

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIEROS DE MONTES**

**PROYECTO FIN DE CARRERA**



**Estudio de la Huella de Carbono de los hogares  
españoles: Evolución nacional (1998-2011) y por  
Comunidades Autónomas (2006-2011)**

Autor: Roberto García Ramiro

Directores: Dr. Agustín Rubio Sánchez

D. Sergio Álvarez Gallego

Madrid, Julio 2013



**Estudio de la Huella de Carbono de los hogares  
españoles: Evolución nacional (1998-2011) y por  
Comunidades Autónomas (2006-2011)**

**Autor**

**VºBº del Director**

**VºBº del Director**

Fdo.: Roberto García Ramiro    Fdo.: Sergio Álvarez Gallego    Fdo.: Agustín Rubio Sánchez

Madrid, Julio 2013  
© UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID, 2013  
Todos los derechos reservados



**Estudio de la Huella de Carbono en los hogares  
españoles: Evolución nacional (1998-2011) y por  
Comunidades Autónomas (2006-2011)**

**Autor:** Roberto García Ramiro  
**Director:** Dr. Agustín Rubio Sánchez  
D. Sergio Álvarez Gallego

**Tribunal:**

**PRESIDENTE**

**VOCAL**

**SECRETARIO**

Fdo.

Fdo.

Fdo.

**CALIFICACIÓN:**

**Fecha:**

**OBSERVACIONES:**



## RESUMEN

**Título:** Estudio de la Huella de Carbono en los hogares españoles: Evolución nacional (1998-2011) y por Comunidades Autónomas (2006-2011)

**Autor:** Roberto García Ramiro

**Director:** Dr. Agustín Rubio Sánchez  
D. Sergio Álvarez Gallego

**Departamento:** Silvopascicultura

Las implicaciones ambientales, sociales y económicas que trae consigo el cambio climático, ponen en evidencia la creciente preocupación por desarrollar estrategias con el fin de combatirlo. El Protocolo de Kioto trajo consigo el compromiso a nivel internacional de disminuir las emisiones de origen antropogénicos. Sin embargo las emisiones mundiales siguen en aumento y nuevas estrategias deben ser desarrolladas.

En el presente Proyecto Fin de Carrera pone el punto de mira en las emisiones que se generan en los hogares españoles. Gracias al indicador Huella de Carbono se puede determinar de una manera rápida y eficaz las emisiones de gases de efecto invernadero que se producen de manera directas e indirectas como consecuencia del consumo de bienes y servicios. El objetivo es calcular la huella de carbono asociada a los habitantes españoles en relación a los bienes y servicios que estos consumen durante el periodo 1998-2011. La huella de carbono también es calculada para los habitantes de las diferentes Comunidades Autónomas que componen España para el periodo 2006-2011.

El cálculo se realiza en base a las encuestas de los presupuestos familiares desarrolladas por el Instituto Nacional de Estadística. Los factores de emisión son obtenidos del al Método Compuesto de las Cuentas Contables. Una vez analizado los resultados, se cotejan con otros estudios para poder comparar la eficacia del método utilizado. Se

evalúa el patrón y localización de las emisiones de gases de efecto invernadero en relación a las diferentes categorías de consumo de los hogares y se indicara cuáles son las que mayor huella generan.

Al final del proyecto se enuncian las conclusiones de la utilización del Método Compuesto de las Cuentas Contables como herramienta de cálculo de huella de carbono y se enunciaran medidas para la reducción de la huella de carbono de los hogares.



## ABSTRACT

**Título:** Estudio de la Huella de Carbono en los hogares españoles: Evolución nacional (1998-2011) y por Comunidades Autónomas (2006-2011)

**Autor:** Roberto García Ramiro

**Director:** Dr. Agustín Rubio Sánchez  
D. Sergio Álvarez Gallego

**Departamento:** Silvopascicultura

The environmental, social and economic implications that brings climate change, put in evidence the growing concern for developing strategies to combat it. The Kyoto Protocol brought international commitment to reduce emissions of anthropogenic origin. However the global emissions continue rising and new strategies should be developed.

This final project puts the spotlight on emissions generated in Spanish households. Due to Carbon Footprint indicator we can determinate in a faster and effective way greenhouse gases emissions that would occur in a direct and indirect as a result of the consumption of goods and services. The goal is to calculate the carbon footprint associated to Spanish inhabitants related to goods and services they consume during the period 1998-2011. The carbon footprint is also calculated for the inhabitants of the Autonomous Communities that integrate Spain for the period 2006-2011.

The calculation is based on household budget surveys carried out by the National Statistics Institute. The emission factors are obtained from the Accounting Accounts Composed Method. After analyzing the results, they are compared with other studies to match the effectiveness of the used method. It evaluates the pattern and location of emissions of greenhouse gases in relation to different categories of household consumption and indicates which ones generates a greater footprint. At the end of the project the conclusions are enunciated using the Accounting Accounts

Composite Method as a tool for calculating carbon footprint and the measures to reduce the carbon footprint of households.

## Gracias a....

En primer lugar quiero dar las gracias a mis directores de proyecto, Sergio Álvarez y Agustín Rubio, por la dedicación, paciencia y entusiasmo demostrado durante la realización del Proyecto Fin de Carrera.

En segundo lugar quiero dar las gracias a mi familia por el apoyo y el ánimo incondicional demostrado durante esta larga carrera que ha culminado con la realización del Proyecto Fin de Carrera.

En tercer lugar y no por ello los últimos, quiero dar las gracias a todos los compañeros que han estado conmigo durante toda la carrera, tanto en los momentos malos, que ha habido unos cuantos, como en los momentos buenos que han sido la mayoría. En especial quisiera dar las gracias a todas las personas que han formado o forman parte del Club de Imagen y Sonido (CIS) porque vosotros sois mi familia montesina.



**ÍNDICE**

RESUMEN .....	7
ABSTRACT .....	9
ÍNDICE DE TABLAS .....	2
ÍNDICE DE FIGURAS .....	3
ÍNDICE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS .....	7
1. INTRODUCCIÓN .....	8
1.1 GLOBALIZACIÓN Y CAMBIO SOSTENIBLE .....	8
1.1.1 Economía, pilar de la civilización. ....	8
1.1.2 Fenómeno de la globalización .....	8
1.1.3 Desarrollo Sostenible.....	10
1.2 EL CAMBIO CLIMÁTICO .....	13
1.2.1 El ciclo del carbono .....	13
1.2.2 Gases de efecto invernadero .....	16
1.2.3 Emisiones antropogénicas. Causas y consecuencias .....	18
1.2.4 Acuerdos internacionales en materia de cambio climático .....	22
1.2.5 Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en España .....	28
1.3 INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD .....	34
1.3.1 Indicadores relacionados con el desarrollo sostenible.....	34
1.3.2 Huella de Carbono .....	38
1.4 CONSUMO Y EMISIONES DE HOGARES .....	48
2. OBJETIVOS .....	52



2.1 OBJETIVOS GENERALES .....	52
2.2 OBJETIVOS SECUNDARIOS .....	52
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	54
3.1 MÉTODO COMPUESTO DE LAS CUENTAS CONTABLES (MC3) .....	54
3.1.1 Proceso de cálculo .....	56
3.1.2 Categorías base de cálculo (MC3 v 12.4).....	58
3.2 ENCUESTA DE PRESUPUESTOS FAMILIARES .....	65
3.2.1 Descripción de la recogida de datos .....	65
3.2.2 Selección de categorías.....	68
3.2.3 Cálculo y transformación de los datos.....	70
3.2 DETERMINACIÓN DE FACTORES DE EMISIÓN .....	71
3.2.1 Supuestos de partida .....	71
3.2.2 Factores generales.....	72
3.2.3 Factores asociados a la evolución del Mix eléctrico .....	77
3.2.4 Factores para categorías agrupadas .....	78
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	82
4.1 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD. ....	82
4.2 JUSTIFICACIÓN DE LA ELECCIÓN DEL MÉTODO.....	82
4.3 ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN ESPAÑA.....	86
4.4 ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN LAS COMUNIDADES AUTÓNOMAS .....	103
4.5 COMPARACIÓN CON OTROS ESTUDIOS. ....	109
4.5.1 Comparación con estudios de HC internacionales .....	109
4.5.2 Comparación con estudios de HC nacionales.....	114
5. CONCLUSIONES.....	116



6. BILIOGRAFÍA.....	120
ANEXOS .....	I
ANEXO I: Análisis de la incertidumbre del cálculo de la huella de carbono. ....	I
ANEXO II: Clasificación COICOP .....	XI
ANEXO III: Gráficas de evolución de la HC de las diferentes categorías estudiadas. .....	XV
ANEXO IV: Datos contenidos en el CD. ....	XXXVII
ANEXO IV: Matriz de transformación. ....	XXXVIII







## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1 Características de los principales Gases de Efecto Invernadero. (Goudie, 1990).....	18
Tabla 1. 2 Emisiones en kilotoneladas de CO <sub>2</sub> de los principales países emisores. (Banco Mundial, 2013).....	21
Tabla 1. 3 Inventarios nacionales de emisiones a la atmósfera. (MAGRAMA, 2012)..	29
Tabla 3. 1 Estructura del epígrafe “Materiales no orgánicos”. (Doménech, 2007).....	61
Tabla 3. 2 Estructura del epígrafe “Servicios y contrataciones”. ( Doménech, 2007).....	62
Tabla 3. 3 Estructura del epígrafe “Recursos agrícolas y pesqueros”. (Doménech, 2007) .....	63
Tabla 3. 4 Estructura del epígrafe “Recursos forestales”. (Doménech, 2007) .....	64
Tabla 3. 5 Estructura del epígrafe “Agua”. (Doménech, 2007). .....	65
Tabla 3. 9 Tabla final de categorías de estudio. ....	68
Tabla 3. 10 Relación de las categorías COICOP con las categorías MC3. ....	72
Tabla 4. 1 Huella de carbono por hogar en diferentes países. ....	110
Tabla 4. 2 Intensidad de emisiones de CO <sub>2</sub> de las 12 principales categorías COICOP para Holanda (2000), Reino Unido (1998), Suecia (2002) Noruega (1997). (Kerkhof, 2009), para España (Este estudio) .....	112
Tabla 4. 3 Ratios de emisión en España (kgCO <sub>2</sub> por habitante). (MAGRAMA, 2012).....	114
Tabla A. I. 1 Cuadro de cálculo y presentación de la incertidumbre en el Nivel 1. (PCC, 2001).....	VI
Tabla A. II. 1 Clasificación COICOP .....	XI



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 Principales tipos de recursos materiales (Miller, 1994).....	11
Figura 1. 2 Diagrama sobre el desarrollo sostenible. (desarrollosustentable, 2013).....	13
Figura 1. 3 Ciclo del carbono. (IPCC, 2007).....	15
Figura 1. 4 Esquema del fenómeno efecto invernadero. (UNEP, 2002).....	17
Figura 1. 5 Cambios en la temperatura, en el nivel del mar y en la cubierta de nieve del hemisferio norte (IPCC, 2007).....	19
Figura 1. 6 Emisiones mundiales de Gases de Efecto Invernadero (GEI) antropogénicos. (IPCC, 2007).....	21
Figura 1. 7 Emisiones de CO <sub>2</sub> mundiales en toneladas métricas per cápita. (Banco Mundial, 2013).....	22
Figura 1. 8 Gráfica de la evolución de las emisiones de GEI y objetivos del protocolo de Kioto. (OECC, 2012).....	26
Figura 1. 9 Emisiones de GEI en España (1990/2011) y la UE (1990/2009). (MAGRAMA, 2012).....	31
Figura 1. 10 Promedio de emisiones per cápita españolas de gases de efecto invernadero en toneladas de CO <sub>2</sub> eq. frente a distintos colectivos de países. (OSE, 2010).....	31
Figura 1. 11 Porcentaje de emisiones de gases de efecto invernadero por gases en España 2010. (MAGRAMA, 2012).....	32
Figura 1. 12 Porcentaje de emisiones de gases de efecto invernadero por sector de actividad español. (MAGRAMA, 2012).....	33
Figura 1. 13 Huella de Carbono con enfoque a organización (Doménech, 2011).....	42
Figura 1. 14 Huella de Carbono con enfoque a producto (Doménech, 2011).....	43
Figura 1. 15 Huella de Carbono con enfoque integrado (Doménech, 2011).....	44
Figura 1. 16 Diagrama de los alcances 1,2 y 3. (WRI y WBSCD, 2008).....	45
Figura 1. 17 Evolución del consumo de energía y Producto Interior Bruto. (Biesiot, 1999).....	48
Figura 1. 18 Interrelación de los flujos de consumo en los hogares. (Biesiot, 1999).....	51



Figura 3. 1 Esquema de cálculo de la Huella de Carbono (HC) y la Huella Ecológica (HE).....	55
Figura 3. 2 Proceso de cálculo a través del inventario de consumos. ....	56
Figura 3. 3 Factores de emisión utilizados en el cálculo de la huella de carbono en $\text{kgCO}_2 \cdot \text{€}^{-1}$ .....	76
Figura 3. 5 Mix eléctrico español.....	77
Figura 3. 6 Factores de emisión de las fuentes de energía en $\text{KgCO}_2 \cdot \text{€}^{-1}$ .....	78
Figura 3. 7 Desglose del precio del carburante. (CORES, 2013).....	80
Figura 4. 1 Evolución de la huella de carbono en comparación con el Producto Interior Bruto y el gasto medio por persona. ....	87
Figura 4. 2 Evolución de la huella de carbono, desglosado en alcances 1, 2 y 3. ....	88
Figura 4. 3 Emisiones per cápita asociadas al alcance 1. ....	89
Figura 4. 4 Emisiones per cápita asociadas al alcance 2. ....	90
Figura 4. 5 Evolución del porcentaje en el mix eléctrico del carbón, productos petrolíferos, energía eólica y otras renovables. ....	91
Figura 4. 6 Emisiones per cápita asociadas al alcance 3. ....	92
Figura 4. 7 Evolución de la ecoeficiencia ( $\text{KgCO}_2 \cdot \text{€}^{-1} \cdot \text{Hab}^{-1}$ ).....	102
Figura 4. 8 Huella de carbono de las CCAA en 2006.....	103
Figura 4. 9 Huella de carbono de las CCAA en 2007.....	104
Figura 4. 10 Huella de carbono de las CCAA en 2008.....	104
Figura 4. 11 Huella de carbono de las CCAA en 2009.....	105
Figura 4. 12 Huella de carbono de las CCAA en 2010.....	105
Figura 4. 13 Huella de carbono de las CCAA en 2011.....	106
Figura 4. 14 Evolución del Producto Interior Bruto de las Comunidades Autónomas y España.....	107
Figura 4. 15 Evolución de la ecoeficiencia para las diferentes Comunidades Autónomas ( $\text{KgCO}_2 \cdot \text{€}^{-1} \cdot \text{Hab}^{-1}$ ).....	109



Figura A. III. 1 Huella neta para la categoría: pan y cereales. ....	XV
Figura A. III. 2 Huella neta para la categoría: carne. ....	XV
Figura A. III. 3 Huella neta para la categoría: Pescado. ....	XVI
Figura A. III. 4 Huella neta para la categoría: Leche queso y huevos. ....	XVI
Figura A. III. 5 Huella neta para: la categoría aceites y grasas. ....	XVII
Figura A. III. 6 Huella neta para la categoría: Frutas. ....	XVII
Figura A. III. 7 Huella neta para la categoría: hortalizas incluyendo patatas y otros tubérculos. ....	XVIII
Figura A. III. 8 Huella neta para la categoría: Azúcar, confituras, miel, chocolate, confitería y helados. ....	XVIII
Figura A. III. 9 Huella neta para la categoría: Productos alimenticios no comprendidos anteriormente. ....	XIX
Figura A. III. 10 Huella neta para la categoría: Café, té y cacao. ....	XIX
Figura A. III. 11 Huella neta para la categoría: Tabaco. ....	XX
Figura A. III. 12 Huella neta para la categoría: Bebidas alcohólicas y no alcohólicas. ....	XX
Figura A. III. 14 Huella neta para la categoría: Alquileres reales. ....	XXII
Figura A. III. 15 Huella neta para la categoría: Alquileres imputados. ....	XXII
Figura A. III. 16 Huella neta para la categoría: Limpieza. ....	XXIII
Figura A. III. 17 Huella neta para la categoría: Distribución de agua. ....	XXIII
Figura A. III. 18 Huella de carbono de la categoría: Servicio de recogida de basura. ....	XXIV
Figura A. III. 19 Huella neta para la categoría: Servicios de alcantarillado. ....	XXIV
Figura A. III. 20 Huella neta para la categoría: Otros servicios relativos a la vivienda no incluidos anteriormente. ....	XXV
Figura A. III. 21 Huella neta para la categoría: Electricidad. ....	XXV
Figura A. III. 22 Huella neta para la categoría: Gas. ....	XXVI
Figura A. III. 23 Huella neta para la categoría: Combustibles líquidos. ....	XXVI
Figura A. III. 24 Huella neta para la categoría: Combustibles sólidos. ....	XXVII
Figura A. III. 25 Huella neta para la categoría: Grupo 5: Mobiliario, equipamiento del hogar y gastos corrientes de conservación de la vivienda. ....	XXVII
Figura A. III. 26 Huella neta para la categoría: Grupo 6: Salud. ....	XXVIII
Figura A. III. 27 Huella neta para la categoría: Compra de vehículos. ....	XXVIII



Figura A. III. 28 Huella neta para la categoría: Compra de piezas de repuesto y accesorios de vehículos personales para reparaciones realizadas por los miembros del hogar. ....	XXIX
Figura A. III. 29 Huella neta para la categoría: Carburante y lubricantes.....	XXIX
Figura A. III. 30 Huella neta para la categoría: Mantenimiento y reparaciones. ....	XXX
Figura A. III. 31 Huella neta para la categoría: Otros servicios relativos a los vehículos personales. ....	XXX
Figura A. III. 32 Huella neta para la categoría: Transportes por ferrocarril (tren, metro, tranvía... urbano, interurbano y de larga distancia). ....	XXXI
Figura A. III. 33 Huella neta de carbono para la categoría: Transportes por carretera (local y larga distancia).....	XXXI
Figura A. III. 34 Huella neta para la categoría: Transporte aéreo. ....	XXXII
Figura A. III. 35 Huella neta para la categoría: Transporte de viajeros por mar u vías interiores. ....	XXXII
Figura A. III. 36 Huella neta para la categoría: Otros servicios de transporte. ....	XXXIII
Figura A. III. 37 Huella neta para la categoría: Servicios postales. ....	XXXIII
Figura A. III. 38 Huella neta para la categoría: Equipos de teléfono y fax. ....	XXXIV
Figura A. III. 39 Huella neta para la categoría: Servicios de teléfono, telégrafo y fax. ....	XXXIV
Figura A. III. 40 Huella neta para la categoría: Grupo 9: Ocio, espectáculos y cultura. ....	XXXV
Figura A. III. 41 Huella neta para la categoría: Grupo 10: Enseñanza.....	XXXV
Figura A. III. 42 Huella neta para la categoría: Grupo 11: Hoteles, cafés y restaurantes. ....	XXXVI
Figura A. III. 43 Huella neta para la categoría: Grupo 12: Otros bienes y servicios. ....	XXXVI
Figura A. V. 1 Matriz de transformación .....	XXXVII



## ÍNDICE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS

- €: Euro
- AENOR: Agencia Española de Normalización
- CC. AA.: Comunidades Autónomas
- CO<sub>2</sub>: Dióxido de Carbono
- COICOP: “*Classification of Individual Consumption by Purpose*”
- EPF: Encuesta de Presupuestos familiares
- FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
- GEI: Gases de Efecto Invernadero
- Gt: Gigatoneladas
- HC: Huella de Carbono
- HE: Huella ecológica
- haG: Hectáreas globales
- IPC: Índice de precios de consumo
- IPCC: Grupo de Expertos de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
- KgCO<sub>2</sub>: Kilogramos de Dióxido de carbono
- MAGRAMA: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
- MC3: Método Compuesto de las Cuentas Contables
- ONU: Organización de Naciones Unidas
- PIB: Producto Interior Bruto
- SBP: Superficie Biológicamente Productiva
- tCO<sub>2</sub>: Toneladas de Dióxido de Carbono



# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 GLOBALIZACIÓN Y CAMBIO SOSTENIBLE

### 1.1.1 Economía, pilar de la civilización.

La sociedad actual encuentra en la economía uno de los pilares más importantes sobre los que construir su civilización. La Real Academia Española define el término “economía” de la siguiente manera: “*ciencia que estudia los métodos más eficaces para satisfacer las necesidades humanas materiales, mediante el empleo de bienes escasos*”. En esta definición se pueden destacar las siguientes palabras clave:

- Necesidades humanas: el hombre, como todo ser vivo, requiere satisfacer sus necesidades básicas para poder llevar a cabo su ciclo vital. Con el desarrollo de la humanidad estas necesidades han ido creciendo, haciéndose cada vez más complejas.
- Bienes escasos: la escasez de recursos es el origen de la economía. Si no existiera escasez, la economía no tendría sentido.

En síntesis, podemos decir que la economía trata de satisfacer de la mejor forma posible las necesidades humanas en base a unos recursos que son limitados.

### 1.1.2 Fenómeno de la globalización

Con el paso de los años las relaciones que rigen la humanidad se han hecho cada vez más complejas. El crecimiento demográfico experimentado por la especie humana ha traído consigo el aumento de la demanda de recursos para satisfacer sus crecientes necesidades.



Paralelamente, el pensamiento económico ha ido evolucionando tratando de dar mejor respuesta al problema de la escasez de recursos. A lo largo de la historia números economistas han propuesto diversos principios, tratando de establecer modelos económicos acordes con las necesidades de su época. Sin embargo, ninguna de estas propuestas ha conseguido garantizar a nivel global la satisfacción de las necesidades del conjunto de la población humana. El modelo económico capitalista que actualmente impera en nuestro mundo tampoco ha conseguido dar respuesta al problema. Prueba de ello son los alarmantes datos publicados por la “Organización para Alimentación y la Agricultura” (FAO, Food and Agriculture Organization), que revelan que aproximadamente 870 millones de personas sufren hambre crónica en el mundo (FAO, 2013). Este evidente desequilibrio en la gestión global de los recursos también trae consigo graves repercusiones ambientales. Según el “*Global Environment Outlook 4*” (UNEP, 2007) la tasa de extinción de especies actual resulta ser 100 veces superior a la tasa natural, y se prevé que en las próximas décadas se incremente hasta un valor que suponga entre 1.000 y 10.000 veces la tasa natural.

Por otro lado, la gestión global inadecuada de los recursos naturales ha conducido al preocupante panorama actual. Se estima que el 52% de las tierras destinadas en el mundo a la producción agrícola muestran una fuerte degradación y que el 75% de los bancos pesqueros están sobreexplotados (UNEP, 2004). Recientes estudios basados en técnicas de teledetección y publicados por la FAO cifran la tasa de deforestación mundial media entre los años 1990 y 2005 en 14,5 millones de hectáreas al año (FAO, 2013). Por otro lado, la Organización de las Naciones Unidas (UN, por sus siglas en inglés) publica en un artículo en su página web (UN, 2011) que cerca de 1.200 millones de personas, casi una quinta parte de la población mundial, vive en áreas de escasez física de agua, mientras que 500 millones se aproximan a esta situación.

En esta grave situación hay que identificar un fenómeno a nivel mundial fomentado por el sistema capitalista y que tiene diversas repercusiones en el mundo actual. Este fenómeno no es otro que el de la “globalización”. La globalización se puede definir como un proceso económico, tecnológico, social y cultural a gran escala, consistente en el desarrollo de la comunicación e interdependencia entre los distintos países del





mundo, los cuales han acompasado sus mercados, sociedades y culturas a través de una serie de transformaciones sociales, económicas y políticas, que han inducido en las sociedades implicadas un proceso de adquisición de hábitos y costumbres comunes (Doménech, 2007). Por tanto, este fenómeno se basa en dos pilares fundamentales:

- La fusión e integración de toda la actividad económica de los países del planeta en un solo modelo homogeneizado.
- La necesidad de crecimiento económico conduce a la privatización y mercantilización de todo aquello que aún escape al libre mercado.

Al desarrollo de la globalización contribuye la movilidad que caracteriza, por un lado a empresas y por otro al capital, capaces ambos de ubicarse y fluir de un lugar a otro del planeta, gracias a la apertura de los mercados y al libre comercio que existe hoy en día. Una de las bases del libre comercio es precisamente la orientación de la producción a la exportación, hecho que contribuye en cierta medida al establecimiento de un perfil de consumo similar en todo el planeta. Por tanto, el fenómeno de la globalización facilita el flujo de importaciones y exportaciones de recursos y productos de un lado a otro del mundo, lo que hace peligrar el equilibrio económico y ambiental en aquellos países en los que no se ejercen políticas basadas en una economía sostenible. La consecuencia más inmediata de esto es el deterioro medioambiental que estos países sufren en un marco de desarrollo económico desordenado.

### **1.1.3 Desarrollo Sostenible**

La globalización bien entendida debe traer consigo la adopción de una conciencia tanto social como medioambiental a escala global. De esta manera, los problemas humanitarios y ambientales no deben ser patrimonio exclusivo de los países que los padecen, sino del conjunto de los países con los que interacciona económicamente., Todos los países constituyen agentes que han intervenido de una manera u otra en la generación del problema.

Dado el panorama social y medioambiental actual, nuestra sociedad está cada vez más sensibilizada con los retos a los que se va a tener que enfrentar en un futuro muy



próximo. El “Programa 21” y posteriormente los denominados “Objetivos del Milenio” constituyen el compromiso adoptado por los países miembros de la UN para tratar de paliar esta situación.

Los objetivos plasmados en sendos documentos están orientados a erradicar algunas de las consecuencias de un modelo de gestión económico que se ha centrado en obtener grandes beneficios locales olvidándose de cubrir las necesidades globales del conjunto de la humanidad. En este sentido, los recursos naturales han jugado el papel de moneda de cambio internacional, contribuyendo en su flujo continuo de un lugar a otro del planeta a desequilibrar más aún el estatus socioeconómico de los países que componen nuestra civilización. Es por ello que el adecuado aprovechamiento de los recursos naturales ocupa un papel destacado en ambos programas, planteándose objetivos y metas específicas en el ámbito de su gestión.

Como recurso natural se entiende aquel elemento proporcionado por la naturaleza susceptible de ser aprovechado en su estado natural por el ser humano para satisfacción de sus necesidades. En la Figura 1. 1 se puede ver la clasificación que Miller (1994). Se destaca que el esquema presentado no es fijo; los recursos potencialmente renovables pueden convertirse en recursos no renovables si se utilizan por un tiempo prolongado más rápidamente de lo que puedan ser renovados por los procesos naturales.



Figura 1. 1 Principales tipos de recursos materiales (Miller, 1994)



La concienciación alrededor del pensamiento de que los recursos naturales son finitos y no pueden ser aprovechados de forma irracional crece y se arraiga cada vez más en la sociedad actual. A esta tendencia han contribuido multitud de informes y eventos de importante calado. Entre ellos cabe destacar la creación en 1983 de la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo, cuyo objetivo era establecer estrategias ambientales a largo plazo para conseguir un desarrollo económico racional en el año 2000. El resultado del trabajo de esta Comisión fue la publicación en 1987 del Informe Brundtland (CMMAD, 1987). Este texto recoge por primera vez el término de “*sustainable development*”, es decir, desarrollo sostenible, que tanta repercusión tiene en la actualidad. En el Informe Brundtland, el término “desarrollo sostenible” se define como “un proceso de cambio en el cual, la explotación de los recursos, la orientación de la evolución tecnológica y la modificación de las instituciones están acordes e incrementan el potencial actual y futuro para satisfacer las necesidades y aspiraciones humanas”. Según el informe, para que el desarrollo pueda considerarse sostenible debe cumplir una serie de premisas:

1. Será necesario satisfacer las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas.
2. El crecimiento económico debe asociarse a un crecimiento del capital productivo que no dañe al medio ambiente.
3. La promoción de un cambio social y económico que favorezcan niveles de consumo dentro de los límites ecológicos del planeta.
- 4 La explotación racional de los ecosistemas, sin comprometer los sistemas naturales que sostienen el planeta.

Como se puede ver en la Figura 1. 2 el desarrollo sostenible se estructura en tres dimensiones interrelacionadas: la vertiente medioambiental, la vertiente económica y la vertiente social. Es importante resaltar que el fracaso de una supondría el fracaso del objetivo final. Por tanto no puede obviarse ninguna de ellas.

Dado el contexto económico internacional actual, los mecanismos de desarrollo sostenible deben convertirse en las herramientas que contribuyan al crecimiento económico de los países que componen nuestra civilización. El modelo de crecimiento



basado en una explotación sin control de los recursos está obsoleto y la prueba más fehaciente es la profunda crisis económica que asola los países industrializados y que está poniendo en riesgo la estabilidad y el bienestar de la sociedad actual.

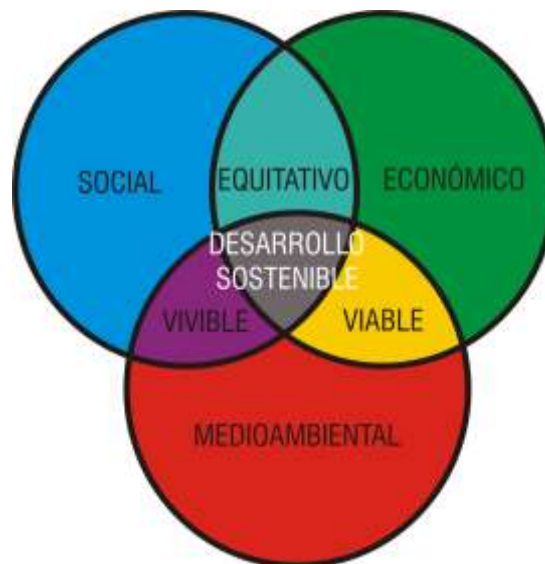


Figura 1. 2 Diagrama sobre el desarrollo sostenible. ([www.desarrollo.sustentable.com](http://www.desarrollo.sustentable.com), 2013)

## 1.2 EL CAMBIO CLIMÁTICO

### 1.2.1 El ciclo del carbono

La composición de la atmósfera terrestre ha variado mucho en el curso de tiempos geológicos. Antes de la aparición de la vida, la atmósfera estaba dominada por gas carbónico producido por las erupciones volcánicas, como es aún el caso para los planetas sin vida que nos rodean, Venus y Marte. La fotosíntesis, que comenzó hace por lo menos tres mil millones de años, fijó cantidades considerables de carbono y liberó oxígeno que primero oxidó la superficie terrestre, primitivamente reductora y permitió la acumulación de oxígeno libre desde hace aproximadamente 2.000 millones de años (Schlesinger, 1991). En el curso de los tiempos geológicos, la absorción del CO<sub>2</sub> por la fotosíntesis y la incorporación de grandes cantidades de carbono en las rocas



sedimentarias, redujeron progresivamente el contenido de CO<sub>2</sub> del aire. Al final de la era secundaria, cuando se extinguieron los dinosaurios, aún había aproximadamente dos veces más de CO<sub>2</sub> que en 1800, antes de la era industrial (Berner, 1994).

La composición actual de la atmósfera resulta de un equilibrio entre procesos biológicos como la fotosíntesis y la respiración, así como de procesos fisicoquímicos como la absorción del CO<sub>2</sub> en aguas frías oceánicas, subsaturadas de CO<sub>2</sub> y su liberación por aguas calientes, sobresaturadas de CO<sub>2</sub>. El equilibrio natural de estos dos ciclos que condujo a estos bajos contenidos de CO<sub>2</sub> está siendo actualmente modificado a escala global por las actividades del hombre debido a los procesos de quema de combustibles fósiles y cambio de uso de suelo.

El carbono en la naturaleza se encuentra por doquier. En el agua bajo la forma de compuestos carbónicos disueltos (los carbonatos), y en el aire como CO<sub>2</sub>. Todos los organismos vivos están constituidos por compuestos de carbono, que obtienen como resultado de sus procesos metabólicos realizados durante su crecimiento y desarrollo, y que son liberados cuando éstos mueren. Aproximadamente, el 50% del peso seco de cualquier organismo lo constituye este elemento, por lo que es uno de los más importantes para la vida (Smith *et al.*, 1993).

El ciclo del carbono comienza con la fijación del CO<sub>2</sub> atmosférico a través de los procesos de la fotosíntesis, realizada por las plantas y ciertos microorganismos. En este proceso, el CO<sub>2</sub> y el agua reaccionan para formar carbohidratos y liberar oxígeno de forma simultánea, que pasa a la atmósfera. Parte del carbohidrato se consume directamente para suministrar energía a la planta, y el CO<sub>2</sub> así formado se libera a través de sus hojas o de sus raíces. Otra parte es consumida por los animales, que también respiran y liberan CO<sub>2</sub>. Las plantas y los animales mueren y son finalmente descompuestos por microorganismos del suelo, lo que da como resultado que el carbono de sus tejidos se oxide en CO<sub>2</sub> y regrese a la atmósfera (Schimel, 1995; Smith *et al.*, 1993).

La fijación de carbono por bacterias y animales es otra vía de reducción de la concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico, aunque cuantitativamente menos importante que la



fijación de carbono por las plantas. Cuando los organismos vegetales son comprimidos, sin ser atacados por las bacterias, pueden sufrir una serie de cambios químicos para formar turba, luego lignito y finalmente carbón. Los cuerpos de algunos organismos marinos pueden sufrir cambios semejantes y formar, en un largo periodo, petróleo. Estos fenómenos significan la sustracción de parte del carbono al ciclo, pero más tarde los trastornos geológicos o las obras de minería o perforación realizadas por el hombre llevan a la superficie el carbón o el petróleo, que será quemado hasta convertirlo en CO<sub>2</sub>, volviendo en esta forma al ciclo inicial.

La mayor parte del carbono de la Tierra se encuentra en rocas bajo la forma de carbonatos, como la piedra caliza y el mármol. Las rocas se gastan poco a poco y con el tiempo los carbonatos vuelven al ciclo del carbono. Sin embargo, en el fondo del mar se forman otras rocas a partir de los sedimentos de animales y plantas muertas, de modo que la cantidad de carbono en el ciclo permanece casi constante (Sampson *et al.*, 1993). En la Figura 1. 3 se muestra un esquema del ciclo de carbono con indicación del tamaño del reservorio y de los flujos existentes.

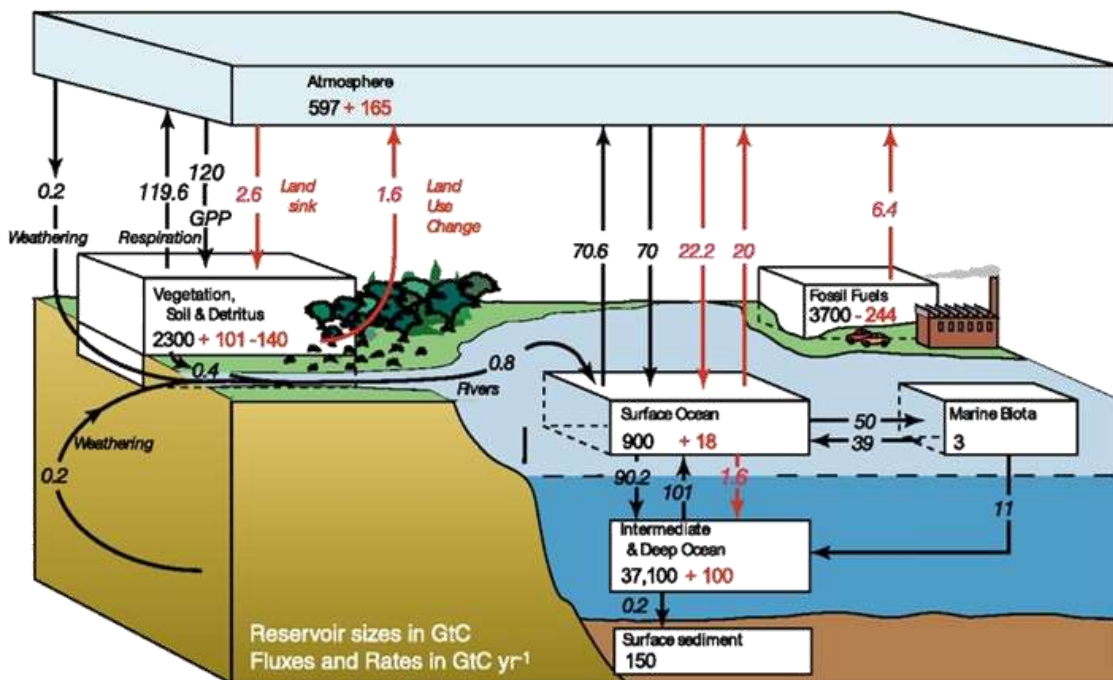


Figura 1. 3 Ciclo del carbono. (IPCC, 2007)



El ciclo natural del carbono no logra explicar el incremento observado en la atmósfera de 3,2 a 4,1 GtC año<sup>-1</sup> en la forma de CO<sub>2</sub> en los últimos 25 años. (Un GtC es igual a 1015 gramos de carbono, (es decir, mil millones de toneladas). Los procesos naturales tales como la fotosíntesis, la respiración, la descomposición y el intercambio gaseoso de la superficie del mar conducen a intercambios masivos, en fuentes y sumideros de CO<sub>2</sub>, entre los suelos y la atmósfera (calculada en ~120 GtC año<sup>-1</sup>) y el océano y la atmósfera (calculada en ~90 GtC año<sup>-1</sup>). Los sumideros naturales de carbono producen una pequeña absorción neta de CO<sub>2</sub> de aproximadamente 3,3 GtC año<sup>-1</sup> en los últimos 15 años, compensando en parte las emisiones de origen humano. Si no fuese por los sumideros naturales que absorben casi la mitad del CO<sub>2</sub> producido por los humanos en los últimos 15 años, las concentraciones atmosféricas hubieran crecido de manera más drástica.

### 1.2.2 Gases de efecto invernadero

Nuestro planeta está rodeado por la atmósfera, una capa de gases que ofrece protección frente al espacio exterior. Su composición es básicamente nitrógeno (78,3%), oxígeno (21,0%), argón (0,3%), CO<sub>2</sub> (0,03%) y otros gases en cantidades menores como helio, neón y xenón. Sin embargo existen otros gases sin los cuales sería imposible que la Tierra albergara vida; se trata de los gases de efecto invernadero (GEI). Como se observa en la Figura 1. 4, estos gases tienen la propiedad de absorber una parte de las radiaciones solares reflejadas por la superficie de la Tierra y devolverlas de nuevo a la superficie: es lo que se conoce como efecto invernadero. Este efecto propicia un aumento en las radiaciones solares reflejadas por la superficie de la Tierra y devolverlas de nuevo a la superficie: es lo que se conoce como efecto invernadero.

Sin embargo, muchas actividades humanas tienen como resultado la emisión a la atmósfera de GEI de origen no natural. Esto ha generado un incremento en la concentración de este tipo de gases en la atmósfera que se desconoce si romperá el delicado equilibrio que mantiene estabilizada la temperatura de la Tierra. Desde hace varias décadas, diferentes autores (Schneider, 1989; Houghton y Woodwell, 1989;



Figura 1. 4 Esquema del fenómeno efecto invernadero. (UNEP, 2002)

Dixon *et al.*, 1994; Masera, 1995) afirman que de entre todos los GEI con origen antropogénicos, CO<sub>2</sub> es el que se emite en mayor cantidad a la atmósfera. Sin embargo, otros gases expulsados en concentraciones menores tales como metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), clorofluorocarbonos (CFC) y ozono (O<sub>3</sub>), producen el mismo efecto o incluso más acentuado. Muchos de estos gases, según se observa en la Tabla 1. 1 tienen tiempos de vida (residencia atmosférica) que van desde décadas hasta centenares de años. Por otro lado, los cambios en las concentraciones de estos GEI que se dan en la atmósfera responden lentamente a los cambios que se dan en las tasas de emisión (Goudie, 1990).





Tabla 1. 1 Características de los principales Gases de Efecto Invernadero. (Goudie, 1990)

Gas	Fuentes antropogénicas	Concentración (ppm)		Incremento anual de la concentración	Tiempo de residencia en la atmósfera (años)
		Preindustrial	Actual		
CO <sub>2</sub>	Uso de combustibles fósiles, leña y deforestación	275	353	0,5%	50-200
CH <sub>4</sub>	Cultivo de arroz, ganado basurero, uso de combustibles fósiles	800	1.720	0,9%	10
NO <sub>x</sub>	Fertilizantes químicos	285	310	0,2%	150-180
CFC	Aerosoles, refrigerantes, aislantes	0	0,003	5%	63-130

### 1.2.3 Emisiones antropogénicas. Causas y consecuencias

De acuerdo con el cuarto informe de evaluación del IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (IPCC, 2007) las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub> se han elevado en un 30%, desde 1860 (de 280 a 360 partes por millón). Las actividades humanas que desde la revolución industrial intensificaron el uso de combustibles fósiles, así como el calentamiento de los océanos y la destrucción de muchos sistemas ecológicos, ha hecho que la acumulación antes mencionada de dióxido de carbono alcance niveles que no se registraban en la Troposfera desde hace 200,000 años (IPCC, 2007), Figura 1. 5.

Las causas provocadas por las emisiones abusivas de GEI sobre la Tierra son cada vez más evidentes, tal y como se describe en el Informe de Síntesis (IPCC, 2007), las principales y más evidentes son las siguientes:

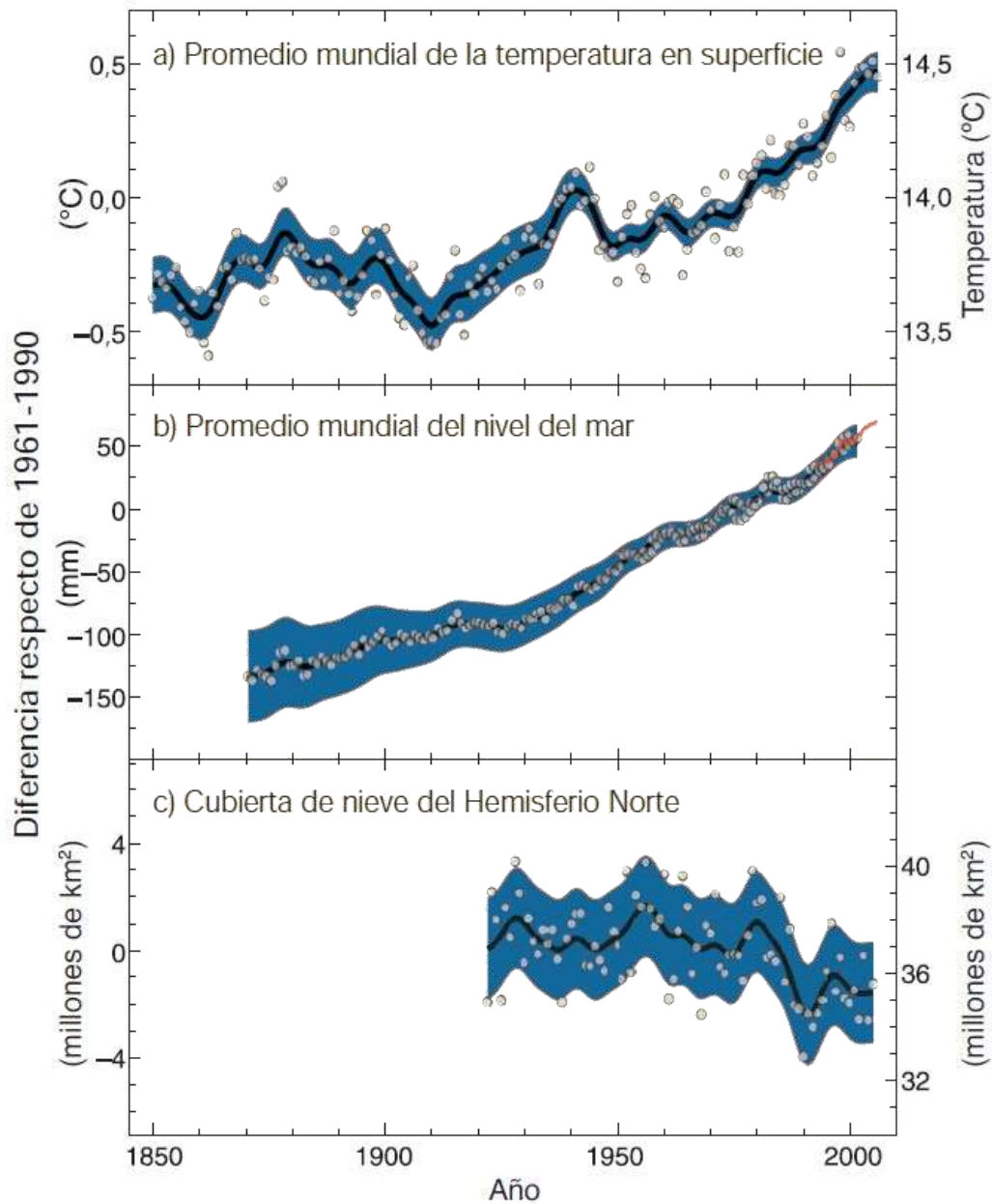


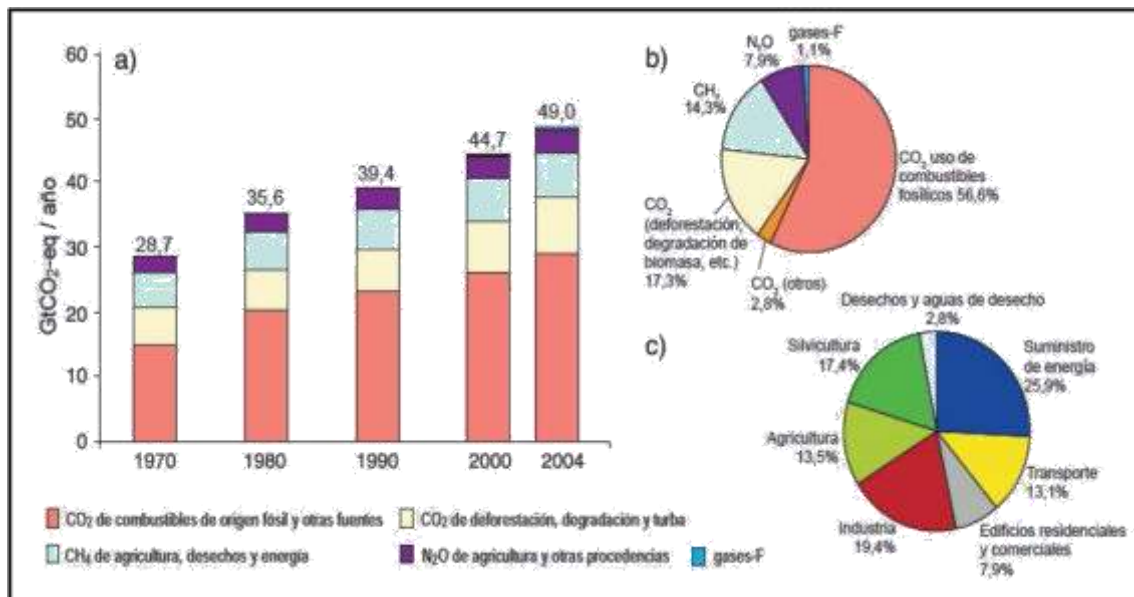
Figura 1. 5 Cambios en la temperatura, en el nivel del mar y en la cubierta de nieve del hemisferio norte (IPCC, 2007)

A) Aumento de la temperatura promedio de la atmósfera: 11 de los últimos 12 años (1995-2006) figuran entre los 12 años más calientes en los registros instrumentales de la temperatura global superficial (desde 1850). El incremento total de la temperatura de 1850-1899 al 2001-2005 es de 0.76°C (0.57°C a 0.95°C).



- B) El nivel medio del mar en todo el mundo ha subido y el contenido de calor de los océanos ha aumentado: El promedio global del nivel del mar se incrementó en un rango promedio de 1.8 mm por año de 1961 al 2003. El rango fue más rápido de 1993 al 2003 con 3.1 mm por año.
- C) Disminución en la extensión del hielo y la capa de nieve sobre la superficie terrestre: Los glaciares de las montañas y la capa de nieve han disminuido en promedio en ambos hemisferios, lo que ha contribuido al aumento del nivel del mar.

En la actualidad el planeta alberga aproximadamente 7.000 millones de personas (Banco Mundial, 2013). Tal y como está organizado el sistema, el desarrollo de la actividad humana, incluye la quema de combustibles fósiles, el desarrollo de prácticas agrícolas, el consumo eléctrico, la fabricación de bienes y servicios, etc. Los procesos que se llevan a cabo en todas estas actividades, generan residuos, vertidos y emisiones al medio ambiente, aumentando la concentración actual en la atmósfera de los GEI, y, con ello, dando lugar a un incremento del efecto invernadero. En la Figura 1.6 se muestran los datos que reflejan las principales causas de emisiones de origen antrópico, y las proporciones de GEI que se vierten a la atmósfera como consecuencia de las actividades humanas. El suministro de energía es la actividad que más aporta al aumento del efecto invernadero, seguido de la industria, la gestión selvícola y la agricultura. Como se muestra en dicha figura, el componente que más se emite es el CO<sub>2</sub>:



Emisiones anuales mundiales de GEI antropogénicos entre 1970 y 2004.5 b) Parte proporcional que representan diferentes GEI antropogénicos respecto de las emisiones totales en 2004, en términos de CO<sub>2</sub> equivalente. c) Parte proporcional que representan diferentes sectores en las emisiones totales de GEI antropogénicos en 2004, en términos de CO<sub>2</sub> equivalente. (En el sector silvicultura se incluye la deforestación)

Figura 1. 6 Emisiones mundiales de Gases de Efecto Invernadero (GEI) antropogénicos. (IPCC, 2007).

En magnitudes se puede decir que anualmente en el conjunto del globo terráqueo, se arrojan a la atmósfera 30.000 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> (IPCC, 2007), debidas a la quema de combustibles fósiles y a los cambios de usos de suelo. Del total, sobre el 50% tardará 30 años en desaparecer, un 30% permanecerá varios siglos y el 20% restante durará varios millares de años (Solomon *et al*, 2007).

Tabla 1. 2 Emisiones en kilotoneladas de CO<sub>2</sub> de los principales países emisores. (Banco Mundial, 2013)

País	Año 2007	Año 2008
China	6791,805	7031,916
Estados Unidos	5581,537	5461,014
India	1612,384	1742,698
Rusia	1667,567	1708,653
Japón	1251,188	1208,163



La mayoría de las emisiones provienen de los países industrializados, miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), que son responsables de la mitad de las emisiones. Les sigue China, con más de 7.000 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> anualmente emitidas, Estados Unidos, con 5.400 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, la India y la Federación Rusa. En la Tabla 1. 2 se reflejan los datos de los principales países emisores y en la Figura 1. 7 se muestra la distribución de las emisiones de CO<sub>2</sub> en kilotoneladas per cápita emitidas por países:

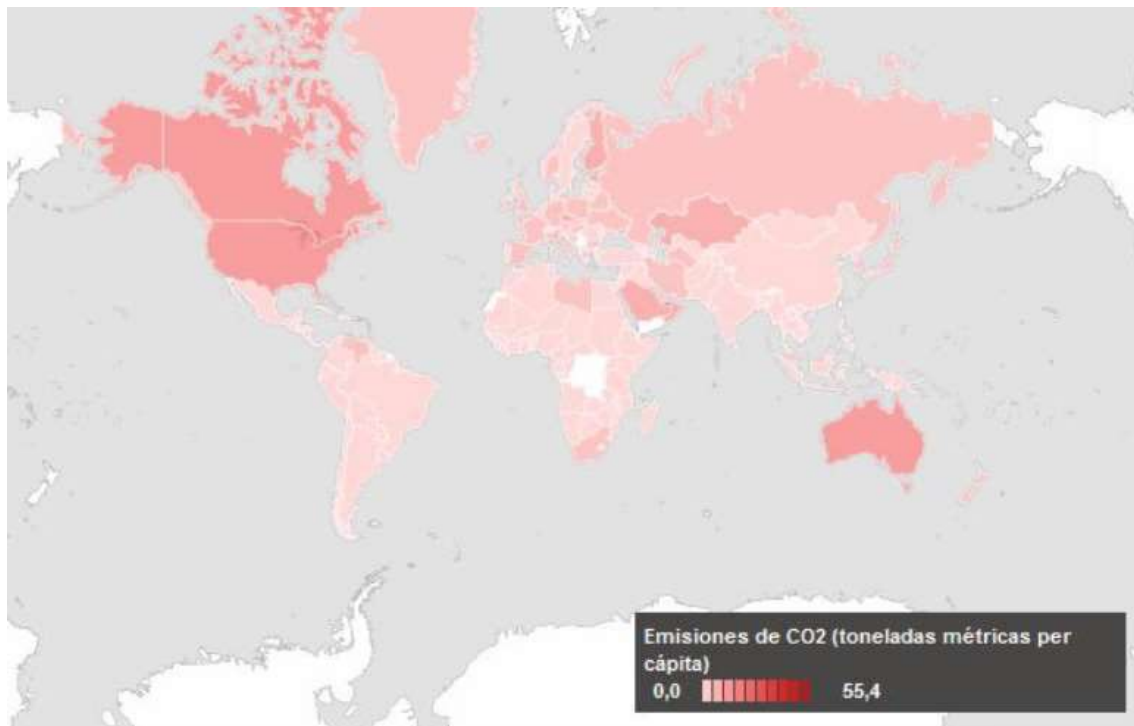


Figura 1. 7 Emisiones de CO<sub>2</sub> mundiales en toneladas métricas per cápita. (Banco Mundial, 2013)

### 1.2.4 Acuerdos internacionales en materia de cambio climático

Aunque el medio ambiente siempre ha sido esencial para la vida, la preocupación en relación al equilibrio entre la vida humana y el medio en el que se desarrolla comenzó a asumir dimensiones internacionales a mitad del siglo XX. Hacia finales de la década de 1960, las cuestiones ambientales eran una preocupación casi exclusivamente del mundo occidental. De hecho, en los países en vías de desarrollo, la preocupación por el medio



ambiente se veía como un lujo de Occidente. Más tarde, en los años setenta, la atención se centró en el medio ambiente biofísico, en cuestiones relacionadas con la gestión de la fauna y la flora silvestres, la conservación del suelo, la polución del agua, la degradación de la tierra y la desertificación, siendo el ser humano considerado como la principal causa de todos esos problemas.

Fue a partir de 1972, en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano, celebrada en Estocolmo, Suecia; donde se asumió la magnitud real de los problemas ambientales del planeta y las causas que los provocan, y se transformó el medio ambiente en una cuestión de relevancia internacional. Entre su declaración de principios se encuentra: “la polución no debe exceder la capacidad del medio ambiente de neutralizarla”, o “los recursos naturales deben ser preservados” (Clarke y Timberlake, 1987). Sus principios constituyeron un primer conjunto de “*soft law*” (leyes internacionales sin una aplicación práctica) para las cuestiones ambientales internacionales (Long, 2000). La Conferencia de Estocolmo recomendó la creación de un pequeño secretariado dentro de la Organización de Naciones Unidas (ONU) como núcleo para la acción y coordinación de las cuestiones medioambientales. Así se creó la institución del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

Años más tarde, en 1987, se publicó el Informe Brudtland, que es un documento llamado en realidad “*Our Common Future*” (Nuestro Futuro Común). Fue elaborado por la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, y es aquí donde se habla por vez primera de sostenibilidad, presentando una nueva forma de ver el desarrollo económico, visto como “sostenible”, es decir, un proceso que “satisface las necesidades presentes, sin amenazar la capacidad de las generaciones futuras para abastecer sus propias necesidades”. En él se destacan, además, problemas medioambientales, como el calentamiento global y la destrucción de la capa de ozono, aceptados como un problema ambiental que tenemos todos los seres humanos, y que hay que solventar. Estos conceptos fueron nuevos entonces, por lo que puede decirse que la idea del cambio climático se tiene desde hace poco más de veinticinco años, aunque las emisiones antrópicas comenzaron con el desarrollo de la primera Revolución Industrial, en el siglo XVIII.



Un poco más tarde, y a raíz de la Conferencia de Estocolmo, aparece en 1989, el IPCC, creado por el PNUMA y por la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Su función es, en palabras propias del IPCC, “analizar de forma exhaustiva, objetiva, abierta y transparente, la información científica, técnica y socioeconómica relevante para entender los elementos científicos del riesgo que supone el cambio climático provocado por las actividades humanas”. Este organismo publica periódicamente informes en el que se ponen de manifiesto los cambios percibidos en el clima, las causas que los provocan y sus consecuencias, así como evaluaciones medioambientales que ayuden a esclarecer los aspectos científicos, sociales y económicos del cambio climático. Además, evalúa las posibilidades de limitar las emisiones de GEI y de atenuar los efectos del cambio climático. Hoy en día son un referente para la comprensión pública de los peligros del calentamiento global, en especial en los países industrializados.

No obstante, no fue hasta 1992 cuando surgió la primera iniciativa de lucha contra el cambio climático. Se celebró en Río de Janeiro, Brasil, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, en la que comparecieron 176 gobiernos y más de 100 jefes de Estado, entre otras organizaciones, contra apenas dos que comparecieron en la Conferencia de Estocolmo. La Conferencia de Río todavía es la mayor reunión de este género jamás realizada. Los principios de Río reafirman las cuestiones que se formularon en Estocolmo veinte años antes, en base a ellos se produjeron grandes resultados, entre los que se destacan:

- Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y Desarrollo (27 principios).
- Agenda 21 (llamado en realidad Programa 21), un plan de acción para el medio ambiente y el desarrollo en el siglo XXI.
- Grandes convenciones internacionales (Convención-Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y la Convención sobre la Diversidad Biológica).
- Comisión de Desarrollo Sostenible.
- Declaración de los Principios de Gestión Sostenible de Florestas.



Cinco años después de la Convención de Río de 1992, se convocó a la comunidad internacional en el edificio de las Naciones Unidas en Nueva York, se denominó Río +5, para revisar los compromisos emprendidos en Río de Janeiro. Durante este periodo de sesiones extraordinarias y tal y como refleja el Documento de la Cumbre para la Tierra + 5, Jefes de estado y autoridades gubernamentales, llevaron a cabo una evaluación de la medida en que los países, organizaciones internacionales y sociedad civil han respondido a los compromisos de la Cumbre de Río 1992. Se pretende de esta forma ver cuáles son los adelantos, y objetivos logrados en este periodo de 5 años, así como la identificación de los errores que se hubieran podido cometer proponiendo soluciones correctoras con el fin de ir avanzando en los compromisos adquiridos, en pro de un desarrollo sostenible.

En Agosto de 2002 tuvo lugar en Johannesburgo una cumbre mundial del desarrollo sostenible organizada por la ONU, que pasaría a llamarse Río +10. Su objetivo era la adopción de un plan de acción de 153 artículos divididos en 615 puntos sobre diversos temas: la pobreza y la miseria, el consumo, los recursos naturales y su gestión, globalización, el cumplimiento de los Derechos humanos, etc.

En Junio de 2012 se celebró en Río de Janeiro una conferencia de desarrollo sostenible organizada por la ONU y que coincidió con el 20º aniversario de la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro de 1992, por ello también es conocida como Río +20. El objetivo de la conferencia es “asegurar la renovación del compromiso político con el desarrollo sostenible, evaluando los progresos realizados hasta la fecha y los aspectos que quedan por mejorar en la implementación de los resultados de las principales cumbres sobre desarrollo sostenible, y abordando al mismo tiempo nuevos retos o retos emergentes”.

La publicación del Segundo Informe de Evaluación del IPCC (1995), sirvió de gran incentivo para dar lugar al Protocolo de Kioto (UNFCCC, 1997), en el que ya se establecen metas reales para la reducción de emisiones. El acuerdo compromete a 39 países industrializados a reducir las emisiones de GEI en un 5,2% respecto a las emisiones del año base 1990 en un periodo de compromiso que va desde 2008 a 2012.





Las Partes (los países miembros del Protocolo de Kioto) se vienen reuniendo periódicamente para seguir la evolución de los objetivos marcados por el Protocolo de Kioto. En la última Cumbre del Clima se celebró en 2012 en Doha. En ella se aprobó una hoja de ruta para un tratado mundial que obliga a comprometerse a todos los países, y no solo a los estados desarrollados. En relación con el Protocolo de Kioto continuará en vigor hasta 2017 o 2020 pero sin la participación de países tan relevantes como Canadá, Rusia y Japón. De estas conclusiones se deduce que los países que forman parte del Protocolo de Kioto no están cumpliendo, en general, los objetivos propuestos.

La visión global que se tiene para el año 2050, que se muestra en la Figura 1. 8, es conseguir alcanzar una sociedad baja en carbono, esto se consigue con la colaboración de la mayoría de los países desarrollados, de manera que la reducción conjunta sea del 50% en relación a las emisiones del año base. El próximo encuentro de la Cumbre del Clima tendrá lugar en Varsovia a finales del año 2013. Los objetivos del encuentro entre cuyas principales directrices se tienen son el aumento de acuerdo vinculantes objetivos en la lucha contra la emisión de CO<sub>2</sub> y demás GEI.

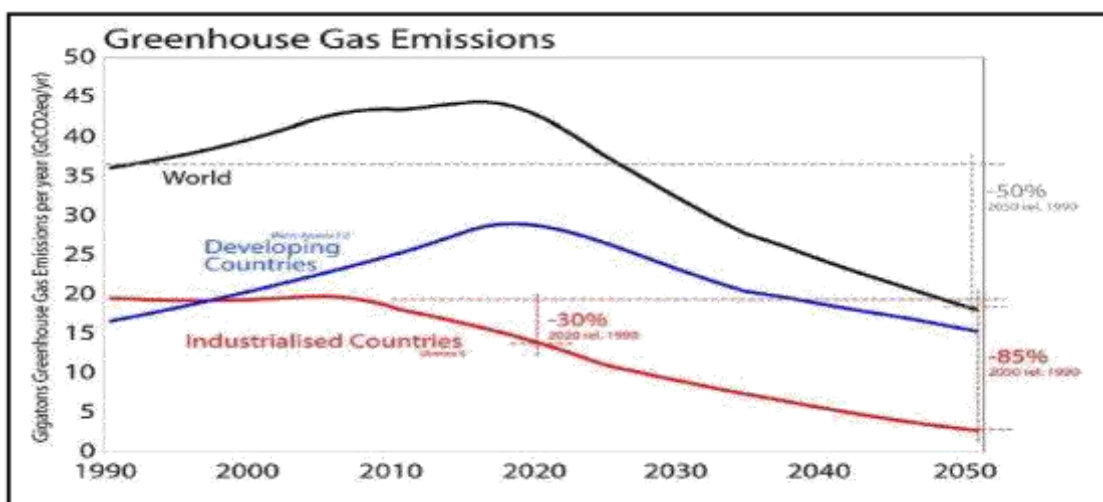


Figura 1. 8 Gráfica de la evolución de las emisiones de GEI y objetivos del protocolo de Kioto. (OECC, 2012)

### Medidas que ha adoptado la Unión Europea:

La Unión Europea lleva varios años comprometida en esta lucha, tanto a escala europea como internacional, que figura entre las prioridades de su programa y queda reflejada en



su política climática. Además, ha integrado el control de los gases de efecto invernadero en el conjunto de sus ámbitos de actuación para alcanzar los siguientes objetivos: consumir de forma más racional una energía menos contaminante, disponer de medios de transporte más limpios y equilibrados, responsabilizar a las empresas sin poner en peligro su competitividad, obrar por que la ordenación territorial y la agricultura estén al servicio del medio ambiente y crear un entorno favorable para la investigación y la innovación.

La Unión Europea ha venido adoptando a lo largo del tiempo un conjunto de normativas para llevar a cabo sus objetivos. Entre tales normativas merecen destacarse:

- a) Reglamento (UE) nº 525/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de mayo de 2013, relativo a un mecanismo para el seguimiento y la notificación de las emisiones de gases de efecto invernadero y para la notificación, a nivel nacional o de la Unión, de otra información relevante para el cambio climático, y por el que se deroga la Decisión nº 280/2004/CE.
- b) Recomendación de la Comisión, de 9 de abril de 2013, sobre el uso de métodos comunes para medir y comunicar el comportamiento ambiental de los productos y las organizaciones a lo largo de su ciclo de vida.
- c) Decisión de la Comisión, de 26 de marzo de 2013, por la que se determinan las asignaciones anuales de emisiones de los Estados miembros para el período de 2013 a 2020, de conformidad con la Decisión nº 406/2009/CE del Parlamento Europeo y del Consejo.
- d) Decisión nº 377/2013/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 24 de abril de 2013, que establece una excepción temporal a la Directiva 2003/87/CE por la que se establece un régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero en la Comunidad.
- e) Reglamento (UE) nº 601/2012 de la Comisión, de 21 de junio de 2012, sobre el seguimiento y la notificación de las emisiones de gases de efecto invernadero en aplicación de la Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo.



- f) La Directiva 2001/80/CE sobre limitación de emisiones a la atmósfera de determinados agentes contaminantes procedentes de grandes instalaciones de combustión, conocida como “Directiva GIC”. Esta Directiva ha sido modificada por las Directivas 2006/105/CE y 2009/31/CE.
- g) La Directiva 2001/81/CE sobre techos nacionales de emisión de determinados contaminantes atmosféricos. Esta Directiva ha sido modificada por el Reglamento (CE) nº 219/2009.

### **1.2.5 Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en España**

España es signataria de una serie de convenios internacionales que requieren también información sobre las emisiones atmosféricas. Entre tales convenios merecen destacarse:

- El Convenio de Ginebra sobre Contaminación Transfronteriza a Larga Distancia con sus respectivos protocolos referidos al azufre (Helsinki y Oslo), a los óxidos de nitrógeno (Sofía), a los compuestos orgánicos volátiles (Ginebra), a los metales pesados y compuestos orgánicos persistentes (Aarhus), y sobre acidificación, eutrofización y ozono troposférico (Gotemburgo).
- La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, y el Protocolo de Kioto sobre limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero.
- El Convenio de Estocolmo sobre eliminación o reducción de Compuestos Orgánicos Persistentes.

Todos estos acuerdos requieren para su seguimiento que cada país informe en plazo, de las emisiones de uno o varios de los contaminantes contemplados. Actualmente en el Inventario desarrollado según la metodología EMEP (European Monitoring and



Evaluation Programme,) (EMEP, 2013) inventario que, al ser el de más amplia cobertura de los realizados sistemáticamente en España, constituye el soporte fundamental para satisfacer los requerimientos informativos señalados.

En la Tabla 1. 3 se muestra una síntesis de los requerimientos de cobertura informativa derivados de los distintos compromisos o foros en los que participa España, requerimientos que permiten ser suficientemente atendidos con el planteamiento del presente Inventario.

Tabla 1. 3 Inventarios nacionales de emisiones a la atmósfera. (MAGRAMA, 2012)

	INVENTARIO BASE NACIONAL	CONVENCIÓN MARCO CAMBIO CLIMATICO	COMISION UE SEGUIMIENT O GEI	CONVENION DE GINEBRA	COMISION UE DIRECTIVA TECHOS
<b>CONTAMINANTES</b>					
SO <sub>2</sub>	•	•	•	•	•
NO <sub>x</sub>	•	•	•	•	•
CO <sub>2</sub>	•	•	•		
CH <sub>4</sub>	•	•	•		
N <sub>2</sub> O	•	•	•		
COVNM	•	•	•	•	•
CO	•	•	•	•	•
NH <sub>3</sub>	•			•	
PARTICULAS	•			•	
METALES PESADOS <sup>a</sup>	•			•	
COMPUESTOS ORGÁNICOS PERSISTENTES <sup>b</sup>	•HFC <sub>s</sub> •PFC <sub>s</sub> •SF <sub>6</sub>	•HFC <sub>s</sub> •PFC <sub>s</sub> •SF <sub>6</sub>	•HFC <sub>s</sub> •PFC <sub>s</sub> •SF <sub>6</sub>		
<b>PLAZO PRESENTACIÓN INVENTARIOS (EN MESES)</b>					
A CONTAR DESDE CIERRE AÑO REF.	12 meses	15,,5 meses	12,5 meses	13,5 meses	12 meses



- a As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn. De estos metales se consideran prioritarios para EMEP el Cd, Hg y Pb.
- b Hexaclorociclohexano (HCH), pentaclorofenol (PCP), hexaclorobenceno (HCB), tetraclorometano (TCM), tricloroetileno (TRI), tetracloroetileno (PER), triclorobenceno (TCB), tricloroetano (TCE), dioxinas y furanos (DIOX), hidrocarburos policíclicos aromáticos (PAH). Para EMEP se consideran adicionalmente entre los POPs los bifenilos policlorados (PCB).

En la Figura 1. 9 Emisiones de GEI en España (1990/2011) y la UE (1990/2009). (MAGRAMA, 2012) se aprecia la evolución de las emisiones de GEI en España durante el periodo 1990-2011. Puede verse que la tendencia en los últimos años es descendente, alcanzando en el año 2009 niveles equivalentes al año 1999. Según la Oficina de Cambio Climático, las emisiones de GEI en España en el año 2009 fueron de 367.543 kilotoneladas de CO<sub>2</sub>-eq. Sin embargo, el objetivo establecido en el Protocolo de Kioto para España cifra las emisiones de GEI en 289.757 kilotoneladas de CO<sub>2</sub>-eq para el año 2012, en virtud al acuerdo original. Esto supone que España tendrá que reducir sus emisiones en 77.786 kilotoneladas de CO<sub>2</sub>-eq durante el periodo 2010-2012, lo que equivale a una de reducción del 26,8% respecto a las emisiones del año 2009.

El Observatorio de la Sostenibilidad en España publica en su informe del año 2010 (OSE, 2010) que las emisiones de GEI per cápita en España tienden a reducirse en mayor medida que las emisiones medias del conjunto de los países de la OCDE y de Europa. Sin embargo, las emisiones per cápita españolas siguen siendo mayores que las de la media mundial, tal como muestra la Figura 1. 9.

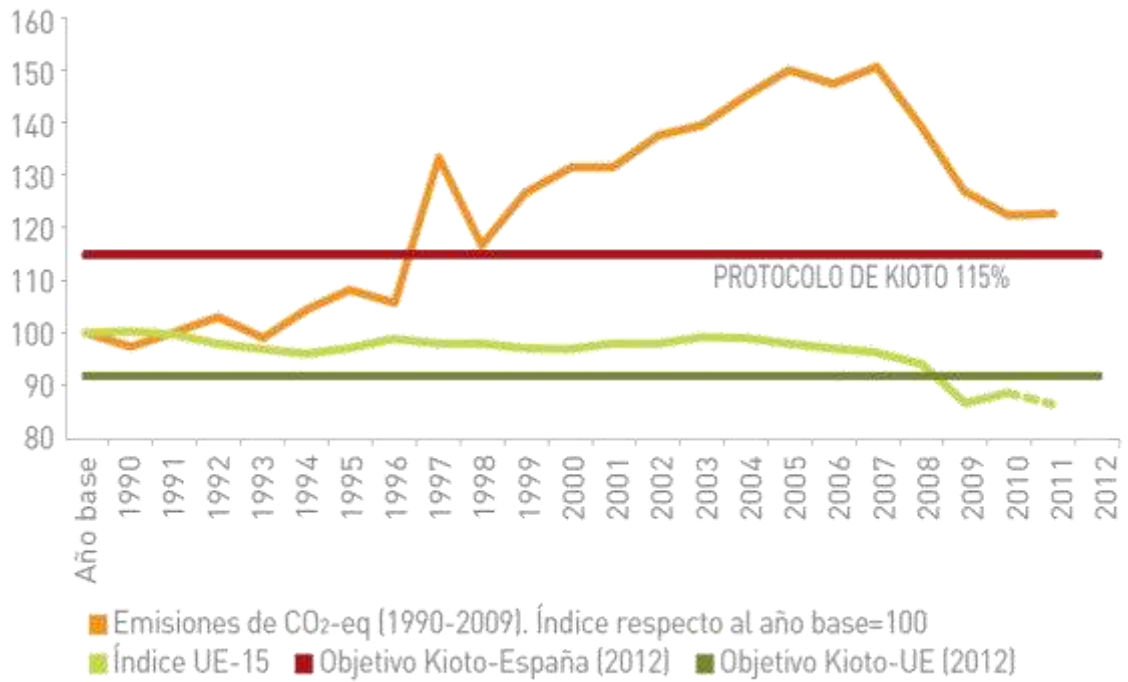


Figura 1. 9 Emisiones de GEI en España (1990/2011) y la UE (1990/2009). (MAGRAMA, 2012)

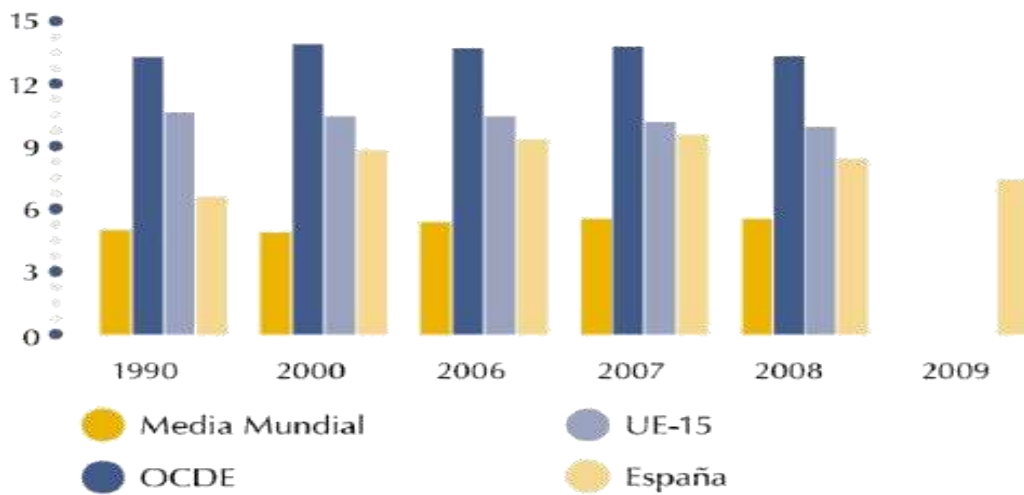


Figura 1. 10 Promedio de emisiones per cápita españolas de gases de efecto invernadero en toneladas de CO<sub>2</sub>eq, frente a distintos colectivos de países. (OSE, 2010)

En la Figura 1. 11 se puede observar como el CO<sub>2</sub> es el principal GEI emitido en España con casi el 81% de las emisiones en el año 2009, seguido del metano con el 10% y del óxido nitroso con el 7%.

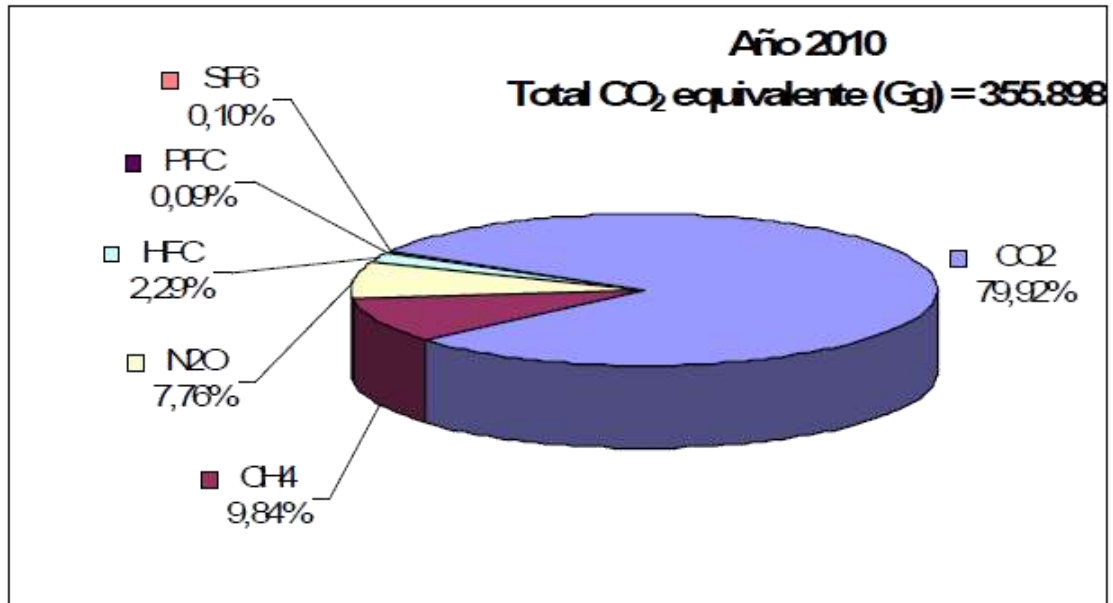


Figura 1. 11 Porcentaje de emisiones de gases de efecto invernadero por gases en España 2010. (MAGRAMA, 2012)

Si atendemos a las emisiones por sector de actividad Figura 1. 12 el procesado de la energía es el responsable del 75,8% de las emisiones de GEI, seguido por la agricultura con un 11,2% y los procesos industriales con cerca del 7,9%. De esta manera, se revela al sector energético como el principal responsable de la emisión de GEI, siendo mucho menor la aportación del resto de sectores.

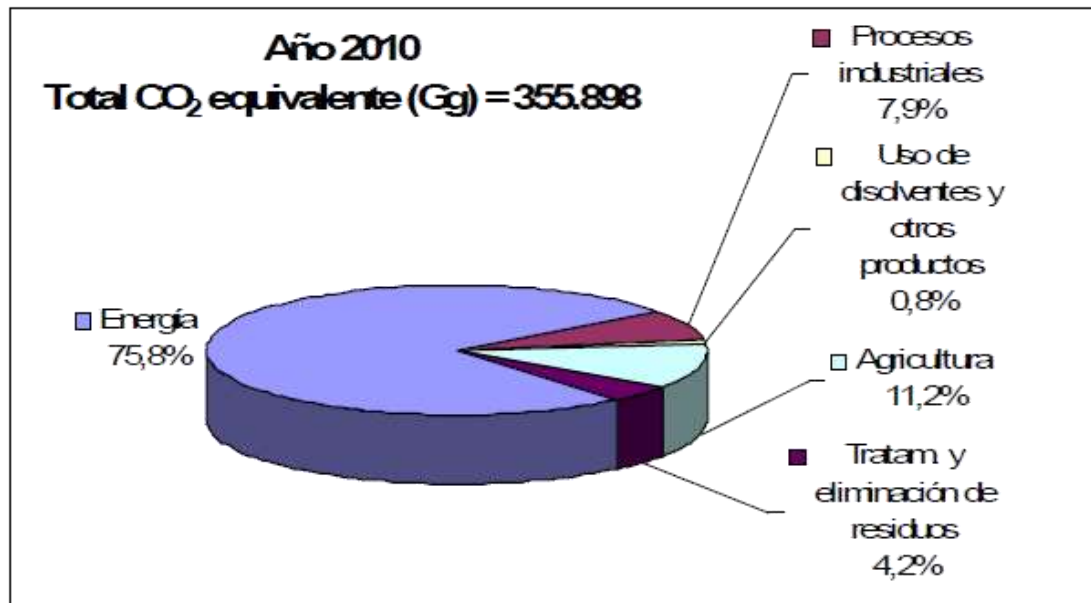


Figura 1. 12 Porcentaje de emisiones de gases de efecto invernadero por sector de actividad español. (MAGRAMA, 2012)

Pese al descenso presente a partir del 2008, la dificultad de cumplir con los compromisos para el periodo 2008-2012 ha hecho que España haya gastado hasta ahora 770 millones de euros en compras de derechos de emisión (Méndez, 2012). La última compra de derechos de emisión se realizó a finales de 2012 con una adquisición de derechos a Polonia por valor de 50 millones de euros.





## 1.3 INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD

### 1.3.1 Indicadores relacionados con el desarrollo sostenible

Los indicadores son instrumentos que contribuyen a la comprensión de un fenómeno por medio de indicios o señales que, por lo general, cuantifican una magnitud (Martínez, 1980). Es decir, son herramientas que nos permiten un mejor conocimiento de un sistema complejo, a través del estudio de atributos indirectos del mismo. Estos atributos pueden identificarse con variables, tanto cuantitativas como cualitativas (Quiroga, 2001). Su empleo se justifica por la necesidad de tomar decisiones sobre el sistema estudiado. Un indicador debe ser capaz de ofrecer información relevante sobre el sistema en estudio y ser sensible a los cambios que este experimente en el tiempo. Las características que debe poseer un indicador son las siguientes:

1. Relevancia: capacidad para mostrar los efectos principales de las actividades estudiadas (Gallopín, 2006).
2. Robustez: característica que engloba los siguientes atributos:
  - Defendible teóricamente, es decir, basado en asunciones probadas y contrastables (Moffat *et al.*, 2001).
  - Fiable, es decir, capaz de reflejar con precisión la realidad y sus cambios (Bermejo, 2001).
  - Reproducible, lo que significa que sus resultados deben ser los mismos ante una misma situación (Moffat *et al.*, 2001).
  - Sensible, es decir, capaz de recoger las modificaciones del sistema estudiado (Gallopín, 1997).
  - Comparable, esto es, que permita conocer su evolución en el tiempo (Bermejo, 2001).



3. Viabilidad: hace referencia a tres cuestiones:

- Sencillez y claridad técnica: esto supone que el método de cálculo sea simple y que esté libre de ambigüedades (Moffat et al., 2001).
- Disponibilidad de datos: el indicador debe requerir un número razonable de datos y que no sean difíciles de obtener (Moffat et al., 2001; Gallopín, 2006).
- Capacidad de comunicación: debe ser fácilmente comprensible por las partes interesadas (Bermejo, 2001).

4. Utilidad para los decisores: en este sentido, se considera positiva la capacidad del indicador para identificar objetivos, identificar tendencias, predecir y modelar y ser aplicado a distintos niveles (Moffat et al., 2001).

Las funciones que pueden desempeñar la mayoría de indicadores se pueden resumir en tres:

1. Simplificación: representar la realidad reduciendo el número de componentes.
2. Cuantificación: medir la realidad estudiada y en el caso de indicadores cualitativos ser capaces de establecer una escala o graduación.
3. Comunicación: transmitir información acerca del sistema en estudio.

Partiendo de la definición del concepto de indicador puede deducirse que los indicadores relacionados con el desarrollo sostenible comparten las características comunes a todos los indicadores, con la particularidad de constituir variables relacionadas con cuestiones clave para el logro del bienestar económico, social, medioambiental e institucional de la sociedad.

Sin embargo el carácter ciertamente difuso del concepto de “desarrollo sostenible” conduce a una serie de indefiniciones conceptuales y terminológicas entorno a estos indicadores que conviene mencionar. En primer lugar existen distintos criterios a la hora de definir a los indicadores relacionados con el desarrollo sostenible. Indistintamente se emplean términos como “indicadores de sostenibilidad” o “indicadores de desarrollo sostenible” sin que exista una definición unificada del concepto. En este sentido, para



Quiroga (2001) los “indicadores de desarrollo sostenible” se interpretan como un conjunto de señales que facilitan la evaluación del progreso hacia el desarrollo sostenible, es decir, hacia la mejora de la productividad económica, la equidad social y la preservación de las funciones ecológicas. Desde otro punto de vista, Opschoor y Reijnders (1991) conciben este tipo de indicadores de forma que sean variables capaces de medir la brecha entre el desarrollo actual y el definido como sostenible de acuerdo a algún criterio específico.

En segundo lugar, como se explicó anteriormente, el desarrollo sostenible tiene tres vertientes diferenciadas (social, ambiental y económica). Tiene sentido pensar que los indicadores de desarrollo sostenible abarquen cuestiones relacionadas con cualquiera de las tres perspectivas. De esta manera se diferencian indicadores de sostenibilidad social (por ejemplo tasa de alfabetización), ambiental (por ejemplo emisiones de CO<sub>2</sub>), económica (como el PIB). Sin embargo es común que al hablar de indicadores de sostenibilidad se suela hacer referencia a aquellos indicadores que midan el “desarrollo sostenible” desde la perspectiva de la sostenibilidad ambiental.

En tercer lugar es necesario establecer de forma unánime cuál es el umbral de la sostenibilidad. Es decir, es necesario delimitar los márgenes de la sostenibilidad estableciendo valores de referencia con los que se contrastarán los valores calculados en los análisis de sostenibilidad.

En cuarto lugar existe confusión al establecer las diferencias conceptuales entre los términos: “indicador medioambiental” e “indicador de sostenibilidad ambiental”. Meadows (1998) señala diferencias específicas entre indicadores ambientales e indicadores de sostenibilidad y afirma que los primeros llegan a ser los segundos al incorporar plazos, límites u objetivos; sin embargo, este punto de vista tiene el inconveniente de incorporar al concepto del indicador elementos ajenos a la herramienta restándole objetividad, ya que un indicador mide, no concluye. Para Barros (2006), los indicadores ambientales están relacionados con la protección al medio ambiente, mientras que los indicadores de desarrollo sostenible muestran los avances en las actividades económicas que son compatibles con la sostenibilidad ambiental de un territorio.



Para dar respuesta a estas ambigüedades terminológicas es necesario establecer un criterio estandarizado que unifique los diferentes criterios conceptuales, facilitando así su comprensión y permitiendo así desarrollar todo su potencial comunicativo dentro de su función de comunicación.

### **Clasificación de los indicadores relacionados con el desarrollo sostenible**

En la actualidad existen infinidad de indicadores relacionados con la sostenibilidad. Solo en la categoría de indicadores ambientales existen más de 2.000 (Carballo, 2010). Su agrupación y clasificación resulta compleja, pues existen multitud de criterios y aspectos que pueden tenerse en cuenta. Por este motivo existen diversas clasificaciones en torno a las cuales agrupar a los indicadores. En primer lugar la clasificación que Quiroga (2001) y González Laxe (2007) establecen basándose en criterios temporales, según la cual, los indicadores se clasifican en tres tipos según la época en que fueron desarrollados y las vertientes del desarrollo sostenible que engloban (primera, segunda y tercera generación). Otro criterio de clasificación a destacar está constituido por el grado de complejidad que soportan los indicadores. De esta manera se distinguen “indicadores simples” (o desagregados) elaborados a partir de mediciones directas e “indicadores complejos” (también llamados agregados o sintéticos) obtenidos a partir de varios indicadores simples. Otros autores prefieren clasificar los indicadores en función de los elementos ambientales a los que se refieren. De esta manera, Jacobs (1996) establece dos tipos de indicadores:

- **Primarios:** miden las características de elementos ambientales tales como suelo, flora, biodiversidad etc.
- **Secundarios:** miden la actividad económica que interfiere en los indicadores primarios. Es el caso de la medición de emisiones contaminantes, explotación de un recurso etc.

Respecto al número de indicadores a emplear para medir la sostenibilidad de un sistema existen diferentes opiniones y criterios. Hay que partir de la premisa que la elección de un mayor número de indicadores permiten describir mejor la realidad estudiada, sin



embargo la elección de un número excesivo convertiría la información en poco manejable. El empleo de un solo indicador general con capacidad de capturar las cuestiones más relevantes del desarrollo sostenible fue muy empleado en los años noventa. En este tipo de indicadores se valora sobre todo la capacidad de sintetizar la información. Sin embargo, el proceso de agregación que experimentan para poder contemplar los distintos impactos que recogen supone una desventaja, ya que es posible que en las transformaciones se pierda información relevante ocultando así cuestiones que pueden ser trascendentales (Chambers, 2001). Aun así, no existe consenso y si bien es cierto es que el empleo de indicadores agregados supone un riesgo por simplificación del objeto en estudio, también pueden suponer un avance con respecto de la dispersión de indicadores ambientales existentes (Cano, 2004).

### **1.3.2 Huella de Carbono**

#### **1.3.2.1 Definición**

En los noventa, William Rees y Mathis Wackernagel de la Universidad de British Columbia, conciben el concepto de Huella Ecológica como una herramienta contable que permite estimar los requerimientos en términos de recursos relacionados con la tierra y el agua, y la asimilación de los residuos para satisfacer las necesidades de una determinada población, entidad, región o país, expresadas en áreas productivas globales (Wackernagel y Rees, 1995). Definieron además su modelo de cálculo que fue aplicado a países con alto grado de desarrollo concluyendo que éstos presentaban importantes déficits ecológicos, dado la necesidad que tienen de recursos de otros países para solventar la carencia de recursos internos en función de su población (Rees, 1996). El concepto fue diseñado como una herramienta de planificación para medir la sostenibilidad ecológica con el propósito de estimar la magnitud del consumo humano que excede la capacidad de regeneración de la biosfera (Carballo et al., 2008).

La huella ecológica se compone de subhuellas, siendo la más significativa en función de su impacto directo en el cambio climático, la huella de carbono (HC) cuya participación en la huella ecológica alcanza casi el 50% (WWF, 2008). Esta magnitud implica que no



sólo es importante medirla sino también conocerla en todas su dimensiones. Sin embargo, pese a su aparente simplicidad, no ha sido todavía claramente definida. Esta indeterminación ha generado confusión respecto a su significado, no habiendo consenso en su medición ni alcance. (Carballo et al., 2009).

La definición más comúnmente aceptada es la publicada por Wiedmann y Minx, (2008). Estos autores definen la HC el conjunto de GEI que son emitidos de manera directa e indirecta a la atmósfera por cualquier actividad. Las actividades pueden estar definidas de cualquier tipo por lo que se puede aplicar a nivel de individuo, organización, evento, producto o servicio. El avance del concepto de HC establece limitaciones entre cuáles son los GEI considerados como relevantes, dónde establecer los límites para emisiones asociadas al ciclo de vida ( incluir la elaboración de las materias primas y el destino final del producto, respectivos embalajes, etc. ).

### **1.3.2.2 Situación actual**

La situación actual del indicador HC se puede enmarcar en un análisis DAFO (Álvarez, 2012):

#### Fortalezas y Oportunidades:

- Beneficios duraderos en el tiempo. Los cambios generados por el uso de la HC en el análisis de patrones de producción y hábitos de consumos perduran en el tiempo.
- Puede aplicarse a cualquier actividad, lo que le convierte en un indicador perfecto para la inmersión social.
- Implantar estrategias de reducción de emisiones por medio del HC es barato. Las curvas de costo de abatimiento de GEI proporcionan una base cuantitativa para las discusiones sobre qué acciones serían las más efectivas (McKinsey & Company, 2009)
- Los inversores cada vez están más interesados en empresas con imagen verde. la base de los inversores tras el CDP creció de 35 inversionistas con



activos por 4,5 billones de dólares en 2003 a 655 inversores con activos de 78 billones de dólares en 2012. (CDP, 2012)

- Las herramientas para cálculo de HC están disponibles de manera libre, no hace falta esperar nuevas tecnologías. (WRI y WBSCD, 2013)
- La crisis económica actual no ha impedido que el empleo verde creciera. En el período 2008-2012 ha crecido un 25%, lo que le convierte en uno de los sectores con mayor potencial de crecimiento del empleo COM (2012).
- Hay un importante efecto multiplicador a lo largo de la cadena de valor. Más del 75% de las emisiones de muchas economías se pueden atribuir directa o indirectamente al consumidor (HEAL, 2011)
- Se estima que el mercado mundial de bienes y servicios ambientalmente amigables es de 4,2 billones de euros (6% del PIB mundial). La Cuota de mercado de las empresas de Estados Unidos es del 21% (Departamento para Negocios, Innovación y Habilidades, 2012)

### Amenazas y debilidades:

- Dicotomía del concepto: existen dos enfoques diferentes, uno de organización y otro de producto, lo que puede crear confusiones.
- Proliferación de metodologías: Cuando una empresa se enfrenta diversas metodologías de cálculo, la incertidumbre se incrementa y surge el cuestionamiento de dicho indicador y su veracidad respecto de la relación con el ambiente (WIEDMANN, 2009; BOLWIG Y GIBBON, 2009). Según informes de la COMISIÓN EUROPEA (2010) se contabilizan un total de 62 metodologías con enfoque a producto y 80 orientadas a organizaciones.
- Es difícil establecer los límites del cálculo con un mismo criterio. Los criterios de corte deben ser objetivos y no deberían variar en función del analista.
- El indicador no considera otras categorías de impacto diferente al cambio climático como por ejemplo el agotamiento de los recursos, la acidificación, toxicidad, etc...



Son muchos los agentes que están trabajando en transformar estas debilidades y amenazas en fortalezas y oportunidades. A continuación se presentan algunos avances que se están dando en relación a las debilidades y amenazas anteriormente expuestas:

- Dicotomía del concepto: Se espera que se solucione con el nuevo enfoque integrado. (OSE, 2011). Proliferación de metodologías: Se espera que se frene con las recientes publicaciones de la Organización Internacional de Normalización (ISO, por sus siglas en inglés). Estas nuevas publicaciones son: ISO/TS 14067:2013 denominada “*Greenhouse gases. Carbon footprint of products. Requirements and guidelines for quantification and communication*” y el informe técnico ISO/TR 14069:2013 llamado “*Greenhouse gases. Quantification and reporting of greenhouse gas emissions for organizations. Guidance for the application of ISO 14064-1*”, siendo la referencia para el cálculo de HC en organizaciones.
- Difícil establecimiento de los límites: Se espera que técnicas input-output lo solucionen. Éstas técnicas modelizan las economías mundiales como un sistema cerrado donde se puede contabilizar las emisiones totales (directas e indirectas) o energía primaria (neta más pérdidas) necesarias para cada euro invertido. La financiación con fondos de investigación europeo ha generado importantes avances en la confección y accesibilidad de estas tablas. Los últimos avances pueden consultarse de manera libre (WIOD, 2013).
- Consideración de otras categorías de impacto. Se espera que el avance la Huella Ambiental permita la incorporación de nuevas categorías de impacto (COMISIÓN EUROPEA, 2013). Además destacan los avances realizados por la “*Global Footprint Network*”, una red de más de 90 organizaciones en todo el mundo compuesto por profesionales del mundo de la “Huella”. Prueba de estos avances es la Recomendación de la Comisión, de 9 de abril de 2013, sobre el uso de métodos comunes para medir y comunicar el comportamiento ambiental de los productos y las organizaciones a lo largo de su ciclo de vida.





### 1.3.2.3 Enfoques

Como se ha comentado, un punto de debilidad al analizar el indicador HC es la diversidad de enfoques que están cobrando importancia. Principalmente hay dos enfoques: (1) el enfoque de producto basado fundamentalmente en el análisis el ciclo de vida (ACV) de dicho producto; y (2) el enfoque corporativo basado en la aplicación de inventario de GEI al mundo empresarial.

#### A) Enfoque a organización:

Los métodos y herramientas aplicados a la organización son en la mayoría parciales, pues permiten que los límites varíen según criterios de corte subjetivos. Esto compromete la comparabilidad (a menos que en el futuro se corrija esta situación). Hay que añadir a lo anterior la libertad que se deja para elegir el método de cálculo de huella propiamente dicho, así como los factores de emisión, debiendo únicamente proceder de fuentes solventes. Figura 1. 13.



Figura 1. 13 Huella de Carbono con enfoque a organización (Doménech, 2011)

#### B) Enfoque a producto:

Las metodologías más utilizadas para el cálculo de la huella de productos están basadas en el ACV, siendo las más utilizadas la ISO 14025 y PAS 2050. Consisten básicamente en recopilar toda la información sobre los consumos de materia y energía en cada una de las etapas por las que va pasando una determinada mercancía o producto (extracción, fabricación, transformación, transporte, almacenamiento, uso, etc.) y convertirla a



emisiones de CO<sub>2</sub>eq. El principal problema que presenta este enfoque es que exigen la participación de varias empresas de la cadena de valor, la adquisición de datos basada en los “procesos más relevantes” varía según el analista, así como los “criterios de corte” (pues la cadena de valor podría ser infinita) comprometen seriamente la comparabilidad entre productos (Figura 1. 14). A fin de ganar en comparabilidad se propone el cumplimiento de las Normas de Categoría de Productos (PCR, siglas en inglés), aprobadas dentro del marco de la ISO 14025 por el organismo suizo Environdec. Aun así esta búsqueda de la comparabilidad se pierde por el uso de fuentes de datos que no tienen por qué responder a la actividad real de la empresa sino que puede sacarse de un amplio abanico de bases de datos.



Figura 1. 14 Huella de Carbono con enfoque a producto (Doménech, 2011)

### C) Enfoque integrado:

El tercer tipo de enfoque es el enfoque mixto a la organización y al producto, cuya principal ventaja es que aúna la visión corporativa a la de producto. En este enfoque, cada eslabón de la cadena de valor (cada organización) calcula su propia huella y la pasa al siguiente, acumulándose así hasta llegar al consumidor final. Esto permite que cada uno de ellos pueda poner su propia etiqueta a sus propios productos, facilitando así el proceso de ecoetiquetado global.

El esquema de cálculo busca primero el cálculo de las emisiones de la organización para acometer desde la visión global y completa el reparto de cargas en función de las fases de ciclo de vida consideradas en el producto o servicio que se genera. Esta dos fases;



(1) de abajo arriba, para el cálculo de la HC de organización y (2) de arriba abajo, para el cálculo de la HC de producto ya han sido estudiadas por diferentes investigadores mostrando ser una alternativa óptima dentro de la actual dicotomía del concepto.



Figura 1. 15 Huella de Carbono con enfoque integrado (Doménech, 2011)

#### 1.3.2.4 Alcances límites y calidad del dato

Antes de proceder al cálculo de HC es muy importante fijar los límites y alcances que abarcará el estudio.

##### a) Definición de alcances:

La primera y más conocida categorización de alcances es la definida dentro del estándar GHG Protocol (WRI y WBCSD, 2004). Esta publicación define los alcances (Figura 1. 16) como:

Alcance 1: Emisiones directas de GEI

Son las que proceden de fuentes propias o las que están bajo control de la empresa, como por ejemplo, las emisiones procedentes de la combustión de combustibles fósiles de calderas, hornos, vehículos o emisiones que provienen de producción química.

Alcance 2: Emisiones indirectas de GEI derivadas del uso de electricidad



Son las que se crean en la generación de la electricidad consumida en la actividad. Dichas emisiones físicamente no ocurren en el lugar de consumo sino en el de generación, pero la carga ambiental debe imputarse a la entidad que la utilice, ya que es responsable de dicha generación. El valor de emisión varía con el “Mix eléctrico”, que varía según la región, siendo mucho menor cuando en éste aumenta el porcentaje de energías renovables utilizadas en dicha generación.

Alcance 3: Otras emisiones indirectas de GEI.

Se recogen el resto de emisiones indirectas asociadas a la cadena de producción de bienes y servicios basados en los consumos de la organización de aquellas actividades de la empresa, que ocurren en fuentes que no son propiedad ni están controladas por la empresa. Este alcance tiene carácter voluntario, por lo que varían de unas empresas a otras.

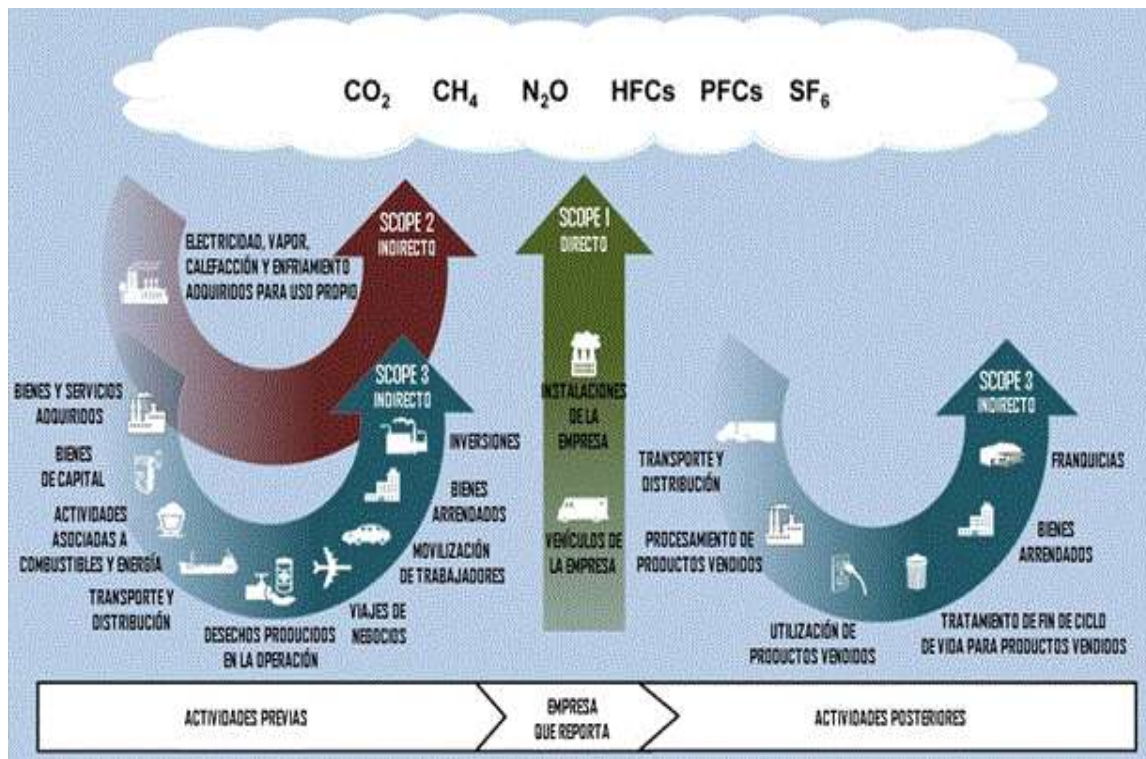


Figura 1. 16 Diagrama de los alcances 1,2 y 3. (WRI y WBSCD, 2008)



### **b) Límites del sistema:**

Los límites del sistema son un concepto en estrecha relación con el concepto de alcance dado que ambos definen las fronteras del estudio a ser realizado. Los límites del sistema generalmente se clasifican en:

Límites físicos: Son los más fáciles de delimitar, representan las barreras físicas de la organización centro de estudios. Su delimitación es fundamental para establecer las emisiones asociadas al uso de suelo.

Límites organizativos: Son las unidades de organización a ser consideradas. Es importante establecer un organigrama y establecer criterios para la asignación de las emisiones generadas en las unidades de organización sobre las que se desea realizar el estudio.

De esta forma se evita uno de los errores más frecuentes que ocurren a la hora de realizar un estudio de HC, que son el dejar determinadas emisiones sin contabilizar, o bien, realizar una doble contabilidad de estas.

Límites operacionales: Sirven para definir las fuentes y sumideros que deben ser consideradas en el estudio. Estas fuentes y sumideros derivan de las operaciones relacionadas con las unidades organizativas o fases del ciclo de vida del producto o servicio que transmiten al mercado.

### **c) Calidad del dato:**

Finalmente, existe un nuevo concepto imprescindible para soportar el cálculo de HC: la calidad del dato. Para afrontarlo primero se debe entender la distinción entre dato primario y secundario.

Un dato primario es el que se obtiene a través de mediciones directas o el que se proporciona por el proveedor que certifica su medición. Es, por tanto, un dato próximo a la realidad local en estudio.

A veces la obtención de este dato primario tiene un alto coste o el proveedor no lo proporciona. Entonces se acude al denominado dato secundario, un dato proporcionado



por fuentes más o menos fiables. Se trata de factores, bases de datos y herramientas que se acercan mediante simulaciones o patrones de comportamiento a una aproximación válida. (Carbonfeel, 2013).

Siempre que se pueda el cálculo debe apoyarse en datos primarios, ya que se acercan mejor a la realidad. El dato secundario no es más que una simplificación que provoca que prácticamente todas las empresas acaben dando los mismos resultados de sus estudios al apoyarse todas en los mismos datos de referencia. Póngase por ejemplo que una mesa de madera soporta determinada carga de carbono de acuerdo a un ciclo de vida elaborado en algunos estudios bajo determinadas condiciones. No es lo mismo comprar una mesa a un productor local que a uno que está a 10.000 km de distancia. Es más, el que obtiene su materia prima de la gestión forestal sostenible se vería penalizado al no tener en cuenta su verdadera carga de carbono.

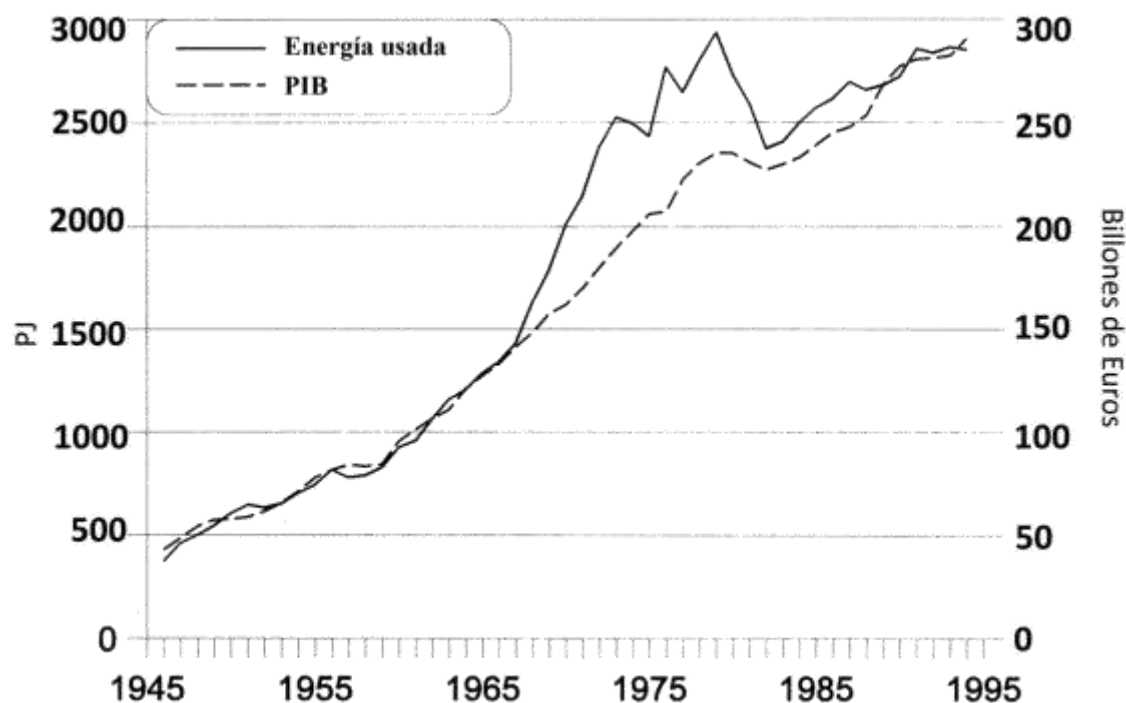
Cuando se habla de calidad del dato, por tanto, se hace referencia a que el método de trabajo propuesto debe ir orientado hacia la elaboración y distribución de datos primarios (datos reales derivados de mediciones proporcionadas por el proveedor), y no al comercio de datos secundarios. El papel de los datos de carácter secundario debe ser visto como alternativa, no como fin (Carbonfeel, 2013).



## 1.4 CONSUMO Y EMISIONES DE HOGARES

Los hogares han sido sujetos de muchas estrategias de reducción de la contaminación. Muchas de estas estrategias desarrolladas en los últimos años han tenido niveles razonables de éxito. Sin embargo, la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> resulta ser una meta difícil de alcanzar. Esto no es sorprendente, ya que las emisiones de CO<sub>2</sub> están fuertemente relacionadas con el consumo de energía y éste a su vez con el consumo de combustibles fósiles, que generaron en 2010 el 80.9% de la energía mundial (Banco mundial, 2013). El sector residencial es el responsable de aproximadamente una cuarta parte del consumo de energía de Europa. Meijer et al. (2009) lo sitúa en el 23% para el 2004, la Comisión Europea (2010) en el 25% para el 2007, Huber et al. (2010) en el 26% para el 2007 y EUROSTAT (2010) en el 25% para el 2008.

El aumento en el uso de energía, se ha correlacionado con el crecimiento económico desde el comienzo de la Revolución Industrial. Véase Figura 1. 17.



1PJ=10<sup>15</sup> Julios ;

Figura 1. 17 Evolución del consumo de energía y Producto Interior Bruto. (Biesiot, 1999)



Por lo tanto, la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> en relación con el crecimiento económico parece ser un gran reto, y es un tema de considerable controversia. En la mayoría de los estudios sobre este problema se elige un enfoque sectorial, por el que cada sector económico (producción, servicios, transporte y consumo) se analizan para cuantificar el potencial de reducción de CO<sub>2</sub> (en su mayoría evaluado en términos micro-económica). Sin embargo los enfoques sectoriales proporcionan resultados que se pueden utilizar para producir un orden de clasificación de las opciones políticas pero no atienden posibilidades que se abren cuando se estudian las demandas finales de los consumidores. Es decir aquellas como las que se realizar en los hogares. Ante la pregunta ¿qué medidas de reducción tienen el mayor potencial y rentabilidad en la inversión? Es necesario presentar un estudio que atienda la economía en su conjunto (técnicas input-output) y la visión especial (técnicas de análisis de ciclo de vida). Estos análisis pueden llegar a responder complejas preguntas tales como: ¿qué cambios, en las emisiones de CO<sub>2</sub>, se derivan de alteraciones dadas en los patrones de consumo en combinación con la aplicación de nuevas tecnologías en los sectores de la producción?.

Un elemento importante de todo análisis de las emisiones asociadas a los hogares es lo que se denomina metabolismo de los hogares. Este enfoque es el estudio de los efectos ambientales a largo plazo y su relación con los demás sectores de la economía.

### **Metabolismo de los hogares:**

Ya hemos mencionado la estrecha interdependencia entre emisiones, uso de energía y crecimiento económico: apenas ninguna actividad de producción o de consumo son imaginables sin que se requieran grandes cantidades de energía (directa o indirectamente). En la actualidad, la demanda de energía doméstica en España es del 25% del consumo total (EUROSTAT, 2013) (un país que puede ser considerado como una “moderna e industrializada economía”). Este consumo de energía se genera en un 76,9%, mediante el consumo de combustibles fósiles (Banco Mundial, 2013). Esta dependencia de la energía fósil no está en conformidad con (ya sea a corto plazo o a largo plazo) los objetivos de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>. Es por ello que aunque existen muchas vías para la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>, todos comparten una característica común: una reducción del uso de la energía fósil.





Esto se puede conseguir gracias a: (1) la aplicación de nuevas tecnologías, aceleradas por el aumento de precios de la energía y los incentivos de política ambiental; (2) el aumento en la eficiencia con la que se utilizan los combustibles fósiles; y (3) la introducción (a gran escala) de las fuentes de energía renovables. Estas 3 vías se consideran hoy en día como las vías necesarias para alcanzar los objetivos de reducción de las tasas de emisión de CO<sub>2</sub>, no sólo en el lado de las emisiones territoriales por la oferta, sino también en cuanto a las emisiones globales que se emiten cuando se considera el lado de la demanda.

Recientemente la atención científica y política se ha desplazado parcialmente hacia el lado del consumo de la actividad económica como punto de partida para la creación de estrategias encaminadas a la protección del medio ambiente. Sirva como evidencia el fracaso de Protocolo de Kioto que sin la ratificación de Japón, Canadá y Rusia, el segundo periodo de compromiso (2012-2020) tan solo controla el 15% de la emisiones de GEI globales.

En la actualidad un creciente número de campos de investigación científica reconocen que los hogares y el estilo de vida como conceptos interesantes para entender y explorar las vías para la reducción necesaria de los impactos ambientales que tienen lugar dentro de la economía (IIASA, 1990; NWO, 1992; Duchin, 1995).

Las actividades de consumo realizadas en el entorno de los hogares, pueden estar vinculados a los patrones de producción de la economía. Esto se debe a que la mayor parte de las actividades de consumo se lleva a cabo dentro de los hogares. Los hogares pueden ser considerados como las unidades de consumo final más pequeñas, mezcla compleja y cambiante de bienes y servicios.

El análisis de los hogares requiere el conocimiento de la dinámica de los estilos de vida que intervienen. La amplia gama de estilos de vida y sus características influyen, directa e indirectamente, en el rendimiento de los flujos de energía y en los ciclos de materiales en toda la economía. Medir los patrones de consumo de los hogares (expresado en términos económicos o de energía) requiere conocimiento de la mecánica del metabolismo de los hogares. La demanda de recursos naturales no sólo está determinada



por el número de hogares y el consumo por hogar, sino también en función de los aspectos biofísicos, técnicos, económicos, espaciales y de comportamiento. La investigación, que abarca el período de tiempo 1998-2011, se ha llevado a cabo para aumentar la comprensión de las tendencias pasadas relevantes en el metabolismo de los hogares, los impactos de los mismos en la calidad del medio ambiente y de los mecanismos que subyacen a cambios en los patrones de consumo.

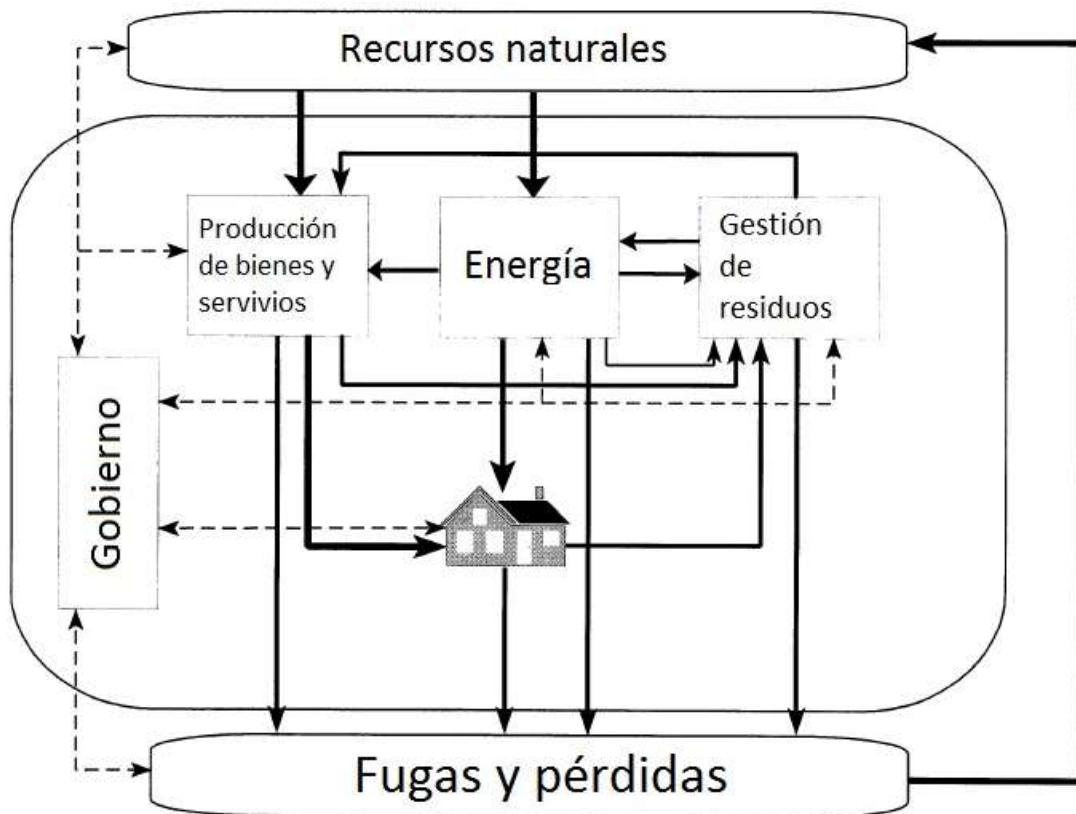


Figura 1. 18 Interrelación de los flujos de consumo en los hogares. (Biesiot, 1999)

La Figura 1. 18 ofrece una visión general de los principales flujos relacionados con las actividades de los hogares. Los recursos naturales son extraídos del medio físico para producir bienes y servicios de consumo. Como se muestra en la Figura 1. 18 la mayoría de las actividades relacionadas con los hogares generan residuos. El reciclaje de estos desechos hace que consumamos menos materias primas. La tasa de reciclaje de envases domésticos en España alcanzó en 2013 el 70,3%, reciclando el 81,9% de los envases de cartón, el 81,6% de los envases de metal y el 53,6% de los envases de plástico. (ECOEMBES, 2013).



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVOS GENERALES**

El objetivo de este proyecto es analizar la HC per cápita que emite cada español, en relación al gasto que cada individuo hace durante un año y atendiendo a las diferentes categorías de consumo en los hogares. El periodo de estudio es desde el año 1998 al 2011.

Así mismo el estudio se focaliza en las diferencias de emisiones per cápita que se pueden encontrar entre los habitantes de España, dependiendo de en qué Comunidad Autónoma residan. El periodo de estudio es desde el año 2006 al 2011 para en análisis de las Comunidades Autónomas.

### **2.2 OBJETIVOS SECUNDARIOS**

1. Determinar la influencia de la crisis económica en la evolución de la huella de carbono.
2. Analizar la influencia de la entrada del euro en la evolución de la huella de carbono.
3. Detectar las categorías de gasto con mayor importancia en la huella de carbono.
4. Analizar las variaciones geográficas en la huella de carbono.
5. Analizar la posible futura evolución de la ecoeficiencia en los hábitos de consumo.
6. Elaboración de recomendaciones para la reducción de la HC en futuros escenarios.





### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 MÉTODO COMPUESTO DE LAS CUENTAS CONTABLES (MC3)**

Para poder calcular la HC per cápita de cada español y conseguir que los resultados obtenidos sean precisos y comparables es necesario recurrir a alguna de las herramientas y/o métodos que aparecen en el panorama actual. En este caso se ha elegido el “Método Compuesto de la Cuentas Contables”, puesto que presenta ciertas ventajas y atributos que hacen de esta herramienta una de las más idóneas. La justificación de la elección del método se presenta en el apartado 4.2 de la sección de Resultados y Discusión.

El Método Compuesto de las Cuentas Contables, o simplemente MC3, fue ideado por Juan Luis Doménech (Doménech, 2007). Básicamente, este método pretende establecer la relación existente entre el consumo de recursos y el impacto generado por el mismo, medido en términos de HC, apoyándose en herramientas económicas y de gestión empresarial. De esta manera se pretende asociar la inversión económica anual realizada, con las emisiones de CO<sub>2</sub> y con la superficie bioproductiva requerida para dar respuesta a su patrón de consumo. Para poder establecer este vínculo, Doménech (2007) elabora una “matriz de consumos-superficie” basada en la que Wackernagel *et al.* (2000) proponen en su trabajo. Esta matriz busca recoger los consumos de las principales categorías de bienes y servicios que una organización requiere para el desarrollo de su actividad, existiendo también apartados para los residuos generados y el uso de suelo. Esos consumos realizados, residuos generados y superficies empleadas, serán transformados en unidades de toneladas de CO<sub>2</sub> eq. con el fin de determinar la HC correspondiente, empleando para ello una serie de factores de transformación intermedios.



La información necesaria para estimar la se obtiene principalmente del cierre de gasto anual y facturas correspondiente al año base en estudio; si bien puede ser necesaria información específica de determinados apartados como son la generación de residuos, o la caracterización de la superficie ocupada por la organización. La razón principal por la que se emplean estos documentos es porque en ellos se refleja claramente el patrón de consumo de la organización en estudio, el cual dará lugar a la HC de la organización.

Al igual que en el método compuesto de Wackernagel *et al.* (2000) los bienes y servicios adquiridos son transformados, calculando en primer lugar lo que se denomina componente energética de la HC equivalente a las emisiones CO<sub>2</sub> asociadas al ciclo de vida de dichos bienes y servicios. En segundo lugar se calcula la componente natural que equivalente a la superficie biológicamente productiva (SBP), considerando la productividad media del ecosistema del que se obtienen. De esta manera, el impacto generado por el consumo de bienes y servicios queda caracterizado en términos de superficie bioproductiva (Huella natural) y de emisiones de CO<sub>2</sub> (huella energética).

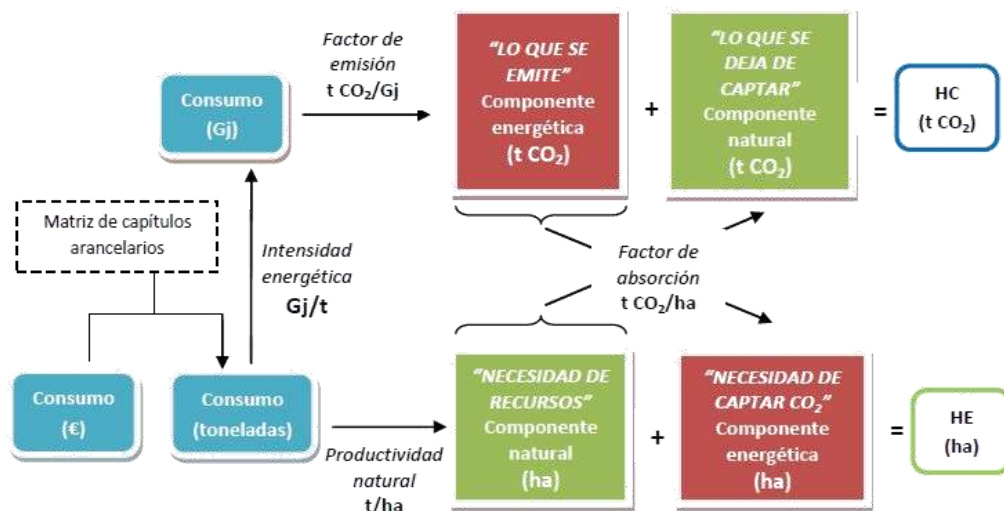


Figura 3. 1 Esquema de cálculo de la Huella de Carbono (HC) y la Huella Ecológica (HE). (García, 2013).

Como se va a mostrar, el MC3 permite tanto el cálculo de HC y como de Huella Ecológica (HE). Esto es así gracias a que ambos indicadores están conformados en torno a dos componentes fundamentales: una componente energética, asociada al impacto producido por la necesidad de emplear combustibles y una componente natural,



asociada al impacto producido por la necesidad de aprovechar los distintos recursos ofrecidos por cada una de las categorías de SBP descritas por la organización internacional “*Global Footprint Network*”. Como puede verse en la Figura 3. 1, la componente energética se obtiene directamente del cálculo de la HC, mientras que la componente natural se obtiene del cálculo de la HE. Sin embargo, para que ambas huellas estén completas deben contar con ambas componentes, por tanto deben retroalimentarse la una de la otra. Esto se consigue a través de los “factores de absorción” de CO<sub>2</sub>, los cuales definen la capacidad de captación de CO<sub>2</sub> de cada una de las categorías de SBP.

### 3.1.1 Proceso de cálculo

Se solicitarán todos los consumos derivados de la actividad de la organización, correspondientes al año base de estudio. Estos consumos se recogen de forma general en euros, y serán transformados a unidades físicas a través de la herramienta MC3. Esto no quiere decir que exclusivamente se recojan datos económicos, ya que en ocasiones, como por ejemplo con la electricidad o los combustibles, se recomienda que sean recogidos en unidades físicas o energéticas. En los casos para los que el desglose de gastos este muy agregado se solicitará su desagregación a fin de reflejar en la mayor medida posible la actividad real de la empresa.

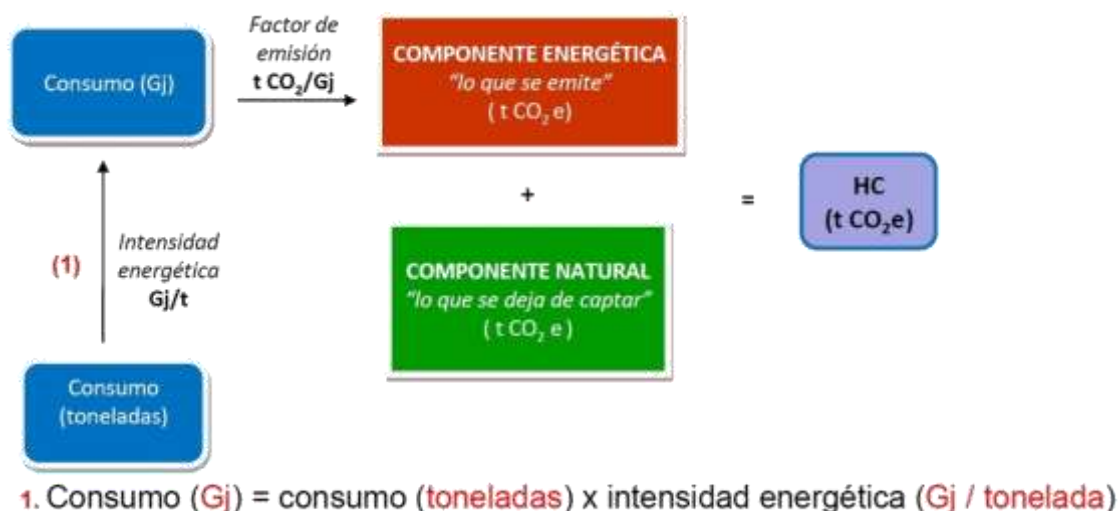


Figura 3. 2 Proceso de cálculo a través del inventario de consumos. (García, 2013)



Para convertir los consumos en unidades de CO<sub>2</sub> eq. se hace a través de los factores de emisión de cada una de las categorías, tal y como se muestra en la Figura 3. 2.

Las emisiones alcance 1 se calculan bien introduciendo el dato en unidades físicas o, en caso de no estar disponible, en unidades económicas. La transformación de euros a unidades físicas se realiza en función de los precios medios de venta publicados por Ministerio de Industria Turismo y Comercio (Cores, 2013). Una vez obtenidas las unidades físicas se transforma en función del tipo de combustible y sus especificaciones técnicas normalizadas en unidades de energía. Para casos especiales, por ejemplo biomasa, se utiliza el poder calorífico inferior según los datos anuales publicados en (IDAE, 2011). Finalmente la HC se calcula utilizando el factor de emisión del combustible utilizando los fuente de (IPCC, 2006; IDAE, 2011). Además de la huella directa (alcance 1), el método MC3 determina la huella derivada del ciclo de vida del combustible para ellos se utiliza las pérdidas de energía primaria publicadas por IDAE (2011).

Las emisiones alcance 2 se calculan mediante la aplicación de los siguientes pasos: (a) obtención del mix eléctrico del proveedor de energía; (b) cálculo del consumo en función de la tecnologías de generación; (c) cálculo de la HC en función del consumo de energía convencional de acuerdo con los datos publicados del IPCC (2010); (d) cálculo de la HC para los casos de energía no convencional tales como la energía nucleares y renovables (Spadaro et al 2000;. Spath y Mann, 2004; Meier et al, 2005). Las emisiones calculadas que corresponden al ciclo de vida se evalúan como emisiones de alcance 3.

El resto de emisiones denominadas de alcance 3 se calculan teniendo en cuenta todos los posibles gastos del inventario. Todos los gastos (incluidos categorías como pago de impuestos, multas, etc) deberán ser introducidos en la herramienta MC3 y se llevará a cabo de forma automática los siguientes pasos: (a) la conversión de unidades monetarias de toneladas de producto utilizando la base de datos de comercio exterior (Camaras, 2012); (b) la conversión de las toneladas a energía consumida en su ciclo de vida de la cuna a la puerta es hecha por medio de la metodología publicada por Simmons et al. (2006) y datos de la Instituto de Estocolmo para el Medio Ambiente (Wackernagel et





al., 2005). En el caso del consumo de servicios, el procedimiento consiste en estimar el porcentaje de la factura que se refiere a la energía consumida por la actividad. Los bosques, los recursos agrícolas y la pesca tienen una peculiaridad con respecto a los materiales inorgánicos de contar además de con la huella energética con la huella natural debida al consumo de SBP. Esta demanda natural se calcula de acuerdo con la base de datos de la FAO (2013) Una vez determinada la demanda de superficie, se utilizan los factores de absorción previamente explicados para determinar HC. El consumo de agua se divide en varias categorías diferentes, atendiendo a dos tipos de HC: una huella energética debida a la recolección y distribución del agua y una huella natural debida al uso de superficie forestal. En el presente proyecto solo se imputa la huella energética.

#### **3.1.2 Categorías base de cálculo (MC3 v 12.4)**

El presente Proyecto Fin de Carrera utiliza la versión de la herramienta denominada 12.4. Esta versión ha sido desarrollada por el investigador Sergio Álvarez de la Escuela de Ingenieros de Montes en la Universidad Politécnica de Madrid. La herramienta 12.4 incorpora un total de 12 mejoras tomando como base la versión 12.3 elaborada por el comité técnico de la Iniciativa Carbonfeel. Entre estas mejoras se destaca:

1. Uso de técnicas input-output para incorporar la huella de bienes y servicios importados.
2. Análisis de Óxido Nítrico y Metano para todas las categorías de consumo, no solo emisiones directas.
3. Nuevas categorías de Residuos Sólidos Urbanos en función del destino final.
4. Reestructuración del cálculo de emisiones para determinar la energía primaria de manera previa al cálculo de las emisiones de GEI.

La herramienta del MC3 emplea una matriz de cálculo estructurada en seis grupos de columnas. El primer grupo de columnas se denomina “Categoría de producto”. Está constituida por una relación de categorías de consumo en las cuales deben encajarse



todos los consumos realizados por la organización en estudio. Estas categorías de consumo están englobadas en tres capítulos generales:

**1. Emisiones directas:** hacen referencia a la huella asociada al empleo de combustibles para el desarrollo de la actividad. Algunos de los combustibles recogidos en la matriz son el carbón, leña, biomasa, gasolina, diésel, biodiesel, fuel, bioetanol etc. La utilización de estos combustibles en distintos procesos dentro de la organización, como por ejemplo calefacción, transporte etc. dan lugar a dos impactos: por un lado las emisiones de CO<sub>2</sub> expulsadas a la atmósferas de forma directa por la organización (componente energética de la huella) y por otro la demanda de una superficie bioproductiva capaz de suministrar tales combustibles (componente natural de la huella). En total, se recogen catorce categorías de combustibles, a las que hay que sumar otras tantas categorías que recogen la huella correspondiente a los ciclos de vida de dichos combustibles. Por tanto, el conjunto suma veintiocho categorías recogidas en este capítulo.

**2. Emisiones indirectas:** en este capítulo se recoge la huella asociada al consumo eléctrico llevado a cabo por la organización. Se denomina indirecta porque la fuente de emisión no se encuentra en la propia organización sino en las centrales generadoras de electricidad. Sin embargo las emisiones generadas en el proceso de elaboración de la electricidad se atribuyen a la organización en estudio, ya que la energía adquirida por ésta arrastra consigo la huella asociada a su generación. En la matriz propuesta se establecen once tipos de centrales suministradoras de energía eléctrica: (1) centrales térmicas de carbón-fuel, (2) centrales térmicas de ciclo combinado, (3) centrales nucleares, (4) centrales hidráulicas, (5) centrales mini-hidráulicas, (6) centrales de cogeneración, (7) centrales eólicas, (8) centrales fotovoltaicas, (9) centrales solar-térmicas, (10) centrales de biomasa y (11) centrales de residuos, todas ellas con sus correspondientes ciclos de vida, con lo que finalmente se establecen veintidós categorías de consumo. Para poder estimar qué proporción de la energía eléctrica adquirida corresponde a cada categoría de central, se acude al “mix energético” publicado por la empresa suministradora de energía o al “mix energético nacional” (REE, 2013).



**3. Otras emisiones indirectas:** este capítulo constituye el auténtico desafío al que se enfrenta el cálculo de HC, pues en este punto coexisten diversidad de criterios, tanto en la acotación de los límites como en la forma de calcular el propio alcance. El alcance planteado consiste en recoger la huella asociada al conjunto de bienes y servicios adquiridos por el hogar de acuerdo al ciclo de vida de la cuna a la puerta sin considerar las etapas de uso y fin de vida. La razón de no considerar estas fases es porque los datos a introducir serían estimaciones sin dar la oportunidad al consumidor de reducir la huella durante dichas fases por uso eficiente o entrega para reciclaje.. El cálculo se estructura en siete epígrafes en los que se engloban el grueso de las categorías de consumo registradas en la matriz: (3) “Materiales no orgánicos”, (4) “Servicios y contrataciones”, (5) “Recursos agrícolas y pesqueros”, (6) “Recursos forestales”, (7) “Agua”, (8) “Usos de suelo” y (9) “Residuos, vertidos y emisiones”. Se empieza a numerar los epígrafes a partir del número tres porque los apartados anteriores se numeran en la matriz como uno y dos. Los epígrafes 8 y 9 no son utilizados por no estar incluidos en el alcance del estudio.

El primer epígrafe es el de Materiales no orgánicos, cuya distribución puede apreciarse en la Tabla 3. 1. En ella se muestra que hay cinco categorías de materiales no orgánicos que engloban un total de ochenta y cinco categorías de consumo.

El subepígrafe 3.1. Mercancías, está destinado para ser utilizado por los comercios que se dediquen a la compra-venta de mercancías materiales. El subepígrafe 3.2. Materiales no amortizables, lo que quiere decir que son materiales que no van al inmovilizado. El siguiente subepígrafe es el 3.3. Materiales amortizables, por lo que aquí se incluyen todas las compras e inversiones de la organización que luego serán los bienes de equipo.

El cuarto subepígrafe 3.4. Materiales amortizables (obras) se refiere a la inversión en material de obras de las que solo conoce el importe total sin desglosar y que se distribuye mediante el empleo de una matriz de obras en la que se categoriza el consumo de distintos materiales. Finalmente, el último subepígrafe 3.5. Uso de infraestructuras públicas, determinada en función de los tributos remitidos a la administración pública con autoridad competente.



Tabla 3. 1 Estructura del epígrafe “Materiales no orgánicos”. (Doménech, 2007)

<b>3. MATERIALES (no orgánicos)</b>	
3.1. Materiales de flujo (mercancías)	Materias primas (áridos-mineral en general) Cemento Ladrillos, cerámica y material refractario Derivados del vidrio Material de porcelana y sanitarios cerámicos Productos derivados del plástico Material textil sintético semi-elaborado Vestuario y textil sintético confeccionado Combustibles y aceites minerales, bituminosos, etc Productos químicos, higiénicos y limpieza, pinturas vegetales, etc. Perfumería, cera, betún, pinturas sintéticas y barnices
3.2. Materiales no amortizables	Abonos Productos farmacéuticos Productos básicos del hierro o del acero Productos básicos del cobre o níquel Productos básicos del aluminio y derivados Manufacturas del hierro, acero y otros metales corrientes Mobiliario y carruajes de hierro o acero y otros materiales Miscelánea manufacturas, material de oficina Maquinaria industrial y grandes equipamientos (y sus partes) Aparatos eléctricos comunes, iluminación, electrodomésticos
3.3. Materiales amortizables	Vehículos transporte (tierra, mar y aire), artefactos flotantes, automóviles terrestres y tractores (y sus partes) Aparatos eléctricos de precisión, ordenadores, móviles, calculadoras, etc.
3.4. Materiales amortizables (“matriz de obras”)	Energía (gasoil) Ciclo de vida del gasoil Cemento Productos siderúrgicos
3.5. Uso infraestructuras públicas (“matriz de obras públicas”)	Ligantes bituminosos Ladrillos y refractarios Madera Cobre



El siguiente epígrafe es el número 4. Servicios y contrata, que se divide en cinco subepígrafes cuya distribución del total de veintiséis categorías de consumo se puede ver en la Tabla 3. 2.

**Tabla 3. 2 Estructura del epígrafe “Servicios y contrata”. ( Doménech, 2007)**

<b>4. SERVICIOS Y CONTRATAS</b>	
4.1. Servicios con baja movilidad	Servicios externos de oficina, asesorías, etc. Servicios de oficina de alto valor añadido Servicios de hospedería, hoteles Telefonía (total fijos y móviles) Servicios médicos Servicios culturales, sociales, ocio, cooperación, deporte Formación externa Servicios interiores de limpieza mantenimiento y similares Alquileres polígonos industriales, dominio público y similares Alquileres centros comerciales y “comunitarios”
4.2. Servicios con alta movilidad	Servicios exteriores de limpieza, mantenimiento y similares Correo, paquetería, mensajería
4.3. Servicio de transporte de personas	Taxi Tren Avión Taxi Barco nacional
4.4. Servicios de transporte de mercancías	Furgonetas y similares Camiones Ferrocarril Avión Buque nacional (portacontenedores) Buque internacional (portacontenedores)
4.5. Uso de infraestructuras públicas	IVA declarado Impuesto sociedades Otros impuestos o tributos Multas y sanciones

El tercer epígrafe corresponde con el número 5 en el método, se trata de los recursos agrícolas y pesqueros. Sus setenta y cuatro categorías de consumo se distribuyen como aparece en la Tabla 3. 3.



Tabla 3. 3 Estructura del epígrafe “Recursos agrícolas y pesqueros”. (Doménech, 2007)

<b>5. RECURSOS AGRÍCOLAS Y PESQUEROS</b>		
5.1. Productos de flujo (mercancías)	Vestuario y manufacturas	Manufacturas del esparto, cestería Material textil natural (primera elaboración) Vestuario textil y confeccionado de algodón Vestuario y textil confeccionado de lana Manufactura del cuero y pieles; marroquinería, peletería Bovino (pastos) Bovino (cultivos) Ovino-caprino (pastos)
	Productos agropecuarios	Animales vivos Carnes (aves) Carnes (cerdo, pastos) Carnes (cerdo, cultivos) Carnes (bovino, pastos) Carnes (bovino, cultivo) Carnes (ovino-caprino, pastos) Pescados, crustáceos y moluscos (fresco o congelado) Leche, lácteos Huevos Resto de productos de origen animal Plantas y flores vivas o cortadas, bulbos Legumbres, hortalizas, raíces y tubérculos (frescas) Idem (congelados, conserva), tomates Frutas y frutos secos Café, té, especias, cacao y sus preparados Cereales, harinas, pan, pastas, arroz Gomas, resinas y extractos vegetales Aceite vegetal Azúcares, miel y confitería Preparados de carne Preparados de pescado, marisco, invertebrados Preparados de cereales Preparados de hortalizas o frutas Preparados alimenticios diversos Bebidas con y sin alcohol (zumos, mermeladas) Tabaco y sucedáneos elaborados Piensos y alimentos para animales, paja y
5.2. Productos para consumo		



<b>5. RECURSOS AGRÍCOLAS Y PESQUEROS</b>	
	forraje
5.3. Servicios de restaurante	Comidas de empresa Servicios de restaurante Alimentos Carnes (pollo, aves) Carnes (cerdo, embutidos (pastos)) Carnes (cerdo, embutidos (cultivos)) Carnes (bovino (pastos)) Carnes (bovino (cultivos)) Carnes (ovino-caprino (pastos)) Pescados y mariscos Cereales, harinas, pastas, arroz, pan Bebidas (zumos, vino, alcoholes) Legumbres, hortalizas, raíces y tubérculos Azúcares, dulces, turrónes Aceites y grasas Lácteos (quesos, nata, leche) Cafés, té, cacao

El epígrafe que sigue se asocia a los recursos forestales, está compuesto de trece categorías de consumo, como puede verse en la Tabla 3. 4.

Tabla 3. 4 Estructura del epígrafe “Recursos forestales”. (Doménech, 2007)

<b>6. RECURSOS FORESTALES</b>	
6.1. Materiales de flujo (mercancías)	Trozas de madera, puntales, pilotes, estiba, palets, traviesas, etc. Madera cortada, aserrada, cepillada Chapas de madera Madera contrachapada, paneles Artículos manufacturados de madera 8no muebles)
6.2. Materiales no amortizables	Mobiliario con base principal de madera Pasta de madera u otras fibras celulósicas Papel, cartón y sus manufacturas Papel, cartón y sus manufacturas reciclado
6.3. Materiales amortizables	Productos editoriales, prensa e industria gráfica Productos editoriales en papel reciclado Manufacturas del corcho Manufacturas del caucho natural



El quinto epígrafe se relaciona con el consumo de agua potable y no potable en la organización objeto de estudio. Como se muestra en la Tabla 3. 5, el conjunto suma un total de trece categorías de consumo para el uso del agua.

Tabla 3. 5 Estructura del epígrafe “Agua”. (Doménech, 2007).

7. AGUA	
7.1. Consumo de agua potable	Uso alimentario
	Uso sanitario y lavado Uso de hidrantes (anti-incendio)
7.2. Consumo de agua no potable	Riego de jardines
	Riegos agrícolas
	Riego anti-polvo (viales, graneles)
	Procesos industriales

## 3.2 ENCUESTA DE PRESUPUESTOS FAMILIARES

### 3.2.1 Descripción de la recogida de datos

La Encuesta de Presupuestos Familiares (EPF) es una de las encuestas más antiguas de las que realiza el Instituto Nacional de Estadística, con el objetivo de obtener información sobre la naturaleza y destino de los gastos de consumo, así como sobre diversas características relativas a las condiciones de vida de los hogares. Esta encuesta ha evolucionado en aspectos como el tipo de población considerada, el tamaño de la muestra, el nivel de desagregación del gasto, el sistema de recogida o el diseño de cuestionarios, e incluso ha adoptado distintas formas en lo que a su periodicidad se refiere.

Desde su implantación en 1958 se han venido alternando diferentes modelos de encuesta que trataban de recoger las necesidades de información de cada momento. Tradicionalmente se han realizado dos tipos de EPF, las estructurales o básicas cada ocho o diez años y las coyunturales o trimestrales. En 1997 se implanta por primera vez una EPF que trata de aglutinar los aspectos más positivos de los dos tipos de





operaciones con el fin de responder a todas las necesidades de los usuarios. Con la integración de los contenidos y metodologías de los dos tipos de encuestas se consigue ahorrar en costes y aprovechar las economías de escala que surgen por la utilización de los mismos recursos humanos y procedimientos de encuestas.

En los años transcurridos desde 1997 hasta 2006 han ido cambiando las exigencias de los usuarios y las necesidades de las estadísticas que se nutren de esta encuesta, y se han formulado diversas recomendaciones metodológicas provenientes de distintos foros internacionales, especialmente de la oficina de estadística de la Unión Europea (EUROSTAT). Esto, unido a la exigencia lógica de toda encuesta permanente de revisar los principales elementos metodológicos que la caracterizan, convierte el proceso de cambio metodológico en una necesidad cuya principal línea directriz ha sido asegurar la máxima calidad de la información proveniente de la nueva encuesta.

La reforma implantada en el año 2006 mantiene la idea de satisfacer, mediante una sola encuesta, los principales objetivos de las encuestas estructurales y coyunturales que el INE realizaba hasta 1997. La EPF fruto de la reforma es una encuesta anual que por tanto proporciona información sobre el gasto anual de los hogares y además permite medir su evolución.

Debido a las grandes posibilidades que ofrece la información proveniente de las Encuestas de Presupuestos Familiares para su utilización por parte de una gran diversidad de usuarios, estas encuestas son consideradas tradicionalmente como encuestas multiobjetivo. Como es evidente, ninguna estadística está capacitada para responder a una variedad grande de objetivos sin ser ineficiente en alguno de ellos por lo que se hace necesario clasificar éstos en dos grandes apartados según la prioridad que se les ha asignado.

Así, se considera un primer bloque relativo a los objetivos prioritarios, dentro del cual tienen cabida aquellas utilidades de la encuesta consideradas ineludibles por ser su propia esencia y cuyo cumplimiento forma parte del proceso de estimación habitual de la misma. El otro gran apartado se refiere a los objetivos secundarios, es decir, aquellos



que resultan de otros usos que tradicionalmente se han hecho de la encuesta y para los que, en principio, no ha sido diseñada.

#### OBJETIVOS PRIORITARIOS

En esta categoría se incluye la obtención de cualquier variable relacionada con el gasto, total o medio, sus correspondientes tasas de variación y las estructuras de consumo procedentes del mismo, es decir:

- Obtención de estimaciones del agregado gasto de consumo anual de los hogares para el conjunto nacional y para las comunidades autónomas, así como su clasificación según diversas variables del hogar.
- Estimación del cambio interanual del agregado gasto de consumo para el conjunto nacional y para las comunidades autónomas.
- Estimación del consumo en cantidades físicas de determinados bienes alimenticios y fuentes de energía para el conjunto nacional.

Además, dentro de los objetivos prioritarios destacan por su importancia otros dos relacionados con necesidades concretas de los principales usuarios de la encuesta: la estimación del gasto como instrumento para la obtención del consumo privado en la Contabilidad Nacional y la estimación de la estructura de ponderaciones a partir del gasto necesaria para el cálculo del IPC.

#### OBJETIVOS SECUNDARIOS

El principal objetivo secundario será poner a disposición de los investigadores y del sistema de indicadores sociales en general, datos estadísticos sobre distintos campos de preocupación social (equipamiento, vivienda, nutrición, sanidad, enseñanza, turismo) que se atenderán mediante la introducción de módulos temáticos anuales.

Además, hay un conjunto de variables que pueden ser obtenidas de la propia encuesta sin que éste sea el objetivo de la misma, como por ejemplo, distribución de hogares o de personas según determinadas variables de clasificación (sexo, edad, nivel de estudios, etc.) o tamaño medio de los hogares.



#### 3.2.2 Selección de categorías

Para la obtención de las categorías de estudio se ha partido de las categorías de las encuestas de presupuestos familiares, estas categorías siguen a la clasificación COICOP (“Classification of Individual Consumption by Purpose”), véase Tabla A. II. 1). El clasificador COICOP es utilizado internacionalmente para establecer la finalidad del consumo de los hogares, pues entrega un marco homogéneo de bienes y servicios, permitiendo analizar y comparar entre países el comportamiento de variables como gasto en salud, vivienda, transporte, etc.

Las categorías COICOP son las siguientes:

Para poder utilizar el MC3, con los datos obtenidos de las encuestas de presupuestos familiares, se ha tenido que establecer una relación entre las categorías que se utilizan en el MC3 con las categorías de los datos obtenidos en las encuestas de presupuestos familiares.

Las 116 categorías iniciales que componen los datos obtenidos del INE, categorías COICOP, se han reducido a 45 categorías siguiendo criterios de homogeneidad, agrupando en diferentes grupos de similar factor de emisión. Esta reordenación (Tabla 3. 6), que se explicara más adelante, ha hecho posible la aplicación del MC3 a las encuestas de presupuestos familiares. La lista final de las categorías utilizadas en el estudio es:

**Tabla 3. 6 Tabla final de categorías de estudio.**

CATEGORÍAS DE ESTUDIO
0111 Pan y cereales
0112 Carne
0113 Pescado
0114 Leche, queso y huevos
0115 Aceites y grasas
0116 Frutas
0117 Hortalizas incluyendo patatas y otros tubérculos
0118 Azúcar, confituras, miel, chocolate, confitería y helados
0119 Productos alimenticios no comprendidos anteriormente



**CATEGORÍAS DE ESTUDIO**

- 0121 Café, té, cacao
- 012 Bebidas no alcohólicas y alcohólicas
- 022 Tabaco
- 031 Artículos de vestir
- 032 Calzado
- 041 Alquileres reales
- 042 Alquileres imputados
- 043 Limpieza
- 0441 Distribución de agua
- 0442 Servicio de recogida de basura
- 0443 Servicio de alcantarillado
- 0444 Otros servicios relativos a la vivienda no incluidos anteriormente
- 0451 Electricidad
- 0452 Gas
- 0453 Combustibles líquidos
- 0454 combustibles sólidos
- 0455 Calefacción y agua caliente central, vapor y hielo
- Grupo 5 Mobiliario, equipamiento del hogar y gastos corrientes de conservación de la vivienda
- Grupo 6 Salud
- 071 Compra de vehículos
- 0721 Compra de piezas de repuesto y accesorios de vehículos personales para reparaciones realizadas por los miembros del hogar
- 0722 Carburantes y lubricantes
- 0723 Mantenimiento y reparaciones
- 0724 Otros servicios relativos a los vehículos personales
- 0731 Transportes por ferrocarril (tren, metro, tranvía... urbano, interurbano y de larga distancia)
- 0732 Transportes por carretera (local y larga distancia)
- 0733 Transporte aéreo
- 0734 Transporte de viajeros por mar y vías interiores
- 0736 Otros servicios de transporte
- 0811 Servicios postales
- 0821 Equipos de teléfono y fax
- 0831 Servicios de teléfono, telégrafo y fax.
- Grupo 9 Ocio, espectáculos y cultura
- Grupo 10. Enseñanza
- Grupo 11. Hoteles, cafés y restaurantes
- Grupo 12. Otros bienes y servicios



#### 3.2.3 Cálculo y transformación de los datos

Los datos que se han utilizado para la realización del estudio se han obtenido del INE (2013). Dentro de todos los datos que ofrece el INE se han elegido los correspondientes a las encuestas de presupuestos familiares, ya que reportan información de todo el consumo que ha tenido una persona durante el año de estudio y desglosado por categorías. Como el objetivo del estudio es obtener la HC generada por persona se han seleccionado los datos de gasto por persona para el periodo comprendido entre 1998-2011 para el caso de España y para las Comunidades Autónomas en el periodo comprendido entre 2006-2011 ya que no hay datos para series temporales anteriores. Los datos por hogar no han sido considerados dado que se ha considerado más relevante calcular por unidad de persona. Esto no elimina la posibilidad de estimar los datos por hogar una vez realizado el estudio por persona.

Los datos obtenidos del INE tienen 116 categorías clasificadas según la clasificación COICOP. Tal y como se ha comentado previamente, en el presente Proyecto se ha reducido ese número para simplificar los cálculos y operativa. Es por ello que se ha reducido de 116 categorías a 45 categorías por medio de una matriz de transformación, véase Figura A. V. 2. Con ello lo que se ha conseguido es la suma de aquellas categorías similares y la desagregación de aquellas que necesitaban mayor nivel de estudio. Esta agregación y desagregación se explicará de manera pormenorizada más adelante. En el ANEXO II se presenta la matriz de transformación empleada.

Una ventaja que tiene el sistema del MC3 es que para calcular la HC se utilizan datos económicos, es decir, euros. Nuestros datos ya están en euros pero la problemática que tienen, por poner un ejemplo, es que no es lo mismo lo que vale una barra de pan en 1998 en comparación con 2011. Por ello se han actualizado los gastos según el incremento de precios al consumo (IPC), con ello hemos conseguido tener todos los datos en base 2011 y así poder comparar la evolución entre años.



### **3.3 DETERMINACIÓN DE FACTORES DE EMISIÓN**

#### **3.3.1 Supuestos de partida**

Los factores de emisión de las fuentes específicas de energía eléctrica se han considerado iguales para todos los años del estudio. Por tanto no se han considerado las mejoras tecnológicas en materia de eficiencia energética que se han llevado a cabo en las diferentes fuentes de energía eléctrica.

Se han excluido del estudio las ciudades autónomas de Ceuta y Melilla. La razón es la imposibilidad de establecer una comparativa debido a que las encuestas de presupuestos familiares para dichas ciudades autónomas han empezado a realizarse en 2011, fecha de finalización del estudio.

Dada la fuente de información (INE, 2013) hay categorías de gasto en Comunidades Autónomas (CCAA) que no reflejan contenido. Se ha considerado que dicha incidencia es un error sin posibilidad de ser subsanado para el presente proyecto. Estas diferencias serán comentadas en el capítulo de conclusiones donde se tendrán en cuenta estas variaciones.

En los datos obtenidos del INE (2013) sobre encuestas de presupuestos familiares se puede observar una discontinuidad entre los años 2005-2006 debido al cambio en la metodología de recogida de datos por parte del INE. Esto es debido al cambio de metodología a fin de adecuar las encuestas a los estándares del EUROSTAT y con ello poder compararse con el resto de miembros de la Unión Europea. Dado el alcance del presente proyecto no se ha procedido a dar respuesta a la incidencia.

Dado la dificultad para profundizar en el cálculo otros GEI diferentes al CO<sub>2</sub>. En el presente proyecto sólo se atiende al CO<sub>2</sub> como gas representativo y principal responsable del cambio climático.



### 3.3.2 Factores generales

Los factores de emisión han sido calculados gracias a la herramienta MC3 v12.4, esta herramienta nos permite el cálculo de la HC de las diferentes categorías. Las categorías asociadas a nuestro estudio han sido relacionadas con las categorías de la herramienta para así poder obtener el factor adecuado para cada categoría, esta relación se puede ver en la Tabla 3. 7.

Tabla 3. 7 Relación de las categorías COICOP con las categorías MC3.

CATEGORÍAS COICOP	CATEGORÍA MC3
0111 Pan y cereales	Cereales, harinas, pan, pastas, arroz
0112 Carne	<i>Categoría agrupada (Explicado en 3.3.4.)</i>
0113 Pescado	Pescados, crustáceos y moluscos (fresco o congelado)
0114 Leche, queso y huevos	<i>Categoría agrupada (Explicado en 3.3.4.)</i>
0115 Aceites y grasas	Aceite vegetal
0116 Frutas	Frutas y frutos secos
0117 Hortalizas incluyendo patatas y otros tubérculos	Legumbres, hortalizas, raíces y tubérculos (frescas)
0118 Azúcar, confituras, miel, chocolate, confitería y helados	Azúcar, miel y confitería
0119 Productos alimenticios no comprendidos anteriormente	Preparados alimenticios diversos
0121 Café, té, cacao	Café, té, especias, cacao y sus preparados
012 Bebidas no alcohólicas y alcohólicas	Bebidas con y sin alcohol (zumos, mermeladas)
022 Tabaco	Tabaco y sucedáneos elaborados
031 Artículos de vestir	Vestuario y textil sintético confeccionado
032 Calzado	Manufactura del cuero y pieles; marroquinería, peletería



CATEGORÍAS COICOP	CATEGORÍA MC3
041 Alquileres reales	El alquiler de una vivienda no tiene huella ya que el inquilino no transmite huella por alquiler real al propietario.
042 Alquileres imputados	El alquiler de una vivienda no tiene huella ya que el inquilino no transmite huella por alquiler real al propietario.
043 Limpieza	Servicios interiores de limpieza, mantenimiento y similares
0441 Distribución de agua	Agua
0442 Servicio de recogida de basura	Servicios interiores de limpieza, mantenimiento y similares
0443 Servicio de alcantarillado	Alquileres centros comerciales y "comunitarios"
0444 Otros servicios relativos a la vivienda no incluidos anteriormente	Alquileres centros comerciales y "comunitarios"
0451 Electricidad	<i>Categoría agrupada (Explicado en 3.3.4.)</i>
0452 Gas	Gas Natural
0453 Combustibles líquidos	Gasoil C
0454 combustibles sólidos	Hulla
0455 Calefacción y agua caliente central, vapor y hielo	<i>Categoría agrupada (Explicado en 3.3.4.)</i>
Grupo 5 Mobiliario, equipamiento del hogar y gastos corrientes de conservación de la vivienda	<i>Categoría agrupada (Explicado en 3.3.4.)</i>
Grupo 6 Salud	Servicios médicos
071 Compra de vehículos	Venta, mantenimiento y reparación de vehículos, automotores y motocicletas. Venta de combustible, excepto a vehículos de motor y motocicletas
0721 Compra de piezas de repuesto y accesorios de vehículos	Venta, mantenimiento y reparación de vehículos, automotores y motocicletas. Venta de





CATEGORÍAS COICOP	CATEGORÍA MC3
personales para reparaciones realizadas por los miembros del hogar	combustible, excepto a vehículos de motor y motocicletas
0722 Carburantes y lubricantes	<i>Categoría agrupada (Explicado en 3.3.4.)</i>
0723 Mantenimiento y reparaciones	Servicios externos de oficina, asesorías, etc.
0724 Otros servicios relativos a los vehículos personales	Servicios externos de oficina, asesorías, etc.
0731 Transportes por ferrocarril (tren, metro, tranvía... urbano, interurbano y de larga distancia)	Tren
0732 Transportes por carretera (local y larga distancia)	Autobús
0733 Transporte aéreo	Avión
0734 Transporte de viajeros por mar y vías interiores	Barco Nacional
0736 Otros servicios de transporte	Camiones
0811 Servicios postales	Correo, paquetería, mensajería
0821 Equipos de teléfono y fax	Aparatos eléctricos de precisión, ordenadores, móviles, calculadoras, etc.
0831 Servicios de teléfono, telégrafo y fax.	Telefonía (total fijos y móviles)
Grupo 9 Ocio, espectáculos y cultura	Servicios culturales, sociales, ocio, cooperación, deportes
Grupo 10. Enseñanza	Servicios culturales, sociales, ocio, cooperación, deportes
Grupo 11. Hoteles, cafés y restaurantes	<i>Categoría agrupada (Explicado en 3.3.4.)</i>
Grupo 12. Otros bienes y servicios	<i>Categoría agrupada (Explicado en 3.3.4.)</i>



Una vez realizada esta relación entre las categorías COICOP y las categorías MC3 se procede al cálculo de los factores de emisión. . A fin de facilitar la modificación de los factores de emisión, dichos factores se han extraído de la herramienta del MC3. De este modo se ha generado una herramienta de cálculo de tipo Excel que permita en un futuro poder actualizar el contenido de una manera más sencilla y flexible.

Las unidades de los factores de emisión, se han obtenido en  $\text{KgCO}_2/\text{€}$  Se recuerda que no se ha medido otros GEI diferentes al  $\text{CO}_2$  dado que no está dentro del alcance del proyecto.

El resultado de los diferentes factores de emisión está representado en la Figura 3. 3 se destaca y justifica los siguientes valores:

- Gas Natural: El factor de emisión presentado destaca por ser bajo en comparación con el resto de combustibles. Esto es debido a un error intrínseco de la versión de la herramienta MC3 v12.4. Esta incidencia ya ha sido comunicada al comité técnico de la iniciativa Carbonfeel, (Carbonfeel, 2013). Se presupone que dicha versión contiene un error en la consideración de la densidad utilizada en el combustible, dada la fuerte diferencia que se presenta entre el estado líquido y gaseoso.
- Pan y cereales: La elevada contrahuella presente en esta categoría es debido a la sostenibilidad del cultivo extensivo de secano predominante en España. Por tanto en la herramienta se ha considerado como contrahuella la huella natural generada por la ocupación del terreno.

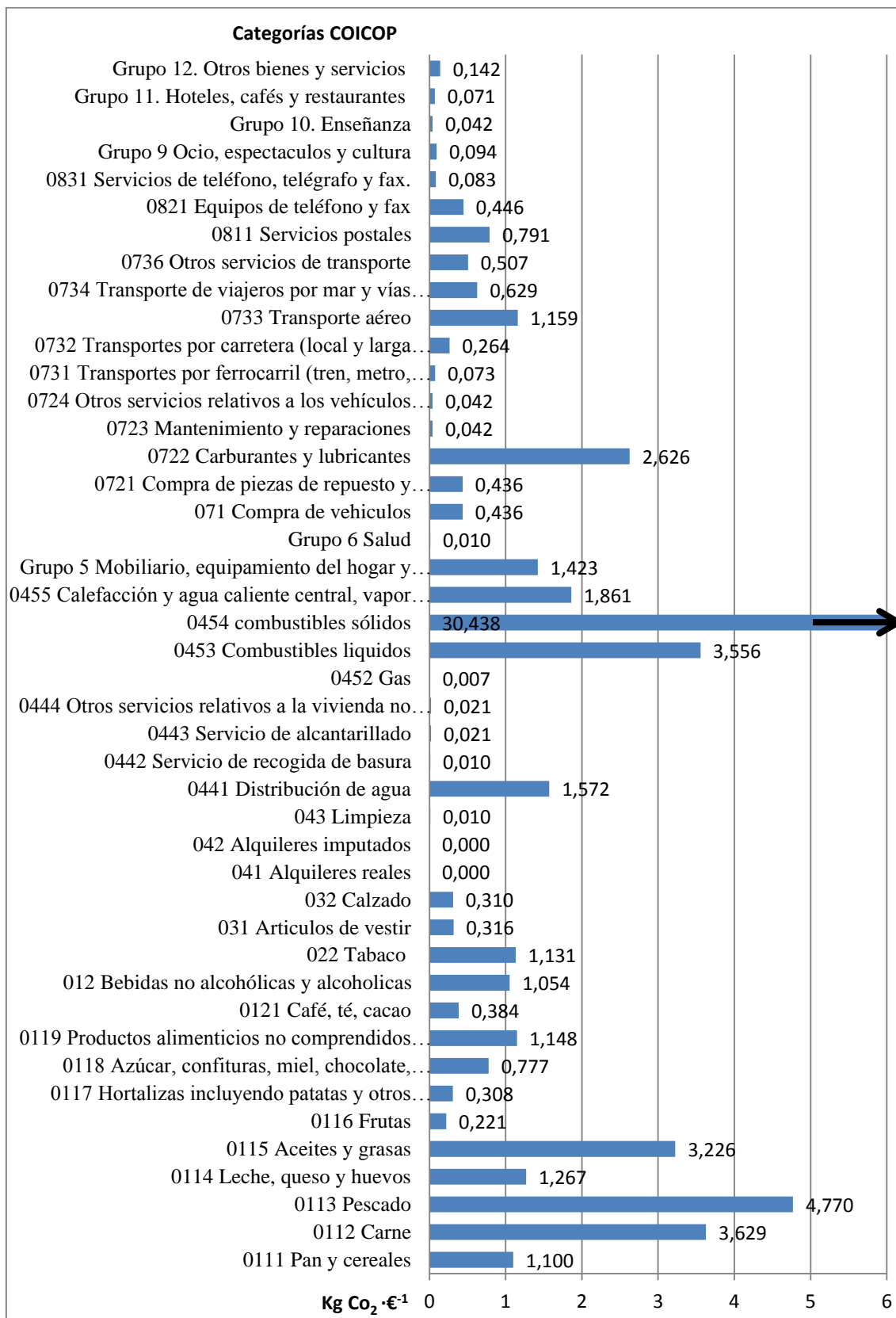


Figura 3. 3 Factores de emisión utilizados en el cálculo de la huella de carbono en kgCO<sub>2</sub>·€<sup>-1</sup>.



### 3.3.3 Factores asociados a la evolución del Mix eléctrico

El consumo eléctrico residencial en España representa el 27,1% del total en 2006 (Alcántara, 2010) suponiendo el 16% de las emisiones de los hogares españoles. Por esta razón se debe prestar especial atención a este grupo ya que supone un porcentaje importante de las emisiones.

A la hora de calcular el factor de emisión de la energía eléctrica no es adecuado utilizar el mismo para todos los años. Se introduciría mucho error, ya que el mix eléctrico de cada año varía respecto de los anteriores y no se vería el reflejo de las políticas ambientales en temas de energías renovables.

Para ello el primer paso ha sido determinar el mix eléctrico obtenido de los datos de la Red Eléctrica Española (REE, 2013). Gracias a los informes que publica anualmente se ha elaborado la Figura 3. 4.

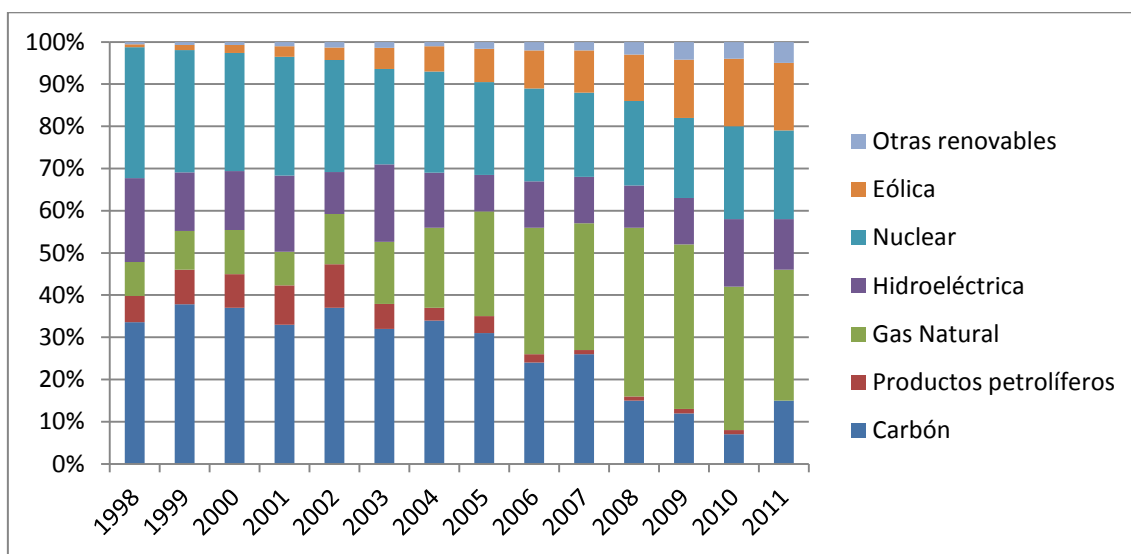


Figura 3. 4 Mix eléctrico español

Dentro de “Otras renovables” se han agrupado aquellas fuentes de energía renovables cuyo porcentaje era muy pequeño (fotovoltaica, solar térmica, biomasa y residuos sólidos urbanos (RSU)). Estas fuentes de energía se han agrupado para ser representadas pero que sí se han tenido en cuenta para el análisis de la huella de carbono.



En las Figura 3. 5 podemos observar los factores de emisión de las diferentes fuentes de energía dividiendo el factor en función de si se trata de la huella bruta, neta y ciclo de vida. Como puede observarse toda fuente de energía tiene HC aunque comparativamente la HC derivada de la combustión de combustibles fósiles es claramente mayor.

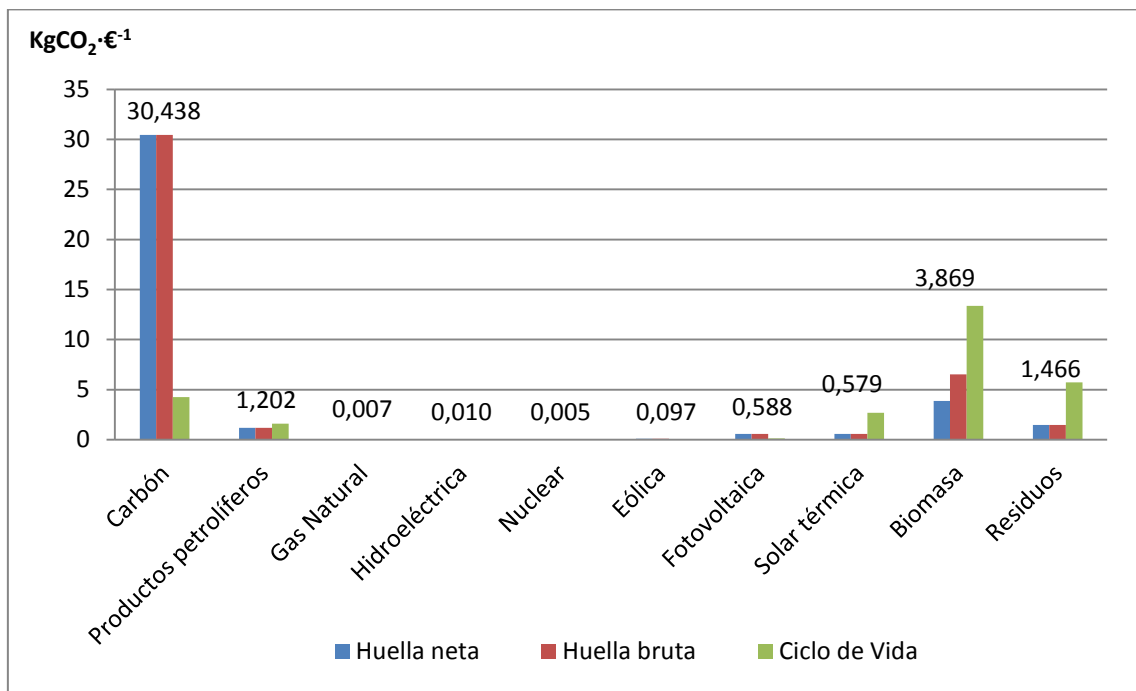


Figura 3. 5 Factores de emisión de las fuentes de energía en KgCO<sub>2</sub>·€<sup>-1</sup>

Una vez obtenidos los porcentajes del mix eléctrico se multiplica este porcentaje por el factor de emisión correspondiente a cada fuente de energía. El valor utilizado varía por tanto en función del año de estudio.

### 3.3.4 Factores para categorías agrupadas

Anteriormente se explicó la necesidad de reducir el número de categorías de estudio a 45 categorías,. Esta reducción lleva consigo un estudio de aquellos factores de emisión correspondientes a varias categorías que se han unido en una sola categoría o se han desagregado para obtener un factor de emisión más cercano al de la realidad. Los criterios y metodología utilizados se exponen a continuación.



#### Categoría 0112 Carne:

Esta categoría no es el resultado del agrupamiento de varias categorías, sino que debido a la gran variabilidad de los factores de emisión de las categorías que lo componen se ha hecho un estudio más en profundidad para sacar el factor de emisión propio de la categoría.

Lo primero que se hizo fue obtener los datos del INE con mayor grado de desagregación, en este caso 5 dígitos, se seleccionó los datos de los últimos 6 años y se calculó los porcentajes para poder dar el peso justo a cada categoría. Una vez obtenido estos porcentajes se les aplicó los diferentes factores de emisión para sacar un solo factor de emisión correspondiente a la categoría 0112 Carne. El factor de emisión es  $3,629 \text{ tCO}_2 \cdot \text{€}^{-1}$ .

#### Categoría 0114 Leche y huevos:

Esta categoría ha tenido la misma problemática que en la anterior, ya que el factor de emisión de la leche y de los huevos es muy diferente. El método de cálculo del factor de emisión ha sido igual que el anterior, el resultado del factor de emisión es  $1,267 \text{ CO}_2 \cdot \text{€}^{-1}$ .

#### Categoría Grupo 5 Mobiliario, equipamiento del hogar:

En esta categoría se han juntado 12 categorías, correspondientes a la clasificación COICOP, ya que por gasto nulo en algunas subcategorías y por el parecido de los conceptos de todas, era mejor juntarlas en una sola categoría ya que se agilizan los cálculos sin introducir error.

Ante la inexistencia de un factor de emisión propio para esta categoría y debido a la naturaleza de este grupo se optó por utilizar los factores de emisión del mobiliario de madera y de hierro. No se encontró ningún estudio que diese los porcentajes de muebles de madera y de hierro por lo que se ha supuesto que son el 50 por ciento cada uno. El factor de emisión resultante es  $1,422 \text{ tCO}_2 \cdot \text{€}^{-1}$ .



Categoría 0722 Carburantes y lubricantes:

En esta categoría se han eliminado los lubricantes debido a la imposibilidad de encontrar su factor de emisión y del pequeño porcentaje que representa frente a los carburantes.

Dentro de carburantes se ha hecho una investigación, ya que no es el mismo factor de emisión para el gasóleo que para la gasolina. Lo primero fue encontrar los precios de los carburantes sin impuestos, Figura 3. 6 (ya que en MC3 se han de introducir las cantidades sin impuestos) y el porcentaje de consumo de gasóleo frente al de gasolina. Estos datos se han obtenido del boletín estadístico de hidrocarburos que el Ministerio de Industria, Energía y Turismo elabora cada año. Una vez obtenidos los porcentajes se ha multiplicado estos por su factor de emisión correspondiente para sacar el factor de emisión común para la categoría (Véase la Figura 3. 6). El factor de emisión resultante es  $2,634 \text{ tCO}_2 \cdot \text{€}^{-1}$ .

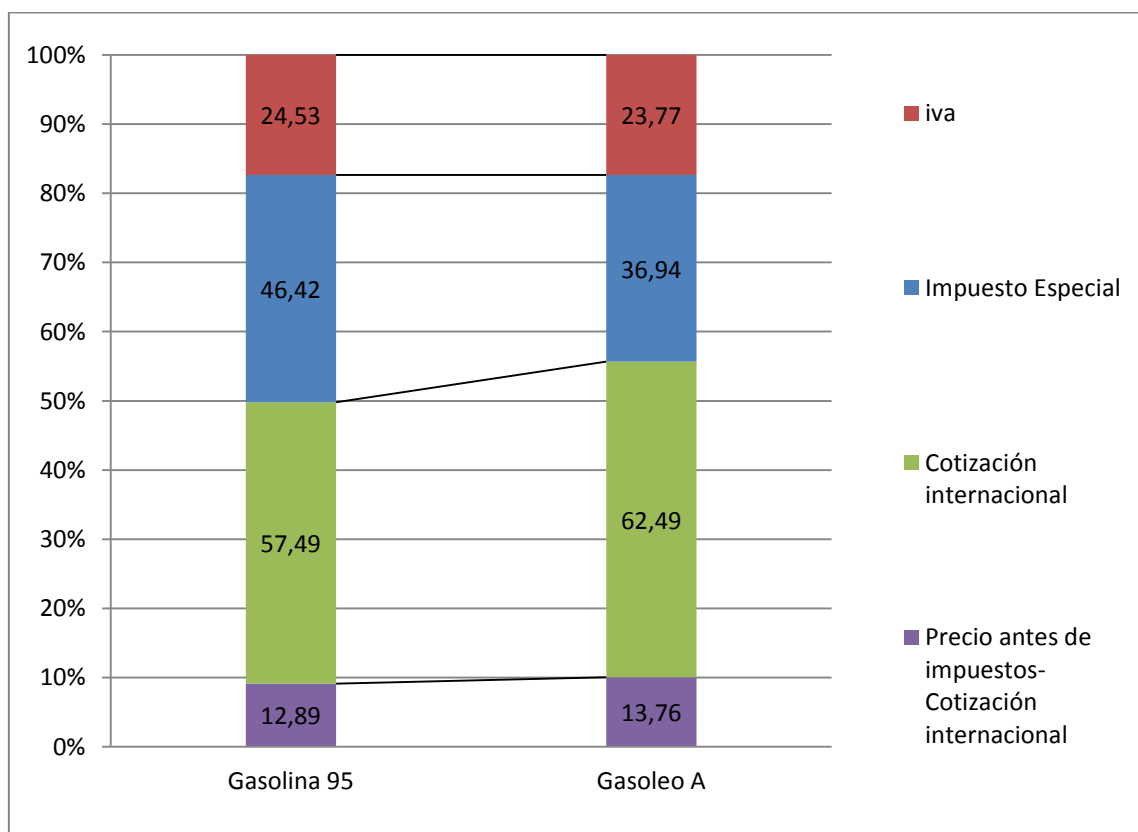


Figura 3. 6 Desglose del precio del carburante. (CORES, 2013).



#### Grupo 11 Hoteles, cafés y restaurantes:

El grupo 11 se compone de diferentes subcategorías que se han agrupado en dos categorías: comida de empresa y servicios de hospedería. Se ha tenido la misma problemática que en otras categorías al no saber los porcentajes de cada uno. Para calcular estos porcentajes se ha sacado los gastos para las diferentes categorías y en los diferentes años. Se han agrupado en las dos categorías anteriormente mencionadas para que se pueda calcular su porcentaje. Ese porcentaje se ha aplicado a cada uno de los dos factores de emisión para obtener una única El factor de emisión resultante es  $0,071 \text{ tCO}_2 \cdot \text{€}^{-1}$ .

#### Grupo 12 Otros bienes y servicios:

El grupo 12 se compone de diferentes subcategorías que hemos agrupado en dos categorías: Miscelánea manufacturas y material de oficina y Servicios externos de oficina, asesorías, etc... Pero se ha tenido la misma problemática al no saber los porcentajes de cada uno. Para calcular estos porcentajes se ha sacado los gastos en las diferentes categorías para los diferentes años y se han agrupado en las dos categorías anteriormente mencionadas para poder calcular su porcentaje. Ese porcentaje se ha aplicado a cada una de las dos categorías para sacar un único factor de emisión resultante,  $0,142 \text{ tCO}_2 \cdot \text{€}^{-1}$ .





## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRE.

La incertidumbre estimada del cálculo de la HC es una combinación de las incertidumbres de los datos de la actividad y los factores de emisión y absorción seleccionados. Los factores de emisión y absorción han sido seleccionados de fuentes oficiales. Por lo tanto, se puede suponer que la incertidumbre de los factores de emisión es baja o nula, como se comprobará más adelante. Los datos de actividad de consumos han sido obtenidos de la base de datos del Instituto Nacional de Estadística. Basándonos en el método de referencia que se establece en la “*Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*” (1995) y en el documento “Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero” (IPCC, 2000), para evaluar la incertidumbre, se considera que el origen de los datos de la actividad garantiza una certeza suficientemente para las distintas fuentes de emisión de GEI. Siguiendo lo establecido en estos documentos, a continuación, se muestran los resultados obtenidos (Ver Anexo 1):

La incertidumbre del cálculo de la HC para el año 2011, se ha estimado en **1,6 %**.

### 4.2 JUSTIFICACIÓN DE LA ELECCIÓN DEL MÉTODO

Dado el importante elenco de metodologías para calcular la HC, se ha elegido el “*método compuesto de las cuentas contables*” (MC3) como método base de cálculo. Resumiendo las bondades por las que se ha utilizado el método se destaca (Carbonfeel, 2013):



1. Al no tener que elaborar criterios de corte, los estudios aseguran total comparabilidad. Además, en un futuro próximo podrán diseñarse etiquetados Tipo III de Huella de Carbono de Bienes y Servicios de carácter sectorial al asegurarse la comparabilidad de los resultados.
2. Consistencia de los resultados, entendida como coherencia entre la HC Corporativa y la de los productos y servicios que genera. Es decir, la HC de organización y HC de los productos generados por la misma organización, es la misma.
3. Es un método fácil y sencillo de aplicar. Es accesible para toda mediana y pequeña empresa. Muy lejos de costosos programas a utilizar bajo licencia. Los datos de entrada son introducidos en una hoja de cálculo que se distribuye libremente desde los autores. Además, la información está en la empresa, no hay que conseguirla en la red de proveedores. Existe plena autonomía en el cálculo sin dependencia de otras organizaciones.
  - Los tiempos de estudio se aceleran exponencialmente. Este proceso se optimizará con el tiempo una vez se identifiquen elementos de automatización del cálculo e intercambio y ensamblado de la información.
  - Los costes de los proyectos bajan drásticamente al no requerir elaboración de mapas de procesos y la investigación posterior en toda la cadena.
  - Todo ello repercute en la posibilidad en la actualización anual de los estudios, tal como en una contabilidad económica.
4. Es totalmente transparente. Todos los cálculos están basados en fuentes fiables de reconocido prestigio y pueden ser consultadas libremente por todas las partes en el esquema de cálculo consensuado sectorialmente. No existen criterios subjetivos para diseñar los límites del estudio ni criterios de corte pues los alcances son completos.



5. Gracias al cálculo de la SBP, el método MC3 ofrece la posibilidad de calcular tanto la Huella de Carbono como la Huella Ecológica. Dos indicadores de sostenibilidad con un amplio recorrido.
6. Ofrece la posibilidad de obtener resultados por unidad económica invertida. Lo que permite la unión del mundo ambiental y económico. Los directores de medio ambiente pueden empezar a hablar en el lenguaje predominante de las reuniones de dirección.
7. Cuenta con el soporte de la iniciativa Carbonfeel. Una iniciativa desarrollada desde la Fundación de cooperación internacional FUNCIONA ([www.carbonfeel.org](http://www.carbonfeel.org)) para el apoyo del método en su marcha a ser una herramienta de consenso internacional que garantice los principios de accesibilidad, transparencia y comparabilidad.
8. El método MC3 ha sido reconocido por el Observatorio de Sostenibilidad de España como una herramienta válida para la evaluación de HC dentro del Sistema de Compromisos Voluntarios del Gobierno de España (de la Cruz Leiva et al. 2011).

### **Valoración general**

MC3 es considerado una herramienta válida para garantizar el éxito de la HC en nuestra sociedad a fin de cambiar tanto nuestros patrones de producción como nuestros hábitos de consumo. En primer lugar, este método refleja claramente la interdependencia que la HE y HC experimentan. El impacto que reflejan ambos indicadores deriva de un problema asociado al patrón de consumo de bienes y servicios adquiridos, por tanto, para poder describir plenamente el impacto producido por este problema es necesario abordarlo desde las perspectivas que ofrecen cada uno de los indicadores: emisiones de GEI y demanda de recursos. La mayor parte de los métodos de cálculo no tienen en cuenta este hecho y se centran únicamente en la estimación de las emisiones de GEI. Sin embargo, el MC3 recoge los dos enfoques de este problema, estableciendo la relación entre ambos indicadores (retroalimentación de las componentes energética y natural), e integrándolos en su método de cálculo. Además cuenta con un importante fundamento



teórico basado en los trabajos de Wackernagel y Rees (1996) para el cálculo de HE que le dota de una gran consistencia. Por otro lado, resulta aplicable a todo tipo de bienes y servicios, siendo capaz de alcanzar todo el tejido productivo, tanto en el ámbito del sector público como del sector privado.

Además, el MC3 cuenta con una herramienta de cálculo que resulta sencilla de manejar y que permite automatizar los cálculos facilitando la obtención de una huella transparente y asequible, con capacidad de abarcar la totalidad del Alcance 3. La flexibilidad implementada en el diseño de esta herramienta permite introducir los cambios necesarios para ser adaptada a cualquier tipo de organización, habiéndose procurado además un alineamiento con dos de los estándares internacionales más importantes en el ámbito del cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub>: la norma “ISO 14064” y el “*GHG Protocol*” británico.

Por otro lado, la elección del MC3 presenta una serie de debilidades, tal como se muestra a continuación. En primer lugar, la precisión del cálculo depende en gran medida de diversos factores de transformación, principalmente de los factores de “intensidad energética” y de transformación de “€ a toneladas” de producto. La elección de unos factores poco precisos, muy generales o incorrectos puede acarrear resultados desajustados en ambos indicadores. Sin embargo, hay que decir que en el caso de los factores de intensidad energética, se encuentran en constante revisión y pueden ser sustituidos por valores más precisos; y en el caso de los factores de transformación de “€ a toneladas”, el empleo de la matriz de capítulos arancelarios es solo una solución para dar respuesta a la ausencia de una contabilidad analítica, lo que significa que en el caso de contar con ésta pueden emplearse los valores obtenidos de consumo en toneladas. Además, las bases de datos de comercio exterior son de acceso público, lo que permite actualizar este factor cada año. Si bien es cierto que algunos aspectos conceptuales del método pueden resultar cuestionables, la flexibilidad con la que cuenta permite establecer, en los casos en que sea necesario, modelos cálculo de huella que respondan con mayor fidelidad a la realidad del impacto producido.

La principal amenaza a la que se enfrenta la elección de este método es la posible falta de apoyo institucional que pueda dar credibilidad al método frente a la proliferación



actual de metodologías de cálculo. Sin embargo, en este sentido hay que destacar que se trata de una metodología avalada por el OSE ya que este organismo ha homologado el MC3 como metodología válida para el cálculo en dentro del “Registro de compromisos voluntarios de las empresas” dentro del Plan de Medidas Urgentes de la estrategia española de cambio climático y energía limpia (EECCEL, 2007)

Por último, la elección del MC3 brinda una serie de oportunidades que han de tenerse en cuenta. En primer lugar, la flexibilidad que caracteriza al método le proporciona capacidad de adaptación a las recientes ISO/TS 14067 (HC de Producto) e ISO/TR 14069 (Guía para la aplicación ISO 14064-1). y a los estándares basados en las “Reglas de Categoría de Producto” y el Análisis de Ciclo de Vida (ISO 14040). En este sentido, han surgido diversos esfuerzos a nivel nacional que tratan de potenciar el MC3 como herramienta de cálculo de HC y HE, como son el “Grupo Interdisciplinar de Huella de Carbono” y la iniciativa “Carbonfeel”, plataforma compuesta por diversas organizaciones y universidades españolas, cuyo objetivo es establecer un ecoetiquetado transparente, accesible y comparable, aplicable tanto a organizaciones como a productos, basado en el uso de las tecnologías de la información. Todo ello trabajando desde la idea conceptual del MC3 como herramienta base de cálculo.

Con todo lo expuesto anteriormente, la elección del MC3 como metodología base de cálculo en este Proyecto Fin de Carrera queda claramente justificada, en gran medida gracias a las fortalezas y oportunidades que otorga esta decisión y a la atenuación de las debilidades y amenazas mostradas en la argumentación propuesta.

### **4.3 ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN ESPAÑA**

La evolución de la HC ha seguido una tendencia alcista entre los años 1998 y 2006, años que coinciden con el crecimiento del producto interior bruto (PIB) español. Sin embargo se observa una disminución de la HC entre los años 2007 y 2011 donde, aparte de las políticas de reducción de emisiones promovidas por el gobierno, la reducción del



El PIB español por efecto de la crisis ha motivado la reducción del gasto medio por persona. Esto se traduce en un menor consumo de bienes y servicios y a su vez una menor emisión de GEI.

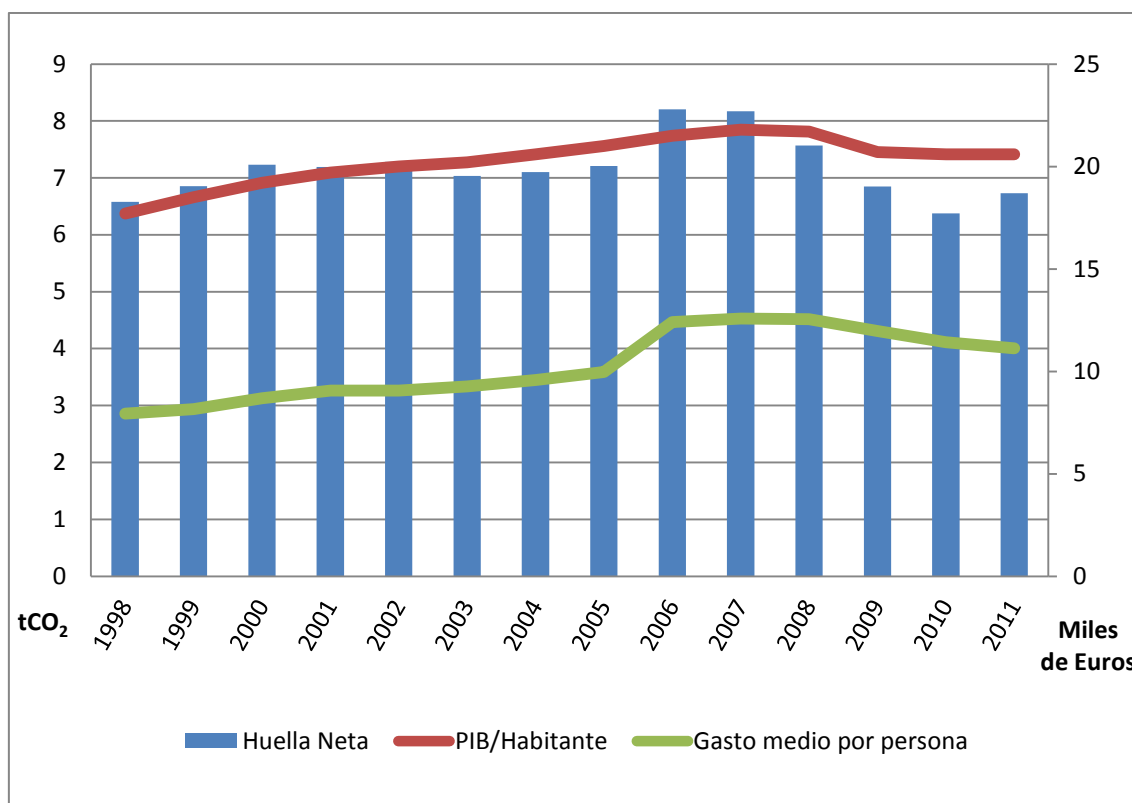


Figura 4. 1 Evolución de la huella de carbono en comparación con el Producto Interior Bruto y el gasto medio por persona.

En la Figura 4. 1 se puede observar dicha evolución de la HC por habitante en España. En el año 2006 marca el máximo de la serie con una HC de 8,2 tCO<sub>2</sub> por habitante mientras el mínimo se encuentra en 2010 con 6,4 tCO<sub>2</sub> por habitante, valor cercano al del año 1998. En el 2011 se observa un repunte propiciado por el aumento del gasto en las categorías basadas en combustibles fósiles como son la electricidad, carburantes y combustibles sólidos y líquidos. Este aumento no se ve compensado con la bajada del resto de categorías.

La media de la HC para el periodo 1998-2011 se sitúa en 7,1 tCO<sub>2</sub> si consideramos la ocupación media del hogar español de 2,8 personas (INE, 2005) la huella de los hogares españoles ascendería a 20 tCO<sub>2</sub>.



### Huella de carbono desagregada por alcances:

Tras el análisis de los resultados obtenidos de la HC para España se han agrupado las emisiones según el alcance al que correspondan. En la Figura 4. 2 se puede ver la distribución de la HC y su comparación con las de otros años. La suma total de los alcances es la HC de España para los diferentes años.

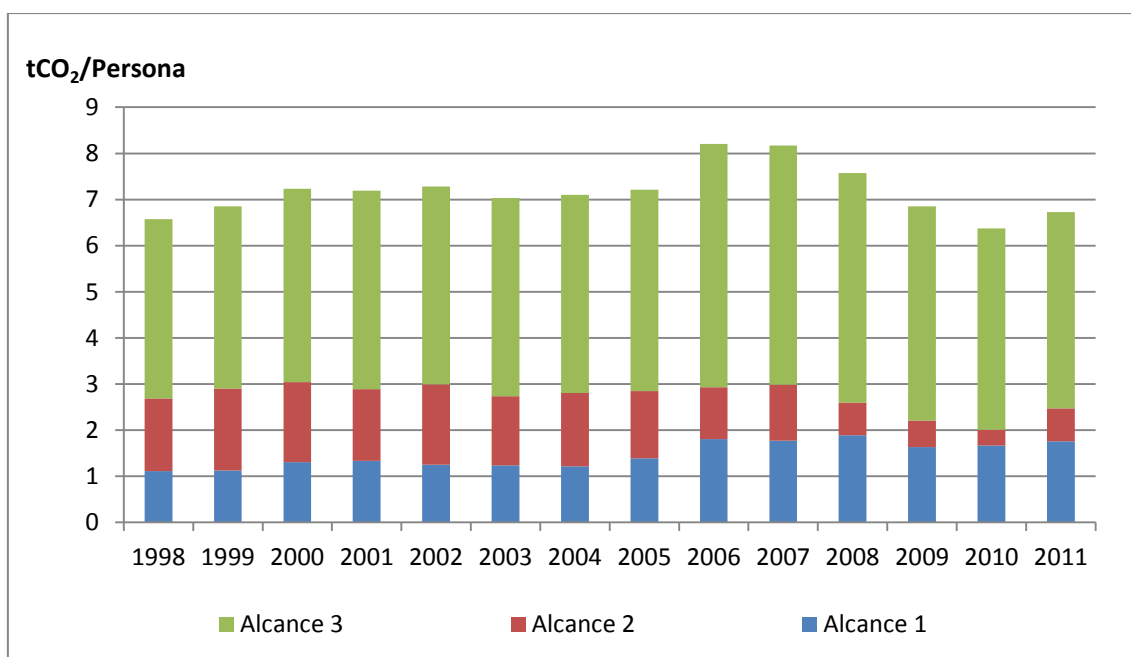


Figura 4. 2 Evolución de la huella de carbono, desglosado en alcances 1, 2 y 3.

#### Alcance 1:

El alcance 1 corresponde a las emisiones generadas al quemar combustibles no destinados a la generación de electricidad, como por ejemplo el transporte y la calefacción. Estas emisiones suponen alrededor del 16% de las emisiones totales.

En la Figura 4. 3 se puede observar la tendencia ascendente del consumo de combustibles fósiles por la creciente demanda de los medios de transporte y su dependencia de dicho tipo de combustibles.

Esta tendencia es creciente en todos los años excepto entre los años 2002-2004 donde se observa una reducción debido a la reducción del consumo de carburante y



combustible sólidos durante ese periodo. El resto de categorías suben para ese año pero sus huellas de carbono son tan pequeñas que, en comparación con las dos anteriormente mencionadas, estas no se ven afectadas.

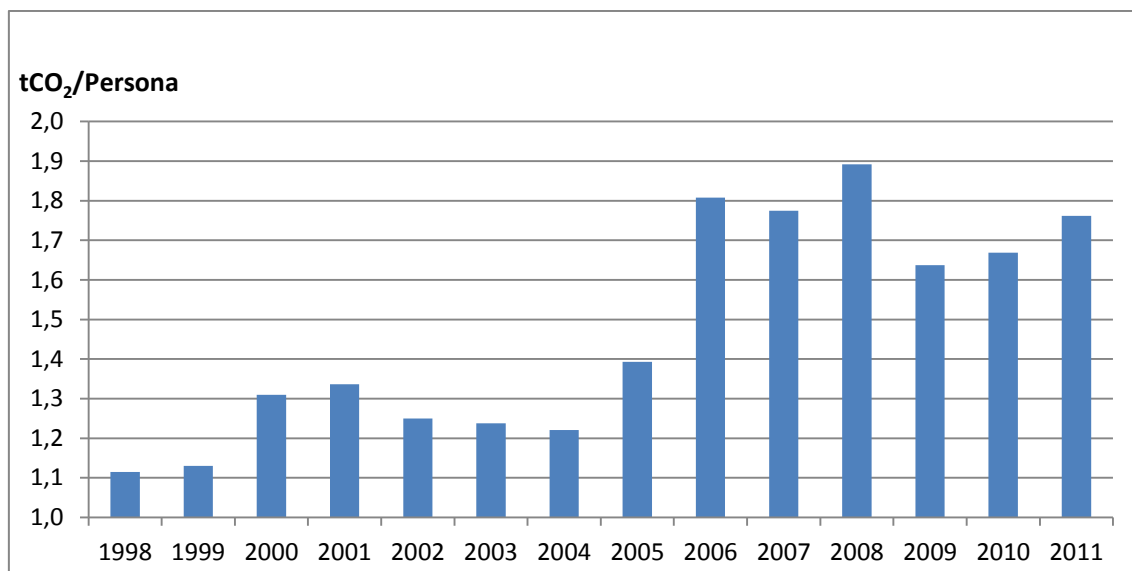


Figura 4. 3 Emisiones per cápita asociadas al alcance 1.

El salto que se observa entre los años 2008-2009 ha sido producido por la disminución del consumo de carburante coincidiendo con el primer año de la crisis económica española. A partir de dicho año se observa una subida en la HC por el crecimiento en el gasto en hidrocarburos mientras el resto de categorías se mantienen estables.

Mención especial tiene la categoría de combustibles sólidos, principalmente carbón para calefacción, que ha tenido una tendencia negativa desde el año 1999 hasta la actualidad, salvo el año 2005 cuando España sufrió una de las peores olas de frío de su historia (AEMET, 2013) que justifica su aumento puntual.

### Alcance 2:

El alcance 2 corresponde a las emisiones indirectas que se generan en las centrales de producción de electricidad como consecuencia del consumo de electricidad que se realiza en los hogares. Estas emisiones representan alrededor del 14% del total.





En la Figura 4. 4 podemos observar la clara disminución de huella de carbono, esto se debe principalmente a las medidas tomadas en el sector energético que ha ido reduciendo la dependencia de las fuentes de energía más contaminantes y la implantación gradual de políticas orientadas al fomento de las energías renovables.

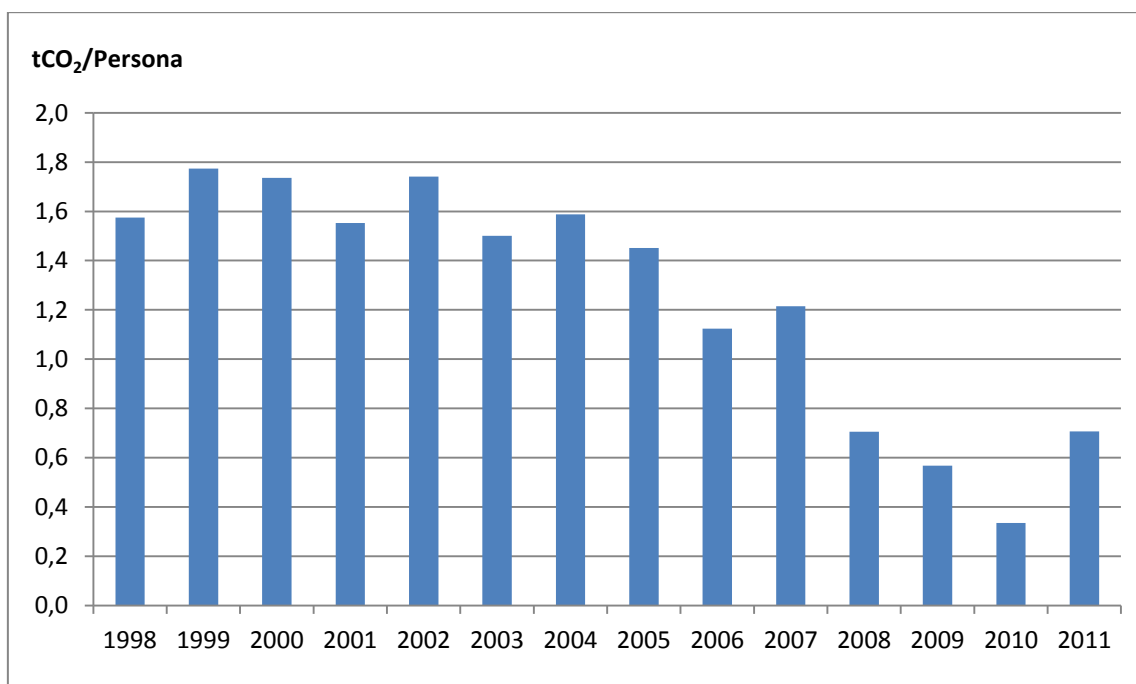


Figura 4. 4 Emisiones per cápita asociadas al alcance 2.

Las principales medidas de reducción adoptadas han sido:

- La reducción de la utilización de las fuentes de energía más contaminantes como pueden ser el carbón, que en 1998 representaba el 33,6% del total y en 2010 paso a ser del 7%. Cabe señalar el aumento de la utilización del carbón en el año 2011 con una subida del 8% respecto del año anterior.
- La reducción en el empleo de productos petrolíferos, que en 1998 representaba el 6,20% y en la actualidad es prácticamente del 0%.
- El aumento de las fuentes de energía renovables como la energía eólica que ha pasado de representar en el año 1998 el 0,65% del total a suponer el 16% del total en 2011. Si consideramos todas las energías renovables esta evolución ha sido mayor ya que en 1998 el porcentaje total era del 1,25% mientras que en 2011 ese porcentaje se ha elevado a 21%.



Este aumento en la utilización de las energías renovables y reducción de fuentes contaminantes (Figura 4. 5) ha sido posible gracias a las iniciativas promovidas por los gobiernos de turno para reducir las emisiones de GEI y acercarse a los objetivos que España se ha comprometido en los denominados Sectores Regulados por el comercio de derechos de emisión de la Unión Europea (Directiva 2003/87/CE).

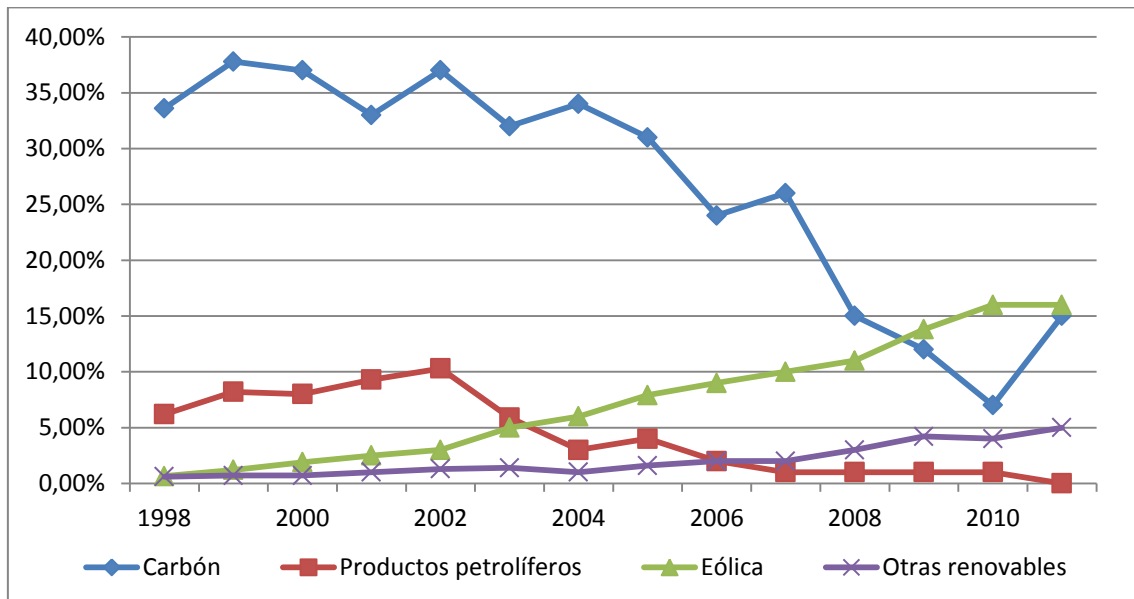


Figura 4. 5 Evolución del porcentaje en el mix eléctrico del carbón, productos petrolíferos, energía eólica y otras renovables.

La reducción en la generación de energía con combustibles fósiles tiene una doble lectura, por un lado la reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero y por el otro lado la reducción de la balanza comercial española.

La dependencia energética externa de España es mayor que la media de la Unión Europea. El grado de autoabastecimiento de energía primaria, en relación entre producción interior y consumo total de energía, ha sido en 2009 del 23%, lo que supone que en España el 77% de la energía primaria consumida es importada del exterior (Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 2013).

En 2012 las importaciones netas de energía (saldo energético) representaron el 151% del déficit de la balanza comercial española. Es decir, sin esta dependencia energética, el PIB de España hubiera crecido un 1,5% (retrocedió un 1,4%), el equivalente a 15.789 millones de euros (Banco de España 2012).



### Alcance 3:

El alcance 3 corresponde al resto de las emisiones más las emisiones indirectas generadas de las actividades englobadas en los alcance 1 y 2.

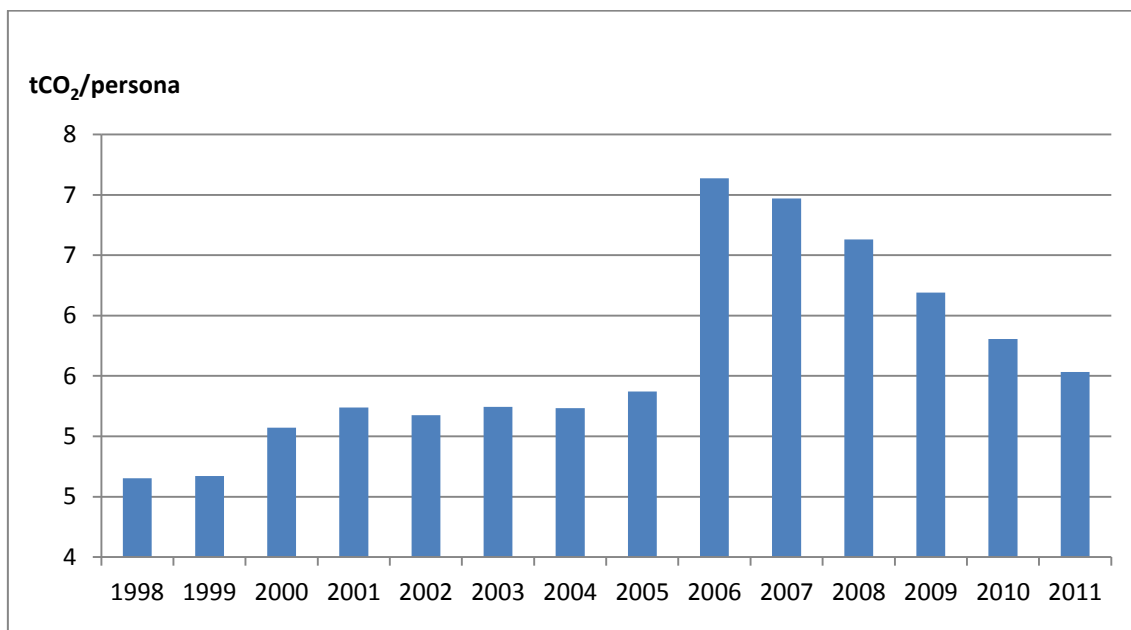


Figura 4. 6 Emisiones per cápita asociadas al alcance 3.

Dentro del alcance 3 se engloba un gran volumen de gasto, para el año 2011 el 92% del presupuesto familiar fue dedicado a bienes y servicios cuya HC supone alrededor del 70% de la huella total. Por estos datos se debe prestar gran atención a la HC de este grupo. Cabe señalar que este alcance no es obligatorio declararlo dentro de las contabilidades estandarizadas de GEI, por lo que muchos estudios lo omiten para así tener una menor huella de carbono. De las 45 categorías de las que se parten inicialmente 34 de ellas conforman este alcance.

### Análisis de la evolución de la HC de las diferentes categorías:

En este apartado se hace una descripción de la evolución de la HC de las diferentes categorías de consumo contempladas en el presente estudio. Las gráficas de evolución de las diferentes categorías están presentadas en el Anexo III.



### Pan y Cereales:

La categoría “Pan y cereales” presenta una tendencia creciente hasta el año 2008, donde se produce el máximo en la HC para el periodo de estudio, 0,31 tCO<sub>2</sub>. A partir de ese año se observa la tendencia negativa por la disminución en el gasto causado por la crisis hasta llegar a una HC similares al mínimo, 0,24 tCO<sub>2</sub> en el año 1999.

La huella bruta de esta categoría es bastante alta, llegando a las 0,56 tCO<sub>2</sub>, pero se compensa con la contra-huella dejando la huella neta en un 32% de la huella bruta.

### Carne:

La categoría “Carne” presenta una evolución monótona, sin grandes variaciones en el tiempo, salvo a partir del 2009 donde se puede observar una tendencia negativa por los efectos de la crisis marcando el mínimo en el 2011 con 1,39 tCO<sub>2</sub>.

### Pescado:

La categoría “Pescado” presenta una tendencia creciente hasta el año 2007 donde empieza a descender por los efectos de la crisis económica, esta categoría cae antes de ser un producto de alto valor y no de primera necesidad. El mínimo lo podemos encontrar en el año 2011 con una HC de 0,9 tCO<sub>2</sub> y un máximo de 1,13 tCO<sub>2</sub> en el año 2006.

La contra-huella del pescado se considera nula ya que no se sabe la procedencia exacta del producto y si la pesca ha sido sostenible. Por ello la huella neta para el pescado es tan alta.

### Leche, queso y huevos:

La categoría “Leche, queso y huevos” no presenta grandes variaciones. Se puede observar una tendencia creciente entre el año 1999, donde se encuentra el mínimo con 0,24 tCO<sub>2</sub>, y el año 2008, donde se localiza el máximo con 0,30 tCO<sub>2</sub>. A partir del año 2008 se aprecia una tendencia decreciente causada por la crisis económica hasta situarlo en 2011 en valores cercanos al mínimo.



### Aceites y grasas:

La categoría “Aceites y grasas” presenta una tendencia negativa agravada por los efectos de la crisis, marcándose los mínimos en el 2011 con una HC del 0,12 tCO<sub>2</sub>. El máximo se localiza en el 2006 pero es un error inducido posiblemente por el cambio de metodología en la recogida de datos introducido por el INE.

### Hortalizas, incluyendo patatas y otros tubérculos:

La categoría ”Hortalizas incluyendo patatas y otros tubérculos” presenta una tendencia creciente entre los años 1999 ,donde se encuentra el mínimo con 0,037 tCO<sub>2</sub>, y 2007, donde se encuentra el máximo con 0,053 tCO<sub>2</sub>. A partir del 2007 se observa la tendencia negativa causada por la crisis económica.

### Azúcar, confituras, miel, chocolate, confitería y helados:

La categoría “Azúcar, confituras, miel, chocolate, confitería y helados” presenta una tendencia creciente entre los años 1998, donde se encuentra el mínimo con 0,034 tCO<sub>2</sub>, y 2007, donde se encuentra el máximo con 0,057 tCO<sub>2</sub>. A partir del 2007 se observa la tendencia negativa causada por la crisis económica.

### Productos alimenticios no comprendidos anteriormente:

La categoría “Productos alimenticios no comprendidos anteriormente” presenta una tendencia creciente entre los años 1998, donde se puede localizar el mínimo con 0.021 tCO<sub>2</sub>, y 2008, donde se presenta el máximo con 0,066 tCO<sub>2</sub>. A partir del año 2008 se observa una tendencia negativa suave, siendo la HC en 2011 muy parecidas a las de 2008, 0.062 tCO<sub>2</sub>.

### Café, té y cacao:

La categoría “Café, té y cacao” se mueve asintóticamente entre los valores mínimos, de 9,5 KgCO<sub>2</sub> en 2005, y máximos, 11.7 KgCO<sub>2</sub> en 2011. En esta categoría no se observa los efectos de la crisis, en vez de disminuir el consumo a partir de 2008 el consumo subió hasta marca el máximo en 2011.



##### Bebidas no alcohólicas y alcohólicas:

La categoría “Bebidas no alcohólicas y alcohólicas” presenta una tendencia estrictamente creciente entre los años 1998, donde se encuentra el mínimo con 0,11 tCO<sub>2</sub>, y 2008, donde se localiza el máximo con 0,17 tCO<sub>2</sub>. A partir del 2008 se puede observar la tendencia negativa causada por los efectos de la crisis.

##### Tabaco:

En la categoría “Tabaco” se puede ver que la HC producida por el tabaco no ha variado mucho entre los años 1998 y 2004 con una HC media de 0,167 tCO<sub>2</sub>. En el año 2005 se produce el mínimo en la HC coincidiendo con la entrada en vigor de la ley antitabaco 28/2005, que entre otras medidas limitaba el consumo de tabaco en lugares públicos cerrados. El efecto de la ley duro poco porque los años siguientes han seguido una tendencia creciente hasta el año 2009 donde se puede apreciar una leve disminución.

##### Artículos de vestir:

La categoría “Artículos de vestir” no ha sufrido grandes variaciones, se observa la tendencia creciente de los años comprendidos entre 1998-2006, donde se encuentra el máximo con 0,2 tCO<sub>2</sub> y el mínimo con 0,14 tCO<sub>2</sub>. A partir del año 2006 la tendencia es negativa, situación que no corresponde con los inicios de la crisis pero que sí que ha podido agravar. Mención especial tiene el gran salto entre los años 2005-2006 que ha sido provocado por el cambio de metodología llevada a cabo por el INE en ese año.

##### Calzado:

La categoría “Calzado” no ha sufrido grandes variaciones, se observa la tendencia creciente de los años comprendidos entre 1998-2006, donde se encuentra el máximo con 60 KgCO<sub>2</sub> y el mínimo con 35 KgCO<sub>2</sub>. A partir del año 2006 la tendencia es negativa, situación que no corresponde con los inicios de la crisis pero que sí que ha podido agravar. Mención especial tiene el gran salto entre los años 2005-2006 que ha sido provocado por el cambio de metodología llevada a cabo por el INE en ese año.



### Alquileres reales y alquileres imputables:

La HC para las categorías “Alquileres reales” y “Alquileres imputables” es 0 tCO<sub>2</sub> ya que el arrendador no transmite ninguna HC al arrendatario. Estas dos categorías representan alrededor del 23% del presupuesto familiar.

### Limpieza:

La categoría “Limpieza” no ha sufrido muchas variaciones, salvo el salto entre 2005 y 2006 que ha sido provocado por el cambio de metodología llevada a cabo por el INE en ese año. La media de la HC para esta categoría ha sido 1,8 KgCO<sub>2</sub>.

### Distribución de agua:

La categoría “Distribución de agua” presenta una tendencia estrictamente creciente, presentando el mínimo en 1998 con 0,08 tCO<sub>2</sub> y un máximo en 2011 con 0,108 tCO<sub>2</sub>.

### Servicio recogida de basuras:

La categoría “Servicio recogida de basuras” presenta una tendencia estrictamente creciente, presentando el mínimo en 1998 con 0,84 KgCO<sub>2</sub> y un máximo en 2011 con 0,36 KgCO<sub>2</sub>. Mención especial tiene el gran salto entre los años 2005-2006 que ha sido provocado por el cambio de metodología llevada a cabo por el INE en ese año.

### Servicio de alcantarillado:

La categoría “Servicio de alcantarillado” presenta una tendencia estrictamente creciente, presentando el mínimo en 1998 con 0,016 KgCO<sub>2</sub> y un máximo en 2011 con 0,133 KgCO<sub>2</sub>. Mención especial tiene el gran salto entre los años 2005-2006 que ha sido provocado por el cambio de metodología llevada a cabo por el INE en ese año.

### Otros servicios relativos a la vivienda no incluidos anteriormente:

La categoría “Otros servicios relativos a la vivienda no incluidos anteriormente” presenta una tendencia estrictamente creciente, presentando el mínimo en 1998 con 0,896 KgCO<sub>2</sub> y el máximo en 2011 con 1,693 KgCO<sub>2</sub>.



### Grupo 5: Mobiliario, equipamiento del hogar y gastos corrientes de conservación de la vivienda:

La categoría “Grupo 5 Mobiliario: equipamiento del hogar y gastos corrientes de conservación de la vivienda” presenta una leve tendencia creciente entre los años 1998, donde se encuentra el mínimo con 0,52 tCO<sub>2</sub>, y 2006, donde presenta el máximo con 1,04 tCO<sub>2</sub>. A partir de este año se puede observar la caída de la HC año a año hasta situarla en 0,74 tCO<sub>2</sub> en 2011. Mención especial tiene el gran salto entre los años 2005-2006 que ha sido provocado por el cambio de metodología llevada a cabo por el INE en ese año.

### Grupo 6: Salud:

La categoría “Grupo 6: Salud” presenta una leve tendencia creciente entre los años 1998, donde se encuentra el mínimo con 2 KgCO<sub>2</sub>, y 2008, donde presenta el máximo con 4 KgCO<sub>2</sub>. A partir de este año se puede observar la caída de la HC año a año, causadas por los efectos de la crisis, hasta situarla en 2.33 KgCO<sub>2</sub> en 2011.

### Compra de vehículos:

La categoría “Compra de vehículos” ha sufrido grandes variaciones, con un crecimiento rápido hasta 2006, donde se localiza el máximo con 0,33 tCO<sub>2</sub>, y un decrecimiento aún más rápido desde ese año hasta la actualidad, donde se encuentra el mínimo con 0,15 tCO<sub>2</sub>. La compra de vehículos sigue las tendencias de la evolución de la riqueza del país, pero con subidas y caídas más radicales, que responden tanto a las expectativas de futuro como a la situación económica actual.

Mención especial tiene el gran salto entre los años 2005-2006 que ha sido provocado por el cambio de metodología llevada a cabo por el INE en ese año.

### Compra de piezas de repuesto y accesorios de vehículos personales para reparaciones realizadas por los miembros del hogar:

La categoría “Compra de piezas de repuesto y accesorios de vehículos personales para reparaciones realizadas por los miembros del hogar” se mantiene constante entre los





años 1998 y 2005 con una HC de 3,6 kgCO<sub>2</sub>. Se puede observar el gran salto que hay entre el 2005 y 2006 debido al cambio de metodología llevada a cabo por el INE en ese año. A partir del año 2006, donde se localiza el máximo con 21 kgCO<sub>2</sub>, se observa la caída continuada de la huella de carbono.

##### Mantenimiento y reparaciones:

En la categoría “Mantenimiento y reparaciones” se observa la tendencia creciente en la HC hasta el año 2009, el año 2011 está marcado por el descenso en la huella de carbono. Mención especial tiene el gran salto entre los años 2005-2006 que ha sido provocado por el cambio de metodología llevada a cabo por el INE en ese año.

El máximo se encuentra en el año 2009 con 11 kgCO<sub>2</sub> y el mínimo en 1998 con 4 kgCO<sub>2</sub>.

##### Otros servicios relativos a los vehículos privados:

La categoría “Otros servicios relativos a los vehículos privados” tiene una tendencia asintótica durante el periodo 1998 y 2005. En el año 2006 se observa un salto producido por el cambio de metodología llevada a cabo por el INE en ese año. El periodo entre 2007 y 2011 está marcado por el descenso de la huella de carbono.

El máximo se localiza en el año 2007 con un valor de 2,7 KgCO<sub>2</sub> y el mínimo en 1999 con un valor de 0,8 kgCO<sub>2</sub>.

##### Servicios postales:

La categoría “Servicios postales” muestra una tendencia decreciente durante todo el estudio salvo entre los años 2005 y 2007 donde es creciente. Este descenso generalizado se ha producido por el uso generalizado de internet y a partir de 2008 por la crisis económica. En el año 2006 se observa un salto producido por el cambio de metodología llevada a cabo por el INE en ese año. El periodo entre 2007 y 2011 está marcado por el descenso de la huella de carbono.

El máximo se localiza en el año 2007, con 3 KgCO<sub>2</sub>, y en mínimo en 2004 con 0,4 KgCO<sub>2</sub>.



### Equipos de teléfono y fax:

La categoría “Equipos de teléfono y fax” tiene una tendencia creciente entre los años 1998 y 2005. Entre los años 2005 y 2006 se puede observar un salto producido por el cambio de metodología llevada a cabo por el INE en ese año. A partir del 2006 se tiene una tendencia negativa debido a la caída de la venta de terminales que se ve agravado por los efectos de la crisis. En 2011 se puede observar una leve recuperación.

La media de la HC para esta categoría es de 2,38 KgCO<sub>2</sub>.

### Servicios de teléfono, telégrafo y fax:

La categoría “Servicios de teléfono, telégrafo y fax” tiene una tendencia creciente entre los años 1998, donde se localiza el mínimo con 12 kgCO<sub>2</sub>, y el 2008, que marca el máximo con 30 KgCO<sub>2</sub>. A partir de ese año se produce una caída producida por la crisis económica.

### Grupo 9: Ocio, espectáculo y cultura:

La categoría “Grupo 9: Ocio, espectáculos y cultura” tiene una tendencia creciente entre los años 1998, donde se localiza el mínimo con 43 kgCO<sub>2</sub>, y el 2007, que marca el máximo con 83 KgCO<sub>2</sub>. A partir de ese año se produce una caída producida por la crisis económica agravada los últimos años por la eliminación del IVA reducido para esta categoría.

### Grupo 10: Enseñanza:

La categoría “Grupo 10: Enseñanza” muestra una caída en la HC entre los años 1999 y 2005 donde se localiza el mínimo con una HC de 4,3 KgCO<sub>2</sub>. En el año 2006 se observa un salto producido por el cambio de metodología llevada a cabo por el INE en ese año. A partir del 2006 se observa un aumento en la huella de carbono, exceptuando el año 2009, hasta llegar al máximo en 2010 con HC de 5 KgCO<sub>2</sub>.

### Grupo 11: Hoteles, cafés y restaurantes:

La categoría “Grupo 11: Hoteles, cafés y restaurantes” tiene una tendencia creciente entre los años 1998, donde se localiza el mínimo con 50 kgCO<sub>2</sub>, y el 2007, que marca el



máximo con 91 KgCO<sub>2</sub>. A partir de ese año se produce una caída producida por la crisis económica.

Mención especial tiene el gran salto entre los años 2005-2006 que ha sido provocado por el cambio de metodología llevada a cabo por el INE en ese año.

##### Grupo 12: Otros bienes y servicios:

La categoría “Grupo 12: Otros bienes y servicios” tiene una tendencia creciente entre los años 1998, donde se localiza el mínimo con 56 kgCO<sub>2</sub>, y el 2007, que marca el máximo con 139 KgCO<sub>2</sub>. A partir de ese año se produce una caída producida por la crisis económica.

Mención especial tiene el gran salto entre los años 2005-2006 que ha sido provocado por el cambio de metodología llevada a cabo por el INE en ese año.

Dentro del alcance 3 se ha sumado el ciclo de vida de las materias primas necesarias en los alcances 1 y 2. El ciclo de vida se ha movido entre los 0,4 y 0,35 tCO<sub>2</sub> entre los años 1998 y 2007 debido a que lo que se ha reducido con la mejora en el mix eléctrico se ha compensado con la subida en los combustibles. A partir del año 2008 se observa una disminución que culmina en el 2010 con 2,5 tCO<sub>2</sub>. En 2011 se aprecia un repunte de la HC asociada al ciclo de vida debido al aumento de consumo de carbón para generación eléctrica ese año.

En general todas las categorías han sufrido la misma evolución, aumento de la HC desde el año 1998 hasta los primeros años de la crisis, 2007-2008. A partir de esos años todas las categorías han descendido debido a la reducción en el gasto dedicado a ellas exceptuando dos categorías que se han mantenido constantes como son el café y el tabaco.

Las ideas que se pueden sacar viendo esta evolución es que la HC está estrechamente relacionada con el volumen de gasto, por lo que las dos vías para reducir la HC pasarían por:



- La medida desde el punto de vista del productor sería reducir el factor de emisión de cada categoría mediante procesos más eficientes y cada vez menos contaminantes.
- La medida desde el punto de vista del consumidor sería reducir el consumo de aquellas categorías más contaminantes.

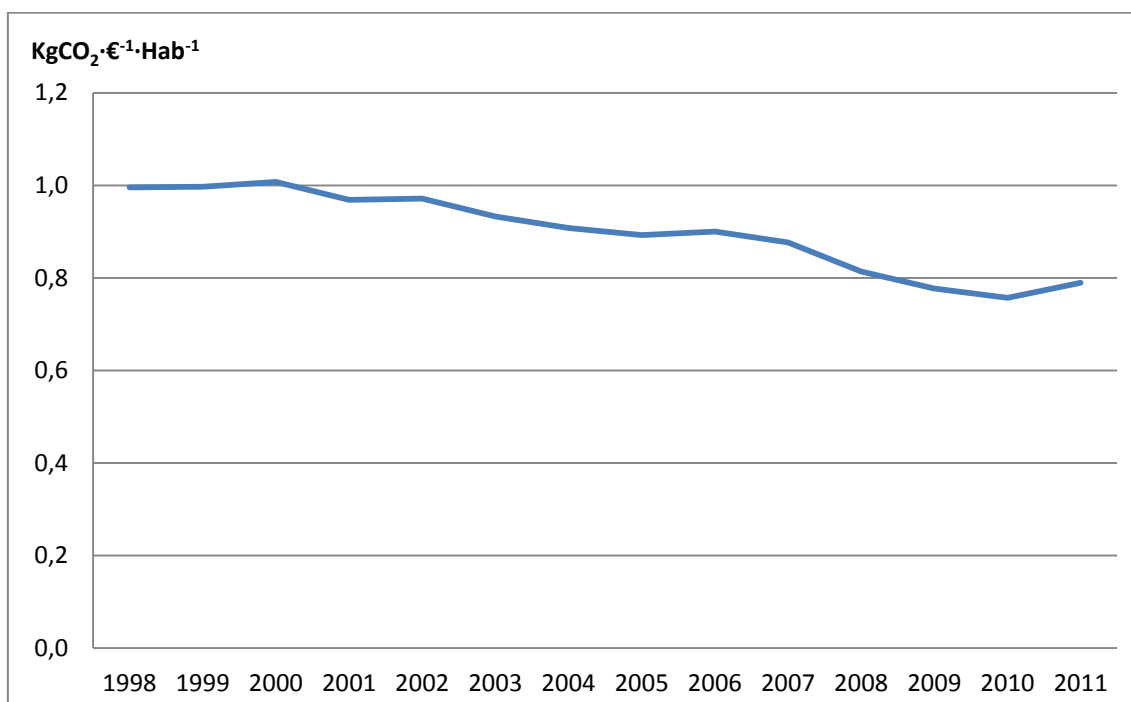
La reducción del consumo por parte del consumidor se ha visto que es algo muy difícil de conseguir, debido a las tendencias consumistas del mundo globalizado en el que vivimos. Sólo los efectos de la crisis económica han hecho reducir los consumos y por ello la huella de carbono, esto es un efecto positivo que ha tenido la crisis.

En los últimos 12 años el precio de la cesta de la compra ha subido un 48%, mientras que los salarios han crecido un 14% (OCU, 2013). En relación con la entrada del euro, se puede observar que pese a la idea preconcebida de aumento de precios, la HC ha seguido la misma tendencia de desarrollo.

Un valor al que hay que prestarle atención es el de la ecoeficiencia definida como los  $\text{KgCO}_2$  por euro invertido. Este valor nos da una idea de cómo mejoramos o empeoramos a nivel global en la huella de carbono, es como el factor de emisión global por euro.

En la Figura 4. 7 se puede observar la tendencia negativa de la ecoeficiencia, esto no quiere decir que estemos empeorando, sino que estamos mejorando en eficiencia ya que por euro invertido producimos menos  $\text{Kg}$  de  $\text{CO}_2$ .

Este descenso o mejora en la eficiencia está motivado principalmente por la reducción de la HC en el sector eléctrico, ya que se han visto una mejora en el factor de emisión debido al aumento de las energías renovables. Los efectos de la crisis también han ayudado a mejorar este coeficiente, ya que se ha reducido el gasto.



**Figura 4. 7 Evolución de la ecoeficiencia (KgCO<sub>2</sub>·€<sup>-1</sup>·Hab<sup>-1</sup>)**

Dado que todos los factores de emisión se han mantenido constantes a lo largo del tiempo, salvo el del mix eléctrico. Se puede interpretar que la mejora en ecoeficiencia también se ha producido por la modificación de los hábitos de consumos. Es decir, que cada vez consumimos bienes y servicios con una menor HC.

El repunte producido en el año 2011 es principalmente producido por el aumento del consumo de carbón durante ese año. Dada el elevado factor de emisión de dicho combustible el salto de ser del 7% en 2010 al 15% en 2011 tiene su consecuencia a escala nacional.

#### 4.4 ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN LAS COMUNIDADES AUTÓNOMAS

El análisis de la HC de las CCAA se ha llevado a cabo con la misma metodología empleada para el caso de España. La diferencia que existe entre los dos estudios es el intervalo de tiempo de los mismos. En el caso de España el intervalo es 1998-2011 pero para las Comunidades Autónomas el periodo está comprendido entre los años 2006-2011, esto es debido a la falta de datos de las encuestas de presupuestos familiares en los años previos.

A continuación se presenta, en las Figura 4. 8, 10, 11, 12, 13 y 14, de forma gráfica la evolución HC de cada comunidad dentro de una escala de colores.

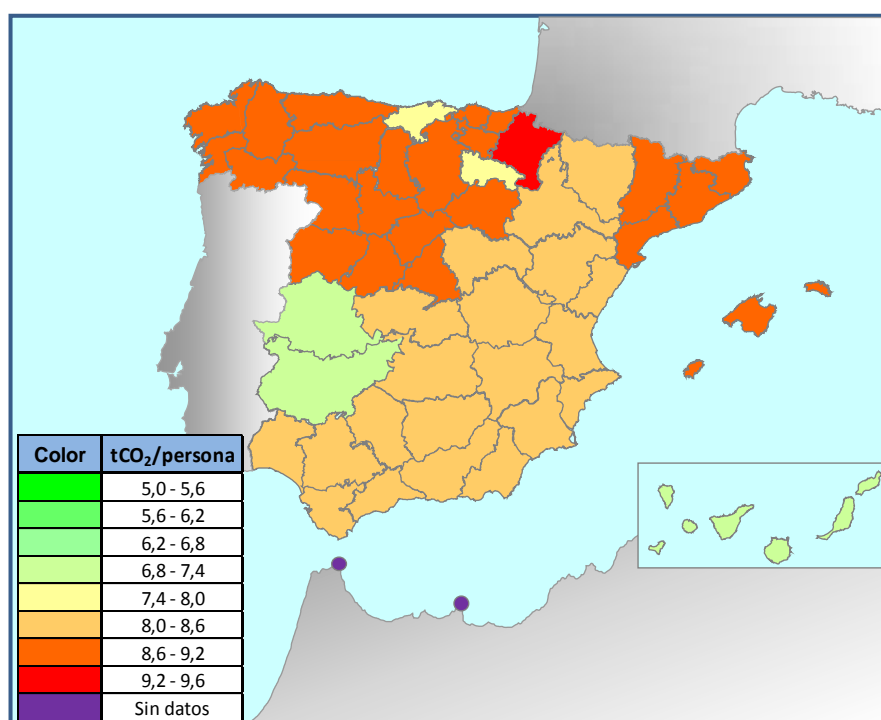


Figura 4. 8 Huella de carbono de las CCAA en 2006

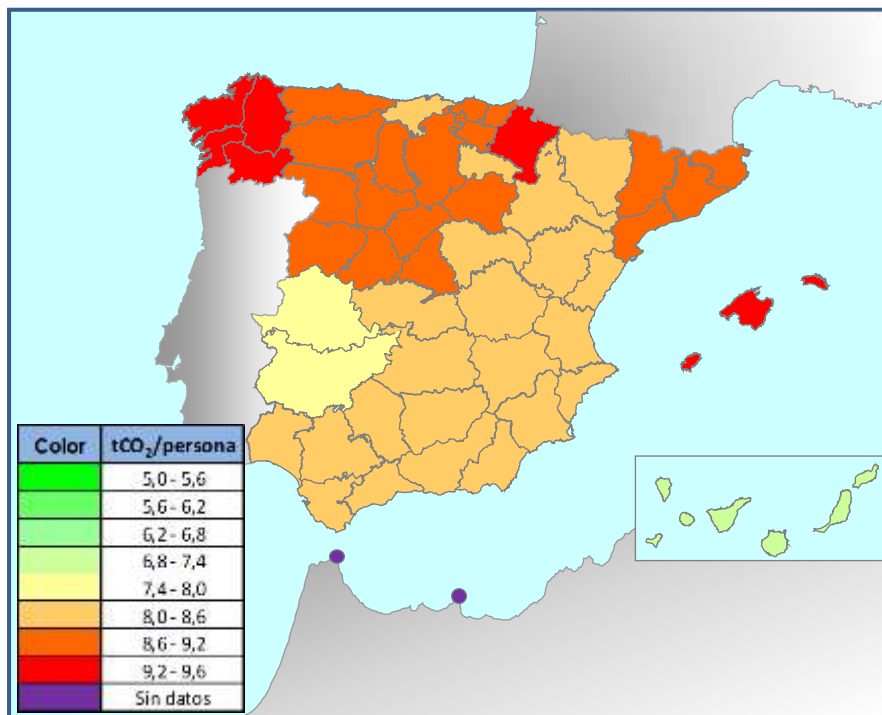


Figura 4. 9 Huella de carbono de las CCAA en 2007

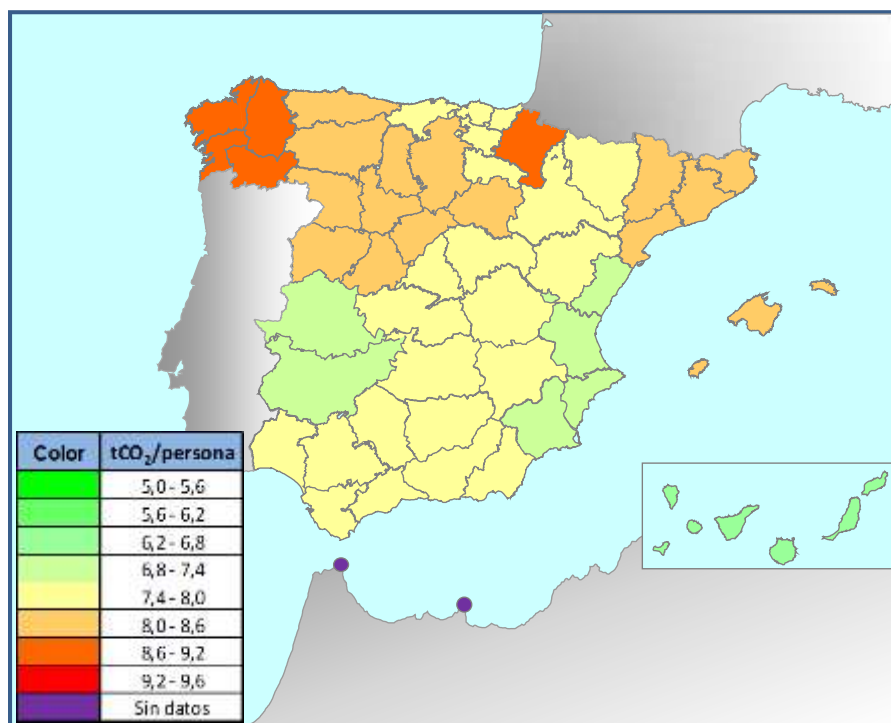


Figura 4. 10 Huella de carbono de las CCAA en 2008

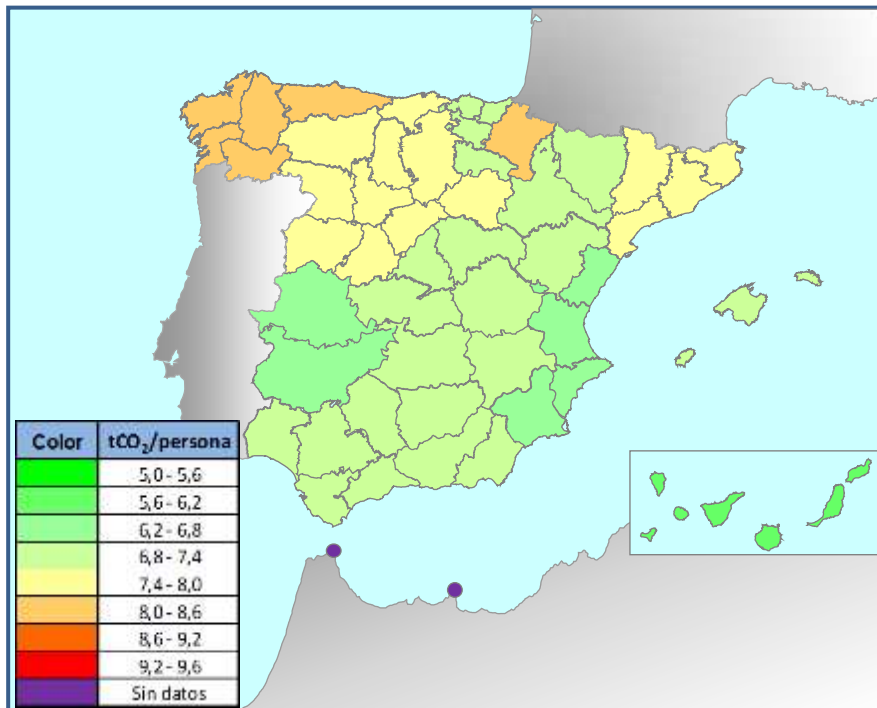


Figura 4. 11 Huella de carbono de las CCAA en 2009

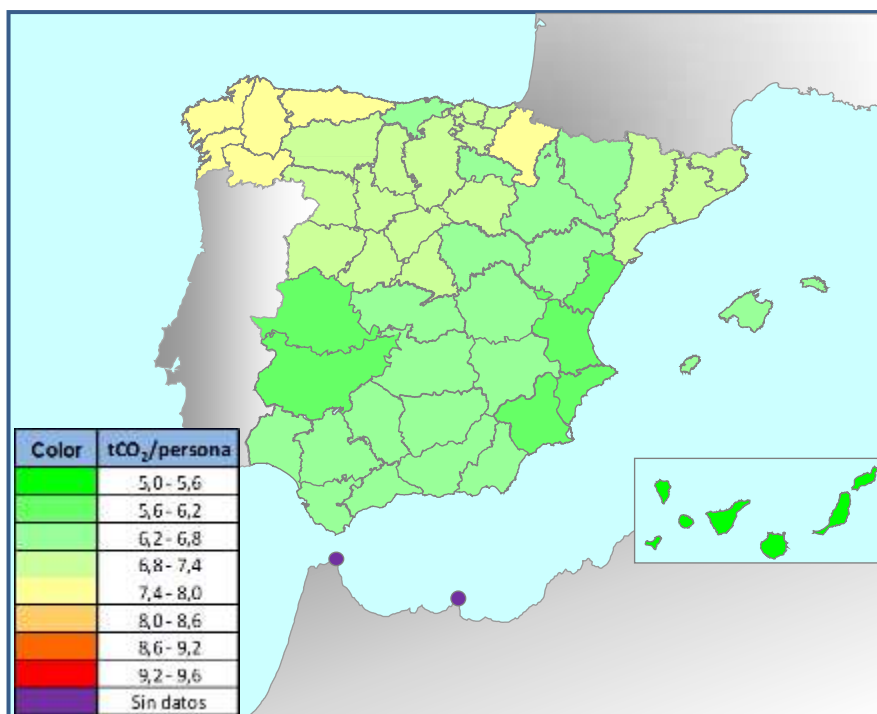


Figura 4. 12 Huella de carbono de las CCAA en 2010



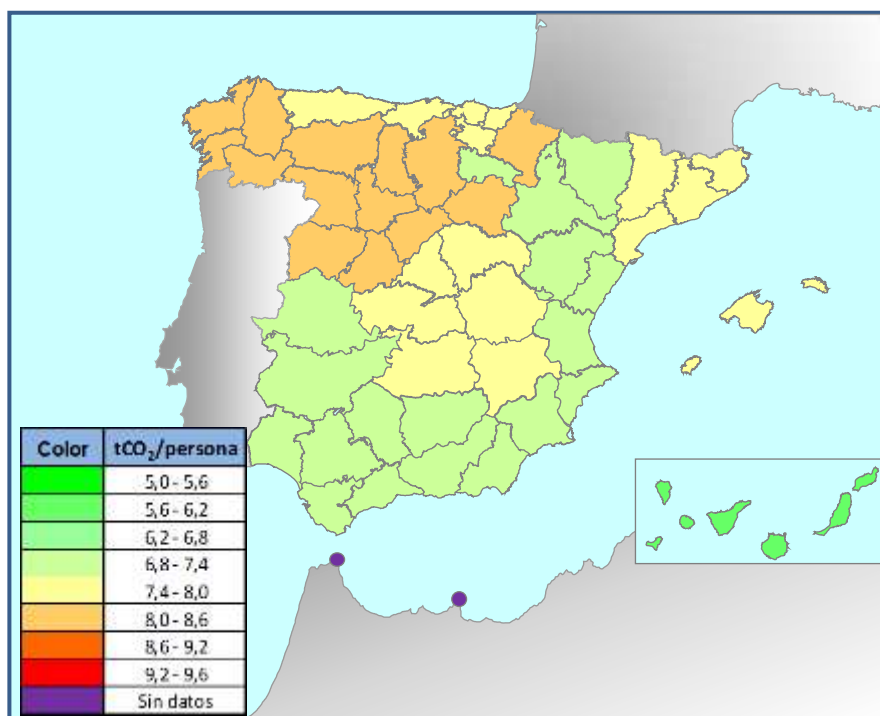


Figura 4. 13 Huella de carbono de las CCAA en 2011

Se ha analizado la HC generada por las diferentes comunidades y las conclusiones obtenidas son las siguientes:

La evolución de la HC sufrida por las diferentes comunidades ha sido marcada preferentemente por dos motivos:

- La evolución del mix eléctrico hacia formas más limpias de generación.
- El efecto de la crisis económica que ha sufrido España a partir del 2008.

En cuanto al último punto se puede observar los efectos sobre la HC en los años 2006-2007, que ha supuesto un aumento en la HC para cada comunidad, mitigado por los efectos de las energías renovables. A partir del año 2008 (año de inicio de la crisis) se puede observar una reducción paulatina en la HC debido al menor gasto de las familias, gasto que está relacionado con el PIB de España que anteriormente se mostró su evolución negativa a partir del 2008.

Si observamos en la Figura 4. 14 la evolución de los PIB de cada Comunidad Autónoma se puede ver que todas las comunidades siguen la misma evolución, crecimiento desde



el 2006 al 2008 y a partir de este año un estancamiento y en algunos casos una reducción. Al relacionar el PIB con la HC de las diferentes comunidades autónomas se observa que las comunidades autónomas del norte contaminan más que las del sur, ya que estas comunidades presentan un mayor gasto en los hogares, esto es debido a que el mayor gasto induce una mayor huella de carbono.

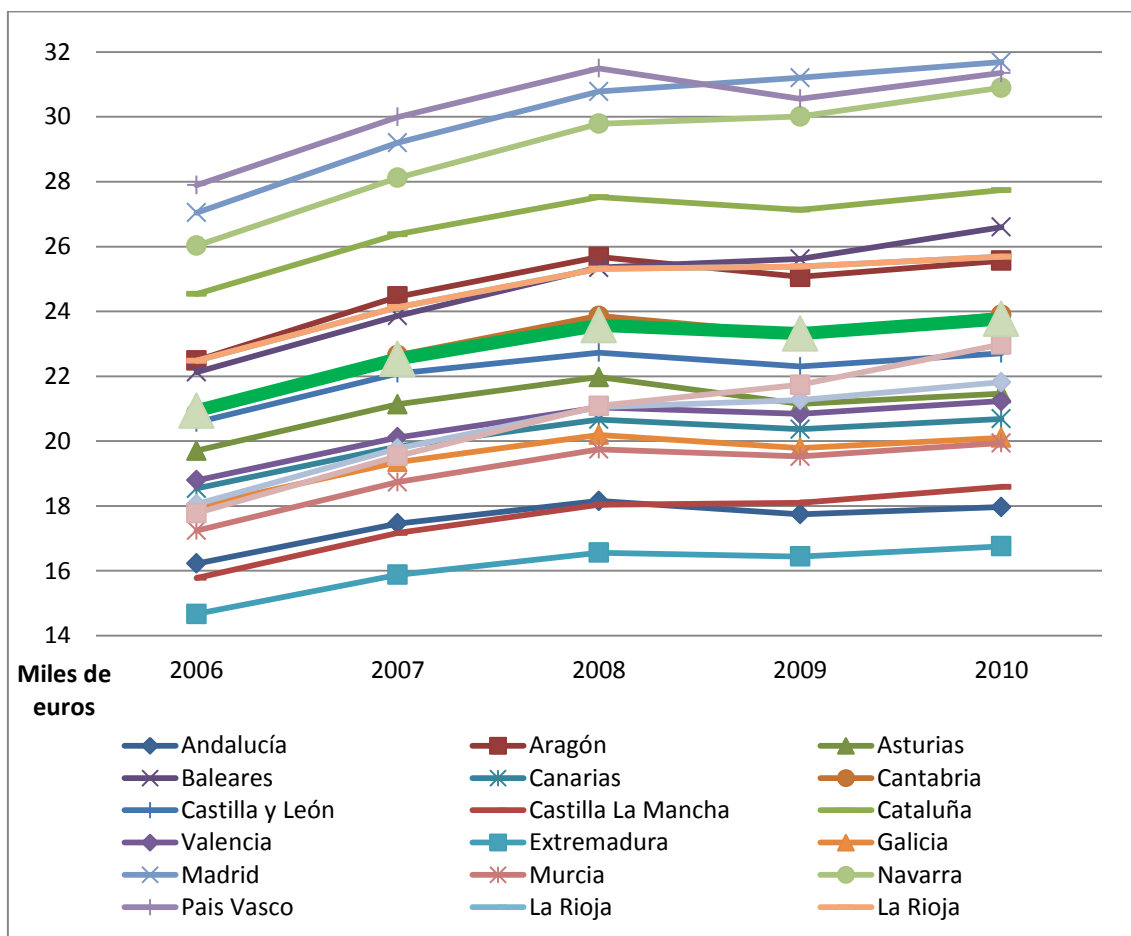


Figura 4. 14 Evolución del Producto Interior Bruto de las Comunidades Autónomas y España.

Las comunidades autónomas de la zona norte de España son las que más emiten, en especial las de la cornisa cantábrica. Esto también es debido al mayor gasto en las categorías destinadas a la calefacción, ya que están situadas en una zona con clima atlántico o continental, donde el clima es más adverso que en la zona sur-mediterránea. Mención especial tienen la comunidad autónoma de Galicia que pese a tener un PIB inferior a la media española tiene una de las huellas de carbono más altas debido a que



es la comunidad con mayor gasto en pescado (categoría que tiene un altísimo factor de emisión) y un altísimo gasto en combustibles sólidos para calefacción.

La comunidad autónoma que más HC tiene es Navarra (9.56 tCO<sub>2</sub>, año), ello es debido a alto consumo de combustible líquido.

La comunidad autónoma que menos HC tiene es Canarias debido a la falta de datos en categorías clave como carburantes líquidos y sólidos, que junto a su bajo gasto hace que tenga una HC muy baja.

Un ejemplo de cómo está relacionado el PIB con la HC es el caso de Extremadura. Esta comunidad cuenta con el PIB más bajo de todas las comunidades autónomas y por ello es la que menos HC por habitante tiene. Seguido a esta, en cuanto a PIB y huella de carbono, se encuentran Murcia, Andalucía y Castilla La Mancha.

Las comunidades autónomas con mayor PIB, que son Madrid, País Vasco, Navarra y Cataluña, estas comunidades encabezan las comunidades con mayor HC por habitante.

En el año 2011 se puede observar un repunte debido al aumento generalizado en el gasto en electricidad, combustible y transportes. Esta subida ha sido tímidamente mitigada por la bajada del resto de categorías. En este sentido se puede observar la influencia de los combustibles fósiles en la huella de carbono.

Observando la Figura 4. 15 se observar la evolución de la ecoeficiencia de las diferentes CC.AA. Las comunidades con peor ecoeficiencia son (en orden descendente) Galicia, Castilla La Mancha y Extremadura. Las comunidades con mejor ecoeficiencia son País Vasco, Madrid, Cataluña y Navarra. Estos resultados contrastan con las HC de cada una de ellas, es decir, las comunidades con mayor HC son a la postre las que mejor ecoeficiencia tienen y viceversa.

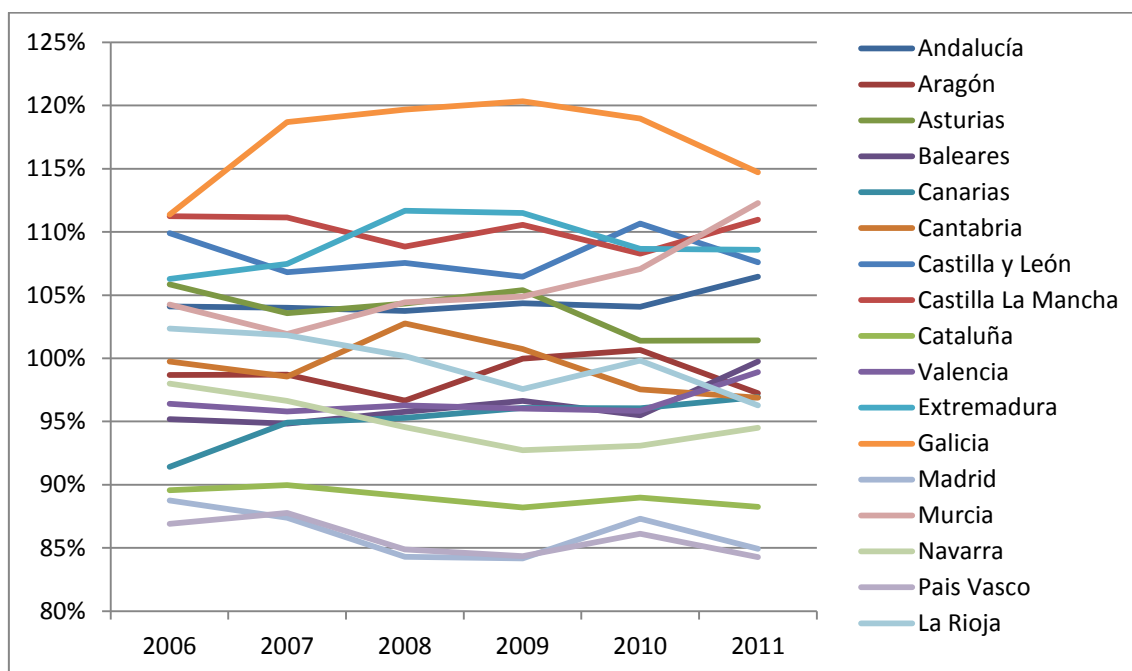


Figura 4. 15 Evolución de la ecoeficiencia para las diferentes Comunidades Autónomas (KgCO<sub>2</sub>•€-1•Hab-1)

## 4.5 COMPARACIÓN CON OTROS ESTUDIOS.

### 4.5.1 Comparación con estudios de HC internacionales

Para poder tener sentido de la magnitud de la HC del estudio se ha realizado el siguiente cuadro, es el fruto de una búsqueda de bibliografía en diferentes bases de datos:



Tabla 4. 1 Huella de carbono por hogar en diferentes países.

Lugar	Año	tCO <sub>2</sub> hogar	Características	Fuente
USA	2003	4,7 min.	Emisiones asociadas a energía. Análisis IO para las emisiones de los hogares de Estados Unidos en 2003, relacionando los gastos de los hogares en dólares (\$) con las intensidades energéticas correspondientes en libras (lb) por dólar (\$).	Shammin & Bollard, 2009
		9,5 media		
		18,4 máx.		
USA	2004	12	MRIO: Analysis Multiregional Input-Output (“ <i>Multi Regional Input Output</i> ”) es un método que permite analizar los vínculos interregionales e intersectoriales de las regiones consideradas aplicado al estudio de los impactos medioambientales incorporados al comercio.	Weber & Matthews 2008
Irlanda	2008	12 min.	Se ha realizado un análisis input-output que solo tiene en cuenta las emisiones asociadas a la energía y transporte (incluido aviación) de los hogares irlandeses utilizando los datos de la autoridad de energía sostenible de Irlanda.	Kenny, 2009
		18 media		
		27 máx.		
EU-15	1997	18 min.	DMI ( <i>Direct Material Input</i> ) es definido como la entrada de materiales que son procesados y utilizados dentro de la economía doméstica.	Bringezu et al., 2004
		19 media		
		20 máx.		
Reino Unido	2003	20,2	Para calcular la HC primero se ha determinado las intensidades de emisión de CO <sub>2</sub> y se ha relacionado con el consumo de cada unidad de estudio. Una vez relacionados se ha obtenido la HC de los hogares para diferentes países.	Kerkhof et al., 2009
Holanda	2003	19		
Suecia	2003	12,2		
Noruega	2003	13,6		

La media de la HC de España para el periodo 1998-2011 ha sido de 7,15 tCO<sub>2</sub>, con un valor máximo de 8,25 tCO<sub>2</sub> en 2006 y un mínimo en 2010 de 6,37 tCO<sub>2</sub>.



Estos valores son muy pequeños en comparación con los datos de Tabla 4. 1, esto es debido a que la huella calculada para el presente proyecto es la HC por persona, mientras en la anterior Tabla 4. 1 la HC es por hogar. El hogar español está formado por 2.8 personas por hogar (INE, 2005). Si se multiplica el número de personas por hogar por la huella de cada persona se obtiene la HC por hogar. Por ello la media de la HC de España para el periodo 1998-2011 ha sido de 20,2 tCO<sub>2</sub>, con un valor máximo de 23,1 tCO<sub>2</sub> en 2006 y un mínimo en 2010 de 17,84 tCO<sub>2</sub>.

Para poder comparar aún mejor se ha calculado la HC por hogar español para los años 2003-2004 y 2008. La HC de los hogares españoles en 2003 es de 19,7 tCO<sub>2</sub>, mientras que en 2004 es de 19,88 tCO<sub>2</sub> y para 2008 es de 21,2 tCO<sub>2</sub>. Esta diferencia entre HC de los diferentes países es producida por diferentes factores:

- Método de análisis: dependiendo de método utilizado se tendrán unas consideraciones u otras, por ejemplo tener en cuenta las exportaciones e importaciones o solo tienen en cuenta el análisis de la cuna a la puerta mientras otros lo hacen de la cuna a la tumba o análisis de ciclo de vida.
- Obtención de los datos: cada base de datos tiene una metodología diferente a la hora de recoger los datos. Por lo que esta variabilidad afecta a la posible comparación final con otros estudios.
- Categorías de estudio: dependiendo de método utilizado se tendrán unas consideraciones u otras, por ejemplo muchos estudios solo tienen en cuenta las emisiones producidas por el consumo de energía mientras que otros amplían su análisis al transporte y hasta los alimentos consumidos.

Para poder comparar las diferentes categorías hay que fijarse en las intensidades energéticas, es decir, en las toneladas de CO<sub>2</sub> por euro para cada categoría.



#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 4. 2 Intensidad de emisiones de CO<sub>2</sub> de las 12 principales categorías COICOP para Holanda (2000), Reino Unido (1998), Suecia (2002) Noruega (1997). (Kerkhof, 2009), para España

Categorías	Holanda	Reino Unido	Suecia	Noruega	Este estudio
Comida y bebidas no alcohólicas	0,86	0,66	0,70	0,67	(4,77-0,33) <sup>1</sup>
Bebidas alcohólicas y tabaco	0,41	0,31	0,17	0,35	(1,13-1,05) <sup>2</sup>
Ropa y calzado	0,35	0,31	0,16	0,30	0,31
Agua, gas, electricidad y otros combustibles	1,23	1,33	0,31	0,20	(34,6-0,07) <sup>3</sup>
Mobiliario y mantenimiento de los hogares	0,47	0,50	0,20	0,43	1,4
Salud	0,51	0,77	0,09	0,25	0,01
Transporte	1,06	0,92	0,99	0,82	(1,16-0,04) <sup>4</sup>
Comunicaciones	0,28	0,37	0,08	0,22	(0,79-0,08) <sup>5</sup>
Cultura y entretenimiento	0,6	0,34	0,25	0,37	0,09
Educación	0,24	0,21	0,12	0,10	0,04
Restaurantes y hoteles	0,80	0,87	0,57	0,20	0,71
Otros bienes y servicios	0,28	0,63	0,12	0,25	0,14

<sup>1</sup> Valor máximo correspondiente a la categoría pescado y mínimo a hortalizas.

<sup>2</sup> Valor máximo correspondiente a la categoría tabaco y mínimo a bebidas alcohólicas

<sup>3</sup> Valor máximo correspondiente a la categoría carbón y mínimo a gas

<sup>4</sup> Valor máximo correspondiente a la categoría avión y mínimo a tren

<sup>5</sup> Valor máximo correspondiente a la categoría servicios postales y mínimo a servicios de teléfono, telegrafo y fax



Algunas categorías, que se han presentado en el estudio, han sido aglutinadas o desagregadas dependiendo del rigor del factor de emisión. Para poder comparar los factores obtenidos con los de otros estudios se ha puesto el intervalo (máximo-mínimo) para poder tener una visión de la magnitud de factor, a continuación se explica.

En la Tabla 4. 2 se puede ver las diferencias entre los valores de los factores de emisión, no solo con nuestro estudio sino con los demás países. Esto es debido a la diferencia en la selección de las intensidades energéticas propias de cada país ya que para obtener un producto en los diferentes países se utilizan diferentes tecnologías.

Se puede observar gran diferencia en la categoría de comidas y bebidas no alcohólicas. Esto es debido a que la categoría pescado tiene un factor de emisión muy alto porque se considera la huella natural dada la explotación de superficie marina biológicamente productiva, huella no contabilizada en el estudio desarrollado por Kerkhof (2009). Si no consideramos esta categoría, el segundo valor más alto de este grupo sería el de la carne con un factor de emisión de  $1,14 \text{ kgCO}_2\text{-}\text{€}^{-1}$ . De esta forma los factores de emisión para nuestro estudio no difieren mucho de los obtenidos en otros estudios.

A continuación se comparan los factores de emisión en relación con el estudio desarrollado por Kerkhof (2009)

- El factor de emisión para la categoría bebidas alcohólicas y tabaco es bastante alto, entre tres y cuatro veces más.
- El factor de emisión para la categoría ropa y calzado está dentro de los obtenidos en otros estudios.
- El factor de emisión para la categoría agua, gas, electricidad y otros combustibles es muy variable y difícil de comparar ya que se engloban todas las formas de obtención de electricidad más el agua y la calefacción. Esto es debido a que cada país tiene un mix eléctrico diferente y cambiante cada año. Se tendría que desglosar más este factor para poder establecer una comparativa fiel.
- El factor de emisión para la categoría mobiliario y mantenimiento de los hogares es notablemente alta debido a los factores de emisión utilizados.





- El factor de emisión de la categoría salud es muy pequeño en comparación con los de otros países.
- El factor de emisión de la categoría transporte está en consonancia con los de otros países, excepto el valor mínimo que se encuentra muy por debajo del resto de países.
- El factor de emisión de la categoría comunicaciones es elevado debido al alto factor de emisión de los servicios postales.
- El factor de emisión de la categoría cultura y entretenimiento se encuentra por debajo de la del resto de países.
- El factor de emisión de la categoría educación se encuentra por debajo del resto de países pero sin diferir mucho.
- El factor de emisión de la categoría restaurante y hoteles se encuentra en consonancia con el resto de países.
- El factor de emisión de la categoría otros bienes y servicios se encuentra ligeramente inferior al del resto de países.

#### 4.5.2 Comparación con estudios de HC nacionales

Respecto a estudios realizados sobre la HC de España se ha utilizado el Inventario Nacional de emisiones a la atmosfera 1990-2010, elaborado por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, para establecer una comparativa. Con este estudio se ha elaborado la Tabla 4. 3 que nos muestra las emisiones nacionales por habitante y las emisiones del estudio.

Tabla 4. 3 Ratios de emisión en España (kgCO<sub>2</sub> por habitante). (MAGRAMA, 2012)

	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010
<b>kgCO<sub>2</sub>/persona Inventario nacional</b>	7505,903	8520,136	8161,471	8198,499	7283,601	6462,957	6185,178
<b>kgCO<sub>2</sub>/persona Estudio</b>	7231,234	7209,241	8204,132	8173,337	7571,173	6851,485	6374,519



Se puede observar que la HC obtenida en el inventario nacional es ligeramente mayor que la que obtenemos en el estudio. Esto es debido a que las emisiones que se han tenido en cuenta en el inventario nacional son:

- procesado de la energía.
- procesos industriales.
- uso de disolventes y otros productos.
- agricultura.
- tratamiento y eliminación de residuos.

Obteniéndose una huella bruta que luego es dividida entre los habitantes para obtener la huella per cápita. Sin embargo el presente estudio ha cuantificado la HC per cápita pero de teniendo en cuenta el gasto medio por persona de las categorías COICOP.



## 5. CONCLUSIONES

Considerando la situación económica y medio ambiental que existe hoy en día, la primera conclusión del presente proyecto fin de carrera es la necesidad de un inminente cambio en los patrones de producción y consumo. La importancia de los hogares como consumidores finales de la mayoría de los bienes y servicios producidos por la economía hace que deban ser considerados un sector clave sobre el que elaborar estrategias de reducción.

Las emisiones asociadas al consumo están fuertemente relacionadas con el gasto medio por persona, es decir, a mayor gasto mayor huella de carbono generada. Como se constata con la crisis económica, al reducir el gasto bajan las emisiones. Pese a que este tipo de estrategias son las más efectivas, el escenario de sociedad cada vez más consumista y globalizada hace que sea necesario elaborar diferentes estrategias. Es por ello que se debe atender a las necesidades y patrón de consumo. Por la tanto la forma de reducir la HC es minimizar los bienes y servicios de consumo cuyas emisiones son las más elevadas.

Las categorías de consumo que más contaminan y sus posibles soluciones son:

- La utilización de carbón para generación de energía o calefacción. Por lo que se debería prohibir la utilización de dicha materia prima.
- La utilización de combustibles derivados del petróleo para el transporte. El empleo de vehículos más respetuosos con el medio ambiente ayudaría a reducir la huella de este sector.
- La generación de la energía eléctrica es la causante de una gran parte de las emisiones. El fomento de un mix eléctrico con fuentes de energía renovables es el futuro para poder reducir estas emisiones.



- Las categorías de alimentos, Carne y pescado, tiene un factor de emisión altísimo que se podría reducir si se fuera hacia un futuro de agricultura y balanzas de consumos de alimentos más sostenibles.

En cuanto a las emisiones entre habitantes de las diferentes CC.AA. se pueden observar que las CC.AA. que más huella de carbono presentan son: Navarra, Madrid, País Vasco y Cataluña. Estas comunidades son las que mayor gasto y mayor PIB tiene en toda España. Sin embargo atendiendo al indicador de ecoeficiencia son las que menos emiten por euro invertido. En el caso opuesto se encuentran las comunidades de Extremadura, Andalucía y Murcia, que son las comunidades con menor huella de carbono pero con mayor emisión por euro invertido. Esto es debido a que por un lado, son comunidades con bajo PIB - su gasto por persona también es bajo.; por otro lado se encuentran en zonas donde no se necesita mucha cantidad de combustible para calefacción a diferencia de las comunidades del norte.

El presente Proyecto de Fin de Carrera se plantea a través de una metodología concreta, el MC3, con el objeto de demostrar que dicha metodología es aplicable para la descripción de los patrones de consumo. Lo que ha permitido extraer las siguientes conclusiones:

1. Esta herramienta es totalmente aplicable al conjunto del tejido productivo y por supuesto, en concreto a los hogares, garantizando unos resultados accesibles, transparentes y comparables.
2. La profunda capacidad de análisis permite abarcar en detalle el cálculo del Alcance 3 de una forma sencilla y directa.
3. No se ha encontrado ningún trabajo publicado que desarrolle el cálculo de la HC en hogares con tantas categorías de análisis. Esto es clave para poder desarrollar estrategias que busquen el cambio de los hábitos de consumo.

Por último se desea incidir en dos ideas: En primer lugar, la necesidad de situar los hogares como sector clave sobre el cuál desarrollar estrategias de reducción de emisiones. En segundo lugar la sencillez con la que indicadores de sostenibilidad como la HC pueden ser considerados en la evaluación y futura toma de decisiones. Por tanto



se concluye remarcando la necesidad de desarrollar estrategias de ecoetiquetado de bienes y servicios a fin de desarrollar incorporar en la toma de decisiones el criterio ambiental que nos ayude a alcanzar el desarrollo sostenible.





## 6. BILIOGRAFÍA

- AEMET (2013) [En línea] <<http://www.aemet.es/es/portada>> (último acceso, Mayo, 2013).
- ALCÁNTARA, V.; DEL RÍO, P.; HERNÁNDEZ, F. (2010)\_Structural analysis of electricity consumption by productive sectors. The Spanish case. Ed. *Energy 35 (2010) 2088–2098*. Departamento de Economía Aplicada, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Autónoma de Barcelona, España.
- ÁLVAREZ GALLEGO, S. (2012). Análisis DAFO, Seminario 2013 del Grupo de Investigación Ecología y Paisaje de la Universidad Politécnica de Madrid, ETSI Montes.
- APPS, M.J.; KURZ, W.A.; LUXMOORE, R.J.; NILSSON, L.O.; SEDJO, R.A.; SCHMIDT, R.; SIMPSON, L.G.; VINSON, T.S. (1993). Boreal forests and tundra. Terrestrial Biospheric Carbon Fluxes: Quantification and Sources of CO<sub>2</sub>. Ed. *Kluwer Academic Publishers*. Países Bajos.
- BANCO DE ESPAÑA (2012) [En línea] <<http://www.bde.es/bde/es/>> (último acceso, Mayo, 2013).
- BANCO MUNDIAL (2013) [en línea] Indicadores Emisiones de CO<sub>2</sub>. [En línea] <<http://www.bancomundial.org/>> (último acceso, Mayo, 2013).
- BERMEJO, R. (2001). Economía sostenible. Principios, conceptos e instrumentos. Ed. *Bakeaz*. Bilbao, España.
- BERNER, R. A. (1994). Geocarb II: A revised model of atmospheric CO<sub>2</sub> over Phanerozoic time. Ed. *American Journal of Science*. Vol. 294, pp. 56-91.
- BIESIOT, W; NOORMAN, K.J. (1998) Energy requirements of household consumption: a case study of The Netherlands. Ed. *Ecological Economics 28 (1999) 367–383*. Center for Energy and Environmental Studies, University of Groningen, Nijenborgh 4, 9747 AG Groningen, The Netherlands.



- BLANQUER RODRÍGUEZ, M. (2012). Aproximación metodológica al cálculo de Huella de Carbono y Huella Ecológica en centros universitarios: el caso de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes de Madrid. E.T.S.I. de Montes.
- BRINGEZU, S.; SCHÜTZ, H.; STEGER, S.; BAUDISH, J.; (2004). International comparison of resource use and its relation to economic growth: the development of total material requirement, direct material input and hidden flows and the structure of TMR. Ed. *Ecological Economics 51 (2004) 97– 124*. Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy, Department for Material Flows and Structural Change, Wuppertal Institute, Germany.
- BROWN, S.; HALL, CH.; KNABE, W.; RAICH, J.; TREXLER, M.; WOOMER, P. (1993). Tropical forest: Their past, present and potential future role in the terrestrial carbon budget. Ed. *Water, Air and Soil Pollution. Vol. 70, pp. 71-94*.
- BRUNDTLAND, G.H. (1987) *Informe Brundtland. Nuestro futuro común*.
- CAMARAS (2012). Base de datos de comercio exterior. [En línea] <<http://aduanas.camaras línea.org>> (último acceso, Junio, 2013).
- CANO, A. (2001). Economía y sostenibilidad en las grandes aglomeraciones urbanas. Aproximación al cálculo de la huella de Sevilla y sus áreas metropolitanas. Ed. *Sevilla Global S.A.* España.
- CARBALLO P.; DOMÉNECH, J.L.; GARCÍA-NEGRO, M.;VILLASANTE, C; RODRÍGUEZ, G.; GONZÁLEZ-ARENALES, M.: (2008), La huella ecológica corporativa: conceptos y aplicación a dos empresas pesqueras de Galicia. *Revista Gallega de Economía*, diciembre, año/vol. 17, N° 002, Universidad Santiago de Compostela.
- CARBALLO, A.; VILLASANTE, C.S. (2007). La huella ecológica de una economía cerrada: consideraciones teóricas sobre el ajuste del comercio en el marco del análisis de la huella. Comunicación presentada en el “4º Encuentro Internacional Desarrollo Sostenible y Población” (5-22 junio, 2007). Universidad de Málaga.
- CARBONFEEL (2013). La Huella de Carbono accesible, transparente y comparable. [En línea] <[http://www.carbonfeel.org/Carbonfeel\\_2/Inicio\\_files /Principios%20CarbonFeel.pdf](http://www.carbonfeel.org/Carbonfeel_2/Inicio_files /Principios%20CarbonFeel.pdf)> (último acceso, Mayo, 2013).





- CDP (2012) [En línea] < <https://www.cdproject.net/es/Proyectos/Paginas/CDPInvestors.aspx>> (último acceso, Mayo, 2013).
- CELLURA M; LONGO, S; MISTRETTA, M (2011) The energy and environmental impacts of Italian households consumptions: An input–output approach. Ed. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15 (2011) 3897–3908 Dipartimento dell’Energia, Università degli Studi di Palermo, Viale delle Scienze, 90128 Palermo, Italy
- CHAMBERS, G. (2001). Ecological Footprint. A technical Report to the STOA Panel. [En línea] <[http://www.europarl.europa.eu/stoa/publications/studies/20000903\\_en.pdf](http://www.europarl.europa.eu/stoa/publications/studies/20000903_en.pdf)> (último acceso, Mayo, 2013).
- CLARKE, R.; TIMBERLAKE, L. (1987). Declaración de Principios de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano. Estocolmo.
- CMMAD.(Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo) (1987). Our Common Future. Ed. *United Nations*. Estados Unidos de América.
- COM (2012) Estudio Prospectivo Anual sobre el Crecimiento 2013. [En línea] <[http://ec.europa.eu/europe2020/pdf/ags2013\\_es.pdf](http://ec.europa.eu/europe2020/pdf/ags2013_es.pdf)> (último acceso, Mayo, 2013).
- COMISIÓN EUROPEA (2000) Commission Decision, 2000. 2000/532/EC: Commission Decision of 3 May 2000 replacing Decision 94/3/EC establishing a list of wastes pursuant to Article 1(a) of Council Directive 75/442/EEC on waste and Council Decision 94/904/EC establishing a list of hazardous waste pursuant to Art. Ed. *Official Journal L 226 , 06/09/2000 P. 0003 – 0024*.
- COMISIÓN EUROPEA (2010) Eurostat. [en línea]: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/>. (último acceso, Mayo, 2013).
- COMISIÓN EUROPEA (2010). Company GHG Emissions. A Study on Methods and Initiatives. Environmental Resources Management. Manchester. Reino Unido.
- COMISIÓN EUROPEA (2012). Estudio Prospectivo Anual sobre el Crecimiento 2013. Bruselas, 28.11.2012 COM(2012), Comunicación de la comisión,
- CORES (2013) (Corporación de Reservas Estratégicas de productos petrolíferos) (2013) Boletín estadístico de hidrocarburos. Ed. *Azira N°182, Enero 2013*.
- DE LA CRUZ LEIVA, J. L.; CARBALLO-PENELA, A.; DOMENECH, J. L.; (2011). Enfoques metodológicos para el cálculo de la Huella de Carbono.



- Observatorio de la Sostenibilidad de España. [En línea] <[http://www.sostenibilidades.org/sites/default/files/\\_Documentos/herramientas.pdf](http://www.sostenibilidades.org/sites/default/files/_Documentos/herramientas.pdf)> (último acceso, Junio, 2013)
- DIXON, R.K.; BROWN, S.; HOUGHTON, R.A.; SOLOMON, A.M.; TREXLER, M.C.; WISNIEWSKI, J. (1994). Carbon Pools and Flux of Global Forest Ecosystems. Ed. *Science* 263(5144) 185-190.
  - DNIH (Departamento para Negocios, Innovación y Habilidades) (2012) Low Carbon Environmental Goods and Services
  - DOMÉNECH, J.L. (2007). Huella Ecológica y desarrollo sostenible. Ed. *AENOR Ediciones*. España.
  - DRUCKMAN, A; JACKSON, T (2008) Household energy consumption in the UK: A highly geographically and socio-economically disaggregated model. Ed *Energy Policy* 36 (2008) 3177– 3192 Research Group on Lifestyles, Values and Environment (RESOLVE), University of Surrey, Guildford, UK.
  - DUCHIN, F., 1995. Global Scenarios about Lifestyle and Technology. Paper presentado en la conferencia: The Sustainable Future of the Global System, United Nations University, October 1995, Tokyo.
  - ECOEMBES (2013) España supera su porcentaje de reciclado de envases domésticos y alcanza el 70,3%. [En línea] <<http://www.ecoembes.com/es/actualidad/notas-de-prensa/Paginas/Espa%C3%B1a-supera-su-porcentaje-de-reciclado-de-envases-domesticos-y-alcanza-el-70,3.aspx>> (último acceso, Junio, 2013)
  - EECCEL (Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia) (2007) [En línea] <[http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/publicaciones/documentacion/plan\\_med\\_urg\\_tcm7-12480.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/publicaciones/documentacion/plan_med_urg_tcm7-12480.pdf)> (último acceso, Mayo, 2013).
  - EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme) (2013) [En línea] <<http://www.emep.int/>> (último acceso, Mayo, 2013).
  - EUROSTAT (2010). Energy - Yearly statistics 2008. [en línea] <<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/>> (último acceso, Mayo, 2013).
  - EUROSTAT (2013). [en línea] <<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/>> (último acceso, Mayo, 2013).



- EWING, B., GOLDFINGER, E.; WACKERNAGEL, M.; STECHBART, M.; RIZK, S.; REED, A.; (2008), The Ecological Footprint Atlas. Ed. *Global Footprint Network, Research and Standards Department. Revised 16. (versión 1.1)*
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2013) (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura) Factores de rendimiento <http://www.fao.org/corp/statistics/en/> línea accesible. [En línea] <<http://www.fao.org/home/es/>> (último acceso, Mayo, 2013).
- FENG, Z.; ZOU, L.; WEI, Y. (2011) The impact of household consumption on energy use and CO2 emissions in China. Ed. *Energy 36 (2011) 656-670*.
- GALLOPIN, G.C. (1997). Indicators and their Use: Information for Decision-making. Sustainability Indicators. Ed. *Moldan & Billharz, Eds. Mexico*.
- GARCIA PUMAR, I. (2013) Huella de Carbono de Organización y Producto bajo enfoque integrado. Aplicación en el sector de la fabricación de paletas de madera. ETSI Montes, Universidad Politécnica de Madrid.
- GFN (GLOBAL FOOTPRINT NETWORK) (2012) Glosario. [En línea]: <http://www.footprintnetwork.org/es/index.php/GFN/page/glossary/> (último acceso, Mayo, 2013).
- GFN. (Global Footprint Network) (2008). Footprint term glossary. [En línea] <<http://www.footprintnetwork.org>> (último acceso, Mayo 2013).
- GONZALEZ LAXE, F. (2007). Los indicadores de sostenibilidad como herramienta de evaluación. Ed. *Ekonomiaz. Vol. 64, pp. 300-329*.
- GOUDIE, A., (1990). The Human Impact on the Natural Environment. Ed. *Basil Blackwell. Ltd., Reino Unido*.
- GUERRA A., (2007), Construcción de la huella de carbono y logro de carbono neutralidad para el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- HEAL (2011) Radical Disruptions of Value Chains facilitated. Hackwood Consulting en 4th PCF World Forum.
- HERNÁNDEZ SÁNCHEZ, J.M. (2007) Consumo energético y emisiones asociadas del sector residencial. Departamento de proyectos de ingeniería, Universidad Politécnica de Cataluña.



- HOUGHTON, R.A.; WOODWELL, C.M. (1989). Global Climate Change. Ed. *Scientific American*. Vol. 260, pp. 36-40.
- HUBER, A., KORTMAN, J., BENITO, A. M., & SCHARP, M. (2010). Developing and implementing. Effective household energy awareness services.
- IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético). (2011). Factores de conversión Energía Final - Energía Primaria and Factores de emisión - 2010. Retrieved December 2, 2012, [En línea] <[http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos\\_Factores\\_de\\_Conversion\\_Energia\\_y\\_CO2\\_\(2010\)\\_931cce1e.pdf](http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_Factores_de_Conversion_Energia_y_CO2_(2010)_931cce1e.pdf)> (último acceso, Mayo, 2013).
- IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis) (1990). The price of pollution. In: Brown, L.R. et al. (Eds.), 1993, State of the World 1993. Earthscan, London.
- INE (Instituto Nacional de Estadística) (2005) Indicadores sociales en España, Madrid, [En línea] <[www.ine.es](http://www.ine.es)> (último acceso, Mayo, 2013).
- IPCC (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Ed. *IGES*, Japan
- IPCC (2007): Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A.]. IPCC. Suiza.
- IPCC. (Intergovernmental Panel on Climate Change) (1995): Climate change 1994: Radiative Forcing of Climate Change and an Evaluation of the IPCC IS92 Emission Scenarios. Ed. *Cambridge University Press*. Reino Unido.
- KENNY, T.; GRAY, N. Comparative performance of six carbon footprint models for use in Ireland. Ed. *Environmental Impact Assessment Review 29 (2009) 1-6*. Centre for the Environment, School of Natural Sciences, Trinity College, University of Dublin, Ireland
- KERKHOFF, A; BENDERS, R; MOLL, H (2009) Determinants of variation in household CO2 emissions between and within countries. Ed. *Energy Policy 37 (2009) 1509–1517*. Center for Energy and Environmental Studies IVEM, University of Groningen, Nijenborgh 4, 9747 AG Groningen, The Netherlands



- LASHOF, D.A.; AHUJA, D.R. 1990. Relative Contributions of Greenhouse Gas Emissions to Global Warming. Ed. *Nature*. Vol. 344, pp. 529–531.
- MAGRAMA (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente) (2013) [En línea] < [www.magrama.gob.es/](http://www.magrama.gob.es/) > (último acceso, Mayo, 2013).
- MANAGI, S.; HIBIKI, A.; TSURUMI, Y. (2008), Does Trade Liberalization Reduce Pollution Emissions. Ed. *Research Institute of Economy, Trade and Industry (RIETI) Discussion Paper Series 08-E-013*.
- MARTINEZ, R. (1980). Economía Planeta. Diccionario Enciclopédico. Ed. *Planeta*. Barcelona.
- MASERA, O. (1995). Carbon Mitigation Scenarios for Mexican Forests: Methodological Considerations and Results. Ed. *Interciencia*. Vol. 20, pp.388-395.
- MCKINSEY & COMPANY, (2009) Pathways to a Low-Carbon Economy, Version 2 of the Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve. [En línea] <[http://solutions.mckinsey.com/climatedesk/default/en-us/Files/wp211154643/ImpactOfTheFinancialCrisisOnCarbonEconomics\\_GHGcostcurveV2.1.pdf](http://solutions.mckinsey.com/climatedesk/default/en-us/Files/wp211154643/ImpactOfTheFinancialCrisisOnCarbonEconomics_GHGcostcurveV2.1.pdf)> (último acceso, Junio, 2013).
- MEADOWS, D.H. (1998). Indicators and Information Systems for Sustainable Development. A report to Balaton Group. [En línea] <<http://www.nssd.net/pdf/Donella.pdf> > (último acceso, Mayo, 2013).
- MEIER, P., WILSON, P., KULCINSKI, G., & DENHOLM, P. (2005). US electric industry response to carbon constraint: a life-cycle assessment of supply side alternatives. Ed. *Energy Policy*, 33(9), 1099–1108.
- MEIJER, F., ITARD, L., & SUNIKKA-BLANK, M. (2009). Comparing european residential building stocks: performance, renovation and policy opportunities. Ed. *Building Research & Information*, 37(5), 533.
- MÉNDEZ, R. (2012) España cumplirá Kioto con una compra de saldo de CO2 polaco. Ed. *El País* 5 de Octubre de 2012. [En línea] <[http://sociedad.elpais.com/sociedad/2012/10/05/actualidad/1349453927\\_030128.html](http://sociedad.elpais.com/sociedad/2012/10/05/actualidad/1349453927_030128.html)> (último acceso, Mayo, 2013).
- MILLER, T.G. (1994). Ecología y Medio Ambiente. Ed. *Iberoamericana*. ISBN 970-625-027-1.



- MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO (2013) [En línea] <<http://www.minetur.gob.es/es-ES/Paginas/index.aspx>> (último acceso, Mayo, 2013).
- MOFFAT, I.; HANLEY, N.; ALLEN, S.; FUNDINGSLAND, M. (2001). Sustainable prosperity: measuring resource efficiency. Report to sustainable development unit, department of the environment, transport and the regions. University of Stirling. Reino Unido.
- MONTOYA, G. (2008). Desarrollo forestal sustentable: Captura de carbono en las zonas tzeltal y tojolabal del estado de Chiapas. Instituto Nacional de Ecología. Escocia.
- MONTOYA, G.; SOTO L.; DE JONG, B.; NELSON, K.; FARIAS, P.; YAKAC, P.; TAYLOR J.H.; TIPPER, R. (1995). Desarrollo forestal sustentable: Captura de carbono en las zonas tzeltal y tojolabal del estado de Chiapas. Ed. *Cuadernos de trabajo* No. 4-INE. México, D.F.
- NWO, 1992, The Netherlands Foundation for Scientific Research, Priority Research Program on Sustainability and Environmental Quality.
- OCU (Organización de Consumidores y Usuarios) (2013).[En línea] <[www.ocu.org](http://www.ocu.org)> (último acceso, Junio, 2013).
- OPSCHOOR, H.; REINJEDERS, E. (1991). Towards sustainable development indicators. En In search of sustainable development.. Ed. *Kluwer Academic Publishers*. Estados Unidos de América.
- OSE.(Observatorio de la sostenibilidad en España) (2011). Enfoques metodológicos para el cálculo de la Huella de Carbono. Observatorio de la Sostenibilidad en España, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Fundación Biodiversidad, Fundación General de la Universidad de Alcalá. España.
- OZCARIZ, J.; NOVO, M.; PRATS, F.; SEOANE, M.; TORREGO, A. (2008). Cambio Global. España 2020's. El reto es actuar. UCM y Fundación CONAMA. España.
- QUIROGA, R.M. (2001). Indicadores de sostenibilidad ambiental y desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas. Naciones Unidas. División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos. Chile.



- REE (Red Eléctrica Española) (2013) [En línea] < <http://www.ree.es/>> (último acceso, Mayo, 2013).
- REES, W. (1996), Revisiting Carrying Capacity: Area-Based Indicators of Sustainability. *Population and Environment: A Journal of Interdisciplinary Studies*. Ed. *Human science press Volume 17, Number 3, January 1996*.
- SAMPSON, R.N.; APPS, M.; BROWN, S.; COLE, C.; DOWNING, J.; HEATH, L; OJIMA, O.; SMITH , T.; SOLOMON, A.; WISNIEWSKI, J. (1993). Workshop Summary Statement: Terrestrial Biospheric Carbon Fluxes-quantification of Sinks and Sources on CO<sub>2</sub>. Ed. *Water, Air and Soil Pollution. Vol. 70, pp. 3-15*.
- SÁNCHEZ-CHÓLIZ, J.; DUARTE, R; MAINAR, A (2006) Environmental impact of household activity in Spain. Ed. *Ecological economics* 62 (2007) 308 – 318. Departamento de análisis económico. Universidad de Zaragoza.
- SCHIMMEL, D.S. (1995). Terrestrial Ecosystems and The Carbon Cycle. Ed. *Global Change Biology. Vol. 1, pp.77-91*.
- SCHLESINGER, W.H. (1991). Biogeochemistry: An analysis of global change. Ed. *Academic Press*. Estados Unidos de América.
- SCHNEIDER, S.H. (1989). The Greenhouse Effect: Science and Policy. Ed. *Science. Vol. 243, pp. 771-781*.
- SEPPÄLÄ, J.; MÄENPÄÄ, I.; KOSKELA, S.; MATTILA, T.; NISSINEN, A.; KATAJAJUURI, J.; HÄRMÄ, T.; KORHONEN, M.; SAARINEN, M.; VIRTANEN, Y. (2011). An assessment of greenhouse gas emissions and materialflows caused by the Finnish economy using the ENVIMAT model. Ed *Journal of Cleaner Production* 19 (2011) 1833-1841. Finnish Environment Institute, Helsinki, Finland.
- SERRANO, M (2005) Emisiones de gases de efecto invernadero y estructuras de consumo en España. Ed. *Economía Crítica, n° 4. Julio de 2005, pp 89-114*. Departamento de teoría económica. Universidad de Barcelona.
- SHAMMIN, R.; BULLARD, C. (2009) Impact of cap-and-trade policies for reducing greenhouse gas emissions on U.S. households. Ed. *Ecological Economics* 68 (2009)



- 2432–2438. Mechanical Engineering, University of Illinois at Urbana-Champaign, United States
- SIMMONS, C.; GONZALEZ, I.; LEWIS, K.; , WIEDMANN, T.; GILJUM, S.; (2006) Methodology for determining global sectoral material consumption, carbon dioxide emissions and Ecological Footprints. Ed. *Best Food Forward*. [En línea] < [http://www.bestfootforward.com/media/upload/images/casestudy/methodology\\_report\\_wwf\\_one\\_planet\\_business.pdf](http://www.bestfootforward.com/media/upload/images/casestudy/methodology_report_wwf_one_planet_business.pdf)> (último acceso, Mayo, 2013).
  - SMITH, T.M.; CRAMER, W.P.; DIXON, R.K.; LEEMANS, R.; NEILSON, R.P.; (1993) The Global Terrestrial Carbon Cycle. Terrestrial Carbon Cycle. Water, Air and Soil Pollution. Biogeochemistry: An analysis of global change. Ed. *Academic Press*. Estados Unidos de América.
  - SOLOMON, A.M. (1993). The Global Terrestrial Carbon Cycle. Terrestrial Biospheric Carbon Fluxes: Quantification and Sources of CO<sub>2</sub>. Ed. *Kluwer Academic Publishers*. Países Bajos.
  - SOLOMON, S. (2007) Working Group I: The Physical Basis for Climate Change. IPCC. Nueva York.
  - SPADARO, V., LANGLOIS, L., & HAMILTON, B. (2000). Greenhouse gas emissions of electricity generation chains: assessing the difference. Ed. *IAEA Bull*, 42(2).
  - SPATH, P. L., & MANN, M. K. (2004). Biomass Power and Conventional Fossil Systems with and without CO<sub>2</sub> Sequestration – Comparing the Energy Balance , Greenhouse Gas Emissions and Economics Biomass Power and Conventional Fossil Systems with and without CO<sub>2</sub> Sequestration – Comparing the Ene. Contract, (January).
  - TAMIOTTI, L.; THE, R.; KULAÇOĞLU, V.; OLHOFF, A.; SIMMONS, B.; ABAZA, H. (2009), El comercio y el cambio climático. Informe del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y de la Organización Mundial del Comercio.
  - UN. (United Nations) (2011). Decenio internacional para la acción. El agua, fuente de vida 2005-2015. [En línea]: < <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/scarcity.html>> (último acceso, Mayo, 2013).





- UNEP (United Nations Environment Programme) (2004). Recursos Mundiales 2004. Decisiones para la Tierra: equilibrio, voz y poder.
- UNEP (United Nations Environment Programme) (2007). Global Environment Outlook 4. United Nations Environment Programme.
- UNFCCC.( United Nations Framework Convention on Climate Change) (2009). Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. COP15. Dinamarca.
- WACKERNAGEL, M., SILVERSTEIN, J., (2000). "Big things first: focusing on the scale imperative with the ecological footprint", Ed. *Ecological Economics*, 32, 391-394.
- WACKERNAGEL, M.; Y REES, W. (1995), Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. Gabriola Island, BC and Philadelphia, PA: New Society Publishers.
- WACKERNAGEL, M; MONFREDA, C.; MORAN, D.; WERMER, P.; GOLDFINGER, S.; DEUMLING, D. (2005). *National Footprint and Biocapacity Accounts 2005: The underlying calculation method*. Global Footprint Network. [En línea]: <<http://www.footprintnetwork.org>> (último acceso, Junio 2013).
- WBCSD y WRI (World Business Council for Sustainable Development y World Resources Institute) (2004), The Greenhouse Gas Protocol A Corporate Accounting and Reporting Standard. Revised Edition. [En línea] <<http://www.ghgprotocol.org/files/ghg-protocol-revised.pdf>> (último acceso, Mayo, 2013).
- WEBER, C.;SCOTT MATTHEWS, H. (2008)Quantifying the global and distributional aspects of American household carbon footprint. Ed. *Ecological Economics* 66 (2008) 379-391. Departments of Civil and Environmental Engineering and Engineering and Public Policy, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, USA.
- WIEDMANN, R.; MINX, J. (2007) Carbon Footprint definition.
- 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. Ed. *Ecological Economics*, 70(11), 1937-1945.
- WIEDMANN, T.; Y MINX, J. (2007), A Definition of ‘Carbon Footprint’.Ed. *ISA United kingdom Research Report*. 07-01.



- WWF (World Wildlife Fund) (2008), Informe Planeta Vivo. [En línea] <[http://assets.panda.org/downloads/lpr\\_2008\\_span\\_lo\\_res.pdf](http://assets.panda.org/downloads/lpr_2008_span_lo_res.pdf)> (último acceso, Mayo, 2013).



## ANEXOS

### **ANEXO I: Análisis de la incertidumbre del cálculo de la huella de carbono.**

La Norma ISO 14064 parte 1 indica que las organizaciones deben complementar los inventarios de GEI que realicen con una evaluación de la incertidumbre de los mismos. Como indica el IPCC en el documento “*Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*” (IPCC, 2001), la estimación de la incertidumbre no está orientada a cuestionar la validez de las estimaciones de los inventarios, sino a ayudar a priorizar los esfuerzos por mejorar la exactitud de los inventarios en el futuro y orientar las decisiones sobre elección de la metodología.

La incertidumbre de los inventarios de GEI surge cada vez que se cuantifican las emisiones de GEI. Se encuentra asociada a los factores de emisión seleccionados y a los datos de actividad recopilados (IPCC, 2001).

Como se indica en el documento del IPCC, en primer lugar, se deben estimar las incertidumbres individuales de las fuentes de emisión y de los factores de emisión y una vez determinadas, estas deben combinarse para estimar la incertidumbre total del inventario de GEI en cualquier año y la incertidumbre general del inventario a través del tiempo (incertidumbre de la tendencia del inventario).

Las incertidumbres de las fuentes de emisión y la de los factores de emisión pueden ser combinadas de dos formas diferentes:

- Regla A: Las cantidades inciertas se combinan por adición. La desviación estándar de la suma será la raíz cuadrada de la suma de los cuadros de las desviaciones estándar de las cantidades que se suman expresadas en términos absolutos, Ecuación A. 1. 1.



$$U_{total} = \frac{-b \pm \sqrt{(U_1 \cdot x_1)^2 + (U_2 \cdot x_2)^2 + \dots + (U_n \cdot x_n)^2}}{x_1 + x_2 + \dots + x_n}$$

Ecuación A. 1. 1

Donde:  $U_{total}$  es la incertidumbre porcentual en la suma de las cantidades expresada en porcentaje.  $X_i$  y  $U_i$  son las cantidades inciertas y las incertidumbres porcentuales asociadas con ellas.

- Regla B: Las cantidades inciertas se combinan por multiplicación. Las desviaciones estándar se expresan como fracciones de los valores medios, Ecuación A. 1. 2.

$$U_{total} = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_n^2}$$

Ecuación A. 1. 2

Donde:  $U_{total}$  es la incertidumbre porcentual en el producto de las cantidades expresada en porcentaje.  $U_i$  son las incertidumbres porcentuales asociadas a cada cantidad.

El análisis de la incertidumbre total de los inventarios y la incertidumbre de la tendencia del inventario pueden estimarse mediante dos formas: a partir de un análisis clásico o a partir de la técnica de Monte Carlo (usando una simulación estocástica) (IPCC, 2001).

Para evaluar la incertidumbre de la HC se ha optado por elegir el primer método (análisis clásico), ya que los factores de emisión elegidos para hacer el inventario se basan en estudios nacionales que verifican su validez. Se trata además de un método fácil de aplicar y basado en una hoja de cálculo sencilla.

### 1. Método de análisis clásico

El fin de aplicar el método de análisis clásico es estimar la incertidumbre total del inventario de GEI en cualquier año y la incertidumbre general del inventario a través del tiempo (incertidumbre de la tendencia del inventario).

En primer lugar se deben estimar las incertidumbres individuales de las fuentes de emisión y de los factores de emisión para, posteriormente, combinar estas



incertidumbres individuales y obtener así la estimación de la incertidumbre del inventario de emisiones de GEI.

En este método, las incertidumbres se estiman usando la Ecuación A. 1. 1 y la Ecuación A. 1. 2 en dos etapas diferentes:

- Primero, se usa la aproximación de la Regla B (las incertidumbres se combinan mediante multiplicaciones. Ecuación A. 1. 2) para combinar los rangos de factores de emisión y los datos de actividad por categorías de fuentes de emisión y gases de efecto invernadero y obtener la incertidumbre general de emisiones.
- Segundo, se usa la aproximación de la Regla A (las incertidumbre se combinan por adición. Ecuación A. 1. 1) para obtener la incertidumbre general de emisiones y la tendencia de las emisiones entre el año base y el año en curso.

Para estimar la incertidumbre de los datos de actividad y de los factores de emisión empleados en la realización de los cálculos de la HC ha sido necesario seleccionar unos márgenes de incertidumbre. Estos márgenes de incertidumbre, fueron obtenidos de los datos del documento del IPCC “*Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*”, capítulos 2 a 5, (IPCC, 2001).

Para realizar la estimación de la incertidumbre del inventario mediante el método de análisis clásico, se debe aplicar el cuadro “*Cálculo y presentación de la incertidumbre en el nivel I*”, (IPCC, 2001; Capítulo 6). Siguiendo lo establecido en dicho cuadro, se ha de desarrollar una hoja de cálculo que permita estimar la incertidumbre del inventario.

Por otro lado, tal y como se indica en el documento del IPCC, las incertidumbres en la tendencia se estiman usando dos tipos de sensibilidad:



- Sensibilidad de tipo A: Es el cambio en la diferencia de las emisiones generales entre el año base y el año en curso, expresada como porcentaje, resultante de un aumento del 1% en las emisiones de determinadas categorías de fuentes de emisión tanto para el año base como en el año en curso.
- Sensibilidad de tipo B: Es el cambio en la diferencia de las emisiones generales entre el año base y el año en curso, expresada como porcentaje, resultante de un aumento del 1% en las emisiones de determinadas categorías de fuentes de sólo en el año en curso.

Una vez calculadas las incertidumbres por medio de las sensibilidades de tipo A y de tipo B, estas pueden sumarse para dar la incertidumbre general de tendencia.

En el caso concreto de la estimación de la incertidumbre de la HC que se ha realizado en este proyecto, sólo se calculará la sensibilidad de tipo A para el año base (año 2011).

## 2. Proceso de cálculo

La Figura 1, muestra el cuadro “*Cálculo y presentación de la incertidumbre en el nivel I*”, que permite estimar la incertidumbre del inventario y las incertidumbres de la tendencia y a partir del cual se desarrolló una hoja de cálculo en el programa Excel con el fin de estimar la incertidumbre de la HC (Tabla A. I. 1).

El cuadro se encuentra dividido en filas y en diecisiete columnas rotuladas de la A a la Q.

- Cada fila del cuadro representa una categoría de fuente de emisión. Es conveniente introducir cada fuente de emisión de manera desagregada hasta el nivel de consumo antes de realizar la combinación de las incertidumbres.
- Las seis primeras columnas del cuadro (de la A a la F) son las columnas de inserción de datos de entrada y a partir de estos datos de entrada, en las siete columnas siguientes (de la G a la M) se realizan diferentes operaciones para poder estimar la incertidumbre del inventario y la incertidumbre en la



tendencia, finalmente las cuatro últimas columnas (de la N a la Q) sólo aportan información sobre calidad y referencias.



Tabla A. I. 1 Cuadro de cálculo y presentación de la incertidumbre en el Nivel 1. (PCC, 2001).

Cuadro y presentación de la incertidumbre en el nivel 1																
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
CATEGORÍA DE LAS FUENTES	GAS	EMISIONES AÑO BASE	EMISIONES DEL AÑO t	INCERTIDUMBRE EN LOS DATOS DE ACTIVIDAD	INCERTIDUMBRE EN EL FACTOR DE EMISIÓN	INCERTIDUMBRE COMBINADA	INCERTIDUMBRE COMBINADA COMO % DEL TOTAL DE EMISIONES EN EL AÑO t	SENSIBILIDAD DEL TIPO A	SENSIBILIDAD DE TIPO B	INCERTIDUMBRE EN LA TENDENCIA EN LAS EMISIONES INTRODUCIDAS POR LA INCERTIDUMBRE EN EL FACTOR DE EMISIÓN	INCERTIDUMBRE EN LA TENDENCIA EN LAS EMISIONES INTRODUCIDAS POR LA INCERTIDUMBRE EN LOS DATOS DE ACTIVIDAD	INCERTIDUMBRE INTRODUCIDA EN LA TENDENCIA EN LAS EMISIONES TOTALES	INDICADOR DE CALIDAD DEL FACTOR DE EMISIÓN	INDICADOR DE CALIDAD DE LOS DATOS DE ACTIVIDAD	NUMEROS DE REFERENCIA DEL DICTAMEN DE EXPERTOS	NUMERO DE REFERENCIA DE LA NOTA AL PIE
		Datos de entrada				$\sqrt{F^2 + E^2}$	$\frac{G \cdot D}{\sum D}$	Nota B	$\frac{D}{\sum C}$	I·F Nota C	J·F· $\sqrt{2}$ Nota D	$\sqrt{K^2 + L^2}$	Nota E	Nota E		
		CO <sub>2</sub> eq.	CO <sub>2</sub> eq.	%	%	%	%	%	%	%	%	%				
		$\sum C$	$\sum D$				$\sqrt{\sum H^2}$					$\sqrt{\sum M^2}$				
TOTAL																





En las siguientes líneas, se explica la información que contiene cada columna del cuadro, indicando (cuando sea necesario) lo que se realizó en la hoja de cálculo diseñada para estimar la incertidumbre del cálculo de la huella de carbono, la cual será mostrada posteriormente:

- Columna A: Muestra la categoría de fuentes del IPCC. En esta columna se introducen los nombres de las fuentes de emisión que han sido identificadas y seleccionadas para la realización del inventario de GEI.
- Columna B: Gas de efecto invernadero que emite cada fuente de emisión seleccionada en la columna A.
- Columna C: Emisiones de GEI que han sido estimadas en el año base, para cada fuente de emisión especificada en la columna A y expresadas en toneladas de CO<sub>2</sub> eq.
- Columna D: Emisiones de GEI que han sido estimadas en el año en curso, para cada fuente de emisión especificada en la columna A y expresadas en toneladas de CO<sub>2</sub> eq. En concreto, en la hoja de cálculo desarrollada, no se incluirán datos de emisión del año en curso por coincidir con el año base.
- Columnas E y F: Muestran las incertidumbres para los distintos datos de actividad (fuentes de emisión) y para cada factor de emisión respectivamente. Estos datos de incertidumbre se obtuvieron del documento del IPCC, (IPCC, 2001; capítulos 2 a 5).
- Columna G: Es la incertidumbre combinada por las incertidumbres de las fuentes de emisión y de los factores de emisión (datos de las columnas E y F), usando la regla B.

$$\sqrt{F^2 + E^2}$$



- Columna H: Es la incertidumbre de la columna G como porcentaje de las emisiones totales en el año en curso.

$$\frac{G \cdot D}{\sum D}$$

El total al pie de la columna H es una estimación de la incertidumbre porcentual en las emisiones totales en el año en curso, usando la regla A.

$$\sqrt{\sum H^2}$$

- Columna I: Muestra la sensibilidad de la tendencia en las emisiones (Sensibilidad de tipo A), es decir, cómo cambia la diferencia porcentual en las emisiones entre el año base y el año en curso en respuesta a un aumento del 1 % en las emisiones de la categoría de fuentes, tanto en el año base como en el año en curso.

$$\frac{0,01 \cdot DX + \sum Di - (0,01 \cdot CX + \sum Ci)}{(0,01 \cdot Ci + \sum Ci)} \cdot 100 - \frac{\sum Di - \sum Ci}{\sum Ci} \cdot 100$$

- Columna J: Muestra la sensibilidad de la tendencia en las emisiones (Sensibilidad de tipo B), es decir, cómo cambia la diferencia porcentual en las emisiones entre el año base y los cambios del año en curso en respuesta a un aumento del 1 % en las emisiones de la categoría de fuentes, sólo en el año en curso.

$$\frac{D}{\sum C}$$



- Columna K: Muestra la incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones por la incertidumbre en el factor de emisión, bajo el supuesto de que la incertidumbre en los factores de emisión está correlacionada en distintos años. Para esta entrada se usa la información de las columnas I y F de la siguiente forma:

$$I \cdot F$$

- Columna L: Muestra la incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones por la incertidumbre en los datos de actividad, bajo el supuesto de que la incertidumbre en los datos de actividad no está correlacionada en distintos años.

$$J \cdot F \cdot \sqrt{2}$$

- Columna M: Es una estimación de la incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones por la categoría de fuentes de emisión en cuestión.

$$\sqrt{K^2 + L^2}$$

El total al pie de esta columna es una estimación de la incertidumbre total en la tendencia, calculada a partir de las entradas precedentes usando la ecuación de propagación de errores.

$$\sqrt{\sum M^2}$$

- Columnas N y O: Son dos columnas en las que se anotan las letras D, M o R, según que el rango de la incertidumbre en el factor de emisión o en los datos de actividad respectivamente. El anotar una letra u otra depende de la procedencia de los datos: Si se base en información por defecto sobre orientación en la categoría de fuentes del IPCC (D), basados en mediciones efectuadas (M) y basados en información sobre referencias nacionales (R);
- Columna P: Contiene los números de referencia de los dictámenes de expertos utilizados para estimar incertidumbres en esta categoría de fuentes.



- Columna Q: Contiene una nota explicativa para identificar la referencia documental de los datos sobre incertidumbre (incluso los datos medidos) u otros comentarios que se consideren pertinentes.

### **3 Resultados y presentación de la incertidumbre**

Siguiendo lo establecido en el apartado anterior, a continuación se muestran los resultados obtenidos sobre la incertidumbre del inventario:

La incertidumbre del cálculo de la HC para el año 2011, se ha estimado en **1,6 %**.

**ANEXO II: Clasificación COICOP**

Tabla A. II. 1 Clasificación COICOP

<b>GRUPO</b>	<b>SUBCATEGORIAS</b>
Grupo 1 Alimentos y bebidas no alcohólicas	0111 Pan y cereales 0112 Carne 0113 Pescado 0114 Leche, queso y huevos 0115 Aceites y grasas 0116 Frutas 0117 Hortalizas incluyendo patatas y otros tubérculos 0118 Azúcar, confituras, miel, chocolate, confitería y helados 0119 Productos alimenticios no comprendidos anteriormente 0121 Café, té, cacao 0122 Aguas minerales, bebidas refrescantes y zumos
Grupo 2 Bebidas alcohólicas, tabaco y narcóticos	0211 Espirituosos y licores 0212 Vinos 0213 Cerveza 0221 Tabaco 0231 Narcóticos
Grupo 3 Artículos de vestir y calzado	0311 Telas 0312 Prendas de vestir 0313 Otros artículos y accesorios de vestir 0314 Reparación, limpieza y alquiler de ropa 0321 Zapato y otro tipo de calzado 0322 Reparación y alquiler de calzado
Grupo 4 Vivienda, agua, electricidad, gas y otros combustibles	0411 Alquileres reales (vivienda principal) 0412 Alquileres reales (otras viviendas) 0413 Otros alquileres 0421 Alquileres imputados a la vivienda en propiedad 0422 Otros alquileres imputados 0431 Materiales para el mantenimiento y las



GRUPO	SUBCATEGORIAS
	reparaciones corrientes de la vivienda cuando la reparación la realiza el propio hogar 0432 Servicio de mantenimiento y reparaciones corrientes de la vivienda 0441 Distribución de agua 0442 Servicio de recogida de basura 0443 Servicio de alcantarillado 0444 Otros servicios relativos a la vivienda no incluidos anteriormente 0451 Electricidad 0452 Gas 0453 Combustibles líquidos 0454 Combustibles sólidos 0455 Calefacción y agua caliente central, vapor y hielo
Grupo 5 Mobiliario, equipamiento del hogar y gastos corrientes de conservación de la vivienda	0511 Muebles y artículos de amueblamiento 0512 Alfombras y otros revestimientos de suelos 0513 Reparación de muebles, alfombras y revestimientos de suelos y compra de accesorios de mobiliario 0521 Artículos textiles para el hogar y sus reparaciones 0531 Grandes electrodomésticos, eléctricos o no 0532 Pequeños aparatos electrodomésticos 0533 Reparaciones y accesorios de todos los aparatos del hogar 0541 Cristalería, vajilla, cubertería, otros utensilios del hogar y sus reparaciones 0551 Grandes herramientas eléctricas y sus reparaciones 0552 Pequeñas herramientas y accesorios diversos y sus reparaciones 0561 Artículos no duraderos para el hogar 0562 Servicio doméstico y otros servicios para la vivienda
Grupo 6 Salud	0611 Productos, aparatos y equipos médicos 0621 Servicios médicos 0622 Servicios de dentistas 0623 Servicios paramédicos no hospitalarios 0631 Servicios hospitalarios
	0711 Automóviles



GRUPO	SUBCATEGORIAS
Grupo 7 Transporte	0712 Motos y ciclomotores 0713 Bicicletas 0721 Compra de piezas de repuesto y accesorios de vehículos personales para reparaciones realizadas por los miembros del hogar 0722 Carburantes y lubricantes 0723 Mantenimiento y reparaciones 0724 Otros servicios relativos a los vehículos personales 0731 Transportes por ferrocarril (tren, metro, tranvía... urbano, interurbano y de larga distancia) 0732 Transportes por carretera (local y larga distancia) 0733 Transporte aéreo 0734 Transporte de viajeros por mar y vías interiores 0735 Abono transporte 0736 Otros servicios de transporte
Grupo 8 Comunicaciones	0811 Servicios postales 0821 Equipos de teléfono y fax 0831 Servicios de teléfono, telégrafo y fax.
Grupo 9 Ocio, espectáculos y cultura	0911 Aparatos receptores, registradores y reproductores de sonido y de imagen 0912 Equipo fotográfico y cinematográfico; instrumentos ópticos 0913 Material de tratamiento de la información 0914 Soporte para el registro de imagen, sonido y datos 0915 Reparación de equipos y accesorios audiovisuales, fotográficos y de procesamiento de la información 0921 Otros bienes duraderos importantes para el ocio y la cultura al aire libre 0922 Instrumentos musicales y otros bienes duraderos para el ocio y la cultura en lugares cubiertos 0923 Mantenimiento y reparación de otros bienes duraderos importantes para el ocio y la cultura 0931 Juegos, juguetes y hobbies 0932 Equipo para el deporte, camping y entretenimiento al aire libre 0933 Jardinería y flores 0934 Animales domésticos



GRUPO	SUBCATEGORIAS
	0941 Servicios recreativos y deportivos 0942 Servicios culturales 0943 Juegos de azar 0951 Libros 0952 Prensa 0953 Impresos diversos 0954 Materiales de papelería y pintura 0961 Vacaciones todo incluido
Grupo 10 Enseñanza	1011 Educación infantil 1012 Educación primaria 1021 Educación secundaria obligatoria 1022 Bachillerato 1031 Formación profesional y enseñanzas de régimen especial de grado medio 1041 Educación superior 1051 Enseñanza no definida por el grado
Grupo 11 Hoteles, cafés y restaurantes	1111 Restaurantes y cafés 1112 Cantinas y comedores 1121 Servicios de alojamiento
Grupo 12 Otros bienes y servicios	1211 Peluquería y estética personal 1212 Aparatos, artículos y productos para los cuidados personales 1213 Prostitución y similares 1221 Joyería, bisutería y relojería 1222 Otros efectos personales 1231 Servicios de protección social 1242 Seguros ligados a la vivienda 1243 Seguros ligados a la sanidad. Seguros de enfermedad y accidente 1244 Seguros ligados al transporte 1245 Otros seguros 1246 Seguro de enterramiento 1251 Servicios financieros no declarados en otra parte 1261 Otros servicios no declarados anteriormente 1271 Dinero de bolsillo a menores residentes en el hogar 1281 Remesas a miembros del hogar no residentes en la vivienda





**ANEXO III: Gráficas de evolución de la HC de las diferentes categorías estudiadas.**

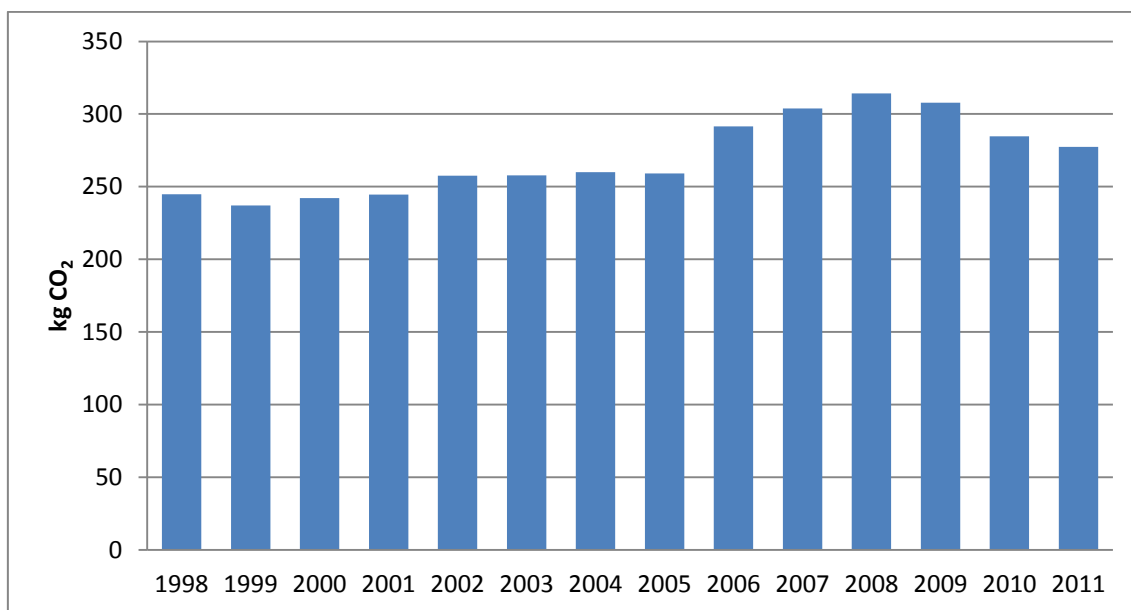


Figura A. III. 1 Huella neta para la categoría: pan y cereales.

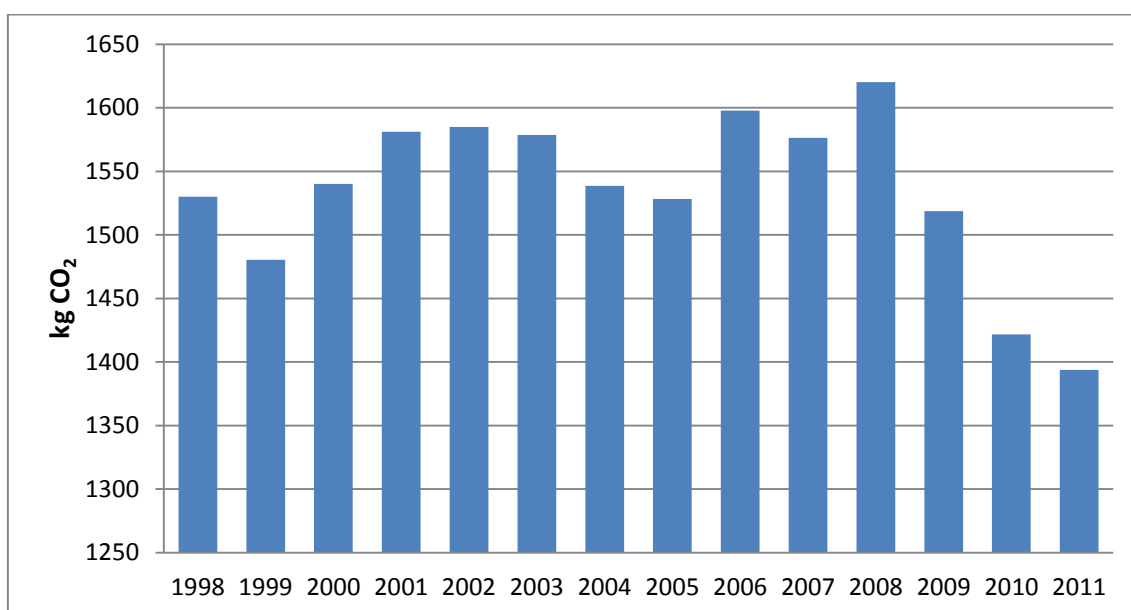


Figura A. III. 2 Huella neta para la categoría: carne.

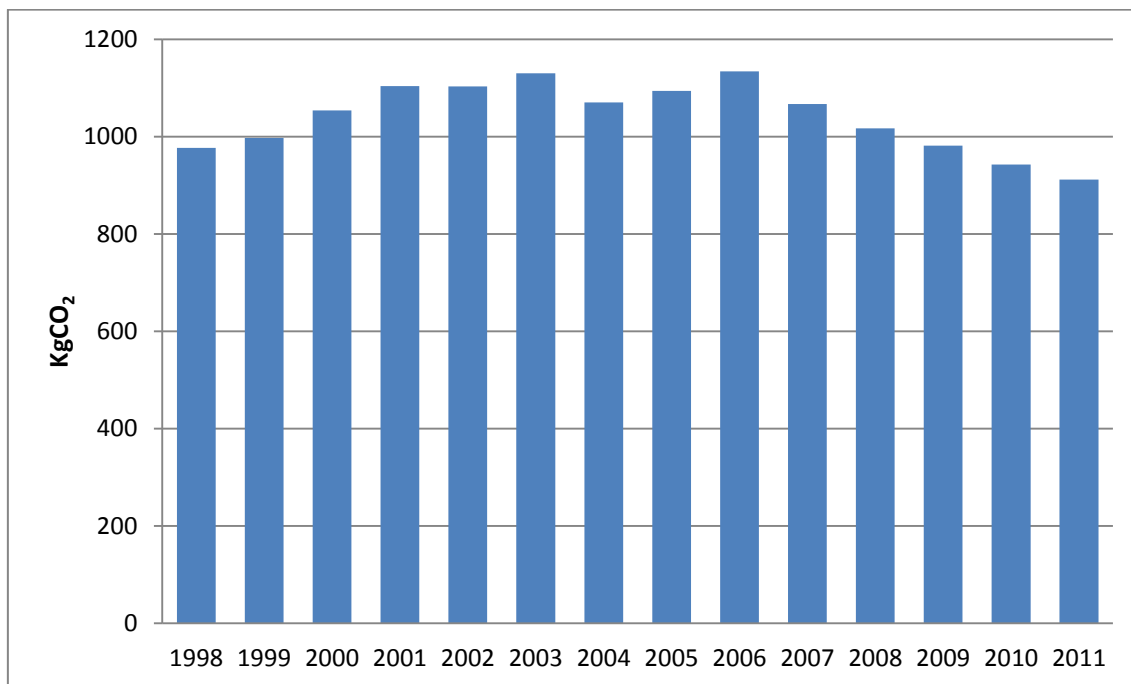


Figura A. III. 3 Huella neta para la categoría: Pescado.

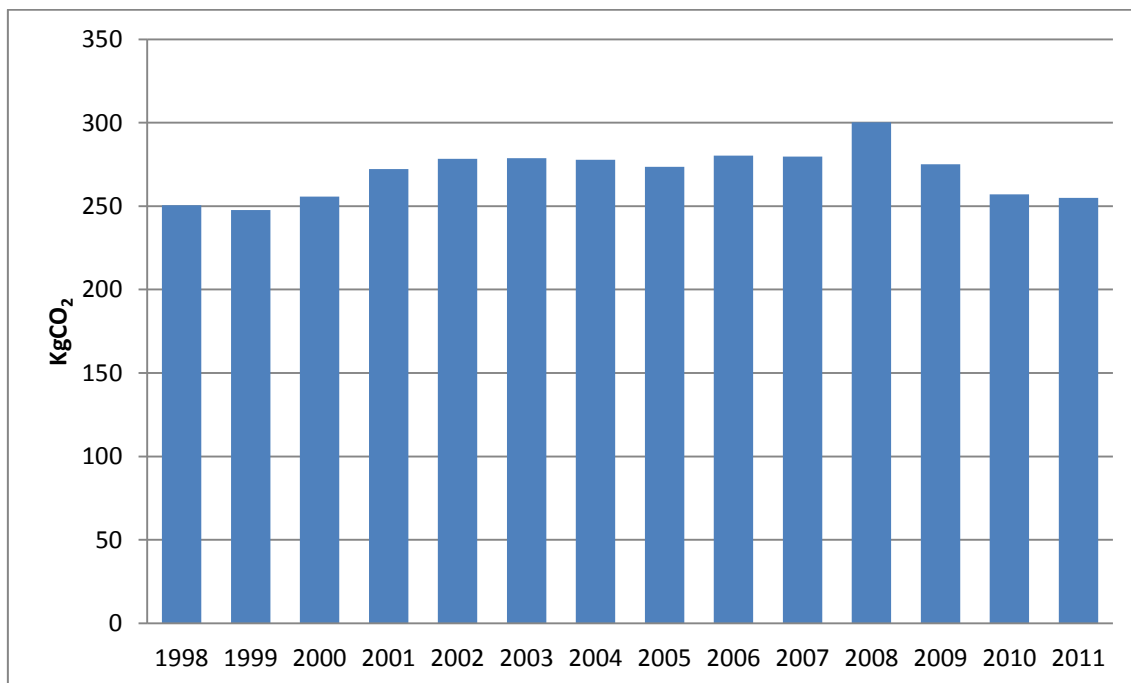


Figura A. III. 4 Huella neta para la categoría: Leche queso y huevos.

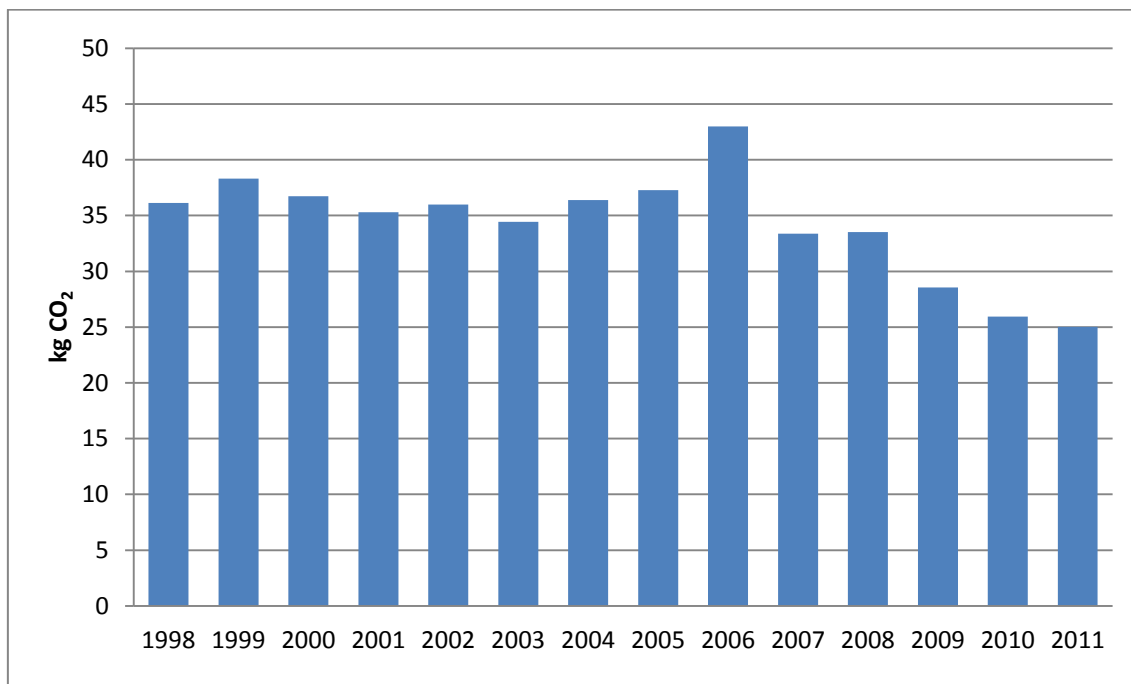


Figura A. III. 5 Huella neta para: la categoría aceites y grasas.

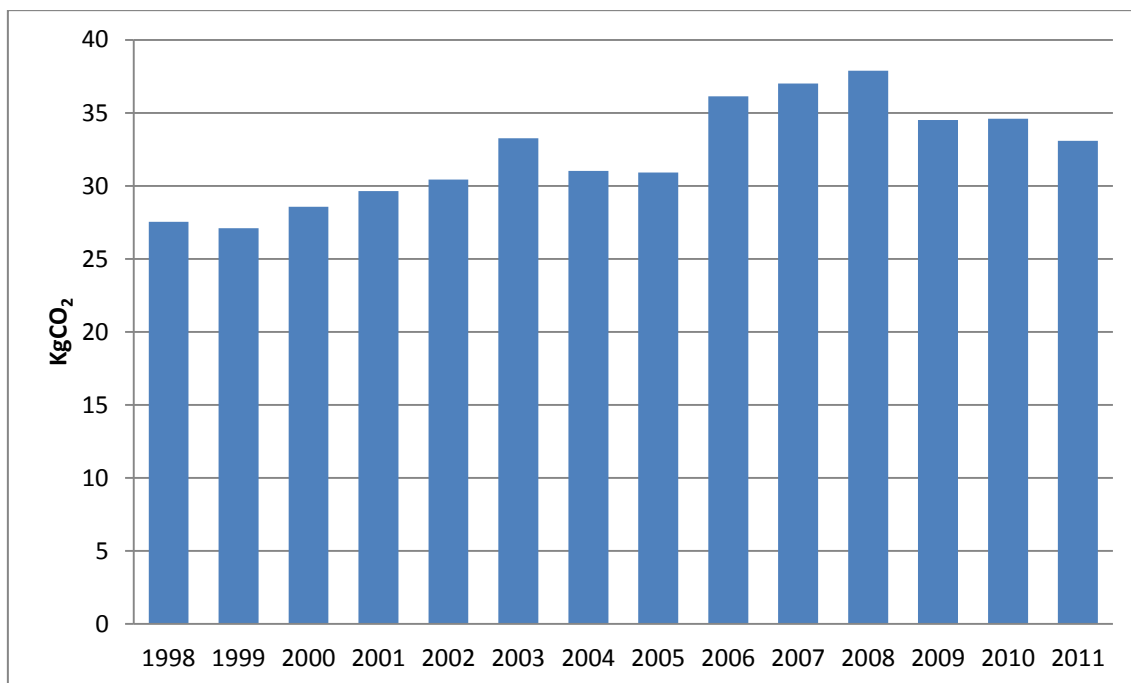


Figura A. III. 6 Huella neta para la categoría: Frutas.

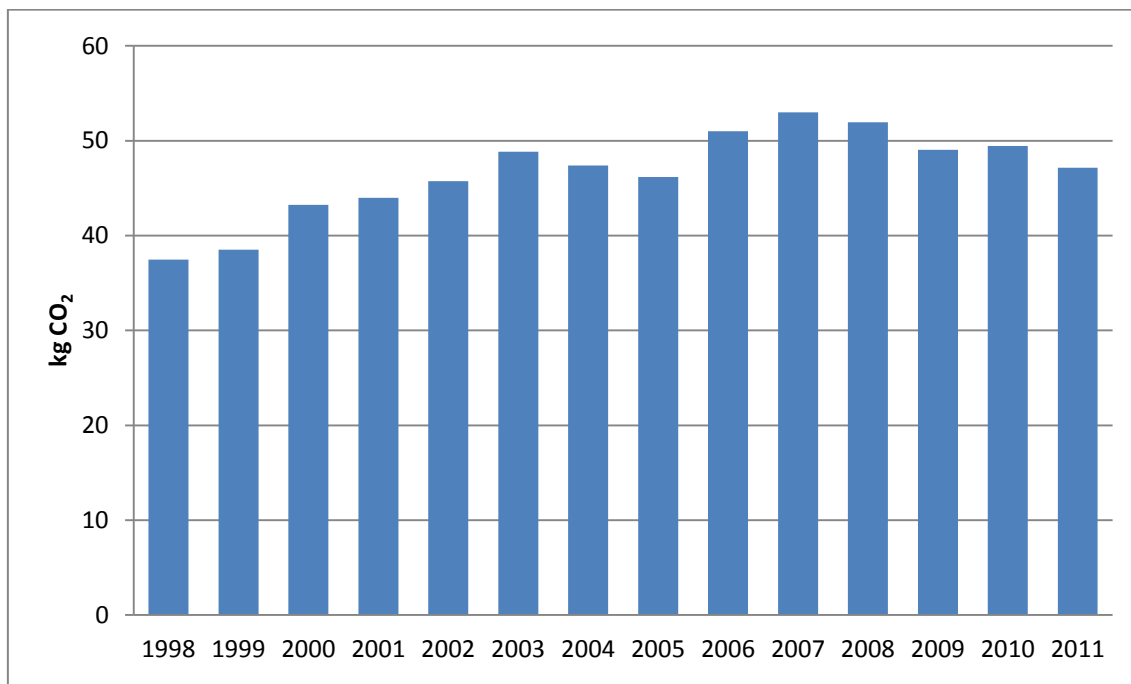


Figura A. III. 7 Huella neta para la categoría: hortalizas incluyendo patatas y otros tubérculos.

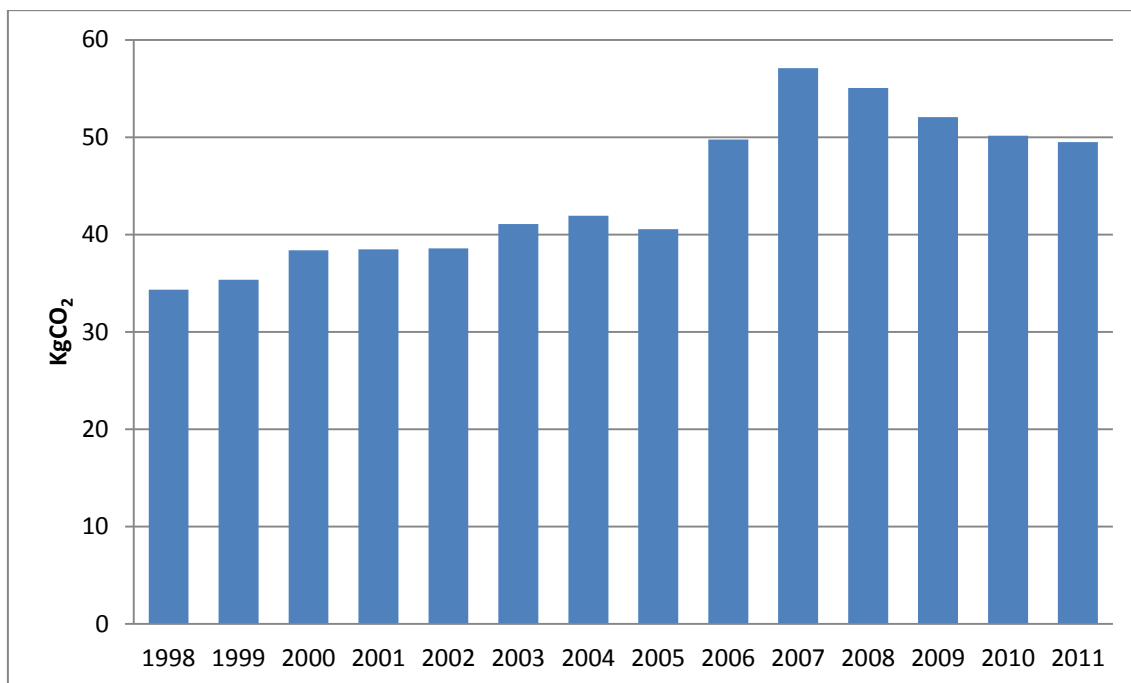


Figura A. III. 8 Huella neta para la categoría: Azúcar, confituras, miel, chocolate, confitería y helados.

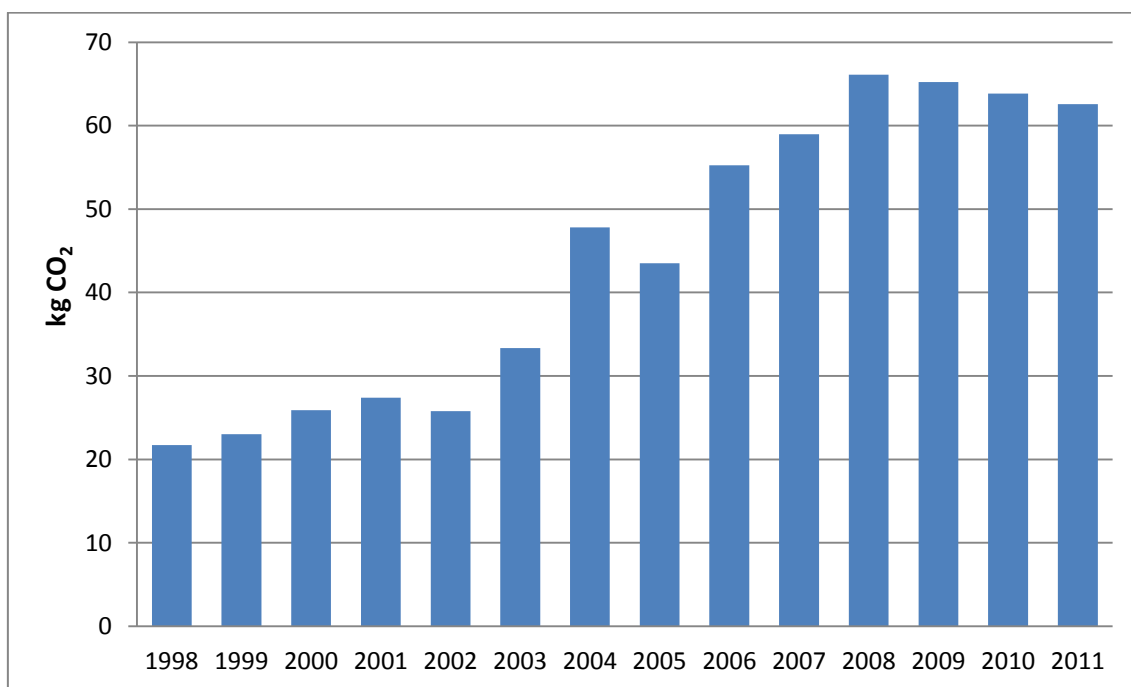


Figura A. III. 9 Huella neta para la categoría: Productos alimenticios no comprendidos anteriormente

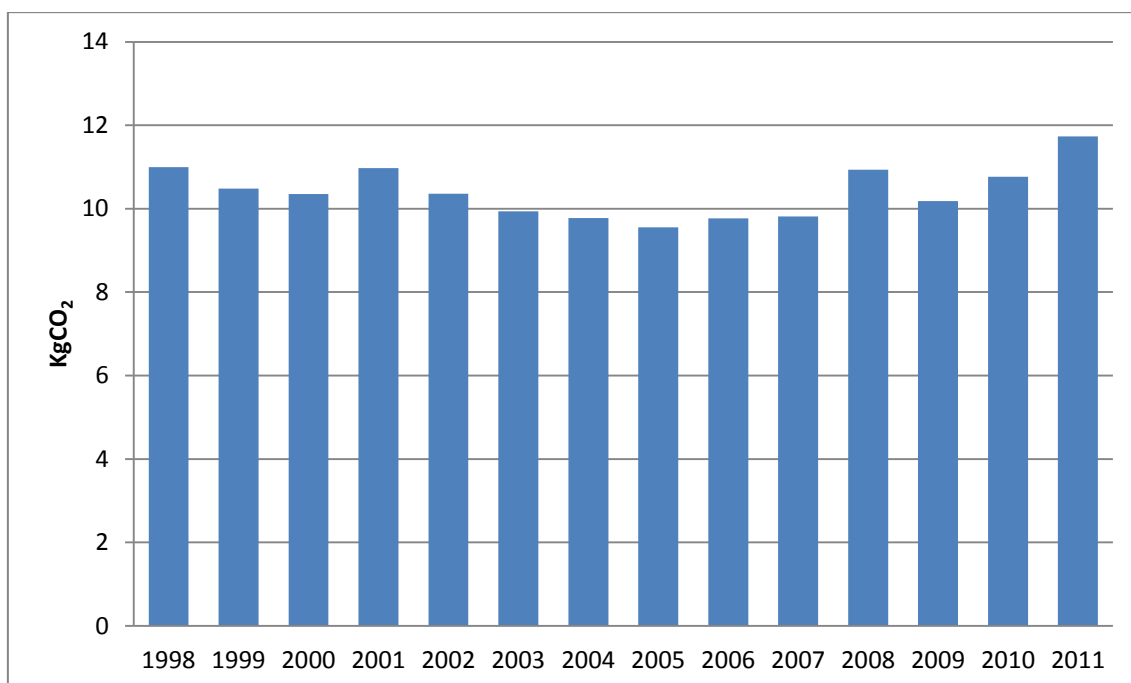


Figura A. III. 10 Huella neta para la categoría: Café, té y cacao.

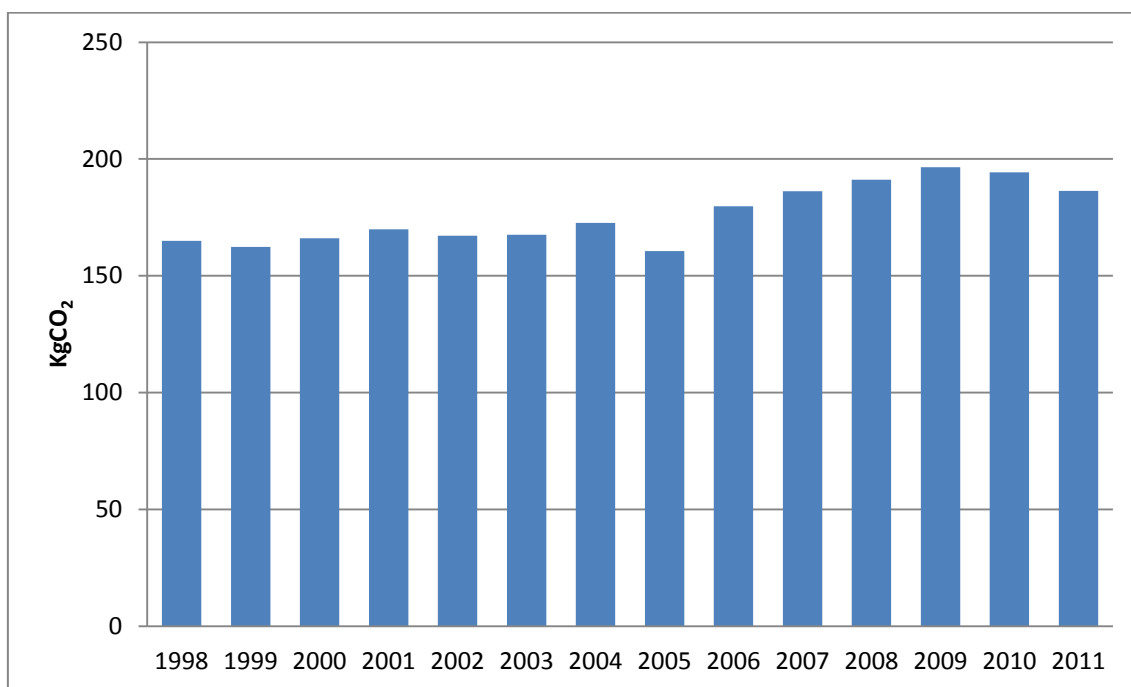


Figura A. III. 11 Huella neta para la categoría: Tabaco.

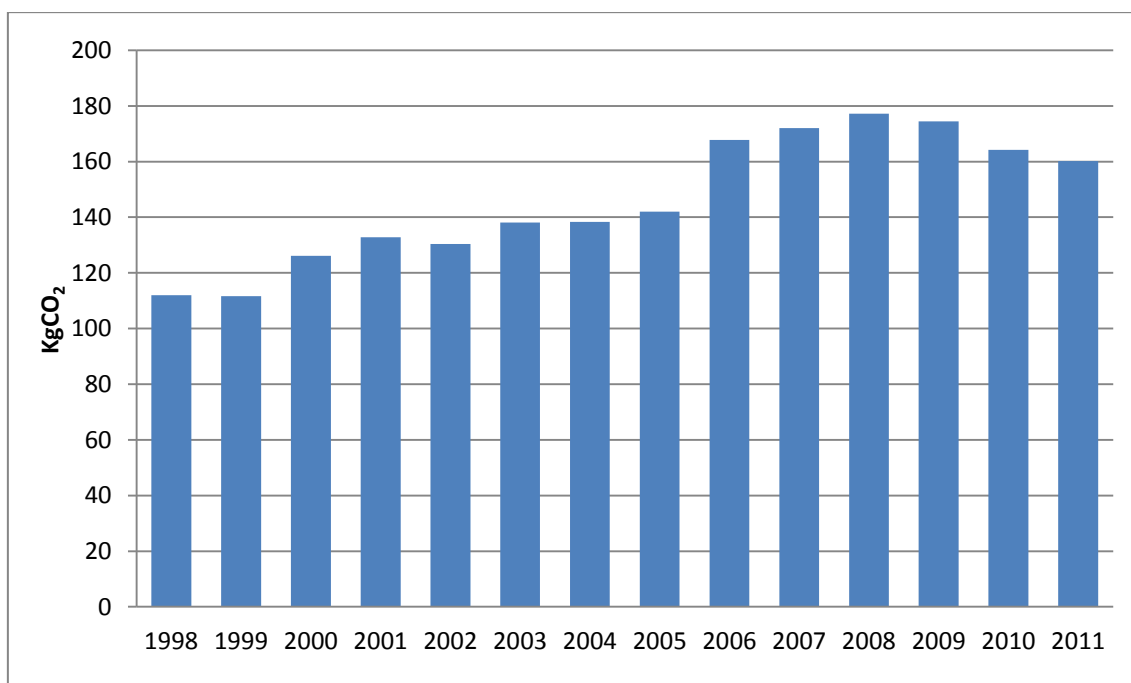


Figura A. III. 12 Huella neta para la categoría: Bebidas alcohólicas y no alcohólicas.

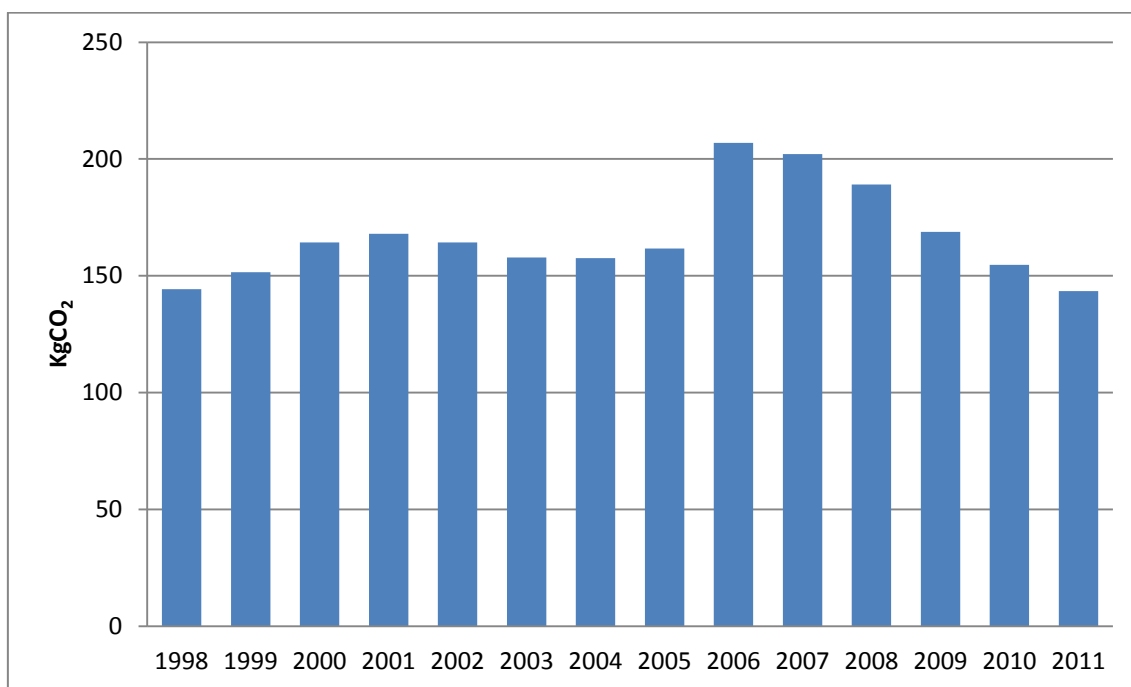


Figura A. III. Huella neta para la categoría: Artículos de vestir.

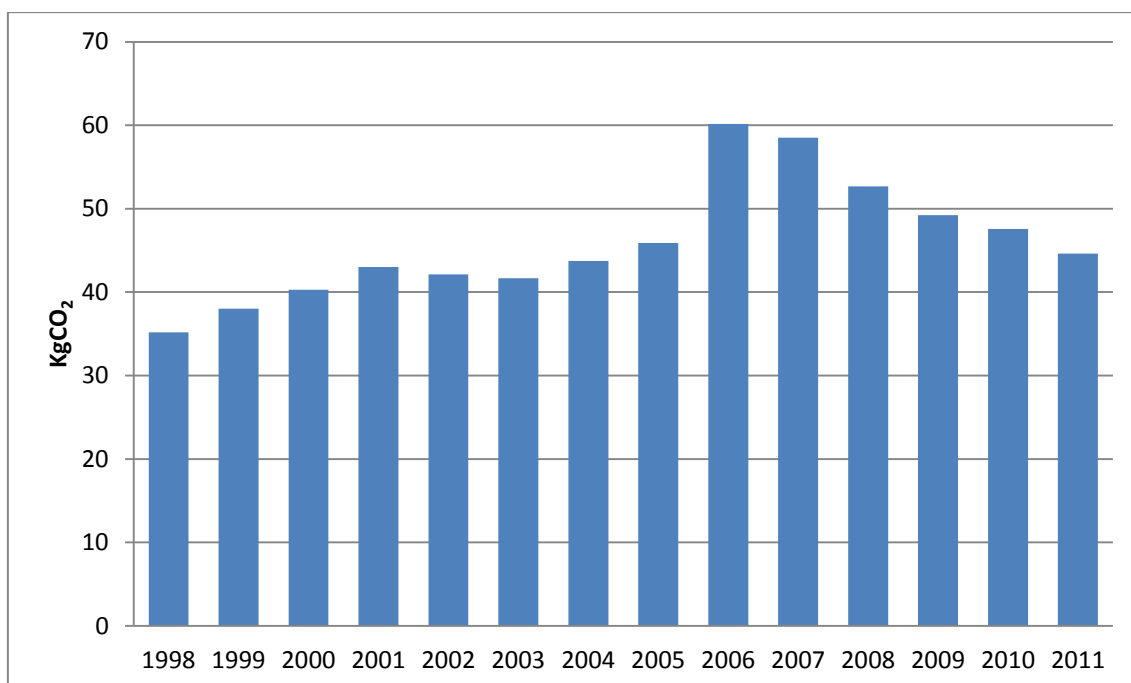
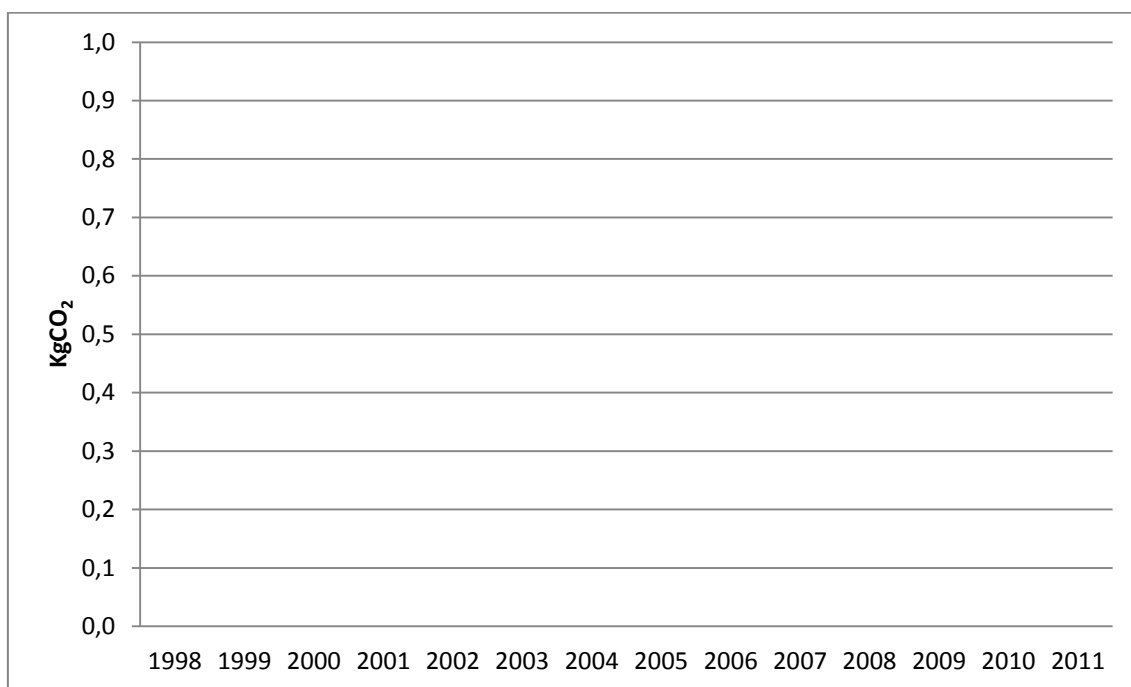
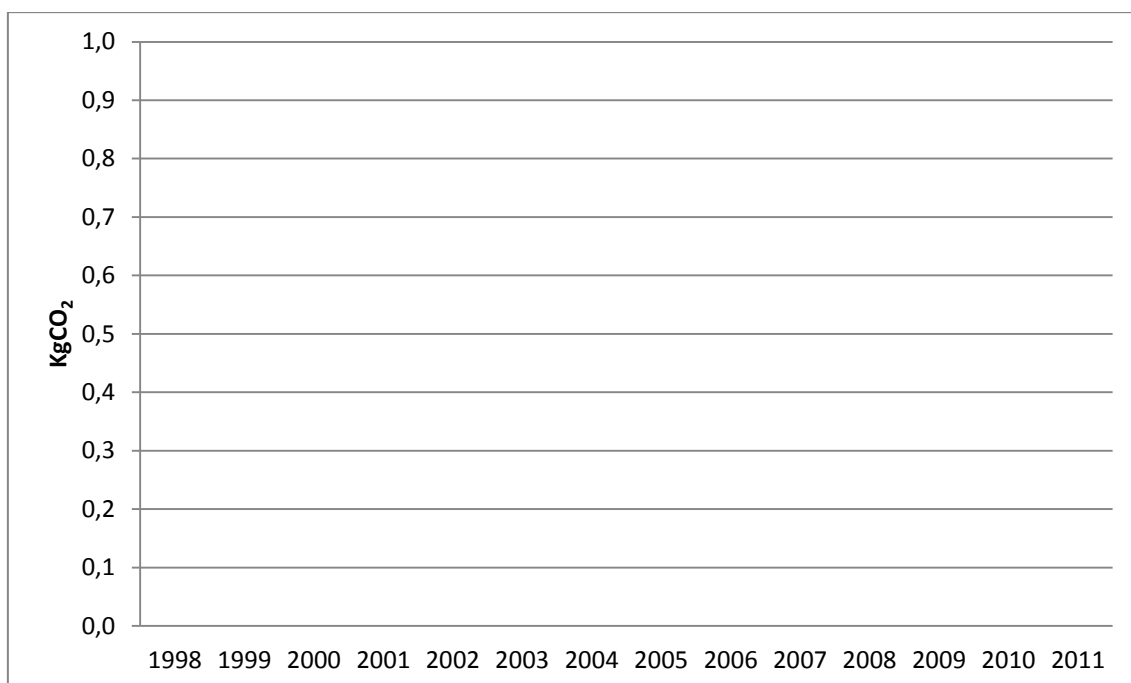


Figura A. III. 13 Huella neta para la categoría: Calzado.



**Figura A. III. 14 Huella neta para la categoría: Alquileres reales.**



**Figura A. III. 15 Huella neta para la categoría: Alquileres imputados.**



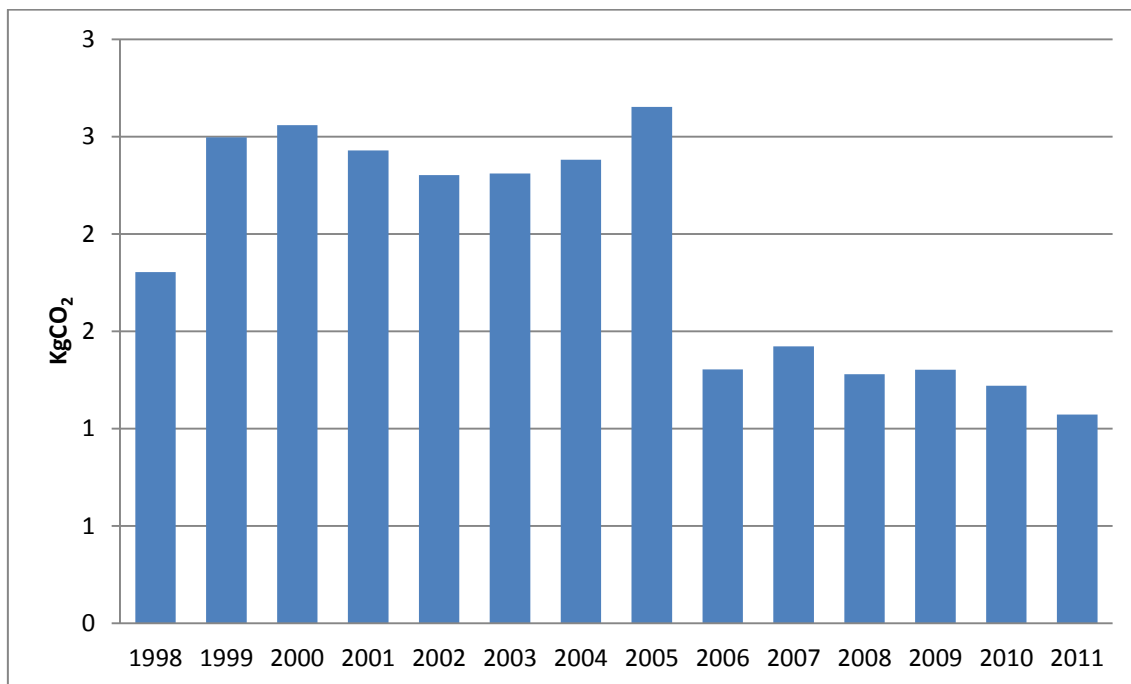


Figura A. III. 16 Huella neta para la categoría: Limpieza.

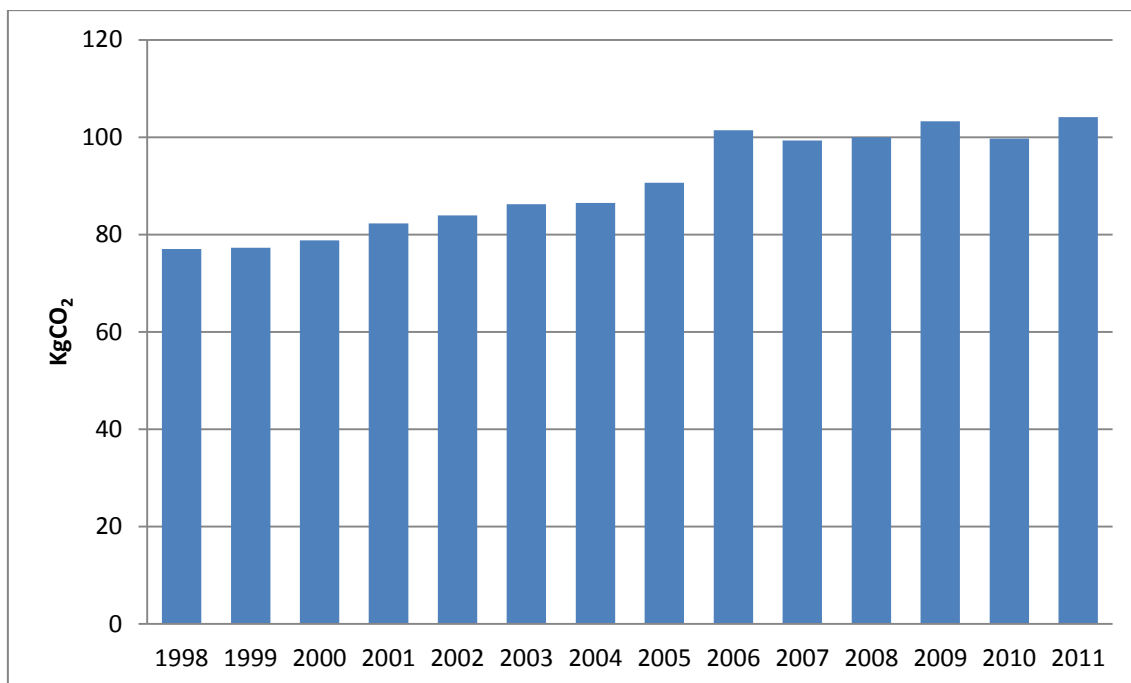


Figura A. III. 17 Huella neta para la categoría: Distribución de agua.

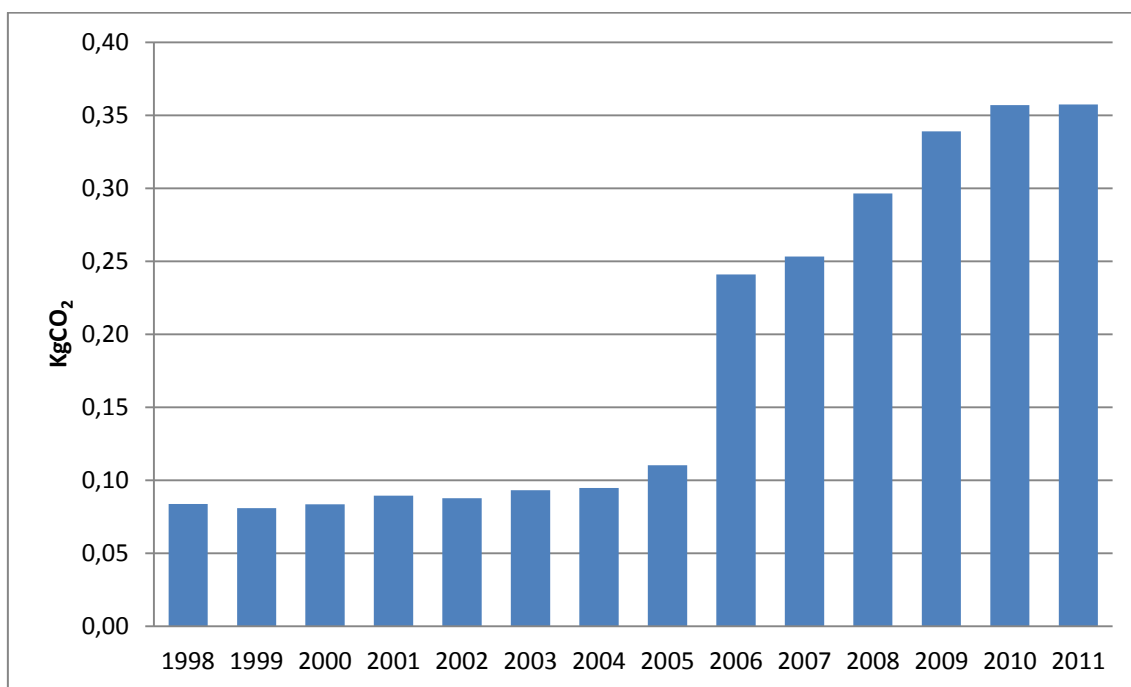


Figura A. III. 18 Huella de carbono de la categoría: Servicio de recogida de basura.

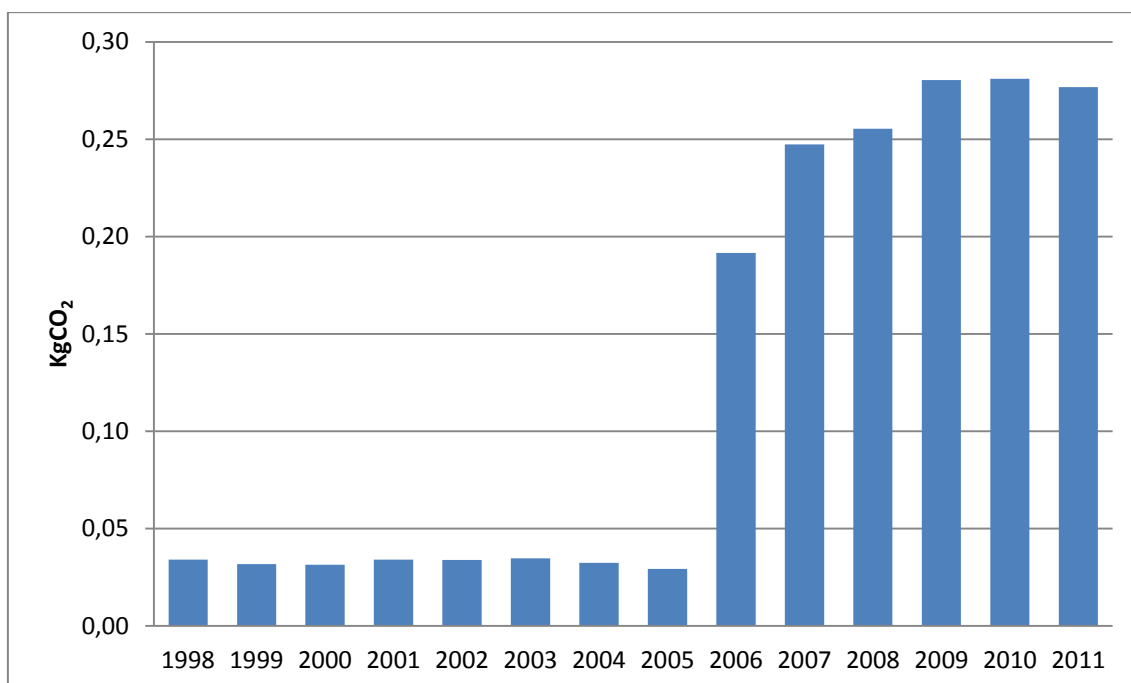


Figura A. III. 19 Huella neta para la categoría: Servicios de alcantarillado.

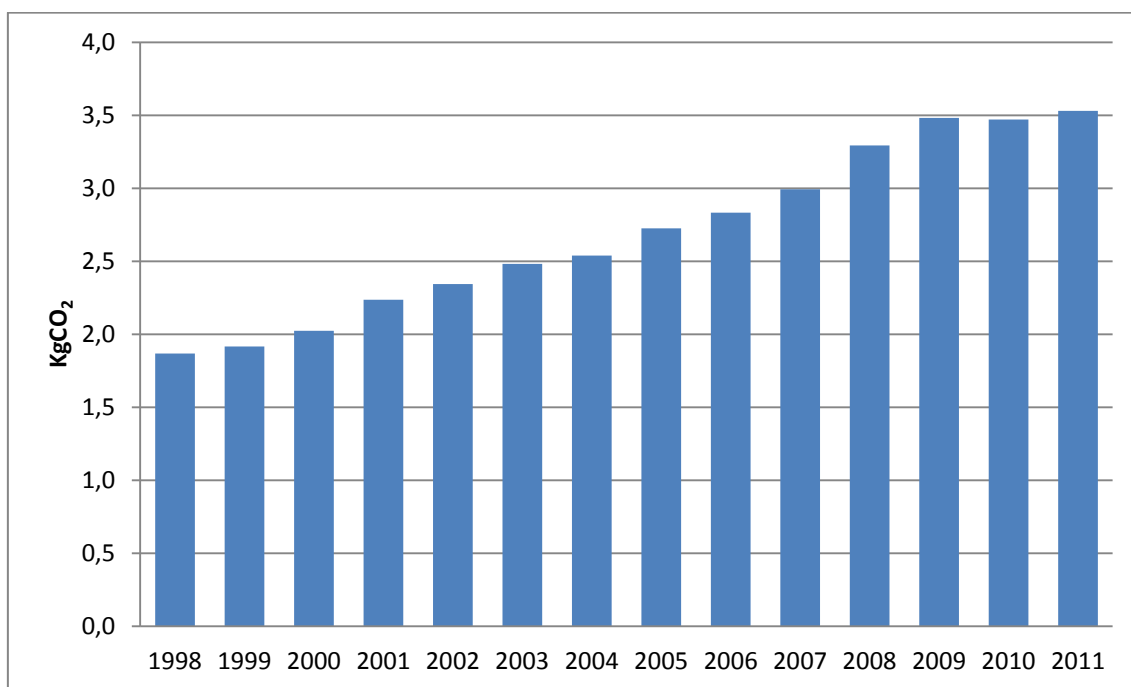


Figura A. III. 20 Huella neta para la categoría: Otros servicios relativos a la vivienda no incluidos anteriormente.

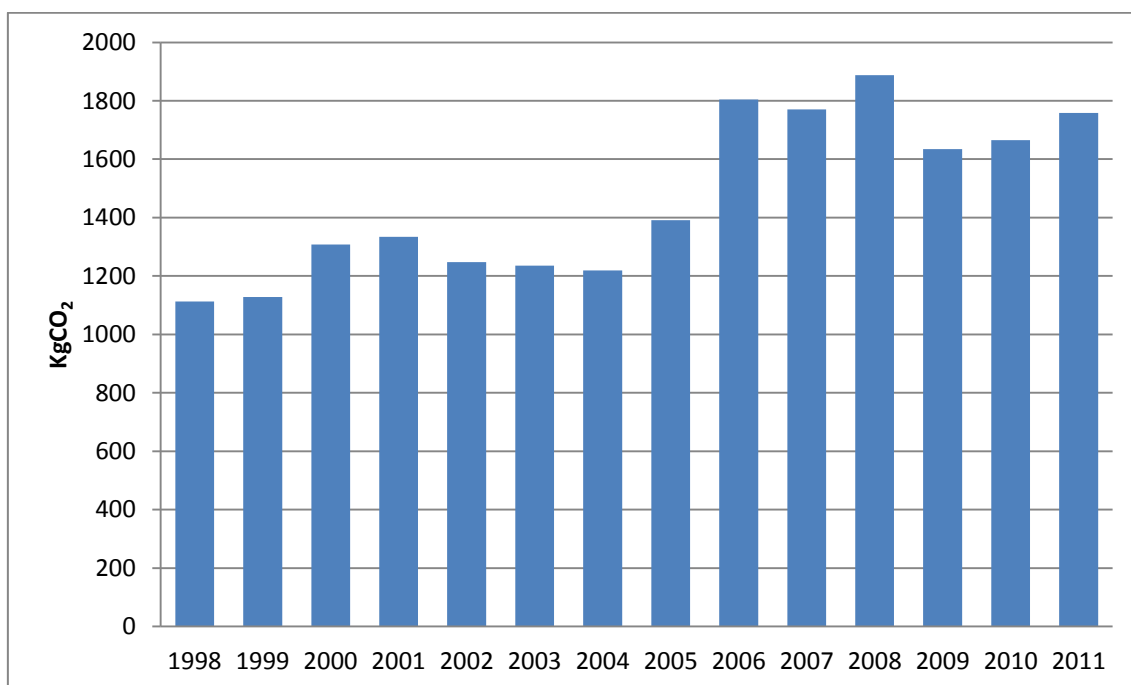


Figura A. III. 21 Huella neta para la categoría: Electricidad.

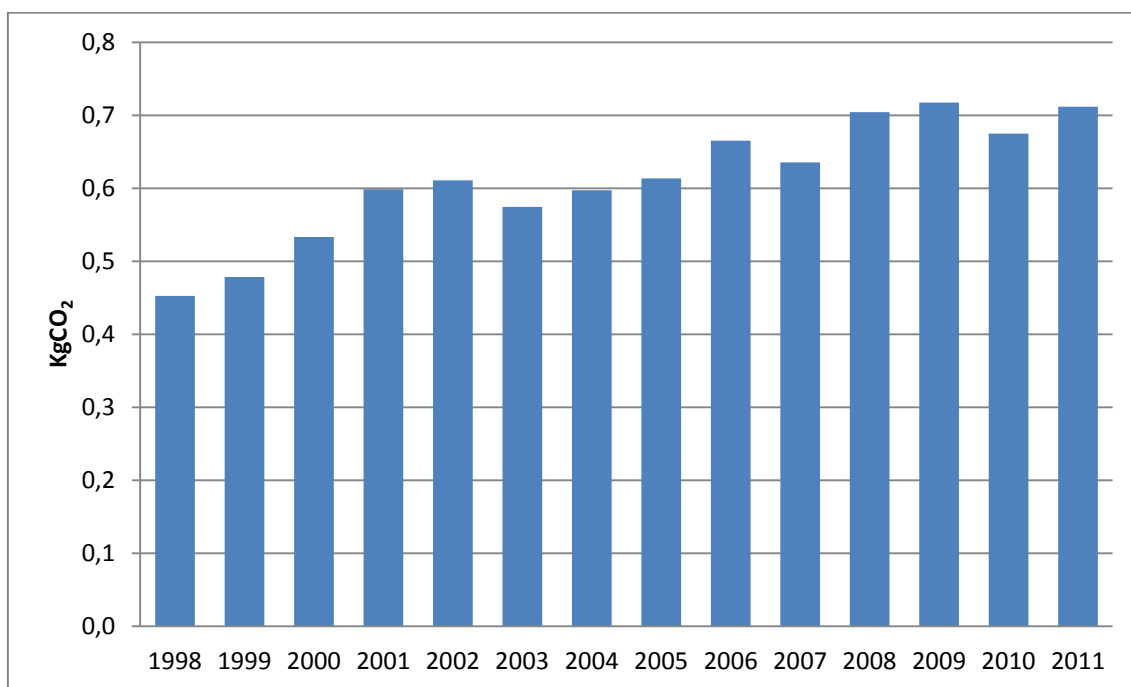


Figura A. III. 22 Huella neta para la categoría: Gas.

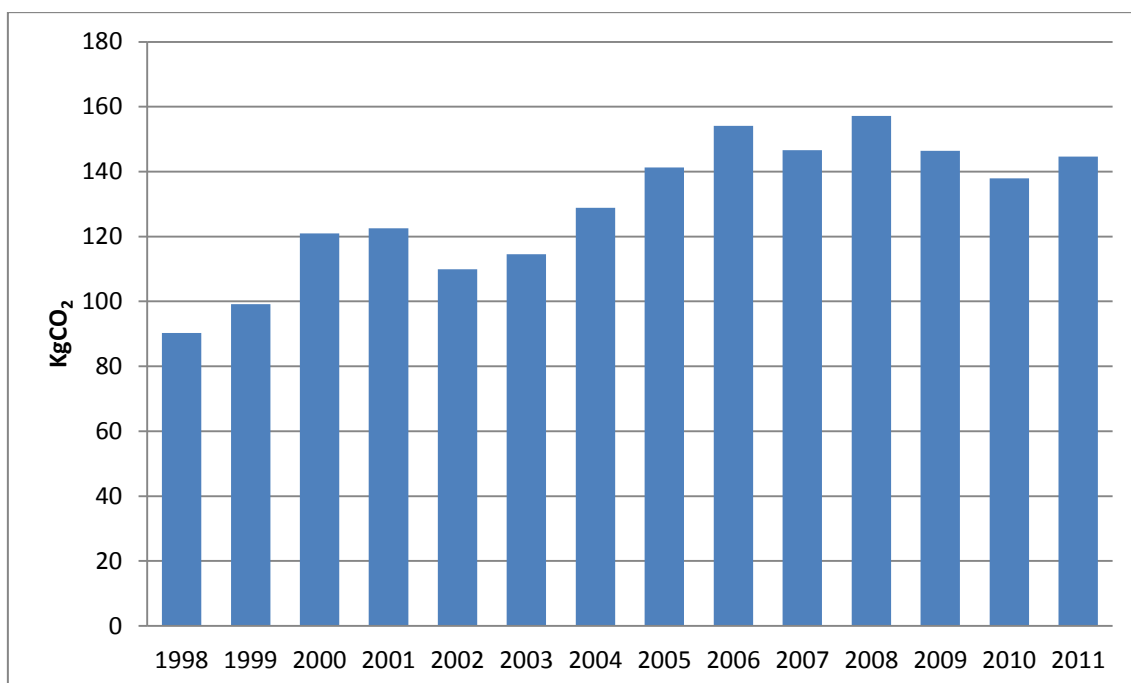


Figura A. III. 23 Huella neta para la categoría: Combustibles líquidos.

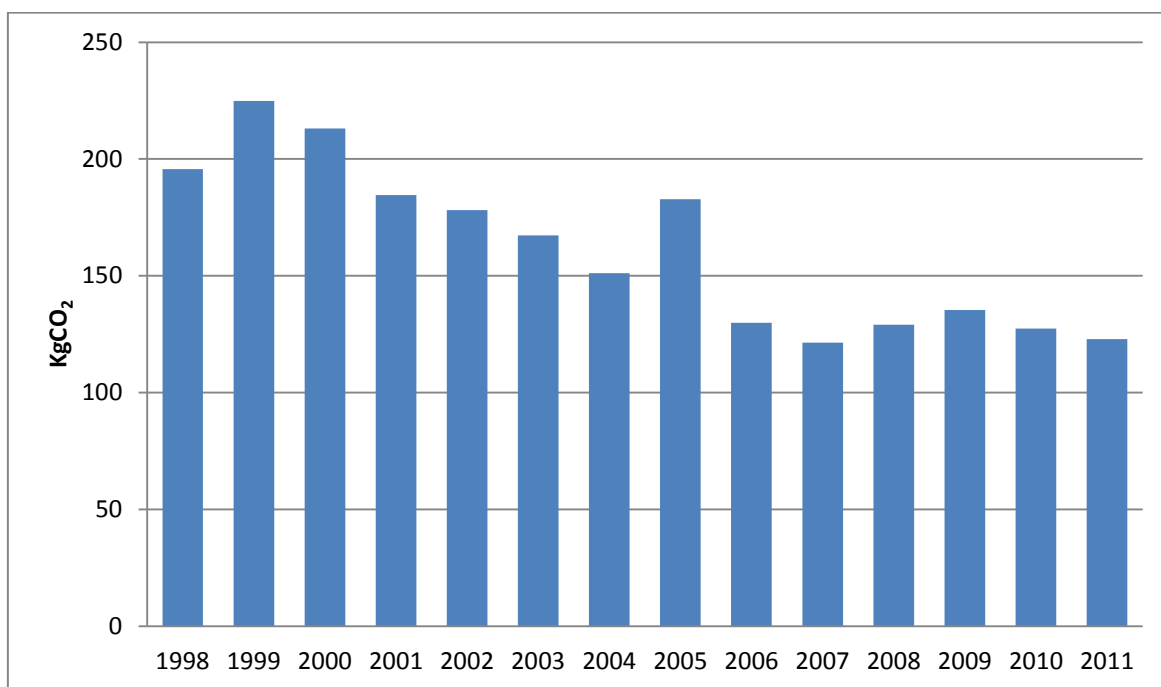


Figura A. III. 24 Huella neta para la categoría: Combustibles sólidos.

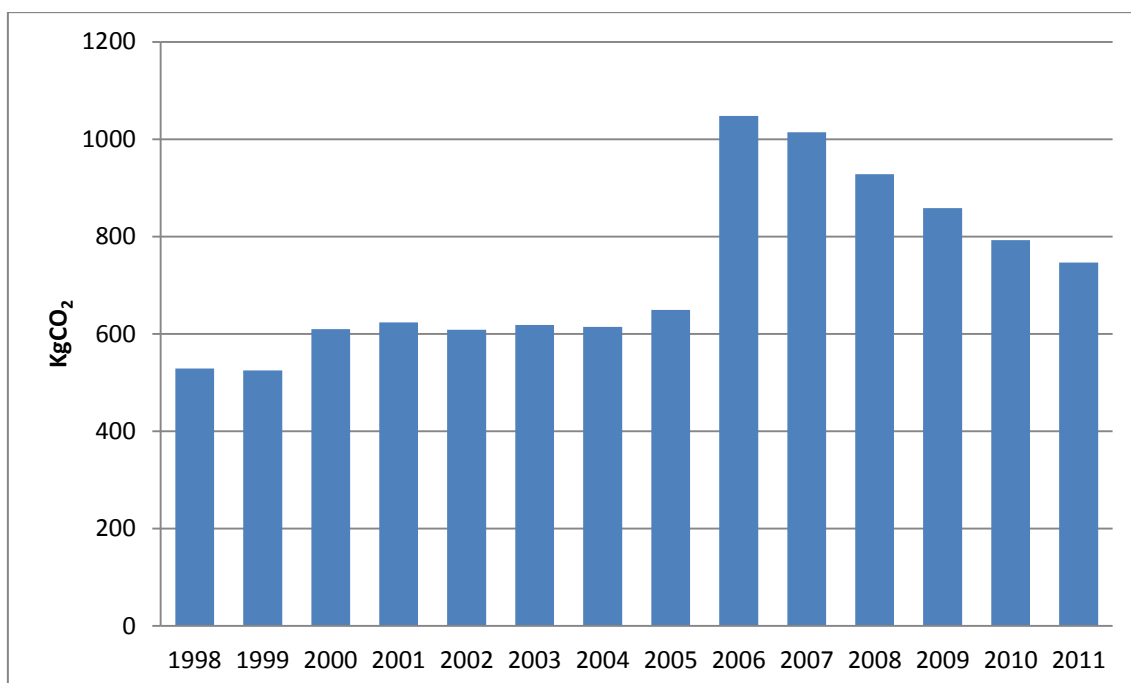


Figura A. III. 25 Huella neta para la categoría: Grupo 5: Mobiliario, equipamiento del hogar y gastos corrientes de conservación de la vivienda

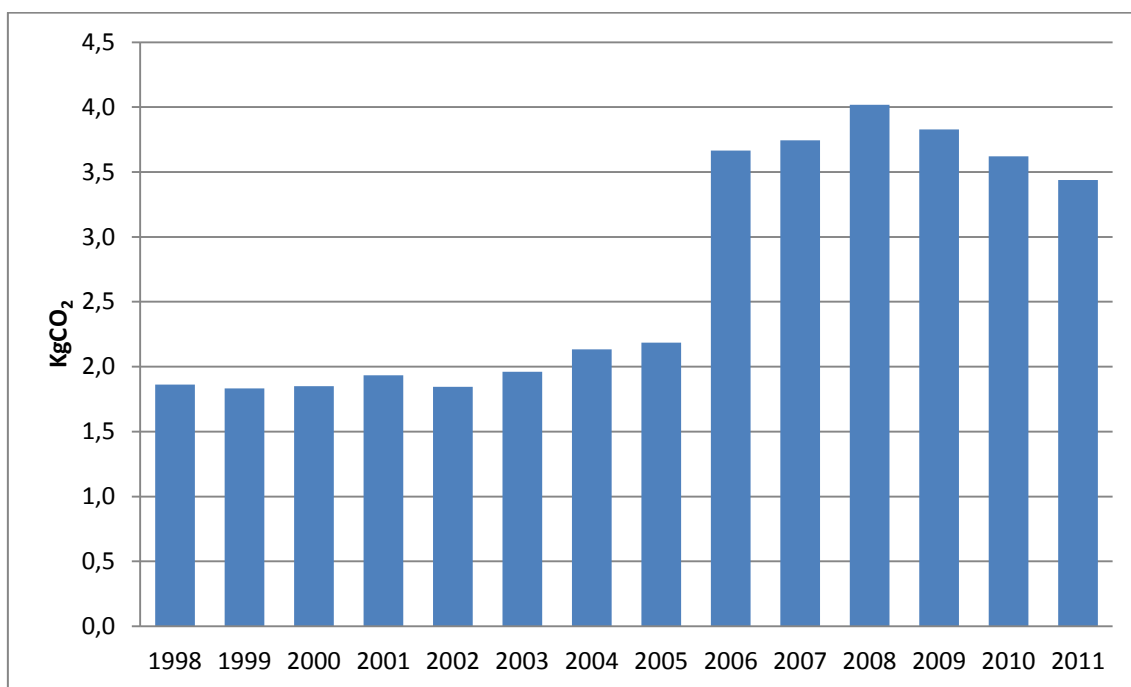


Figura A. III. 26 Huella neta para la categoría: Grupo 6: Salud.

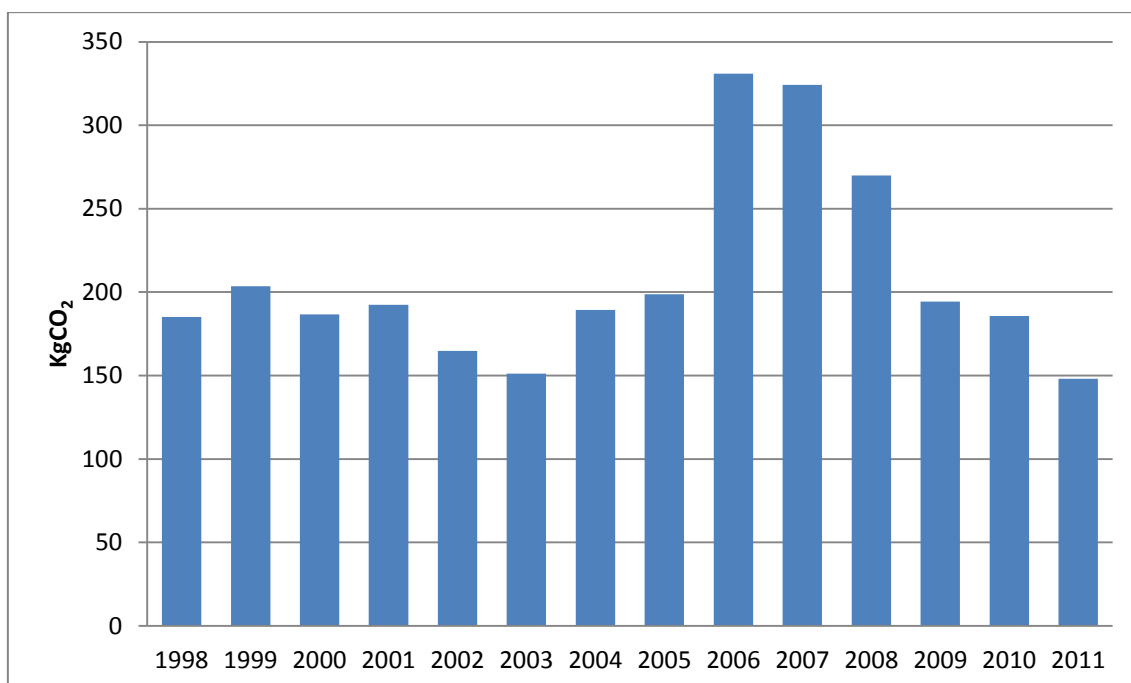


Figura A. III. 27 Huella neta para la categoría: Compra de vehículos.

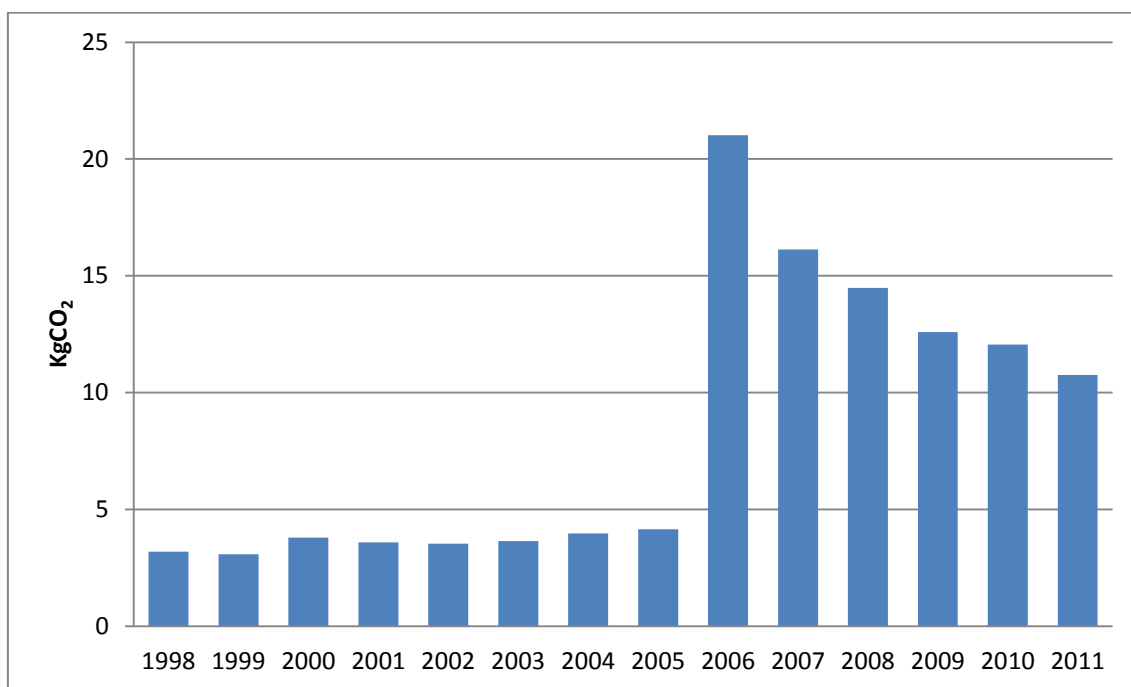


Figura A. III. 28 Huella neta para la categoría: Compra de piezas de repuesto y accesorios de vehículos personales para reparaciones realizadas por los miembros del hogar.

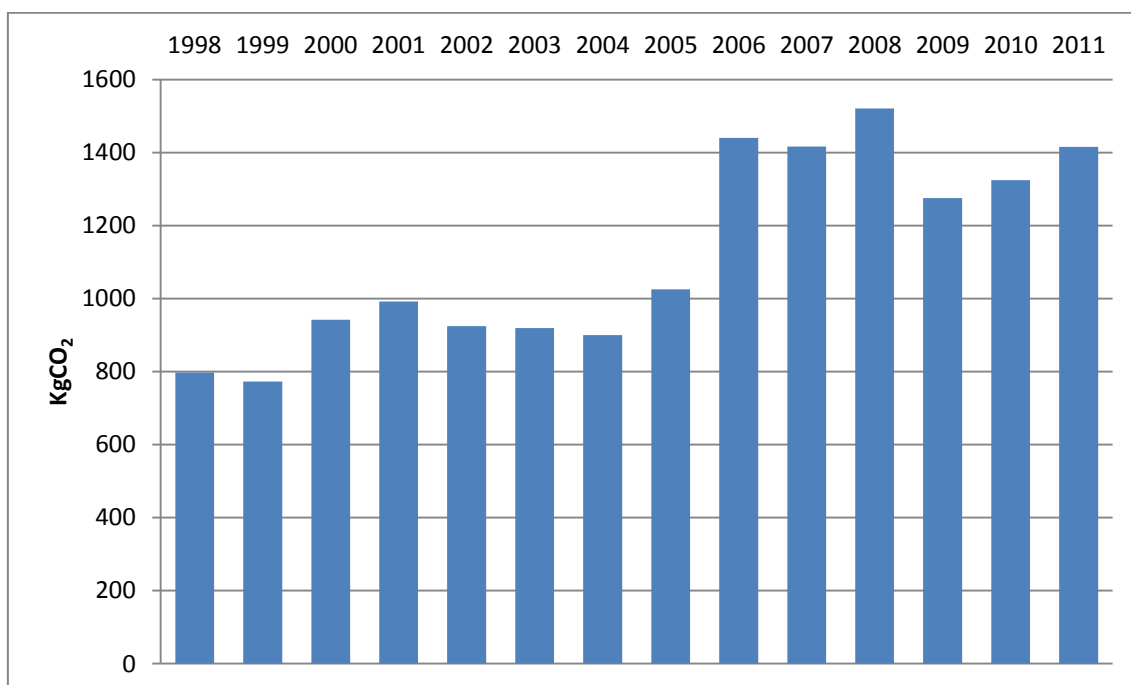


Figura A. III. 29 Huella neta para la categoría: Carburante y lubricantes.

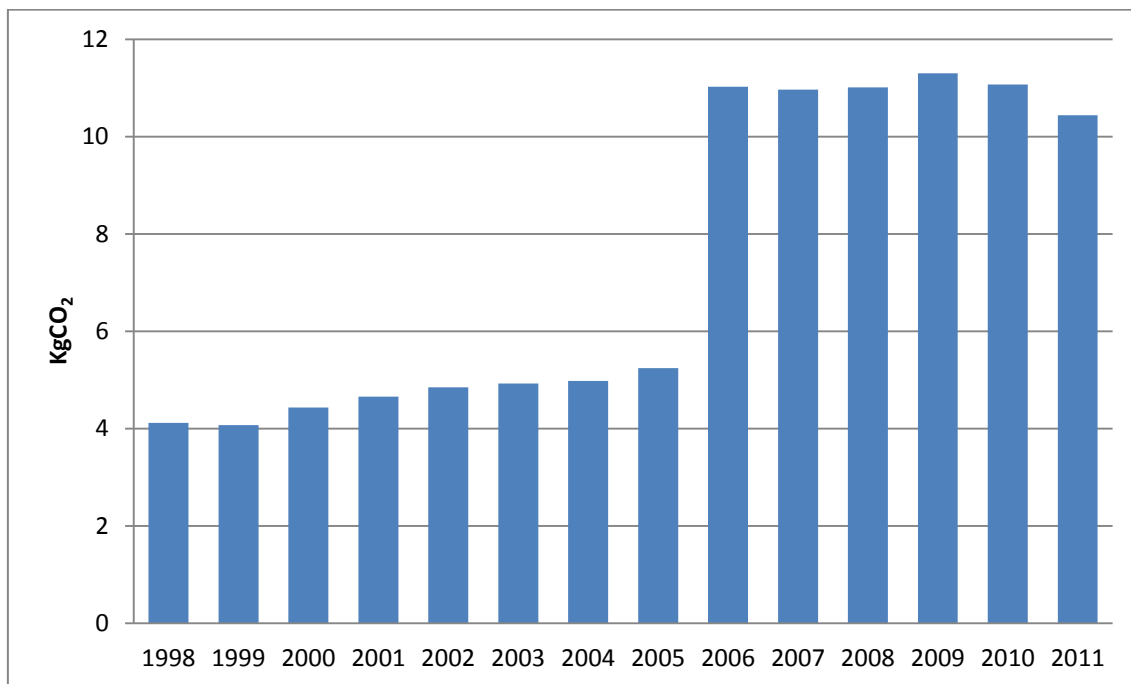


Figura A. III. 30 Huella neta para la categoría: Mantenimiento y reparaciones.

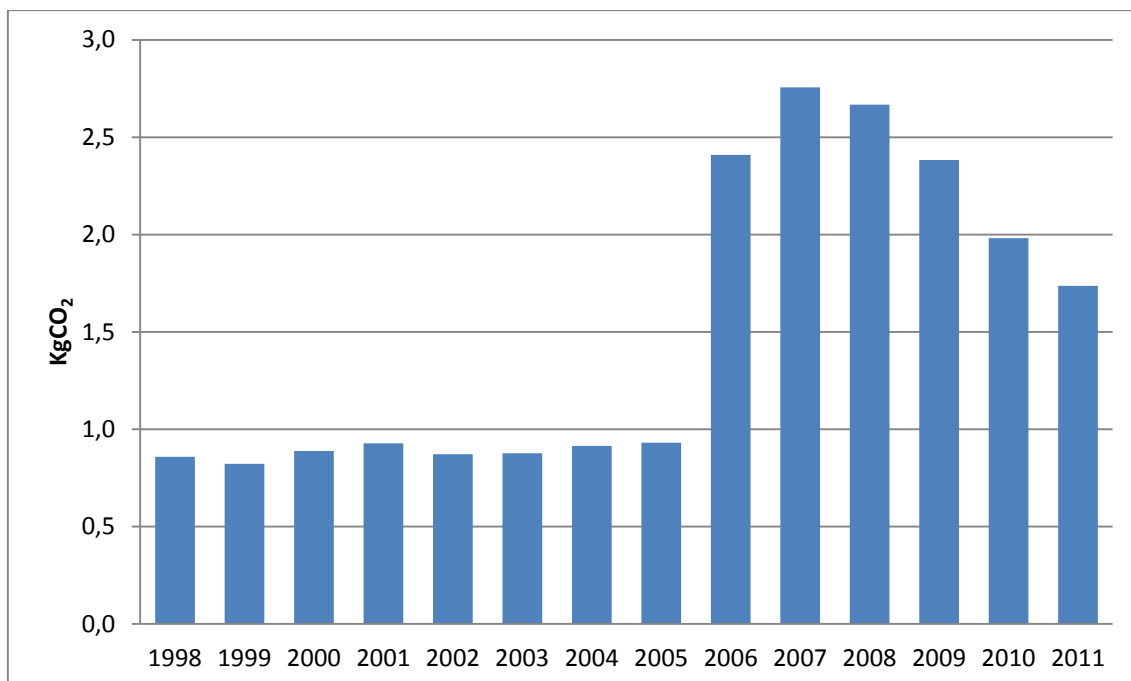


Figura A. III. 31 Huella neta para la categoría: Otros servicios relativos a los vehículos personales.



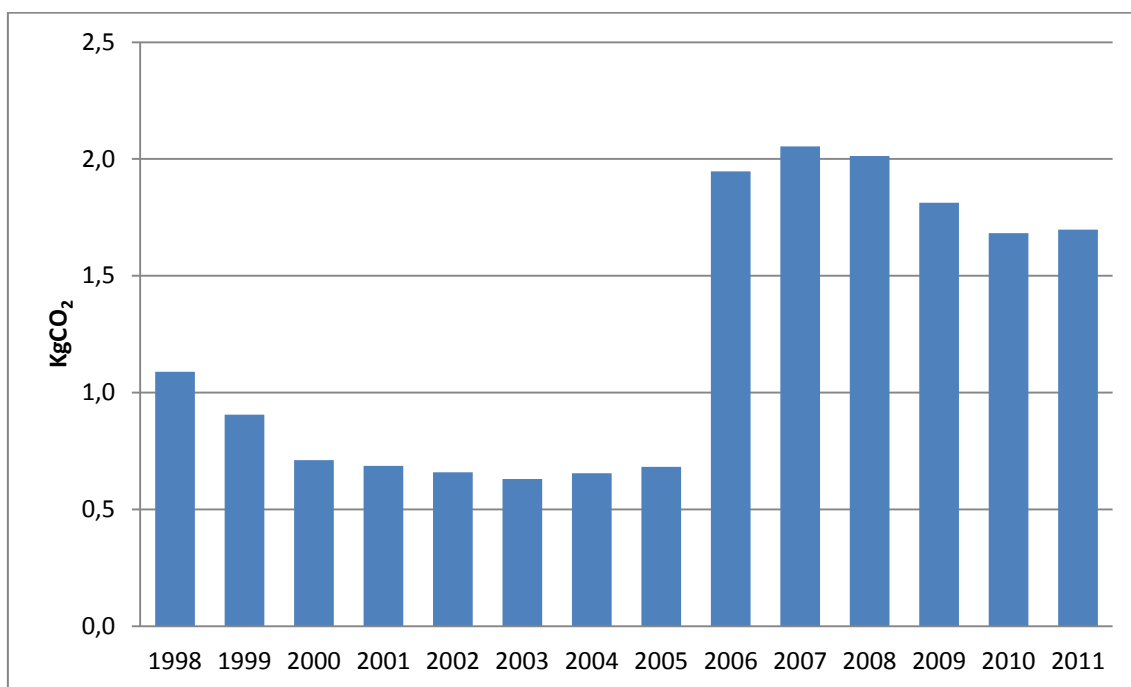


Figura A. III. 32 Huella neta para la categoría: Transportes por ferrocarril (tren, metro, tranvía... urbano, interurbano y de larga distancia).

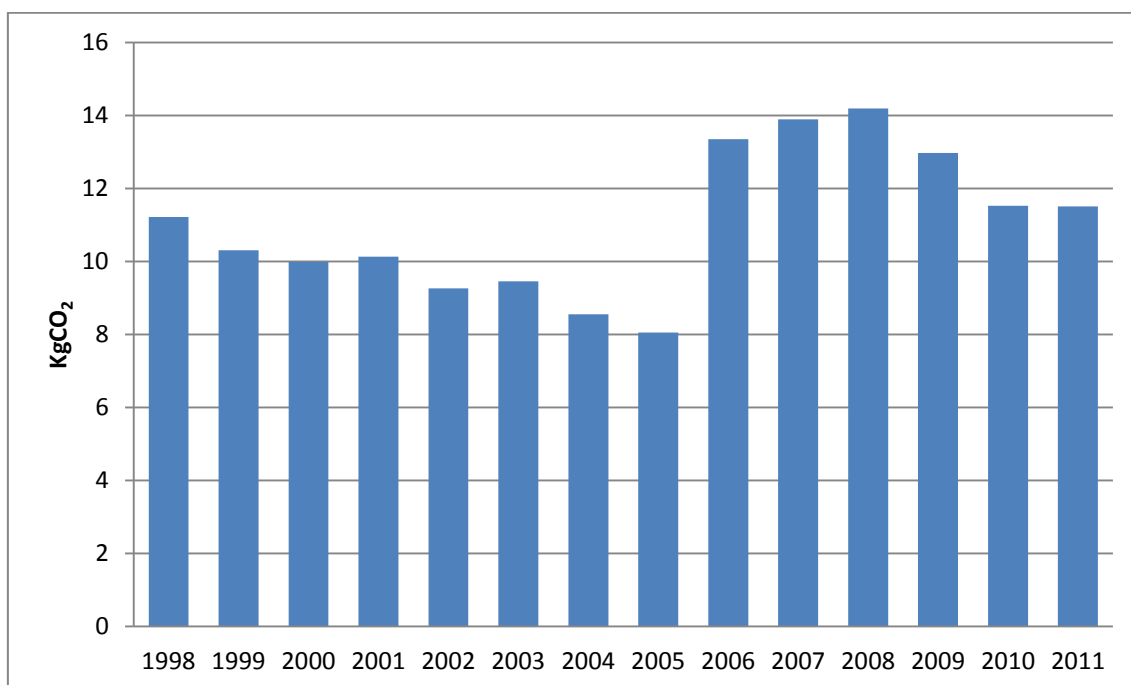


Figura A. III. 33 Huella neta de carbono para la categoría: Transportes por carretera (local y larga distancia).

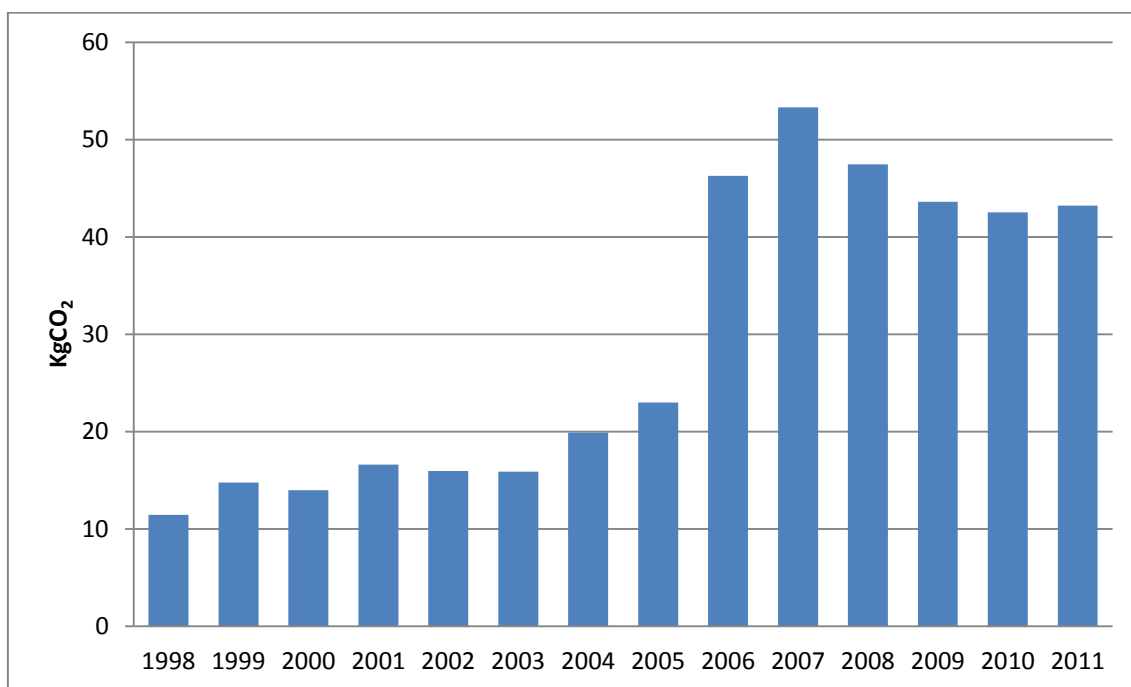


Figura A. III. 34 Huella neta para la categoría: Transporte aéreo.

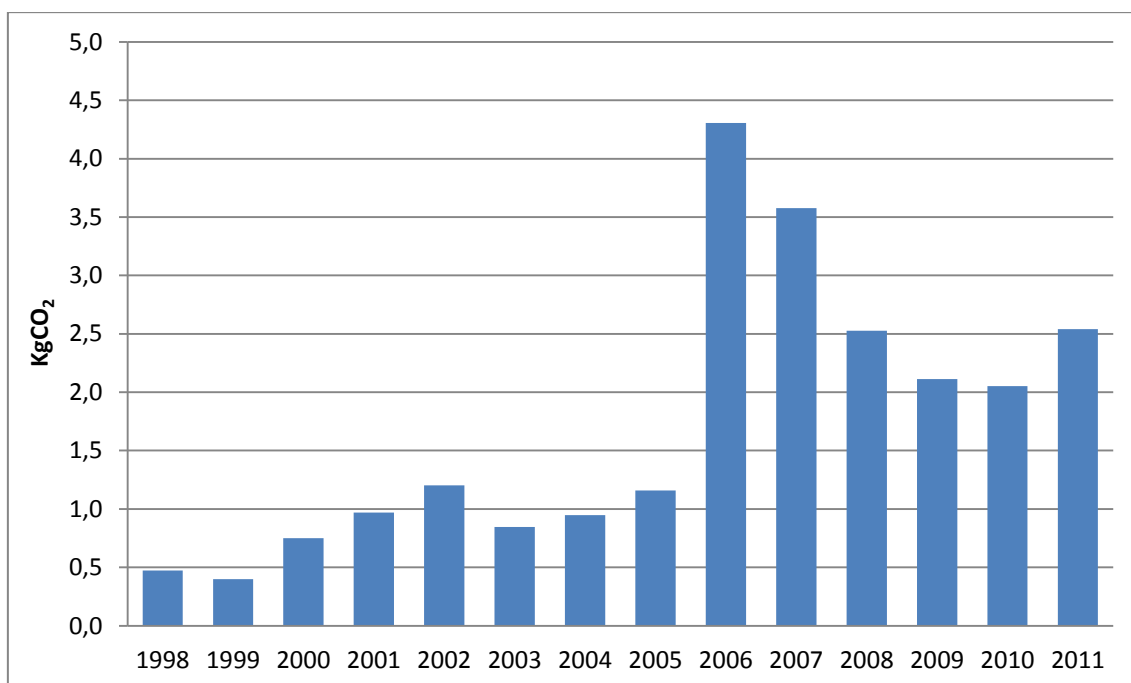


Figura A. III. 35 Huella neta para la categoría: Transporte de viajeros por mar u vías interiores.

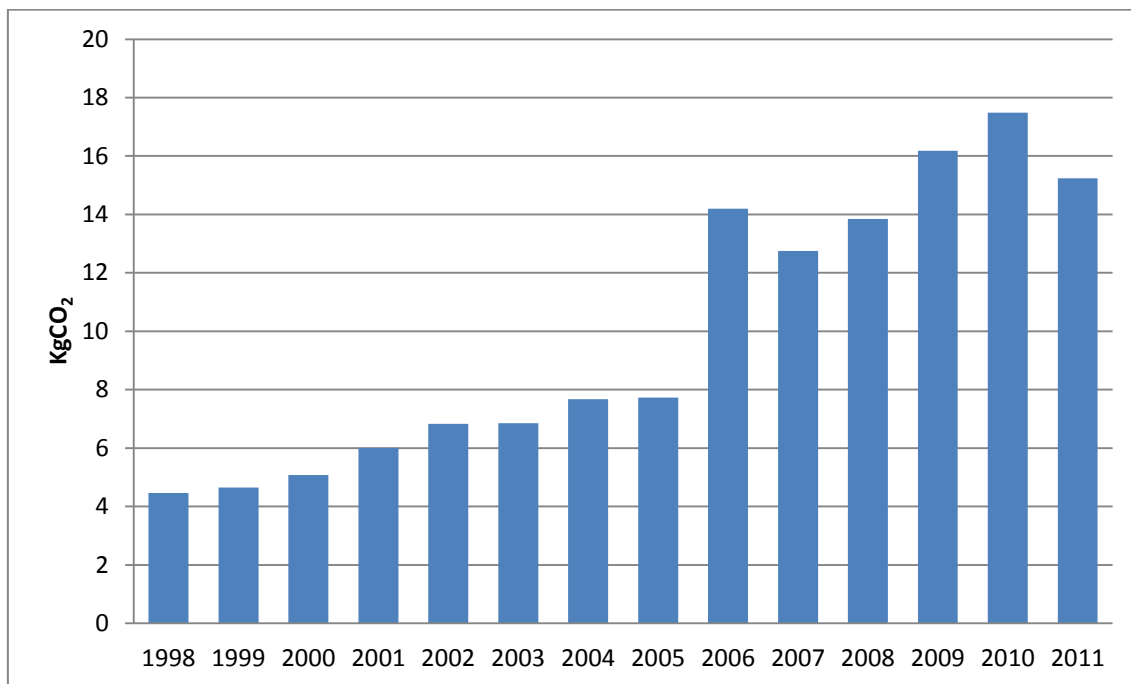


Figura A. III. 36 Huella neta para la categoría: Otros servicios de transporte.

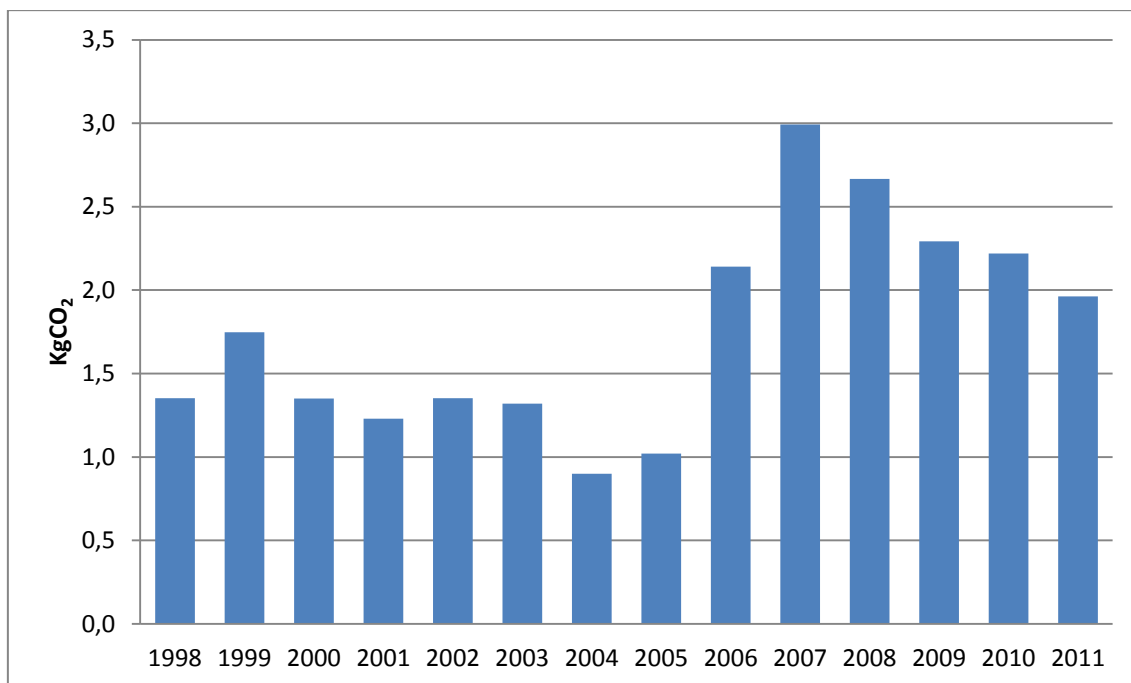


Figura A. III. 37 Huella neta para la categoría: Servicios postales.

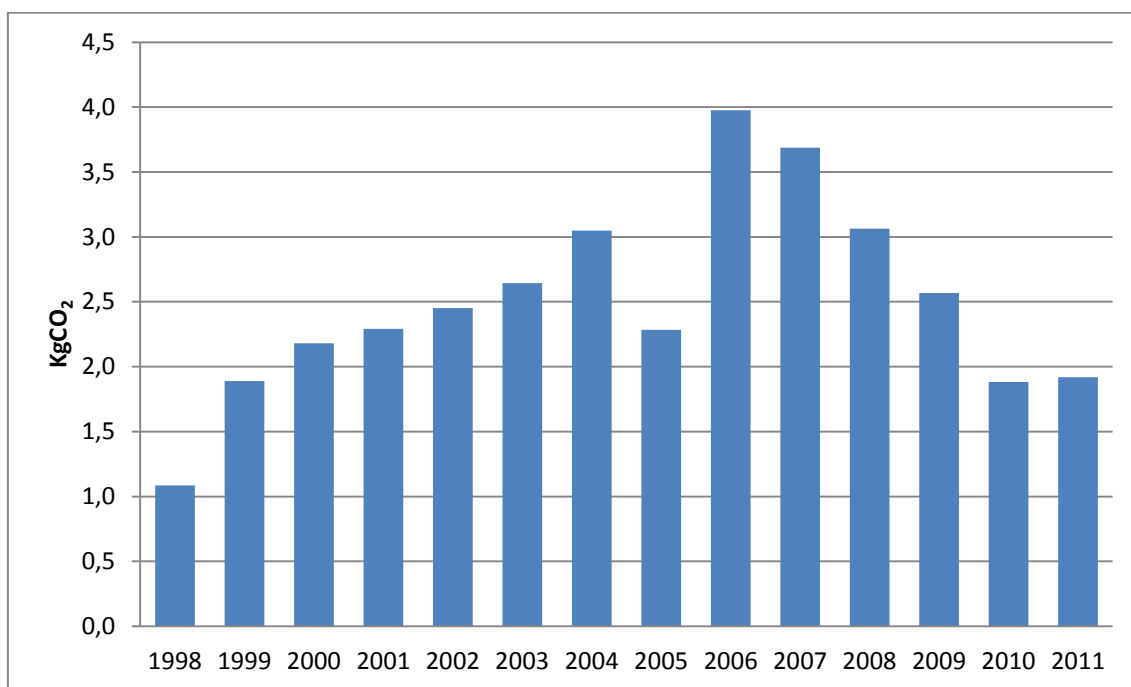


Figura A. III. 38 Huella neta para la categoría: Equipos de teléfono y fax.

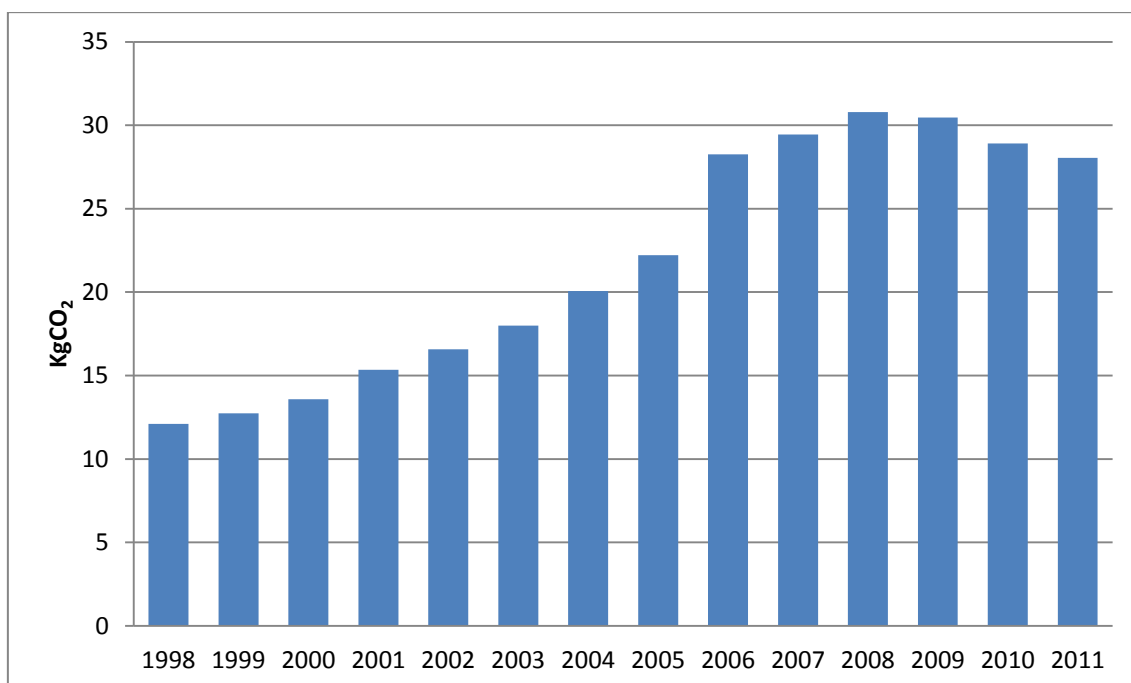


Figura A. III. 39 Huella neta para la categoría: Servicios de teléfono, telégrafo y fax.

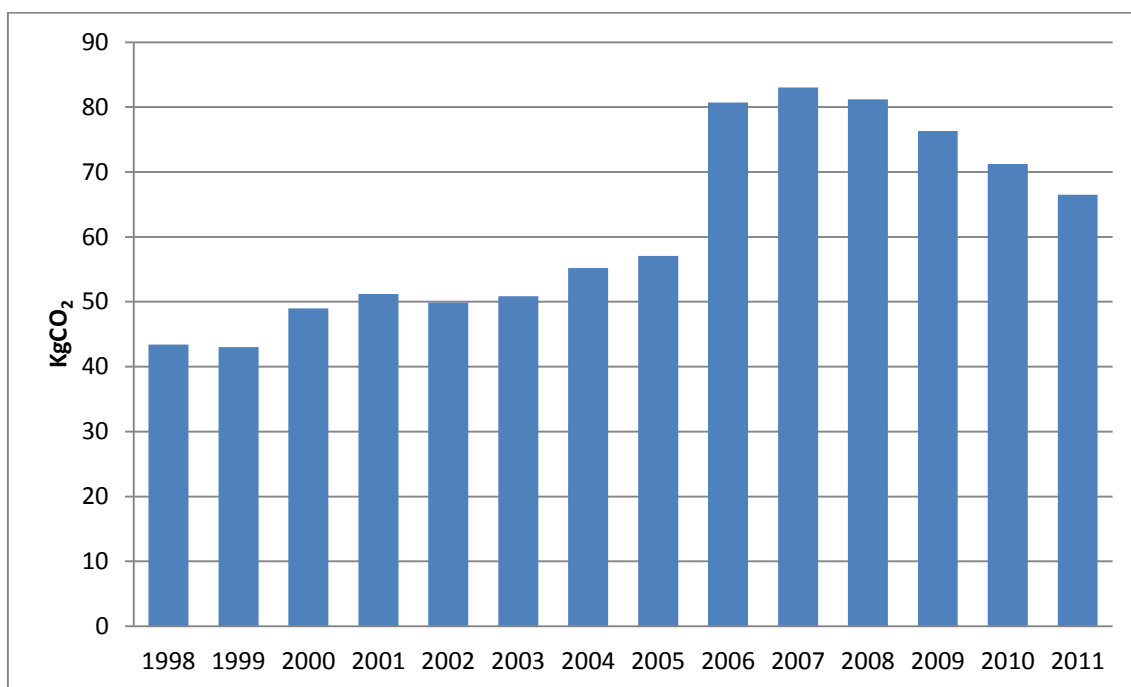


Figura A. III. 40 Huella neta para la categoría: Grupo 9: Ocio, espectáculos y cultura.

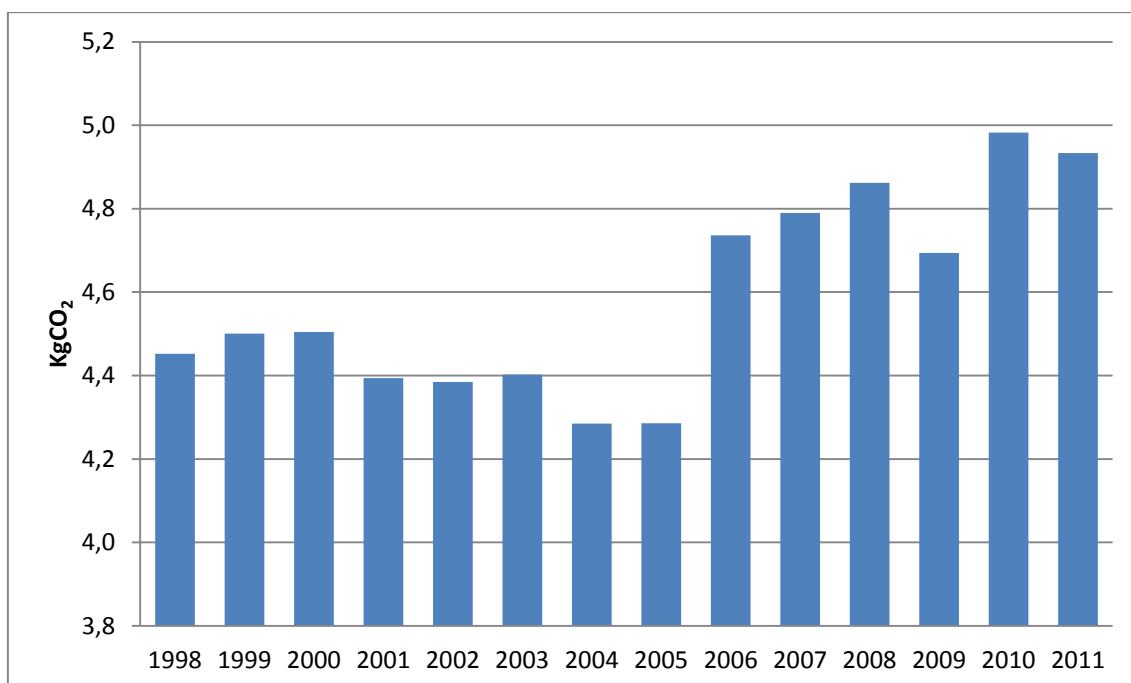


Figura A. III. 41 Huella neta para la categoría: Grupo 10: Enseñanza.

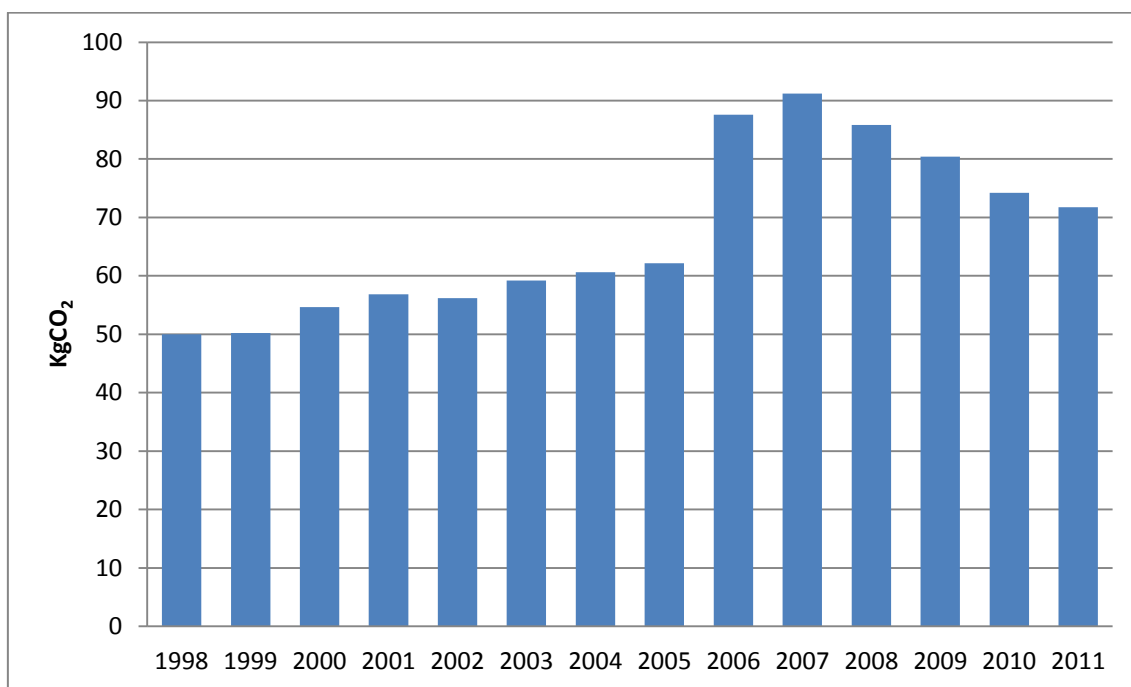


Figura A. III. 42 Huella neta para la categoría: Grupo 11: Hoteles, cafés y restaurantes.

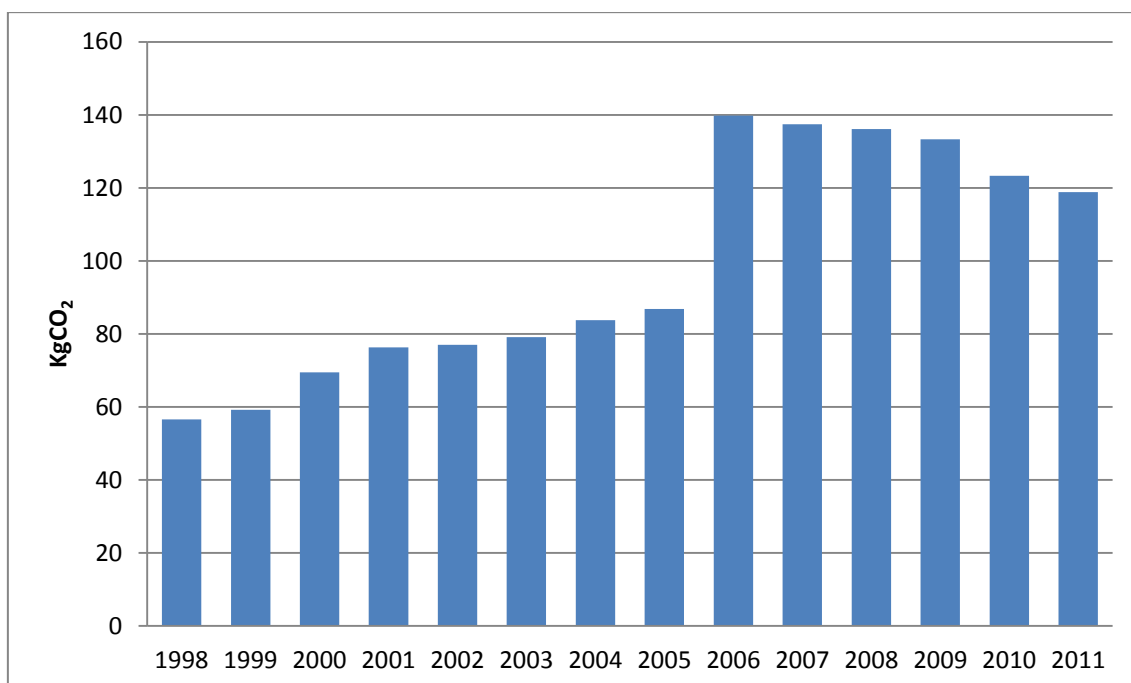


Figura A. III. 43 Huella neta para la categoría: Grupo 12: Otros bienes y servicios.



## **ANEXO IV: Datos contenidos en el CD.**

Contenido:

1. Memoria.
2. Proyecto.
3. Hoja de cálculo HC nacional.
4. Hoja de cálculo HC para CC. AA.
5. Hoja de cálculo análisis de incertidumbre.

