

# CAMBIO CLIMÁTICO, TECNOLOGÍAS Y POLÍTICAS: AMPLIANDO LA PERSPECTIVA<sup>1</sup>

Jordi Roca Jusmet<sup>2</sup>

Universidad de Barcelona

En esta intervención hablaré de emisiones de carbono, un tema particularmente relevante dado que el calentamiento global es probablemente la mayor amenaza a la que se enfrenta la humanidad actualmente.

Además, el tema es particularmente apropiado en una escuela de verano en la que se hablará de ciudades y de innovaciones tecnológica. Más de la mitad de la población mundial vive actualmente en áreas urbanas y las ciudades son responsables, directa o indirectamente, de la mayor parte de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero. Por lo que se refiere a las innovaciones tecnológicas mucha gente piensa que la tecnología es la gran solución al cambio climático.

La idea principal de mi presentación es que el análisis del impacto de las políticas tecnológicas y de otras políticas en las emisiones de carbono suele adoptar una perspectiva muy limitada. Argumentaré que necesitamos una perspectiva mucho más completa, considerando no solo los efectos sobre un sector económico y sobre un determinado territorio sino también los efectos sobre los otros sectores económicos y los diferentes territorios.

En la primera parte de mi intervención, utilizaré tres ejemplos relacionados con el sector del transporte. El primero es el complejo efecto final sobre la demanda energética de la mejora en la eficiencia energética de los coches; para ello introduciré un importante concepto para la economía de la energía, el llamado "efecto rebote". El segundo caso que analizaré es el potencial impacto en las emisiones de carbono de la política de sustitución de coches convencionales por eléctricos. En tercer lugar, haré algunos comentarios sobre el concepto "turismo sostenible" teniendo en cuenta las emisiones de los desplazamiento hacia y desde los destinos turísticos.

<sup>1</sup> Este es el texto traducido y revisado de la intervención sobre *Climate change, economy and technologies: extending the perspective* impartida por invitación del proyecto *European Network on Energy Transition in Electricity* en la *International Summer School sobre Smart grids and Smart cities* realizada en Barcelona, 6-8 junio 2017.

<sup>2</sup> [jordiroca@ub.edu](mailto:jordiroca@ub.edu)

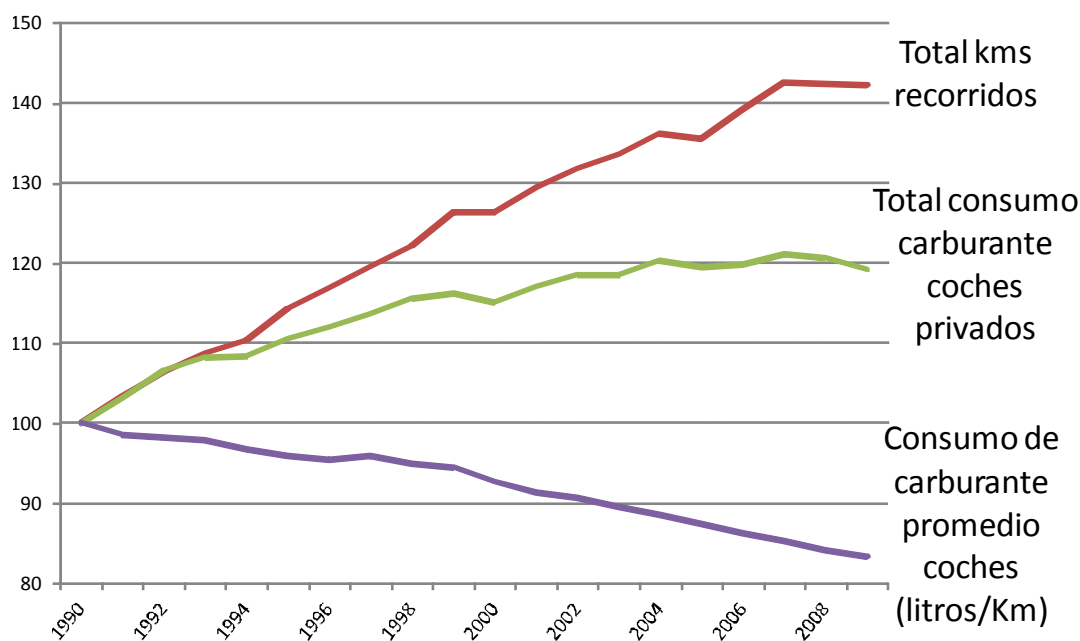
En la segunda parte de la exposición, presentaré la importante distinción entre las emisiones de carbono en un territorio (sea un país, región o ciudad) y la huella de carbono de los residentes en dicho territorio. La distinción es muy importante porque los dos indicadores ofrecen perspectivas muy diferentes sobre la distribución de las responsabilidades de las poblaciones en las emisiones globales de carbono.

Empezaré con los efectos de la mejora en la eficiencia en el uso de combustible de los coches, que es una de las principales políticas energéticas y respecto al cambio climático en el sector del transporte por carretera.

La primera observación empírica es que el aumento de la eficiencia energética frecuentemente ha sido compatible con más uso total de combustible debido a una mayor movilidad.

Como ejemplo, en el gráfico 1 podemos ver los datos para el caso de la Unión Europea de 1990 a 2009 (gráfico 1). Puede verse que hubo una significativa reducción en el uso de combustible medido en litros por km lo que se explica sobre todo por la mejora técnica,<sup>3</sup> pero al mismo tiempo el total de kilómetros recorridos por los automóviles aumentó mucho más y el consumo total de combustible aumentó entorno al 20%.

**Gráfico 1. Uso de combustible por los automóviles en la Unión Europea, 1990-2009**  
**Números índice: Base 1990 = 100**



Fuente: European Environment Agency, "Developments in fuel efficiency of an average car alongside trends in private car, ownership and GHG emissions", <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/developments-in-fuel-efficiency-of>

La mayor o menor movilidad en transporte privado depende obviamente de muchos factores como son los niveles de renta, el precio del combustible, el precio, fiabilidad y comodidad del transporte público, los estilos de vida, los modelos de ocupación del territorio, la publicidad... Pero lo que quiero enfatizar es que uno de estos factores es la *propia eficiencia energética* de los coches. A medida que ésta aumenta

<sup>3</sup> En realidad, la cantidad de combustible por km depende no solo de la mejora técnica sino también del tipo de combustible (por ejemplo, diésel versus gasolina) y de otras características del vehículo (por ejemplo, un mayor peso o prestaciones de un vehículo comportará un mayor uso de combustible a igualdad de circunstancias técnicas).

tiende a disminuir el coste de desplazarse en coche y la movilidad tiende a crecer. En economía de la energía esto se conoce como *efecto rebote* o más precisamente como efecto rebote directo.

Por tanto, una mayor eficiencia en la conversión de combustible en movimiento tiene dos efectos que actúan en dirección opuesta. Por un lado, el combustible usado para viajar la misma distancia disminuye. Por otro lado, el número de kilómetros recorridos tiende a aumentar porque desplazarse en coche es más barato. En consecuencia, el resultado total de la mejora de la eficiencia en el ahorro de combustible será menor de lo normalmente esperado e incluso, en algunos casos extremos, el uso de combustible podría aumentar como consecuencia de la propia mejora en la eficiencia.

Pero las cosas son aún más complejas. Si se gasta menos dinero en combustible para los coches, como será lo habitual cuando mejora la eficiencia, habrá más dinero disponible para gastar en otros bienes y servicios y ello implicará más uso de energía (y más emisiones de carbono) para proporcionar estos bienes y servicios adicionales. Este efecto de rebote indirecto –a veces denominado efecto rebote del gasto– será más o menos importante dependiendo de hacia qué bienes y servicios se orienten los gastos adicionales de los consumidores: no es lo mismo si se gasta en cursos de inglés o en conciertos que en viajar a la otra punta del mundo.

Por lo tanto, el efecto total de una mejora en la eficiencia energética es complejo e incluso podría conducir a un mayor uso de energía (y de emisiones de carbono). Esta última posibilidad se ha denominado la paradoja de Jevons porque ya hace más de 150 años, el economista inglés Stanley Jevons en su libro *The Coal Question* (1865), escribió: *"It is wholly a confusion of ideas to suppose that the economical use of fuel is equivalent to a diminished consumption. The very contrary is the truth."*

¿Cuáles son las implicaciones para la política sobre cambio climático?

Las políticas centradas en la promoción de la eficiencia energética tienen un papel potencialmente muy importante en la reducción de las emisiones de carbono, pero es muy importante tener en cuenta los potenciales efectos rebote y combinar estas políticas con otras políticas como pueden ser los impuestos sobre el carbono, la promoción del transporte público y otras vías para fomentar un menor desplazamiento en transporte privado motorizado.

Vayamos ahora al segundo ejemplo, el de los efectos de las políticas de sustitución de coches convencionales por coches eléctricos.

Los coches eléctricos tienen –comparado con los que usan derivados del petróleo– indudables beneficios ambientales en términos de contaminación local y salud de la población especialmente en las zonas urbanas densas. El problema no es en absoluto menor en la mayoría de ciudades del mundo y es lógicamente prioritario para muchas administraciones locales.

Pero aquí estamos hablando de emisiones de carbono y en este terreno el balance de la sustitución es mucho más complejo ya que depende de las emisiones totales del ciclo de vida de los coches, de lo que se ha denominado "de la cuna a la tumba". Deben tenerse en cuenta las emisiones vinculadas a la extracción de materias primas; las emisiones para fabricar los automóviles y sus componentes (por ejemplo, las baterías de los coches eléctricos); las emisiones ligadas al transporte de los automóviles hasta los puntos de venta (quizás desde otros países); las emisiones vinculadas a la extracción y uso del combustible o para obtener la electricidad que carga las baterías; y finalmente las emisiones para el reciclaje o almacenamiento de los componentes de los automóviles cuando terminan su vida útil.

El balance de emisiones de carbono depende, por tanto, de muchos factores pero quiero destacar que un factor clave es cómo se proporciona la demanda eléctrica *adicional*. El peor caso para los coches eléctricos es cuando la electricidad adicional proviene de centrales de carbón (¡y recordemos que el carbón es actualmente la principal fuente de generación de electricidad en el mundo!). En contraste, el mejor caso

para los coches eléctricos es cuando existen excedentes de energías renovables difíciles de almacenar que se utilizan para cargar sus baterías.

¿Cuáles son en este caso las implicaciones para la política de cambio climático?

El efecto sobre las emisiones de carbono de reemplazar los coches convencionales por los eléctricos es incierto y, en algunos casos, podría ser pequeño o incluso contraproducente.

Sin embargo, los coches eléctricos pueden facilitar la transición a la descarbonización si se dan dos condiciones. La primera es un importante desarrollo de electricidad procedente de fuentes inagotables (especialmente instalaciones fotovoltaicas individuales o colectivas de autoconsumo). La segunda es que exista una política decidida de reducción del transporte por carretera a favor del transporte público y de la movilidad no motorizada. El reto de transitar hacia un modelo eléctrico cien por cien renovable (prescindiendo de fósiles y de nucleares) es enorme y aún es mucho más difícil si se añaden las demandas de alimentar masivos parques automovilísticos. La alternativa ecológica principal al transporte privado actual no es cambiar el tipo de coches sino otro modelo de movilidad.<sup>4</sup>

Vayamos a la tercera reflexión. Se refiere al turismo y el transporte. La Organización Mundial del Turismo (UNWTO) define el Turismo Sostenible como el "*Tourism that takes full account of its current and future economic, social and environmental impacts, addressing the needs of visitors, the industry, the environment and host communities*". Esta definición, como es habitual cuando se habla sobre sostenibilidad, tiene componentes económicos, sociales y ambientales. El componente ambiental se especifica como "*maintaining essential ecological processes and helping to conserve natural heritage and biodiversity*".<sup>5</sup>

El análisis de la sostenibilidad ambiental del turismo se suele centrar ciertamente en la preservación de los hábitats naturales y los paisajes y en el comportamiento responsable de los turistas en términos tales como uso de agua, de energía en los alojamientos, generación y reciclaje de residuos... Estos son sin duda aspectos muy importantes, pero esta perspectiva no tiene en cuenta *todos* los impactos ambientales ya que solo considera los impactos *in situ* cuando en términos de cambio climático el aspecto clave es claramente el de las emisiones asociadas a los viajes hacia y desde los destinos turísticos. En una publicación del UNWTO sobre *Climate Change and Tourism*<sup>6</sup> basada en datos del 2005 se estima que el turismo global contribuía entorno al 5% del total de las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub><sup>7</sup>, un porcentaje que tiende a crecer.

En el gráfico 2 se puede ver el peso relativo de diferentes componentes en las emisiones totales de carbono del turismo global. El transporte es con gran diferencia el componente principal, tres cuartas partes del total, y la mayor parte de las emisiones del transporte se deben al transporte aéreo.

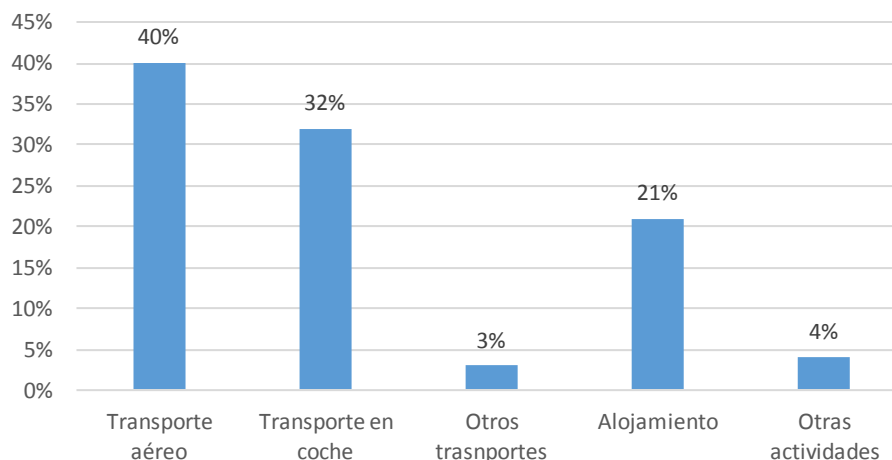
<sup>4</sup> Además de las emisiones de carbono, en un balance ecológico debería hablarse también de los problemas de los materiales para producir los coches y las instalaciones de energías renovables, de la gestión de los residuos de baterías...

<sup>5</sup> <http://sdt.unwto.org/content/about-us-5>

<sup>6</sup> <http://www.e-unwto.org/doi/pdf/10.18111/9789284412341>

<sup>7</sup> Vale la pena destacar que en este total se cuentan tres elementos: las emisiones asociadas al transporte hacia y desde los destinos turísticos; las asociadas a los gastos energéticos en los lugares de alojamiento; y las ligadas a determinadas actividades turísticas (desplazamientos a determinados puntos turísticos; gasto energético de instalaciones destinadas al turismo...). Excepto estos últimos no se incluyen en cambio las emisiones necesarias para producir otros bienes y servicios que los turistas adquieren (por ejemplo, los alimentos que consumen) lo que requeriría un análisis complejo y contabilizaría emisiones que al menos en buena parte más que añadirse debido al turismo desplazan el lugar en que se consumen los bienes y generan las emisiones (como en parte también ocurre con los gastos energéticos en los alojamientos).

**Gráfico 2. Peso de diferentes componentes en las emisiones del turismo global (%).  
Estimación para el 2005**



Fuente: <http://www.e-unwto.org/doi/pdf/10.18111/9789284412341>, p.34

Como se comenta en el mismo informe, las emisiones ligadas al turismo son radicalmente diferentes dependiendo del tipo de viaje siendo la distancia y medio de transporte entre el lugar de residencia y el destino turístico un elemento clave para determinar estas diferencias. En sus propias palabras: "*According to UNWTO estimates, an average tourist trip last 4.15 days (incluye los domésticos y los internacionales) and causes emissions of 0.25 t CO<sub>2</sub>. The vast majority of trips produce lower emissions, but a small share is highly emission-intensive. For instance, a 14-day holiday from Europe to Thailand may cause emissions of 2.4 t CO<sub>2</sub>, and a typical fly-cruise from the Netherlands to Antarctica produces some 9 t CO<sub>2</sub>. Even holidays said to be eco-friendly, such as dive holidays, will cause emissions in the range of 1.2 to 6.8 t CO<sub>2</sub>. These figures show that emissions caused by a single holiday can exceed annual per capita emissions of the average world citizen (4.3 t CO<sub>2</sub>), or even the average EU citizen (9 t CO<sub>2</sub>)*".<sup>8</sup>

El crecimiento de los viajes de larga distancia es sin duda la principal causa del aumento de las emisiones de carbono debido al turismo que se han dado y se prevee se continúen dando.

¿Cuáles son las implicaciones para las políticas de cambio climático?

El "turismo sostenible" de muy larga distancia puede considerarse un oxímoron en términos de cambio climático y esto debe ser tenido en cuenta por las ciudades y regiones turísticas comprometidas con políticas de mitigación del cambio climático (como es, por ejemplo, el caso de Barcelona). La mejor estrategia para reducir las emisiones de carbono del turismo sería un impuesto mundial significativo sobre el carbono. Un impuesto de este tipo tendría entre sus consecuencias desincentivar el transporte a larga distancia de personas encareciendo, por ejemplo, la alternativa de irse unos días de Barcelona a las playas de Cancún en vez de irse a playas más próximas; o las decisiones de las empresas de enviar a sus ejecutivos a una reunión a miles de kilómetros en vez de comunicarse vía *skype*.

Hoy la situación es la opuesta. Hay acuerdos internacionales que hacen extremadamente difícil poner impuestos especiales sobre el queroseno para aviación utilizado en vuelos internacionales. Iniciativas en este sentido de algunos países como Noruega u Holanda fracasaron. Mientras muchos países –destacadamente la mayoría de países europeos- tienen elevados impuestos a los carburantes para los coches o camiones, los vuelos internacionales gozan de una situación fiscal privilegiada. Los intentos de

<sup>8</sup> <http://www.e-unwto.org/doi/pdf/10.18111/9789284412341>, p.179.

incluir las emisiones ligadas a todos los vuelos con origen o destino a la UE en el sistema de mercado de permisos de contaminación también se han limitado de momento a los vuelos interiores dentro de la UE por la oposición que se produjo de países como China y EEUU.

En lo que sigue me referiré a la importante distinción entre las emisiones generadas en un territorio –país, región o ciudad- y la huella de carbono de los residentes en el territorio.<sup>9</sup> Me referiré a las primeras como las emisiones de carbono "territoriales" y son las que se utilizan habitualmente para evaluar la contribución al cambio climático de los países, regiones o ciudades: son todas las emisiones generadas en un territorio y sólo estas emisiones.<sup>10</sup>

Pero en un mundo globalizado, esta perspectiva es muy limitada. Por poner un ejemplo, desde la perspectiva del consumo los habitantes de Barcelona se pueden considerar responsables de las emisiones generadas en China –o en cualquier otro lugar del mundo- para producir los bienes que importamos del exterior.

La huella de carbono de los residentes en un territorio se define como las emisiones globales de carbono generadas para proveer su demanda independientemente de donde se hayan generado estas emisiones.<sup>11</sup> La huella de carbono mide las emisiones debidas al estilo de vida de los residentes en un territorio (a sus consumos y a sus inversiones para consumos futuros) teniendo en cuenta los flujos comerciales y las tecnologías de las complejas cadenas globales de producción del mundo actual.

La estimación de las huellas de carbono no es en absoluto fácil.<sup>12</sup> Se requiere utilizar lo que se llama modelos input-output interregionales<sup>13</sup> y exige una gran disponibilidad de datos. Pero ahora tenemos algunas aproximaciones fiables para muchos países y hay algunos avances en estimaciones a nivel regional y metropolitano en lo que previsiblemente será una importante área de investigación futura.

Como una ilustración, en el gráfico 3 se puede ver la comparación entre las estimaciones de la huella de carbono de tres unidades estatales del sur de Europa (España, Francia, Portugal) y sus emisiones del país según las estadísticas de la contabilidad nacional durante el período 1995-2009. Los datos se refieren a la suma de las emisiones –en miles de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente- de tres gases de efecto invernadero: el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O).

En todos los casos, como es lo más habitual en los países ricos, la huella de carbono es siempre significativamente mayor que las emisiones que nos dan las fuentes de la contabilidad nacional. En otras palabras, los países ricos "transfieren" (en términos netos) parte de sus emisiones debido al comercio internacional: las emisiones "contenidas" en sus importaciones son mayores que las "contenidas" en sus exportaciones.

<sup>9</sup> Sobre el tema: Jordi Roca Jusmet (coord.) *La responsabilidad de la economía española en el calentamiento global*, Fuhem Ecosocial/ Los libros de la Catarata, 2013.

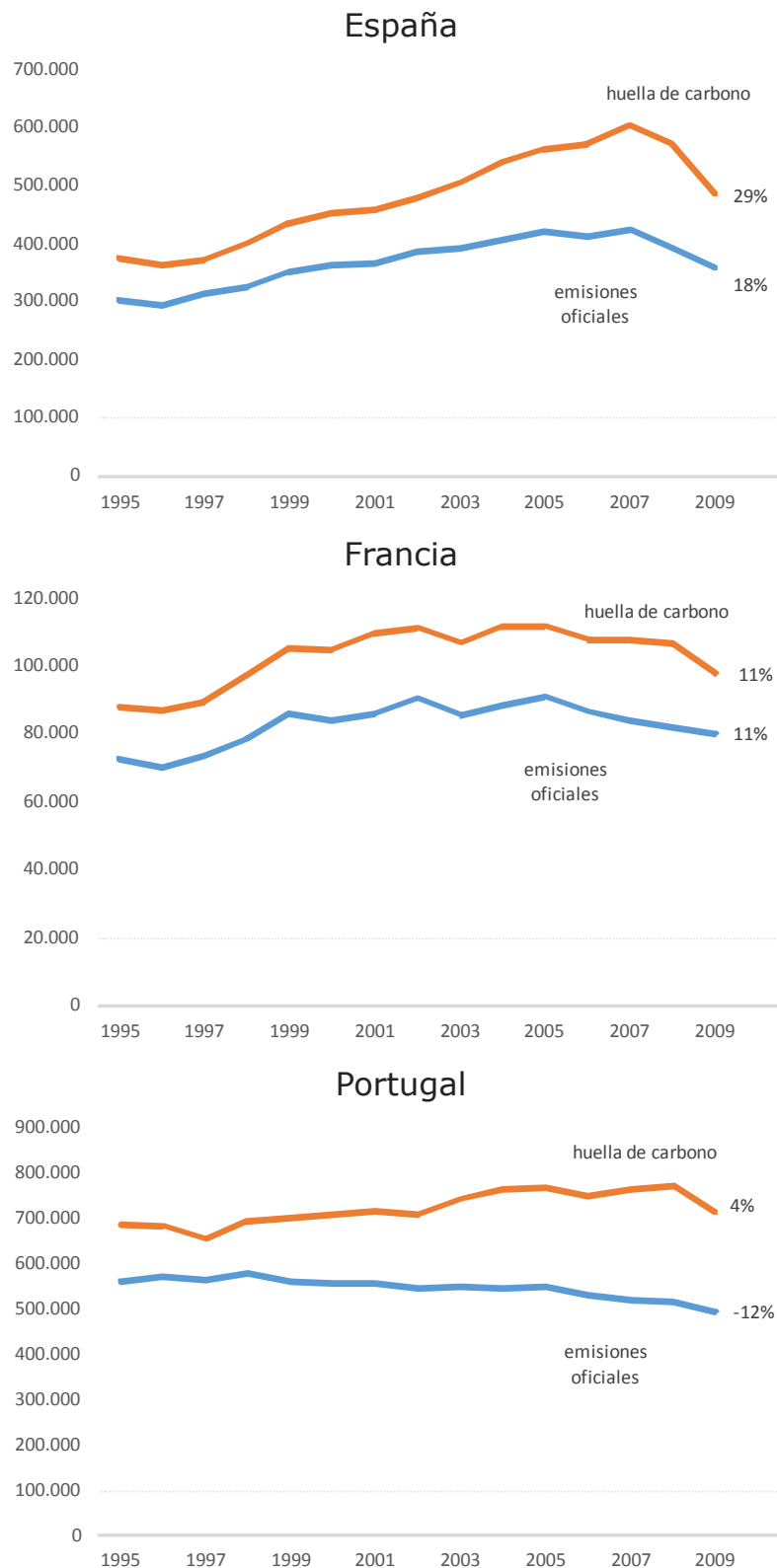
<sup>10</sup> Aquí no podemos entrar en detalles pero la cuestión es más complicada. Por un lado, las cuentas nacionales de emisiones aplican muchas veces el principio de residencia de forma que se hacen algunas correcciones para deducir las emisiones directas estimadas de los turistas en el territorio y para añadir las producidas en otros territorios por los residentes que se desplazan por turismo a otros lugares (es lo que ocurre con las emisiones "oficiales" del gráfico 3 que derivan de la contabilidad nacional). Otra complicación es que a veces se hacen algunas correcciones, especialmente para pequeños territorios. Un ejemplo es cuando se calculan las emisiones de una ciudad teniendo en cuenta las emisiones generadas para producir la electricidad que consumen a pesar de que las plantas de electricidad no estén en la propia ciudad o cuando se calculan las emisiones derivadas de la deposición o quema de residuos urbanos de la ciudad en instalaciones que están fuera del territorio de la ciudad. Estas complicaciones no alteran, sin embargo, el argumento básico.

<sup>11</sup> Se refiere a las emisiones de CO<sub>2</sub> o por extensión a las emisiones de un conjunto de gases de efecto invernadero agregados en unidades de CO<sub>2</sub> equivalente.

<sup>12</sup> El término huella de carbono corresponde a lo que muchas veces se denomina "emisiones desde el punto de vista de la responsabilidad del consumidor" (más exacto sería decir "responsabilidad de la demanda doméstica"). Sin duda está inspirado en un término que ha adquirido una gran popularidad, el de huella ecológica, pero es importante diferenciar claramente ambos conceptos. La huella ecológica intenta –de forma metodológicamente muy problemática- traducir las presiones ambientales en términos de espacio. Aquí la unidad son toneladas de CO<sub>2</sub> o de CO<sub>2</sub> equivalente).

<sup>13</sup> Interregionales se refiere a disponer de tablas input output interrelacionadas de diferentes territorios para abarcar el conjunto del mundo. Las unidades pueden ser conjuntos de países, países o unidades más pequeñas.

**Gráfico 3. Emisiones oficiales de diferentes países en comparación a huella de carbono.**  
**Miles de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (agregación de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O)**



Fuente: Elaboración propia a partir de Arto, I.; A. Genty; J.M. Rueda-Cantuche; A. Villanueva y V. Andreoni (2012) *Global Resources Use and Pollution, Volume 1 / Production, Consumption and Trade (1995-2008)* (actualizados a 2009) Office of the European Union, Luxembourg.

Por lo que se refiere a la evolución de ambos indicadores, antes de la crisis financiera del 2008, en España la huella de carbono aumentó significativamente más que las emisiones oficiales. En el caso de Francia la huella de carbono aumentó durante el período incluido en el gráfico, mientras las estadísticas oficiales de emisiones indican una ligera disminución. En Portugal, en cambio, la evolución de ambos indicadores es muy similar.

¿Cuáles son las implicaciones para la política de cambio climático?

La principal implicación es que el indicador habitual que se utiliza para evaluar la contribución al cambio climático de los diferentes países puede ser engañoso como también puede ser engañoso juzgar el éxito o fracaso de sus políticas de mitigación partiendo solo de este indicador. En principio, las limitaciones del indicador son mayores cuanto más pequeño y más abierto a los intercambios sea un territorio. En particular, la estimación de la huella de carbono de las ciudades sería clave para una adecuada valoración de sus responsabilidades como centros de demanda.

La deslocalización de las actividades productivas a otros territorios puede mejorar los indicadores locales, pero normalmente no reduce las emisiones globales de carbono y muy probablemente las aumenta. En contraste, una excelente estrategia para reducir la huella de carbono es "relocalizar" las actividades, reduciendo la distancia entre lugares de producción y lugares de consumo, utilizando tecnologías de bajo impacto ambiental. Un buen ejemplo es la promoción de instalaciones fotovoltaicas individuales o colectivas de autoconsumo eléctrico que desafortunadamente tienen actualmente una pésima regulación en España que en vez de crear un entorno favorable –o como mínimo neutro a la inversión- crea todo tipo de obstáculos legales, administrativos y económicos.

Acabaré esta intervención con dos conclusiones principales. La primera es que los cambios tecnológicos han de jugar un papel clave para la política de cambio climático, pero sus efectos finales sobre las emisiones de carbono son normalmente mucho más complejos de lo que normalmente se espera. La segunda conclusión es que las políticas de cambio climático a nivel regional y local son muy importantes, pero es necesario evaluar estas políticas desde una perspectiva global.