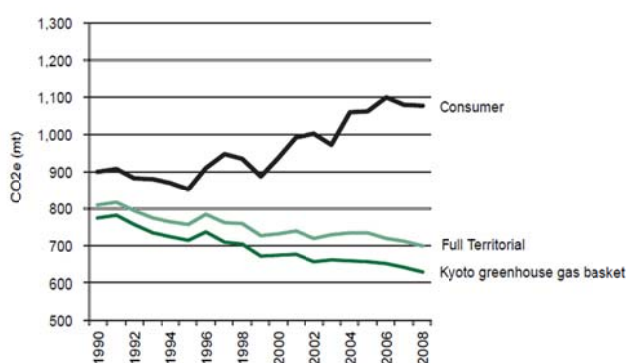


Fig.3.1 Comparación de las emisiones de Reino Unido basadas en el enfoque de consumo con las emisiones de GEI territoriales desde 1990 hasta 2008. Centro de investigación energética de Reino Unido (UKERC).

La omisión en la divulgación de las emisiones de gases de efecto invernadero de GEI de las emisiones embebidas en bienes y servicios importados del extranjero distorsiona claramente las evaluaciones actuales de la huella de carbono de Reino Unido (Edgar y Peters, 2009). La reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en el Reino Unido fueron explicadas principalmente por la sustitución de las plantas de carbón por plantas de ciclo combinado de gas (CCGT, Combined Cycle Gas Turbine) en la década de 1990 (Helm et al, 2007). Estas reducciones de las emisiones de gases de efecto invernadero no fueron explicadas por una política de cambio climático explícita, sino por una política energética; las emisiones de dióxido de carbono embebidas en las

importaciones se duplicaron y las emisiones relacionadas con el consumo de bienes y servicios producidos en el Reino Unido disminuyeron un 10%. Defra (Departamento para el medio ambiente, alimentación y asuntos rurales de Reino Unido). Esto indica que la huella de carbono de Reino Unido, utilizando el enfoque basado en el consumo, aumentó un 12% entre 1990 y 2009 (Defra, 2012).

En el caso del Reino Unido, las autoridades locales han utilizado la evaluación de las emisiones basadas en el consumo para explicar a los ciudadanos cómo sus hábitos de consumo están conectados con las emisiones de gases de efecto invernadero y ha permitido generar nuevas opciones políticas dirigidas a modificar ciertos comportamientos de consumo (Carbon Trust, 2011).

En todos los Estados miembros de UE-27, durante el periodo 1995-2008, las emisiones de GEI embebidas en las importaciones aumentaron principalmente impulsadas por el Reino Unido (+168 Mt CO<sub>2</sub>e), España (143 Mt CO<sub>2</sub>e), Francia (+116 Mt CO<sub>2</sub>e), Italia (+ 94 Mt CO<sub>2</sub>e) y Alemania (+ 86 Mt CO<sub>2</sub>e), según Arto (2012). Dentro de la UE-27, en 2008 Alemania fue el país con el mayor nivel de gases de efecto invernadero embebido en las importaciones (645 Mt CO<sub>2</sub>e), seguidas por el Reino Unido (422 Mt CO<sub>2</sub>e), Francia (392 Mt CO<sub>2</sub>e), Italia (345 Mt CO<sub>2</sub>e) y España (270 Mt CO<sub>2</sub>e).

Como se indica en la Fig.3.2, los resultados varían significativamente al utilizar el enfoque basado en el consumo en comparación con el enfoque territorial, siendo China el principal exportador de emisiones de gases de efecto invernadero, seguida por el resto del mundo (todos los países excepción de la UE-27, Brasil, China, India, Japón, Rusia y Estados Unidos).

En 2008, el 35% de gases de efecto invernadero embebidos en las importaciones del resto del mundo se originaron en China, 22% en el resto del mundo, 14% en la UE-27 y 12% en Estados Unidos (Arto et al, 2012). Un 58% de los gases de efecto invernadero embebidos en las importaciones estadounidenses provino de China.

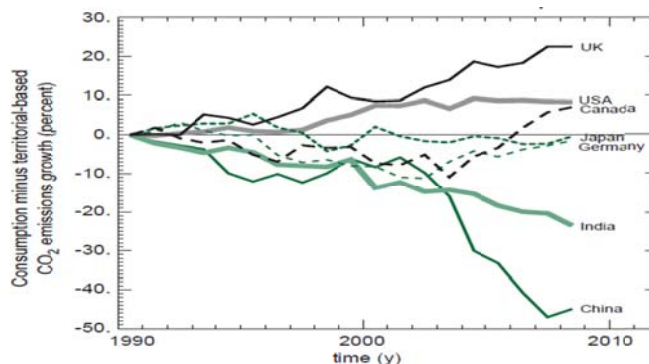


Fig.3.2 Diferencia entre criterio de consumo y territorial en el crecimiento de las emisiones de CO<sub>2</sub> de 1990 a 2010. Centro de investigación energética de Reino Unido (UKERC).

Por lo tanto, cuando se comparan las emisiones de GEI desde una perspectiva basada en el consumo, países como China o India muestran importantes reducciones en sus emisiones y países como el Reino Unido, Estados Unidos y Canadá deben reportar emisiones de gases de efecto invernadero adicionales.

En 2010, Brinkley et al informaron que desde una perspectiva basada en el consumo, los seis mayores miembros de la UE (EU-6, que representan el 82,5% de las emisiones de la UE-15), han aumentado sus emisiones en un 47% desde 1990. En 2004, los países de la UE-15 se comprometieron a reducir las emisiones totales de carbono en un 8% respecto a los niveles de 1990 durante el período 2008-2012, bajo el Protocolo de Kyoto. Las opciones de mitigación, como se analiza en la sección siguiente, son completamente diferentes al aplicar el enfoque basado en el consumo para cuantificar las emisiones de GEI y demuestra que los esfuerzos de descarbonización interna no abordan las emisiones importadas de terceros países.

### 3.2. *Ejemplos de emisiones de productos específicos*

Con el fin de comparar las emisiones de GEI en un producto específico desde una perspectiva territorial y desde la perspectiva basada en el consumo, hemos observado las emisiones generadas en la exploración y producción de combustibles en España utilizando el petróleo o productos derivados importados. El informe de inventario de emisiones habituales considera las emisiones generadas en el proceso de refinación en España, pero al evaluar las emisiones de gases de efecto invernadero basándonos en el consumo, deben incluirse igualmente la exploración y transporte del petróleo. Es necesario, por lo tanto, incluir dos variables adicionales: energía para extraer el crudo o derivados del crudo y el transporte por barco desde el puerto o el origen hasta el puerto de destino. Utilizando factores de emisión del informe "desempeño ambiental en la industria del Petróleo de la OGP (Asociación Internacional de Productores de Oil & Gas) (OGP, 2011) y aplicado a datos reales del sector, como se muestra en la figura 3, las emisiones de GEI correspondiente al proceso de refinación en España representan el 62% del total de emisiones, el transporte un 5% y la exploración un 33%.

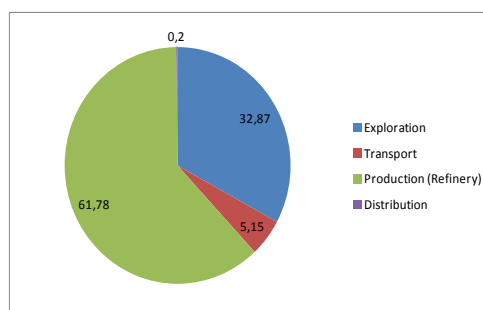


Fig.3.3 Emisiones de GEI liberadas durante el ciclo de vida del combustible producido a partir de petróleo importado a España. Datos de 2010. Elaboración propia

Basándonos en estos resultados, el enfoque territorial sólo consideraría las emisiones generadas en la refinería y durante el proceso de distribución que tienen lugar en España, que representan el 67% del total de emisiones liberada durante el ciclo de vida del combustible. Pero si se aplica el enfoque basado en el consumo, adicionalmente habría que incluir del 33% de las emisiones liberadas fuera de España (principalmente las emisiones liberadas en actividades de exploración y transporte) correspondiente al ciclo de vida del combustible. Por lo tanto, si se miden las emisiones de GEI cuantificando únicamente las emisiones liberadas en España, se plantean dos problemas. En primer lugar, las emisiones que tienen lugar durante la fase de exploración se asignan al país de origen y no consideran que el combustible se consume posteriormente en España. En segundo lugar, las políticas de reducción de emisiones que España podía contemplar sin tener en cuenta las emisiones de aguas arriba son incompletas.

Considerar la totalidad de las emisiones asociadas al petróleo (incluida la quema del combustible) es necesario para poder comprobar el impacto real sobre el inventario de emisiones españolas del efecto de incluir o no las emisiones que se producen fuera del país.

También hemos comparado las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por una central térmica de carbón y por una central de ciclo combinado que utiliza GNL (Gas Natural Licuado) para la generación de electricidad en España. Al observar las emisiones emitidas para generar electricidad, una planta de carbón tiene un factor de emisión promedio de 0,96 KgCO<sub>2</sub>/KWh y una planta de gas de ciclo combinado (CCGT) de 0,36 KgCO<sub>2</sub>/KWh. Pero ¿qué ocurriría si hacemos un seguimiento de las emisiones generadas tras una evaluación del ciclo de vida, es decir, de su huella de carbono?

La huella de carbono total del GNL, que incluye las emisiones que tienen lugar durante la producción, procesamiento, licuefacción, transporte, regasificación y generación de la electricidad es mucho mayor si se tienen en cuenta todas las fases del ciclo de vida (Jaramillo, 2007). Como se muestra en la Fig.3.4, cuando se comparan carbón y GNL para la generación de electricidad, si sólo se consideran las emisiones de GEI en la planta de generación, el GNL parece mucho mejor en términos de emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, al evaluar el ciclo de vida de ambos combustibles permite considerar que los beneficios del GNL sobre carbón, desde la perspectiva de las emisiones de gases de efecto invernadero, no son tan significativos como se muestra en el enfoque territorial.

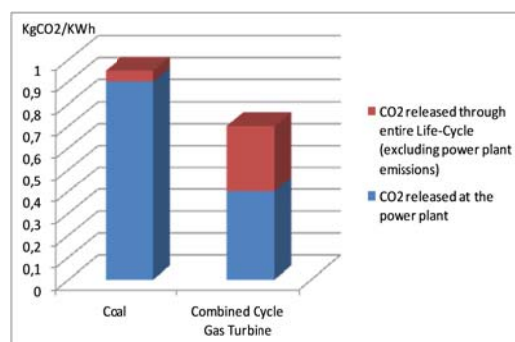


Fig.3.4 Comparación de los GEI liberados durante el ciclo de vida del carbón y del GNL para la generación de electricidad. Elaboración propia

Dependiendo de la eficiencia de la planta y del modo de funcionamiento, las emisiones de gases de efecto invernadero de una planta promedio de carbón vegetal en Europa se sitúan entre 0,90-1 KgCO<sub>2</sub>/KWh, si solamente se consideran las emisiones de la planta. Sin embargo, cuando se agregan las emisiones acumuladas que se liberan durante el ciclo de vida del carbón, las emisiones totales lanzado oscilan aproximadamente entre 0,95-1,25 KgCO<sub>2</sub>/KWh (Weisser, 2007). Esto demuestra que las emisiones se liberan principalmente en la planta de generación de energía eléctrica y que las emisiones del ciclo de vida no añaden una cantidad significativa a las emisiones de GEI.

Al evaluar las emisiones de GEI liberadas por una central de gas de ciclo combinado, las emisiones de GEI en la planta de generación de energía eléctrica son en promedio de 0,40 KgCO<sub>2</sub>/KWh y si se miden las emisiones totales, 0,70 KgCO<sub>2</sub>/KWh, dado que las emisiones adicionales ocurren durante las fases de extracción, transporte, licuefacción y regasificación del GNL. Desde una perspectiva de base territorial, la sustitución de carbón por GNL indicaría una reducción de las emisiones de 0,5 KgCO<sub>2</sub>/KWh pero si nos basamos en el criterio de consumo se aplica y se consideran las emisiones a través de todo el ciclo de vida del GNL, se obtienen adicionalmente 0,25 KgCO<sub>2</sub>/KWh, resultando en una reducción de las emisiones totales de 0,25 KgCO<sub>2</sub>/KWh, es decir, la mitad de las registradas en los inventarios nacionales de reducción de emisiones.

Este análisis de ciclo de vida presentado aquí indica la existencia de emisiones significativas en las fases de upstream que surgen fuera de los límites de los programas nacionales de mitigación de gases de efecto invernadero. En consecuencia, la generación de electricidad en un país puede ocasionar importantes emisiones de GEI aparecidas en otro país. Se analizan las consecuencias en las estrategias de mitigación en la siguiente sección.

#### **4. Consecuencias sobre las estrategias de mitigación**

Una de las principales críticas al enfoque territorial es el riesgo de fuga de carbono (deslocalización de la producción) y el desplazamiento asociado de las emisiones a través de las importaciones, procedentes de países con objetivos de reducción obligatorios a los países sin objetivos obligatorios. Algunas medidas para reducir el posible impacto de las diferentes políticas entre los países podrían ser un ajuste en la frontera, a través de impuestos sobre el carbono de los productos procedentes de otros países o mediante estándares de producción ambiental más laxos, o en forma de compra de derechos de emisión (por ejemplo el sistema europeo de comercio de emisiones (European Trading Scheme EU-ETS). La medición de emisiones basada en el consumo, como se propone en las metodologías de huella de carbono, son un tipo de "ajuste en frontera" (pero no en la forma de impuesto), dónde, por definición, la cadena completa de emisiones está asociada a los productos importados (Peters, 2008). Sin embargo, implementar un ajuste del impuesto en frontera no está exento de dificultades significativas, tanto legales como de otra índole y podría ser visto como proteccionismo por los países en desarrollo.

Por lo tanto, el enfoque de medir las emisiones basado en el consumo podría evitar las dificultades derivadas de la aplicación del enfoque territorial, bajo la condición de que todos los países aceptaran utilizar las emisiones basadas en el consumo para la realización de los inventarios, asignando las emisiones de gases de efecto invernadero al país que consume el producto.

Dos desafíos adicionales requieren más atención antes de considerar el enfoque de consumo en lugar de los enfoques habituales e implantados a nivel nacional y multiregional.

Un primer desafío para elaborar los inventarios basados en el consumo, claramente útil en la definición de las estrategias de mitigación, es la soberanía de las políticas nacionales. En otras palabras, la autoridad de los gobiernos se limita al territorio nacional, por lo que los incentivos a la mitigación de las emisiones en el territorio nacional se mantienen en el área donde las políticas climáticas nacionales pueden ser más poderosas, cuando se requieren reducciones obligatorias. En efecto, mientras que la huella de carbono podría ser una herramienta relevante para promover cambios en los patrones de consumo y tomar determinadas acciones a través de las cadenas de suministro de negocio, los países tienen una capacidad limitada para influir en la intensidad de carbono de otros países.

En contraste, los países tienen plena autonomía sobre las emisiones nacionales y, por lo tanto, sobre las opciones de mitigación en su propio territorio. Además, cambios en las preferencias del consumidor por los productos importados con menor huella de carbono pueden tener impactos positivos en las emisiones globales, pero permanecen invisibles en los inventarios que actualmente se basan en las emisiones territoriales y, por lo tanto, no contribuirían a cumplir los objetivos de emisiones nacionales.

Un segundo desafío se asocia a la mayor complejidad del cálculo de emisiones basado en el criterio de consumo, especialmente a nivel nacional. Cuando se aplica en un contexto de modelado, generalmente se realiza la contabilidad de emisiones basándose en el consumo, mejorando así el análisis input-output, y extendiendo las aplicaciones globales en los modelos multi-regionales-input-output (MRIO) con el fin de tener en cuenta las cadenas de suministro de todas las empresas (Peters, 2008, Wiedmann, 2009). Sin embargo, los coeficientes utilizados en estos enfoques son generalmente estáticos y limitados, haciendo estos análisis útiles para la contabilidad *ex post* de las emisiones, pero no es apropiado *a priori* en análisis predictivos, donde los cambios en la estructura de los patrones de producción y consumo pueden cambiar por la aparición de nuevas tecnologías, nuevos procesos de producción, nuevos bienes de consumo, así como nuevos comportamientos de consumo, teniendo todos ellos un potencial impacto en la estructura de los flujos comerciales y en las emisiones totales de gases de efecto invernadero. Aunque no es objeto de este artículo, podría ser una futura línea de investigación medir las emisiones de GEI en diferentes escenarios basados en nuevas tecnologías, nuevos procesos de producción y nuevos comportamientos de consumo.

Igualmente, las estrategias de reducción de emisiones de GEI basadas en la evaluación de los modelos de emisiones de GEI territoriales, como modelos energéticos, representan cambios futuros en la estructura de producción. Ambos enfoques (el territorial y el basado en el consumo) podrían ser, por tanto, complementarios y vinculados a obtener una imagen más completa de las emisiones de GEI. Las políticas energéticas adoptadas en algunos países habrían sido diferentes si las emisiones de GEI hubieran sido evaluadas siguiendo el enfoque del consumo, surgiendo emisiones adicionales al considerar las emisiones liberadas durante la cadena de suministro de productos. En este sentido, algunas políticas energéticas seguidas por el Reino Unido o España, que se centraron en aumentar la cuota de ciclos combinados de gas en el mix de generación de electricidad, podrían ser discutidas desde una perspectiva de reducción de emisiones, dado que las emisiones totales generadas durante el ciclo de vida del carbón respecto al GNL no son tan significativas como se como se demuestra en el enfoque territorial. Obviamente, algunas otras variables deben tenerse en cuenta como la disponibilidad nacional de los recursos o la eficiencia de las centrales de generación energía eléctrica (energía obtenida por cada unidad de combustible), pero desde una perspectiva climática, ¿sería lógico construir infraestructuras de regasificación caras si las emisiones totales de GNL no son significativamente más bajas en comparación con las de las centrales térmicas de carbón?

Además, desde el punto de vista de la demanda, incentivando a los consumidores a adquirir productos con una menor huella podría también contribuir a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de estos países, al medir las emisiones de gases de efecto invernadero desde una perspectiva basada en el consumo. El reto será saber cómo modificar las preferencias de los consumidores, ofreciendo la información en el etiquetado (etiqueta que indica la cantidad de gases de efecto invernadero



liberadas en el ciclo de vida del producto), y analizando si los productos son sustitutivos (basado en una huella similar, el consumidor podría cambiar sus preferencias) y son productos no sustitutivos (por ejemplo, smartphones) o si quizás, la única señal válida es la del ahorro económico (en productos en los que la mayor parte de las emisiones se concentra en la fase de uso). En el Reino Unido, Carbon Trust (Carbon Trust, 2007) ha emprendido varias iniciativas para etiquetar productos que demuestran que el 67% de los consumidores son más propensos a comprar un producto con una huella de carbono baja. Además, la pregunta sería si la industria local, por lo tanto, podría verse incentivada para innovar y si sería capaz de suministrar estos productos localmente.

## 5. Conclusiones

Generalmente los enfoques territoriales que se centran en medir las emisiones de gases de efecto invernadero que tienen lugar dentro de las fronteras de un país, no toman en cuenta la información proporcionada por la evaluación del ciclo de vida y, por lo tanto, no dan ninguna señal a los consumidores o a los responsables políticos para motivar una rápida transición hacia una economía baja en carbono con productos de menor huella de carbono. En cambio, el enfoque basado en el consumo incluye información relevante que podría ayudar en la toma de decisiones tanto a decisores políticos como a los consumidores, ayudándoles a ser conscientes de las consecuencias de sus políticas y preferencias, respectivamente. Algunos países como el Reino Unido han intentado aplicar la huella de carbono a nivel país, de una manera exploratoria por ahora; como promedio, se observan discrepancias significativas por encima del 20%, al comparar las emisiones de gases de efecto invernadero desde un enfoque territorial con los resultados obtenidos después de aplicar una perspectiva basada en el consumo.

En lo que respecta a las metodologías de huella de carbono, podrían ser útiles para calcular las emisiones de GEI de las organizaciones si se evalúan las emisiones de alcance 3, es decir aquellas emisiones indirectas que tienen lugar aguas arriba y aguas abajo y que son muy relevantes para algunos procesos y sectores. Aunque la huella de carbono es una poderosa herramienta que puede contribuir a agregar valor a las organizaciones que la calculan y contribuir a crear patrones de consumo de baja emisión de carbono, los retos políticos y metodológicos asociados a su implementación, especialmente en un contexto prospectivo, hacen que la huella de carbono aún no sea una herramienta adecuada para ser usada para calcular los inventarios nacionales de emisiones.

Como se ha demostrado anteriormente mediante ejemplos, el enfoque basado en el consumo podría aportar información relevante y más completa al enfoque territorial para medir las emisiones de GEI y proporcionar conocimientos sobre las políticas de mitigación. En este sentido, algunas políticas de energía, seguidas por el Reino Unido o España que se han centrado en aumentar la cuota de los ciclos combinados de gas en el

mix de generación de electricidad, podrían ser controvertidas desde una perspectiva de reducción de emisiones. En el caso analizado en este artículo del carbón y del GNL para la generación de electricidad en España, las emisiones difieren significativamente si se mide siguiendo un enfoque de ciclo de vida, en comparación con el enfoque habitual territorial. Las políticas energéticas y climáticas podrían haber sido diferentes si el enfoque basado en el consumo se hubiera aplicado, siendo las emisiones liberadas por el GNL durante su ciclo de vida significativamente más elevadas.

En materia de política internacional sobre el cambio climático, un nuevo enfoque puede incentivar la participación en un acuerdo internacional de algunos países como China, cuyas emisiones asociadas a sus exportaciones representan un alto porcentaje del total de su emisiones. Sin embargo, quedan algunos desafíos abiertos.

El primer desafío es saber si se podrían modificar las preferencias de los consumidores basándose en información sobre la huella de carbono de los productos en el etiquetado, evaluar qué productos puede ser fácilmente sustituidos por otros y qué productos no son sustitutivos. Esto podría ofrecer incentivos adicionales a la industria local para innovar y ser capaces de suministrar estos productos localmente.

El segundo reto es cómo ofrecer incentivos para la mitigación de las emisiones en territorio nacional que permanecen en el ámbito de las políticas climáticas nacionales, teniendo en cuenta que los países tienen una capacidad limitada para influir en la intensidad de carbono de otros países. Incentivos a la mitigación de las emisiones en el territorio nacional se mantienen en el ámbito donde las políticas climáticas nacionales pueden ser más poderosas cuando se requieren reducciones obligatorias.

El tercer desafío, como se muestra en este artículo a través de los ejemplos del carbón y del GNL para la generación de energía eléctrica, es que el consumo de un producto específico en un país puede generar importantes emisiones de GEI en otro país. Los resultados del análisis de ciclo de vida de carbón y del GNL para la generación de electricidad indican la existencia de importantes emisiones aguas arriba que surgen fuera de las fronteras de un país. En consecuencia, sería conveniente desarrollar el enfoque basado en el consumo como una herramienta complementaria al esquema territorial basado en el inventario, con el fin de explicar las emisiones de gases de efecto invernadero a través de la cadena de suministro completa y obtener una imagen más clara de las emisiones de GEI. Esto generaría políticas energéticas y de cambio climático más eficaces.

Una futura línea de investigación podría basarse en aplicar criterios de medición de emisiones basados en el consumo para medir las emisiones de GEI de las diferentes tecnologías de generación eléctrica en España y la evaluación del ciclo de vida. Se podrían evaluar las emisiones totales de gases de efecto invernadero liberadas durante el ciclo de vida de plantas de ciclo combinado, carbón, centrales nucleares, centrales hidráulicas y tecnologías renovables permitiendo políticas coherentes de energía y clima.

## 6. Bibliografía

ARTO, Iñaki, GENTY, Aurélien, RUEDA-CANTUCHE José Manuel, VILLANUEVA Alejandro y ANDREONI Valeria. (2012). Global Resources Use and Pollution, Volume 1 /Production, Consumption and Trade (1995-2008). Joint Research Centre.

BRINKLEY Andrew, LESS Simon. (2010). Consumption-based accounting for international carbon emissions. Policy Exchange. Research Note. <http://www.policyexchange.org.uk/images/publications/carbon%20omissions%20-%20oct%2010.pdf>

BSI. (2011). PAS 2050 (Publicly Available Specification). Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services. British Standards Institution, 45 p. <http://shop.bsigroup.com/upload/Shop/Download/PAS/PAS2050.pdf>

CARRO Aaron & HEISE Gernot. (2010). An Analysis of Power Consumption in a Smartphone, USENIX Annual Technical Conference.

Carbon Trust. (2007). The Carbon Trust Advisory Services. <http://www.carbontrust.com/media/84928/ctc744-product-carbon-footprinting-the-new-business-opportunity.pdf>

Carbon Trust. (2011). The Carbon Trust Advisory Services. Available from: <http://www.carbontrust.com>

CHOMKHAMRSRI, K. and PELLETIER, N. (2012). Analysis of Existing Environmental Footprint Methodologies for Products and Organisations: Recommendations, Rationale, and Alignment. European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, Italy, 61 pages.

DAVIS S.J. and CALDEIRA, K. (2010). Consumption-based accounting of CO<sub>2</sub> emissions. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS), Vol. 107, No. 12, pp. 5687–5692

- DEFRA. (2012). UK's Carbon Footprint 1990–2009, Statistical Release. <http://www.defra.gov.uk/statistics/environment/green-economy/scptb01-ems/>
- DEFRA. (2009). Guidance tools. [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/69282/pb13309-ghg-guidance-0909011.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/69282/pb13309-ghg-guidance-0909011.pdf)
- FINKBEINER Matthias. (2009). Carbon footprinting—opportunities and threats. *International Journal of Life Cycle Assessment*.
- GHERTNER, D.A., FRIPP, M. (2007). Trading away damage: quantifying environmental leakage through consumption-based, life-cycle analysis. *Ecological Economics* 63 (2–3), 563–577. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.12.010>.
- GHG Protocol. (2012). WRI and WBSCD. Product Accounting & Reporting Standard. World Resources Institute, Washington, DC and World Business Council for Sustainable Development, Geneva. Standards available at: <http://www.ghgprotocol.org/standards>
- GHG. (2012). WRI and WBSCD. Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard. Available from: <http://www.ghgprotocol.org/standards>
- HELM, D.R, et al. (2007). Too Good To be True? The UK's Climate Change Record.
- HERTWICH Edgar G. and PETERS Glen. (2009). Carbon Footprint of Nations. A global, Trade Linked Analysis. *Environmental Science and Technology*, American Chemical Society. Vol. 43. No16, 2009
- HOUSE OF COMMONS. (2012). Consumption-Based Emissions Reporting. Twelfth Report of Session 2010–12. Volume I: Report, together with formal minutes, oral and written evidence. Energy and Climate Change Committee, HC 1646, London, 144 pages.
- JARAMILLO Paulina. (2007). A Life Cycle Comparison of Coal and Natural Gas for Electricity Generation and the Production of Transportation Fuels. Carnegie Mellon University Pittsburgh, Pennsylvania, [http://wpweb2.tepper.cmu.edu/ceic/theses/Paulina\\_Jaramillo\\_PhD\\_Thesis.pdf](http://wpweb2.tepper.cmu.edu/ceic/theses/Paulina_Jaramillo_PhD_Thesis.pdf)

- MANFREDI S., ALLACKER K., CHOMKHAMRSRI K., PELLETIER N. and MAIA DE SOUZA. (2012). Product Environmental Footprint (PEF) Guide. European Commission - Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, Italy, 160 p.
- MEINRENKEN Christoph J., KAUFMAN SCOTT M., RAMESH Siddharth, and LACKNER Klaus S. (2012). Fast carbon footprinting for large product portfolios. *Journal of Industrial Ecology*.
- OGP, International Association of Oil and Gas Producers. (2011). Environmental Performance in the E&P Industry. 2010 data. Report No. 466. 50 p.
- PETERS, Glen y HERTWICH Edgar G. (2007). CO<sub>2</sub> Embedded in International Trade with Implications for Global Climate Policy. Industrial Ecology Programme, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), NO-7491 Trondheim, Norway.
- PETERS, G. (2008). From production-based to consumption-based national emission inventories. *Ecological Economics*, 65, pp.13-23.
- WEISSER Daniel (2007). A guide to life-cycle greenhouse gas (GHG) emissions from electric supply technologies. International Atomic Energy Agency (IAEA). Available from: [www.iaea.org](http://www.iaea.org).
- WIEDMANN T. (2009). A review of recent multi-region input-output models used for consumption-based emission and resource accounting. *Ecological Economics*, Volume 69, Issue 2, 15 pp. 211–222.
- WIEDMANN, T., WILTING, H.C., LENZEN, M., LUTTER, S. and PALM, V. (2011). Quo Vadis MRIO? Methodological, data and institutional requirements for multi-region input-output analysis. *Ecological Economics* 70 (11): 1937-1975.