



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Estimación de todas las componentes
de la huella ecológica en Zaragoza,
para los años 2005, 2006, 2008 y 2016
e interpretación de resultados

Autor:

Lara Somalo Caperochipi

Director:

José María Agudo Valiente

Escuela de Ingeniería y Arquitectura

2019

RESUMEN

El planeta Tierra constituye un conjunto medioambiental en equilibrio, en el que los elementos interaccionan entre sí, y donde el hombre tiene un papel importante. La actividad llevada a cabo por el ser humano provoca cambios en la naturaleza, tales como el consumo de recursos, la generación de residuos, modificaciones en los ecosistemas... Con el transcurso de los años, el desarrollo de la sociedad se ha basado en el consumo y la explotación de los recursos bióticos, lo que ha producido un efecto indeseado, que provoca un impacto ambiental significativo. La degradación medioambiental se agrava debido al crecimiento exponencial de la población humana. Ante esta alarmante situación los países están tomando conciencia e intentando tomar medidas para paliar estos daños.

Una manera de medir los impactos que provoca una sociedad, es mediante el uso de indicadores de sostenibilidad, existen varios que pueden analizar la evolución ambiental de un país, entre ellos cabe destacar la huella ecológica que permite conocer la superficie necesaria que una determina población necesita para poder desarrollarse y satisfacer sus necesidades pudiendo el medio asumir los residuos generados. Este indicador compara la superficie necesaria con la biocapacidad que es la máxima superficie que puede ser explotada por dicha población.

La huella ecológica no tiene un método estandarizado para su cálculo, en este trabajo fin de grado se ha utilizado un método mixto basado en el método compuesto y método basado en componentes. Se ha realizado la estimación de la huella ecológica en los años 2005, 2006, 2008 y 2016 en todas sus componentes para la ciudad de Zaragoza. Antes de realizar el presente trabajo se había realizado el cálculo para los años 2004, 2007, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014 y 2015. El objetivo principal del trabajo es actualizar el valor del indicador al año 2016 y analizar su evolución para comprobar si Zaragoza es o no una ciudad sostenible. Para poder realizar la comparativa de resultados es necesario que se siga el mismo método de cálculo utilizado en las estimaciones anteriores, así como todas las consideraciones y suposiciones llevadas a cabo. Por último, se va a comparar el valor obtenido de la huella ecológica con indicadores socioeconómicos y así poder estudiar si los indicadores tienen correlación entre ellos y se influyen entre sí.

Se concluye que el municipio de Zaragoza presenta en 2016 un déficit ecológico de 2,79 hag/cap y por lo tanto esta fuera de los límites de sostenibilidad, con una huella ecológica global de 4,51 hag/cap. frente a una capacidad de carga de 1,72 hag/cap. Respecto a la evolución de la huella se observa una disminución desde 2009 hasta 2013, fundamentado principalmente por la evolución negativa de la economía en esos años, que resulta en una disminución del consumo per cápita de los hogares y en un cambio en los hábitos alimentarios de la población. A partir de 2013 hasta 2016 se ha producido un incremento en el valor debido a la recuperación económica.

ÍNDICE

1	Introducción.....	6
1.1	Objetivo y alcance del trabajo	6
1.2	Estudios de la huella ecológica previos.....	6
1.3	Desarrollo sostenible	6
1.4	Ayuntamiento de Zaragoza y el Desarrollo Sostenible	8
2	Huella ecológica y capacidad de carga.....	9
2.1	Huella ecológica	9
2.2	Capacidad de carga	10
2.3	Huella ecológica como Indicador de sostenibilidad	11
3	Metodología de cálculo	13
4	Huella ecológica en Zaragoza.....	14
4.1	Huella ecológica de la alimentación.....	14
4.1.1	Obtención de la tierra de uso directo de la alimentación	14
4.1.2	Componente energética de la alimentación	16
4.2	Huella ecológica de los bienes de consumo.....	16
4.2.1	Obtención de la tierra de uso directo de los bienes de consumo	17
4.2.2	Componente energético de los bienes de consumo	17
4.3	Huella ecológica de la movilidad y transporte.....	18
4.3.1	Obtención de la tierra de uso directo de movilidad y transporte	18
4.3.1	Componente energético de movilidad y transporte	18
4.4	Huella ecológica de la vivienda y servicios.....	19
4.4.1	Obtención de la tierra de uso directo de vivienda y servicios.....	19
4.4.2	Componente energético de vivienda y servicios.....	20
5	Análisis de resultados e interpretación.....	21
5.1	Huella ecológica local y mundial	21
5.2	Huella ecológica y capacidad de carga ¿Déficit o Superávit ecológico?	27
5.3	Evolución de la huella ecológica de Zaragoza	28

5.3.1	Evolución de la huella de la alimentación	31
5.3.2	Evolución de la huella de los bienes de consumo	34
5.3.3	Evolución de la huella de la movilidad y el transporte.....	34
5.3.4	Evolución de la huella de la vivienda y los servicios.....	35
5.3.5	Evolución del consumo energético	36
5.4	Influencia de los aspectos socioeconómicos en la huella ecológica	37
6	Conclusiones	41
7	Bibliografía	42
8	Anexos.....	45
	ANEXO 1 DICCIONARIO DE TÉRMINOS	46
	ANEXO 2 METODOLOGÍAS ACTUALES PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA ECOLÓGICA.....	47
	ANEXO 3 TIPOS DE TIERRA	51
	ANEXO 4 CÁLCULO DE PRODUCTIVIDADES LOCALES Y GLOBALES	52
	ANEXO 5 CÁLCULOS RELATIVOS AL CONSUMO ENERGÉTICO	61
	ANEXO 6 CONSIDERACIONES EN LA HUELLA DE LA ALIMENTACION	67
	ANEXO 7 CÁLCULO DE LA HUELLA ECOLOGICA DE LA ALIMENTACIÓN.....	68
	ANEXO 8 CONSIDERACIONES EN LA HUELLA DE LOS BIENES DE CONSUMO	74
	ANEXO 9 CÁLCULO DE LA HUELLA ECOLOGICA DE LOS BIENES DE CONSUMO	75
	ANEXO 10 CÁLCULO DE LA HUELLA ECOLOGICA DE LA MOVILIDAD Y EL TRANSPORTE	81
	ANEXO 11 CÁLCULO DE LA HUELLA ECOLOGICA DE LA VIVIENDA Y LOS SERVICIOS	84
	ANEXO 12 MATRICES DE CÁLCULO PARA LA ALIMENTACIÓN Y BIENES DE CONSUMO	86

1 Introducción

1.1 OBJETIVO Y ALCANCE DEL TRABAJO

El objetivo principal es analizar la Huella Ecológica de Zaragoza para poder compararla con la capacidad de carga o biocapacidad, con la idea de evaluar la sostenibilidad de la ciudad, y poder determinar si la población está dentro de los límites del desarrollo sostenible, o si, por el contrario, se está desarrollando a un ritmo exacerbado sin tener en cuenta las generaciones futuras.

En este Trabajo Final de Grado se estima la huella ecológica de la ciudad de Zaragoza para los años 2005, 2006, 2008 y 2016 en todas sus componentes, tanto con productividades locales como con productividades medias mundiales. También se pretende actualizar el valor del indicador y de este modo analizar su evolución desde 2001 hasta 2016. Se ha realizado el trabajo, con el mismo método e idénticas suposiciones realizadas en los estudios anteriores, de este modo los resultados para los diferentes años en los que se ha realizado, son comparables con los trabajos previos, y por tanto se puede examinar la evolución de los cambios producidos. Por último, se pretende compara los resultados de la huella ecológica calculada con indicadores socio-económicos, y así poder determinar si las variaciones producidas en el indicador vienen determinadas por aspectos sociales, económicos que hayan sucedido en la ciudad de Zaragoza en esos años de estudio.

1.2 ESTUDIOS DE LA HUELLA ECOLÓGICA PREVIOS

A continuación, aparecen estudios anteriores relacionados con el cálculo de la Huella Ecológica de Zaragoza.

- Contribución al estudio de la Huella Ecológica como indicador de sostenibilidad - Teresa Artigas (2004)
- Estudio de la huella ecológica de Zaragoza en 2007 - Ayuntamiento de Zaragoza (2009)
- Análisis de la Huella Ecológica de Zaragoza - Alba Pascual (2013)
- Aproximación de la Huella Ecológica de Zaragoza 2013, componentes de alimentación y energía- Nuria Cantón (2016)
- Estimación de la huella ecológica de Zaragoza en todas sus componentes, para los años 2010, 2011, 2012, 2014 y 2015 y análisis e interpretación de resultados - Cristina Larraga (2018)

1.3 DESARROLLO SOSTENIBLE

La idea de desarrollo sostenible, surgió de la necesidad de introducir cambios en una sociedad cuyo sistema económico se basaba en el consumo, en la explotación ilimitada de recursos y en obtener la máxima producción, cuyo único objetivo era obtener el mayor beneficio económico. Este modelo era insostenible ya que un Planeta limitado era incapaz de proporcionar recursos de forma ilimitada, tampoco

era capaz de asimilar la gran cantidad de residuos que se producían, pero además era un modelo incompatible con el mantenimiento ecológico de los ecosistemas y el Planeta. Desde los años 60 se empezó a estudiar el tema de la incompatibilidad del modelo de desarrollo económico, con todos los problemas ecológicos derivados, intentando de este modo integrar las necesidades medioambientales con dicho modelo de crecimiento global, es así como en 1968, en Roma, se reunieron científicos, investigadores, políticos... de 30 países diferentes, todos ellos con una preocupación común: los cambios medioambientales, se forma el "Club de Roma" que será el grupo precursor del desarrollo del Informe Meadows. De esta manera, a principios de los 70 Ignachy Sachs, Consultor de las Naciones Unidas, propuso la palabra *ecodesarrollo*, donde quería fusionar el concepto de crecimiento económico y el aumento del bienestar social, con la preservación ambiental.

En 1972 "El Club de Roma" realiza el Informe Meadows, presentado por Dennis Meadows, sobre los "Límites del Crecimiento", basado en la importancia de los límites de los recursos naturales debido al consumo desmesurado de estos, dicho informe tuvo gran difusión y supuso la voz la alarma, además de despertar una preocupación global por la sostenibilidad de la vida en el planeta, sus previsiones fueron tratadas de alarmistas, pero más de 40 años después, muchas de sus conclusiones han ido cumpliéndose. Años más tarde, en 1987, en el Informe Brundtland fue donde se utilizó por primera vez el término desarrollo sostenible, definido como *"aquél que satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones"*. Implica un cambio muy importante en cuanto a la idea de sustentabilidad, principalmente ecológica, dándole gran importancia al contexto económico y social del desarrollo. Realizado por la ex-primer ministro noruega Gro Harlem Brundtland, con el propósito de dar a conocer que el avance de la sociedad actual está produciendo un costo medioambiental alto. Posteriormente, en 1992, en la Cumbre de la Tierra de Naciones Unidas en Río de Janeiro se elaboró la Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo, que asume por primera vez, y a nivel mundial, la integración entre desarrollo y medio ambiente. En esta cumbre se estableció, además, una Comisión para el Desarrollo Sostenible con el propósito de impulsar el cambio de mentalidad necesario para implantar el desarrollo sostenible. Este concepto de desarrollo combina el deseo de todos los países de progreso económico con la necesidad de una conciencia ecológica. La conferencia acabó con la firma por parte de la mayoría de los países participantes de varios documentos, entre ellos, la "Declaración de Río" y la "Agenda 21".

La Unión Europea se planteaba concretar los Principios de la Agenda 21 aprobados en Río 1992 y celebra en Aalborg (Dinamarca, 1994), la I Conferencia Europea sobre Ciudades Sostenibles, donde se elabora la Carta de Aalborg, en el que se plasma el compromiso de las Ciudades y Pueblos europeos con un desarrollo sostenible. Se inicia así un proceso continuo cuyos hitos se han ido sucediendo desde entonces: el "Plan de Acción de Lisboa: De la carta a la Acción", en 1996; el "Llamamiento de Hannover a los líderes y gobernantes municipales europeos de cara al siglo XXI" en el 2000, y la "Conferencia Aalborg+10: Inspiración para el Futuro"

1.4 AYUNTAMIENTO DE ZARAGOZA Y EL DESARROLLO SOSTENIBLE

El Pleno de la Diputación Provincial de Zaragoza aprobó, mediante acuerdo nº 13 con fecha 3 de junio de 2005, formalizar la adhesión a la Carta de Aalborg+10, a la Declaración de Hannover y la puesta en marcha del Programa Agenda 21 Local con destino a los municipios de la provincia, con la finalidad de constituir una Red de ciudades y pueblos sostenibles.

Además, se llevó a cabo la creación de unos indicadores específicos para la ciudad de Zaragoza (25). Dentro de los cuales se encuentra la Huella Ecológica, que permite visualizar el impacto que ejerce una comunidad sobre el entorno, además de estimar el área de tierra ecológicamente productiva necesaria (capacidad ecológica) para mantener en el tiempo un determinado modelo de consumo.

2 Huella ecológica y capacidad de carga

2.1 HUELLA ECOLÓGICA

La Huella Ecológica fue descrita en 1996 por William Rees y Mathis Wackernagel, (Universidad de Columbia, Canadá). Fue creada como un indicador de la sostenibilidad, con el fin de comparar la demanda humana sobre la naturaleza con la capacidad de la biosfera para regenerar recursos y proporcionar bienes y servicios. Se definió como *“el área de territorio biológicamente productiva necesaria para producir los recursos utilizados y asumir los residuos producidos por una población definida, con un nivel de vida específico, indefinidamente, donde quiera que se encuentre esa área”* (Wackernagel y Rees, *Our Ecological Footprint* 1996).

En otras palabras, considera la relación entre la capacidad de los ecosistemas de la tierra para proporcionar recursos y los modelos de consumo humanos necesario para mantener la actividad de una determinada población. En la huella ecológica se tienen en cuenta seis tipos de tierra existente según el uso que se le esté dando:

- Pastos: tierra destinada a la alimentación de animales.
- Espacio bioproductivo marino.
- Tierra destinada a la absorción de las emisiones de CO₂, también llamada tierra de la energía
- Bosques: obtención de productos de madera y papel.
- Tierra de cultivo (producción de alimentos)
- Terreno construido, destinado a: vivienda, industria, movilidad.



Consumo directo de hectáreas: suelo ocupado.



Hectáreas de bosque necesarias para absorber los



Consumo indirecto de hectáreas: producción.



Huella Ecológica: hectáreas de naturaleza que consume un individuo o municipio

Figura 2.1: Agentes implicados en la huella ecológica. Fuente: Elaboración propia

El cálculo de la huella parte de una serie de requisitos generales, como indica el informe “Análisis de la huella ecológica de España 2008” realizado por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España:

- Es necesario que los residuos sean absorbidos por el ecosistema
- El espacio es ocupado por viviendas, infraestructuras, equipamientos..., lo que produce una reducción de la superficie de los ecosistemas productivos.
- La producción de cualquier bien o servicio implica un flujo de materiales y energía.

La huella ecológica, a pesar de ser un buen indicador de la sostenibilidad de un territorio, tiene bastantes detractores, a continuación, se presentan una tabla donde se pueden observar los puntos débiles y fuertes de dicho indicador.

Tabla 2.1. Comparativa de las limitaciones y puntos fuertes. Fuente Elaboración propia

PUNTOS DEBILES ¹	PUNTOS FUERTES
Procedimiento de cálculo, al no seguir un método estandarizado.	Agrupación de impactos de manera simple y reducida
Basa los cálculos en actuales prácticas sostenibles en lo relativo a la agricultura, ganadería y sector forestal, lo que supone que la productividad del suelo no disminuye con el tiempo. Esta productividad si puede disminuir debido a motivos como la contaminación o la propia erosión de los suelos.	Gran instrumento de sensibilización medioambiental, debido a que permite concienciar al ser humano de la gran cantidad de recursos y lo que se está dañando el Planeta.
Algunos impactos como la contaminación del agua ,de la atmosfera, del suelo, la erosión, la pérdida de biodiversidad no son contabilizados.	Se centra en recursos clave para el desarrollo sostenible, así como en la consecuencias del aumento de los patrones de consumo, del comercio y en los problemas ambientales.
No se tiene en cuenta el impacto asociado al uso del agua, únicamente se considera la ocupación de suelo por infraestructuras hidráulicas, y la energía asociada.	Permite entender de manera sencilla el concepto de déficit ecológico, además de dar importancia a la influencia del individuo sobre el daño que produce en el medio.

¹ Fuente Ministerio de Agricultura, Medio Ambiente, Rural y Marino

2.2 CAPACIDAD DE CARGA

La idea de huella ecológica se asienta sobre el concepto de biocapacidad o capacidad de carga “La capacidad de carga humana tiene que ser interpretada como la tasa máxima de consumo de recursos y descarga de residuos que se puede sostener indefinidamente sin desequilibrar progresivamente la integridad funcional y la productividad de los ecosistemas principales, sin importar dónde se encuentren estos últimos. La correspondiente población humana es una función de las relaciones entre el consumo material y la producción de residuos per cápita o la productividad neta dividida por la demanda per capita” (Rees 1990). Esta formulación es un ajuste sencillo de la ‘Tercera Ley de la Ecología Humana’, de Hardin (1991).

La capacidad de carga representa, por tanto, la porción de tierra que puede utilizar un individuo dentro de los límites biofísicos del planeta. Los impactos provocados por la persona varían en función del número de individuos, de los avances tecnológicos y de la riqueza propia del país.

2.3 HUELLA ECOLÓGICA COMO INDICADOR DE SOSTENIBILIDAD

La huella ecológica compara la demanda humana sobre la naturaleza, con la capacidad de la biosfera para regenerar recursos y proporcionar bienes y servicios. En otras palabras, considera la relación entre modelos de consumo humanos y la capacidad de los ecosistemas de la tierra para proporcionar estos recursos. Es importante tener en cuenta que existen límites en la capacidad de la naturaleza de absorber los impactos generados por el ser humano. Gracias a indicadores como la huella ecológica se puede observar de una manera rápida y directa los daños que la población hace sobre el medio debido a que, a día de hoy, con el desarrollo tecnológico, económico y social, los límites de resiliencia de la naturaleza han sido forzados de manera severa. “La humanidad está consumiendo una cantidad de recursos naturales equivalente a 1,6 Planetas. De seguir así, en 2020 se necesitarían 1,75 Planetas, y 2,5 Planetas en 2050” (Informe 2016, Planeta Vivo, WWF).

La comparación entre los valores de la biocapacidad y huella permite conocer el superávit o déficit de una comunidad. Si el valor de la huella es menor que la capacidad de carga, la región dispone de un excedente ecológico, pero si la huella está por encima de la biocapacidad, le región presenta déficit ecológico. Cuando una población está en déficit se están consumiendo más recursos de los que debería.

A continuación, se muestran dos figuras donde se puede observar la Huella ecológica per cápita (Figura 2.1) y la biocapacidad diferentes países del mundo (Figura 2.2)

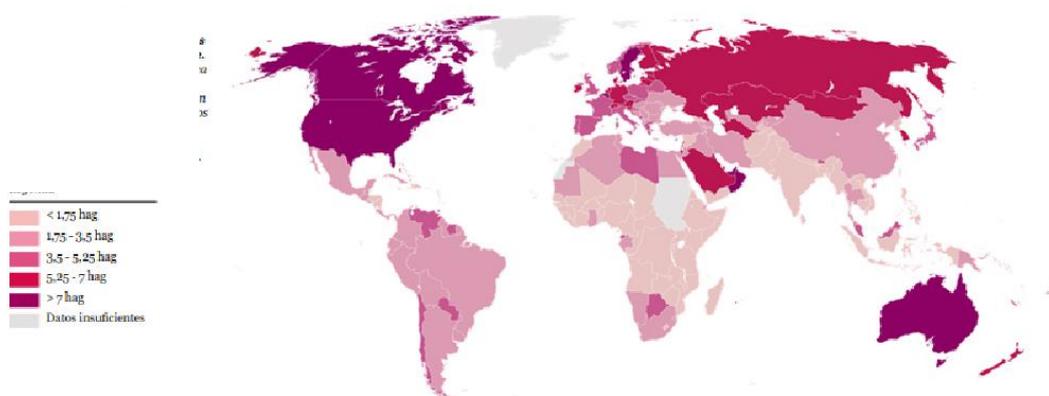


Figura 2.1: Mapa de la huella ecológica de consumo. Fuente: Informe 2016, Planeta Vivo, WWF

El promedio de la Huella Ecológica per cápita es diferente en cada país debido a que los niveles del consumo total varían. El promedio también varía según la demanda de los componentes individuales de la Huella. Estos incluyen la cantidad de bienes y servicios que consumen los habitantes, los recursos naturales empleados y el carbono que se genera para suministrar esos bienes y servicios.

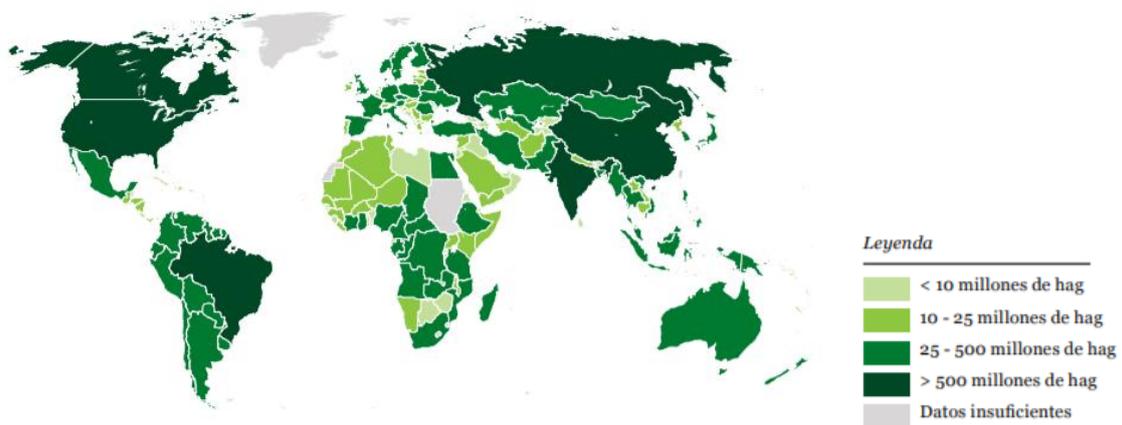


Figura 2.2: Mapa de biocapacidad mundial. Fuente: Informe 2016, Planeta Vivo, WWF

Como se observa en la Figura 2.2, la capacidad de la naturaleza para proveer bienes y servicios está distribuida de forma desigual. Brasil, China, Estados Unidos, Rusia y la India abarcan casi la mitad de la biocapacidad del planeta, estos países se encuentran entre los principales exportadores de recursos, lo que produce que los ecosistemas de estos lugares sean más vulnerables y estén más dañados. Para alcanzar la sostenibilidad mundial, es necesario establecer políticas globales sobre la gestión de recursos.

3 Metodología de cálculo

La estimación de la huella ecológica puede realizarse mediante varias técnicas aplicables, destacan entre ellas, el método compuesto y el método basado en componentes, difieren entre sí en el entorno de aplicación, ya que el primero se desarrolló para el cálculo de la huella para países, y el segundo es aplicable a cálculos de huella ecológica a pequeña escala. En el *Anexo 2: Metodologías actuales para el cálculo de la huella ecológica*, se explican detalladamente ambos métodos.

La huella ecológica se divide en cinco componentes: alimentación, bienes de consumo, movilidad y transporte, vivienda y servicios, donde están recogidas cada una de las actividades realizadas por los habitantes de Zaragoza. Para cada componente se calcula la tierra bioproductiva necesaria para satisfacer el consumo asociado a estas actividades. A continuación, se presentan los tipos de tierra bioproductiva: cultivos, pastos, bosque, espacio bioproductivo marino, terreno construido y tierra de la energía o tierra destinada a la absorción de CO₂. En el *Anexo 3: Tipos de Tierra*, se explica detalladamente las características de cada tipo de tierra.

La relación entre las componentes y las tierras bioproductivas se indican a continuación, (Tabla 3.1):

Tabla 3.1 Relación entre el tipo de tierra bioproductiva y tipo de tierra. Fuente: Elaboración propia

TIPO TIERRA-COMPONENTE	ALIMENTACIÓN	BIENES DE CONSUMO	MOVILIDAD Y TRANSPORTE	VIVIENDA	SERVICIOS
CULTIVOS	X	X			
PASTOS	X	X			
BOSQUE		X			
MAR	X				
TERRENO CONSTRUIDO		X	X	X	X
TIERRA DE LA ENERGÍA	X	X	X	X	X

Para cada componente, se calculan dos huellas, una huella para satisfacer el consumo de recursos asociado a cada componente y, por otro lado, la huella de la energía necesaria para obtener el consumo energético empleado en producir esos recursos. En ambos casos la huella se obtiene como el consumo asociado a cada tipo de tierra bioproductiva dividido por la productividad de la tierra correspondiente.

Antes de comenzar con este cálculo, se tendrá que llevar a cabo una serie de cálculos relacionados con la productividad para cada tipo de tierra y el consumo energético asociado. Estos cálculos previos se explican detalladamente en el *Anexo 4: Cálculo de productividades locales y globales*. Para ejemplificar esta explicación, usaremos el componente de bienes de consumo: en primer lugar, se calcula la huella asociada a la tierra de cultivos, pastos, bosque y terreno construido, de donde se obtienen los recursos utilizados para satisfacer este componente, en segundo lugar, se calcula la tierra de la energía o lo que es lo mismo, hectáreas de bosque necesarias para absorber el CO₂ procedentes de consumo energético asociado a los bienes de consumo. Una vez obtenidas las huellas ecológicas de cada componente se suma y se divide para la población de Zaragoza de cada año de estudio. En el presente trabajo, se realiza la estimación de la huella ecológica en cada una de sus cinco componentes, usando para ella productividades locales y medias mundiales.

4 Huella ecológica en Zaragoza

En este apartado se van a exponer los cálculos realizados para cada uno de los componentes de la huella ecológica, para explicarlos se va a seguir la misma metodología. En primer lugar, se explicarán los cálculos para obtener la tierra necesaria para cada componente y en segundo lugar se expondrán los cálculos necesarios para la obtención de la huella ecológica energética que deriva de cada componente.

La estimación del valor de la huella ecológica, se realiza en una hoja de cálculo (*Anexo 12: Matrices de cálculo para la alimentación y bienes de consumo*, se encuentran recogidas las matrices de cálculo reducidas) y con un procedimiento determinado, el cual es aplicado en el cálculo de la huella ecológica de Zaragoza para cada uno de los años de estudio que engloba este Trabajo Fin de Grado.

4.1 HUELLA ECOLOGICA DE LA ALIMENTACIÓN

La población de Zaragoza para poder alimentarse hace uso de cuatro tipos de tierra de las seis que se compone la huella ecológica; se utiliza las tierras destinadas a cultivos, tierras destinadas a pastos, espacio bioproductivo marino, además de tierra de la energía, necesario para absorber las emisiones de dióxido de carbono producidas (*Tabla 3.1*).

La superficie ocupada por infraestructuras que se dedican al desarrollo de los procesos, no se tienen en cuenta para el cálculo de la componente de la alimentación, es decir, se considera despreciable respecto al uso del resto de tierras.

La estimación de la huella ecológica de la alimentación tiene por objeto determinar la superficie de tierra bioproductiva que los habitantes de Zaragoza necesitan para poder satisfacer el consumo de alimentos.

4.1.1 Obtención de la tierra de uso directo de la alimentación

Los seres humanos basan su alimentación en dos grandes grupos alimenticios: los animales y las plantas. Dentro de esa diferenciación, existen además otras categorías que permiten que los cálculos sean más específicos, por ejemplo, dentro del grupo alimentación basada en animales se encuentra la carne, productos cárnicos, pescado, marisco, etc. A su vez dentro de cada categoría hay más subdivisiones, dentro del pescado se distingue entre pescado fresco, pescado congelado, marisco o conservas y dentro de la carne se distingue entre carne de ovino, bovino, equino... Dentro del grupo alimenticio de las plantas también existe diferenciación en conjuntos de alimentos según su naturaleza como hortalizas, frutas, legumbres y dentro de cada división se hacen subdivisiones por alimentos como tomate, sandía, lenteja... Cada uno de estos subgrupos se compone por los principales alimentos representativos de la población de Zaragoza, los cuales han sido elegidos según la disponibilidad de datos, así como en concordancia con trabajos anteriores de la huella ecológica

Cada uno de los tipos de alimentos hacen uso de uno o varios tipos de tierra: el consumo de plantas causa impacto en la tierra de cultivos, el consumo de carne en la tierra de pastos y en la de cultivos, el pescado en el espacio bioproductivo marino. Tanto el consumo de plantas como de animales causan impacto en la tierra de la energía debido al hecho de que son necesarias para absorber las emisiones.

Una vez que las categorías de consumo han sido definidas, debido a que se pretende estimar la superficie de tierra necesaria para satisfacer el consumo, serán necesarios los valores de dichos consumos. La búsqueda de estos datos es uno de los mayores problemas que presenta el cálculo de la huella ecológica para la alimentación y en general para cada uno de los componentes, debido a que no se disponen datos locales del consumo alimenticio para la ciudad de Zaragoza, se han usado por tanto datos a nivel provincial. En ciertos datos ha resultado imposible encontrarlos a nivel provincial, por lo que en su defecto se han usado a nivel de comunidad autónoma.

Los datos de consumo se pueden obtener de dos maneras:

- De manera directa: Datos estadísticos procedentes de Mercazaragoza y/o Mercasa, a través del panel de consumo alimenticio que elabora el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España.
- De manera indirecta: a partir de datos de producción, exportación e importación.

Según la [Ec A2.1]:

$$\text{Consumo} = \text{Producción} + \text{Exportación} - \text{Importación} \quad [\text{Ec A2.1}]$$

Los datos de producción se obtienen del Anuario Estadístico de Aragón para el año correspondiente, son datos a nivel provincial.

Los datos de exportación e importación se recogen de la aplicación de Data-Comex corresponden a datos estadísticos del comercio exterior español, a nivel provincial, proporcionados por el Ministerio de Economía y Competitividad de España.

Finalmente, una vez obtenidos los datos de las diferentes fuentes, se obtendrán valores de la huella ecológica, usando para ello datos de productividad. Se usarán datos de productividad a nivel provincial o datos a nivel mundial según el tipo de datos de consumo utilizados. Los datos de productividad a nivel provincial provienen del Anuario Estadístico de Aragón y los datos de productividad a nivel mundial se recogen a través de la base de datos de la FAO. El procedimiento para calcular la productividad tanto local como mundial, está recogido en el *Anexo 4: Cálculo de productividades locales y globales*.

Es importante mencionar que es necesario tener en cuenta, una serie de consideraciones en el cálculo de la huella de la alimentación, estas quedan recogidas en el *Anexo 6: Consideraciones en la huella de la alimentación*.

La metodología de cálculo de la huella ecológica de la alimentación, tanto con productividades locales como con productividades medias globales, se detalla en el *Anexo 7: Cálculo de la huella ecológica de la alimentación*. Se incluyen también los resultados obtenidos.

4.1.2 Componente energética de la alimentación

El cálculo de esta componente permite la estimación de la superficie de bosque necesaria para absorber el dióxido de carbono derivado del consumo alimenticio. Para el procedimiento de cálculo se asume que el consumo energético asociado a la alimentación es el que proviene de la agricultura, sin tener en cuenta el gasto procedente de las industrias alimentarias. Dentro del consumo energético se han considerado la energía neta asociada a importaciones. En el *Anexo 5: Cálculos relativos al consumo energético*, se explica los cálculos realizados al consumo energético de cada una de las fuentes de energía primaria en el sector de la agricultura, además de en el resto de sectores.

Los consumos que se obtienen son a nivel provincial, debido al hecho de que los datos con los que se trabaja lo son. Como se pretende calcular el consumo energético a nivel de la Ciudad de Zaragoza, es imprescindible realizar una transformación mediante la superficie agrícola de la provincia y del municipio. Por ese motivo, se presupone que el consumo energético de la agricultura es proporcional a la superficie agrícola.

Finalmente, cuando se han hallado los valores de consumo energéticos, se transforman en hectáreas de bosque, se usa para ello los factores de energía-tierra. El método a seguir, como el valor de estos factores energía-tierra se encuentran recogidos en el *Anexo 4: Cálculo de productividades locales y globales*, en la *Tabla A4.8: Factores Energía-Tierra para las fuentes de Energía*, respectivamente.

4.2 HUELLA ECOLÓGICA DE LOS BIENES DE CONSUMO

Los bienes de consumo son aquellos bienes finales en el proceso de producción de una economía, están pensados para satisfacer de forma directa las necesidades de las personas. La huella ecológica de los bienes de consumo tiene como objetivo reunir aquellos productos más representativos que son consumidos por la población de Zaragoza y establecer cuantitativamente la superficie necesaria para su producción. Dentro del grupo de bienes de consumo, debería de incluirse los alimentos, sin embargo, se ha realizado la huella de la alimentación de manera independiente, debido a la importancia de este componente y la amplia disponibilidad de datos en comparación con los bienes de consumo.

Dentro de los bienes de consumo se van a realizar dos grupos: los que requieren el uso de tierras bioproductivas y los que no requieren de ellas. En el primer grupo hay elementos como el algodón, ya que requiere tierras de cultivos, la madera que requiere de tierra de bosques... En el segundo grupo se encuentran productos químicos, plásticos, joyas. Ambos grupos necesitan tanto de energía para su fabricación por lo que hay que tener en cuenta la energía neta de las importaciones y exportaciones, como de superficie destinada a infraestructuras donde se lleva a cabo la producción de estos bienes de

consumo. El valor de esta superficie se ha estimado en trabajos anteriores, que corresponde a la superficie industrial de la ciudad de Zaragoza, el cual se va a utilizar para el cálculo de la huella ecológica de los bienes de consumo. Este componente tiene influencia sobre las tierras de cultivos, de pastos, bosque, terreno construido, además de la tierra de bosque necesaria para actuar como sumidero de las emisiones, tal y como se muestra en la *Tabla 3.1: Relación entre el tipo de tierra bioproductiva y tipo de tierra*. El procedimiento de cálculo de esta componente aparece en el *Anexo 9: Cálculo de la huella ecológica de los bienes de consumo* y tiene una matriz similar a la de la huella de la alimentación *Anexo 12: Matrices cálculo para alimentación y bienes de consumo*.

4.2.1 Obtención de la tierra de uso directo de los bienes de consumo

Las hectáreas de tierra bioproductiva utilizada por los bienes de consumo se hallan a partir de datos de consumo y productividad de cada uno de los productos que requieren uno u otro tipo de tierra para su producción.

Las fuentes de datos para conseguir estos datos han sido diversas:

- Los valores de importación y exportación: aplicación de Data-Comex.
- El consumo y la productividad de la madera y el papel: *Anuario Forestal* elaborado por el Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente.
- El consumo y la productividad del tabaco: Comisionado para el Mercado de Tabacos en España (CMT).
- Productividades: se disponen de datos provinciales (*Anuario Estadístico de Aragón*) y en su defecto de datos mundiales (FAO).
- Superficie de terreno construido, relacionada con la superficie industrial de Zaragoza: Instituto Aragonés de Fomento.

4.2.2 Componente energético de los bienes de consumo

El consumo energético requerido es el correspondiente del sector industrial. Además, se tiene en cuenta el flujo neto de importaciones y exportaciones, ya que no se consumen únicamente productos producidos en Zaragoza, y muchos de los bienes de consumo fabricados en Zaragoza se exportan. El consumo industrial, se obtiene del desglose de las fuentes de energía primaria, estos datos se obtienen del Balance de Energía que aparece en el Boletín de Coyuntura Energética de Aragón del año correspondiente al estudio. En ese balance aparecen datos a nivel provincial, por lo que es necesario realizar una transformación para obtener los datos a nivel local. Esa transformación se realiza según la relación que existe entre la superficie industrial provincial y local. Por último, con los factores de energía-tierra se transforma el consumo en hectáreas de bosque que pueden absorber el dióxido de carbono producido, este valor se divide por la población de Zaragoza y se obtienen las hectáreas per cápita

4.3 HUELLA ECOLÓGICA DE LA MOVILIDAD Y TRANSPORTE

En la componente de movilidad y transporte se engloba el terreno construido (aceras, calzadas, carreteras, zonas de aparcamiento), recursos e instalaciones, además de la superficie de bosque dedicado a la absorción del dióxido de carbono producida por esta componente. Para realizar el cálculo de dicha huella se considera que el tipo de tierra que se ve afectado por esta componente es el terreno dedicado a infraestructuras y construcción. Para simplificar el cálculo, no se tienen en cuenta otros aspectos extra que podrían estar asociados al valor de esta huella, tales como energía necesaria para llevar a cabo el mantenimiento de una carretera, la energía que se ha consumido en la fabricación de vehículos..., este descarte se debe a la imposibilidad de encontrar este tipo de datos tan específicos. En el *Anexo 10: Cálculo de la huella ecológica de la movilidad y el transporte*, se muestran de manera más detallada los datos utilizados, así como el procedimiento seguido.

4.3.1 Obtención de la tierra de uso directo de movilidad y transporte

La superficie utilizada por la componente de movilidad y transporte es tierra artificada, la cual está dividida en: viales de comunicación y en terminales de transporte. Cada una de las diferenciaciones de superficie de la componente, están recogidas en la Tabla 4.3.1.

Tabla 4.3.1. Clasificación de la superficie de movilidad y transporte

Viales de comunicación		Terminales de transporte
Calzadas	Carril bus	Aeropuerto/Estación de tren- autobús
	Aparcamientos	
	Reservas	
Aceras		
Carril bici		
Tranvía		

Los datos relativos a los viales de comunicación fueron proporcionados por el Servicio Municipal de Tráfico y Transporte del Ayuntamiento de Zaragoza, y los relativos a terminales del Plan de Ordenación Urbana de Zaragoza. La superficie del término municipal de Zaragoza se obtiene de Plan de Emergencia del Ayuntamiento de la ciudad. Por último, se supone que aproximadamente el 1,5 % de la superficie de Zaragoza está ocupada por calzadas (Teresa Artigas,2004).

4.3.1 Componente energético de movilidad y transporte

El cálculo de la superficie necesaria para la absorción de CO₂ producido por la componente de movilidad y transporte, se realiza mediante la utilización de consumos energéticos primarios y factores de energía-tierra, para ello se usan datos provinciales. Será por tanto un factor importante transformarlos en datos

a nivel local. Para poder transformar los datos se supone que, el combustible consumido por la ciudad de Zaragoza es el 90% del total del consumo de la provincia. Solamente se va a tener en cuenta el consumo energético relacionado con los desplazamientos, no se considera la energía derivada de la construcción de estas infraestructuras, ni de la fabricación de los medios de transporte. Como en cálculo de la huella de otros componentes, es necesario transformar en hectáreas de tierra de la energía, para ello cada tipo de energía primaria se multiplica por los factores de energía-tierra *Tabla A4.8: Factores Energía-Tierra para las fuentes de Energía.*

4.4 HUELLA ECOLÓGICA DE LA VIVIENDA Y SERVICIOS

La vivienda y los servicios, que son utilizados por los ciudadanos de Zaragoza lleva consigo el uso de manera directa del terreno construido, además de la superficie de bosque necesaria para actuar como sumidero de las emisiones producidas por este componente.

La vivienda y los servicios han sido agrupados debido a la imposibilidad de encontrar datos suficientes para realizar el estudio de manera individualizada. Sin embargo, la obtención de las hectáreas que se han dedicado a terreno construido de cada una de ellas, se ha llevado a cabo de manera independiente. En el *Anexo11: Huella ecológica para la vivienda y los servicios*, aparecen los datos y los resultados obtenidos.

4.4.1 Obtención de la tierra de uso directo de vivienda y servicios

4.4.1.1 SUPERFICIE DE TERRENO CONSTRUIDO PARA LA VIVIENDA

Los datos de vivienda construida han sido obtenidos en trabajos anteriores en el Observatorio municipal de estadística Nº2 del Ayuntamiento de Zaragoza o en IAF (Instituto Aragonés de fomento), para los años de estudio de este trabajo fin de grado no ha sido posible conseguir los datos de estas fuentes por lo que se ha realizado una aproximación mediante una recta de regresión, explicada en el apartado *A11.1.1 Huella ecológica de la vivienda*, del Anexo 11. Una vez conocido el valor de la superficie destinada a la vivienda, se divide por la población de Zaragoza para obtener el resultado en hectáreas per cápita. Posteriormente se obtiene la huella de la vivienda en hectáreas globales per cápita, multiplicando por el factor de equivalencia correspondiente.

4.4.1.2 SUPERFICIE DE TERRENO CONSTRUIDO PARA LOS SERVICIOS

La superficie de terreno construido hace referencia a las hectáreas que son necesarias para construir infraestructuras destinada al sector servicios, como pueden ser espacios verdes y parques, edificios destinados a la educación como colegios, institutos, universidades, edificios culturales como museos...

Los datos de superficie ocupada se obtienen del Plan General de Ordenación Urbana de Zaragoza (PGOUZ), donde se encuentran clasificadas las hectáreas que se destinan a cada uno de los sectores de la componente de servicios. Para obtener la huella en hectáreas per cápita se divide la superficie de cada

sector del componente por la población y se multiplica por el factor de equivalencia correspondiente al terreno construido, así se consigue el valor en hectáreas globales per cápita.

Debido a que hubo una modificación en 2007 del PGOUZ, en este trabajo se usa para el cálculo de la superficie de terreno construido dedicado a servicios en 2008 y en 2016, los datos actualizados, pero para los años 2005 y 2006 se utiliza el dato sin las últimas modificaciones.

4.4.2 Componente energético de vivienda y servicios

Para llevar a cabo este cálculo se considera que el vivienda y servicios son un único componente, que usan un mismo tipo de tierra, el terreno construido mencionado anteriormente y la tierra de la energía. Es necesario conocer el consumo de la energía primaria del componente vivienda-servicios, además de los factores energía-tierra, *Tabla A4.8: Factores Energía-Tierra para las fuentes de Energía*. De este modo se obtiene la superficie de hectáreas per cápita. Estos datos de consumo de energía son a nivel provincial, por lo que será necesario transformarlos para conseguir los valores a nivel local, para ello se considera que el 90% de los consumos corresponde a la ciudad de Zaragoza, por ser el lugar de la provincia con más densidad de población.

5 ANALISIS DE RESULTADOS E INTERPRETACIÓN

Además de los resultados específicos mostrados en los Anexos 7, 9, 10 y 11 que corresponden respectivamente a la huella ecológica de la alimentación, los bienes de consumo, la movilidad y transporte y la vivienda y servicios. En este apartado se presenta un resumen de los resultados obtenidos en este trabajo de fin de grado, además de una interpretación de los mismos, resaltando aquellas componentes que tengan un peso mayor en el valor de la huella ecológica. También se analizarán los valores obtenidos para conocer si la ciudad de Zaragoza está dentro de los límites de sostenibilidad, además de estudiar la evolución de la huella desde 2001 hasta 2016, analizando las variaciones en función de parámetros socioeconómicos que hayan podido afectar a la ciudad de Zaragoza en este periodo de tiempo.

5.1 HUELLA ECOLÓGICA LOCAL Y MUNDIAL

La huella ecológica de Zaragoza ha sido calculada con productividades locales donde se han obtenido las hectáreas reales que necesita la población de la ciudad de Zaragoza para mantener el nivel de vida en el año de estudio (ha/cap) y también ha sido calculada con productividades medias globales, donde se ha obtenido las hectáreas referidas a la superficie media mundial que requiere la población de Zaragoza en un año (hag/cap).

Los valores referidos a las productividades locales se encuentran reflejados en las Tablas 5.1.1-5.1.4, y a las productividades globales en las Tablas 5.1.5-5.1.8.

Tabla 5.1.1: Huella ecológica de 2005 con productividades locales. Fuente: Elaboración Propia

	cultivos	pastos	mar	construido	bosque	energía	TOTAL
alimentación	0,3806	1,5539	1,27040311			-0,0688	3,1361
vivienda				0,0066		0,2989	0,3054
servicios				0,0059			0,0059
movilidad				0,0026		0,6624	0,6650
bienes de consumo	0,0476	0,1293		0,0111	0,3668	0,4325	0,9873
TOTAL	0,4282	1,6831	1,2704	0,0262	0,3668	1,3249	5,0997

Tabla 5.1.2: Huella ecológica de 2006 con productividades locales. Fuente: Elaboración Propia

	cultivos	pastos	mar	construido	bosque	energía	TOTAL
alimentación	0,3723	1,5970	1,3253			-0,0879	3,2067
vivienda				0,0066		0,3072	0,3138
servicios				0,0058			0,0058
movilidad				0,0026		0,6868	0,6894
bienes de consumo	0,0447	0,1513		0,0111	0,4207	0,4881	1,1160
TOTAL	0,4170	1,7483	1,3253	0,0262	0,4207	1,3942	5,3318

Tabla 5.1.3: Huella ecológica de 2008 con productividades locales. Fuente: Elaboración Propia

	cultivos	pastos	mar	construido	bosque	energía	TOTAL
alimentación	0,4538	1,6600	1,47255			-0,0453	3,5411
vivienda				0,0065		0,2953	0,3018
servicios				0,0076			0,0076
movilidad				0,0032		0,5440	0,5473
bienes de consumo	0,0606	0,1139		0,0373	0,4687	0,4988	1,1794
TOTAL	0,5144	1,7739	1,4725	0,0546	0,4687	1,2929	5,5771

Tabla 5.1.4: Huella ecológica de 2016 con productividades locales. Fuente: Elaboración Propia

	cultivos	pastos	mar	construido	bosque	energía	TOTAL
alimentación	0,4505	1,5251	0,9562			0,0247	2,9564
vivienda				0,0068		0,2332	0,2401
servicios				0,0077			0,0077
movilidad				0,0038		0,6135	0,6173
bienes de consumo	0,0363	0,1663		0,0050	0,4920	0,3027	1,0023
TOTAL	0,4867	1,6913	0,9562	0,0233	0,4920	1,1742	4,8238

A continuación, se muestran los valores obtenidos para productividades medias mundiales.

Tabla 5.1.5: Huella ecológica de 2005 con productividades medias mundiales. Fuente: Elaboración Propia

	cultivos	pastos	mar	construido	bosque	energía	TOTAL
alimentación	0,8298	0,7476	0,4573			-0,0943	1,9405
vivienda				0,0143		0,4095	0,4238
servicios				0,0128			0,0128
movilidad				0,0057		0,9075	0,9132
bienes de consumo	0,1044	0,0788		0,0246	0,4370	0,5925	1,2373
TOTAL	0,9342	0,8264	0,4573	0,0575	0,4370	1,8152	4,5276

Tabla 5.1.6: Huella ecológica de 2006 con productividades medias mundiales. Fuente: Elaboración Propia

	cultivos	pastos	mar	construido	bosque	energía	TOTAL
alimentación	0,8357	0,7641	0,4771			-0,1204	1,9566
vivienda				0,0144		0,4208	0,4352
servicios				0,0127			0,0127
movilidad				0,0057		0,9409	0,9466
bienes de consumo	0,0975	0,0827		0,0246	0,5111	0,6688	1,3847
TOTAL	0,9332	0,8469	0,4771	0,0574	0,5111	1,9101	4,7358

Tabla 5.1.7: Huella ecológica de 2008 con productividades medias mundiales. Fuente: Elaboración Propia

	cultivos	pastos	mar	construido	bosque	energía	TOTAL
alimentación	1,0208	0,8788	0,5301			-0,0621	2,3677
vivienda				0,0142		0,4046	0,4187
servicios				0,0076			0,0076
movilidad				0,0071		0,7453	0,7524
bienes de consumo	0,1322	0,0450		0,0824	0,5983	0,6834	1,5412
TOTAL	1,1530	0,9237	0,5301	0,1112	0,5983	1,7712	5,0876

Tabla 5.1.8: Huella ecológica de 2016 con productividades medias mundiales. Fuente: Elaboración Propia

	cultivos	pastos	mar	construido	bosque	energía	TOTAL
alimentación	1,1318	0,7709	0,3442			0,0339	2,2808
vivienda				0,0149		0,3196	0,3345
servicios				0,0167			0,0167
movilidad				0,0083		0,8404	0,8487
bienes de consumo	0,0791	0,0815		0,0111	0,6741	0,1824	1,0281
TOTAL	1,2108	0,8524	0,3442	0,0510	0,6741	1,3763	4,5088

La huella ecológica local oscila entre 5,1 y 5,6 entre 2005 y 2008, hasta alcanzar 4,8 en 2016. Este valor significa que aproximadamente un habitante de la ciudad de Zaragoza necesita entre 5 y 5,6 hectáreas de terreno productivo local para poder satisfacer su consumo de recursos bióticos.

Sin embargo, la huella ecológica a nivel global oscila entre 4,5 y 5,1, obteniéndose de este modo un valor de la huella ecológica mayor con productividades locales que con productividades medias mundiales, lo que puede ser debido a que el rendimiento a nivel global de la tierra explotada es mayor que el rendimiento a nivel local. Sin embargo, al analizar la huella ecológica de cada componente, únicamente la alimentación tiene un valor superior cuando se usan productividades locales. Por lo tanto, se considera necesario estudiar los resultados obtenidos para cada tipo de tierra y para cada componente.

Para el cálculo de la huella ecológica con productividades globales se emplean los factores de equivalencia recogidos en la Tabla A4.1 y obtenidos de *Global Footprint Network*. Los factores de equivalencia tienen un peso importante en el resultado final, ya que, para los cultivos se usa un factor con un valor de 2,18, debido al hecho de que se considera la tierra más bioproductiva. Esto provoca que el valor de huella sea superior a resultado obtenido para el resto de tipo de tierras. Esta problemática sucede al contrario para la tierra de pastos, cuyo factor de equivalencia es 0,49, y por tanto su aportación es mucho menor al valor total de la huella ecológica. Aunque la superficie dedicada a pastos sea mayor que la dedicada a cultivos, debido al factor de equivalencia, la contribución al valor final de la huella ecológica global es menor, siendo la superficie media global de los pastos para la alimentación de la población de Zaragoza el valor más alto.

En la figura 5.1.1 se muestra gráficamente la huella ecológica tanto a nivel global como local para los años de estudio

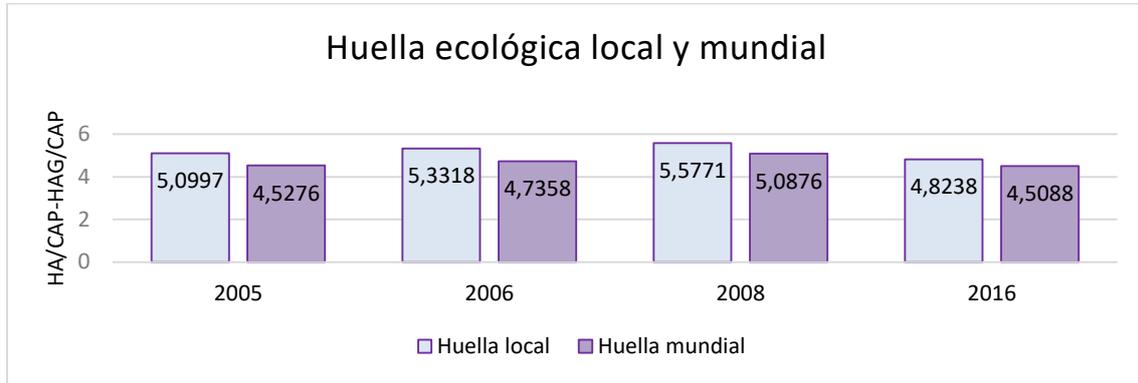


Figura 5.1.1: Huella ecológica de Zaragoza con productividades locales y medias mundiales. Fuente: Elaboración propia.

En las siguientes figuras aparece la huella ecológica por componentes para 2005, 2006, 2008 y 2016.

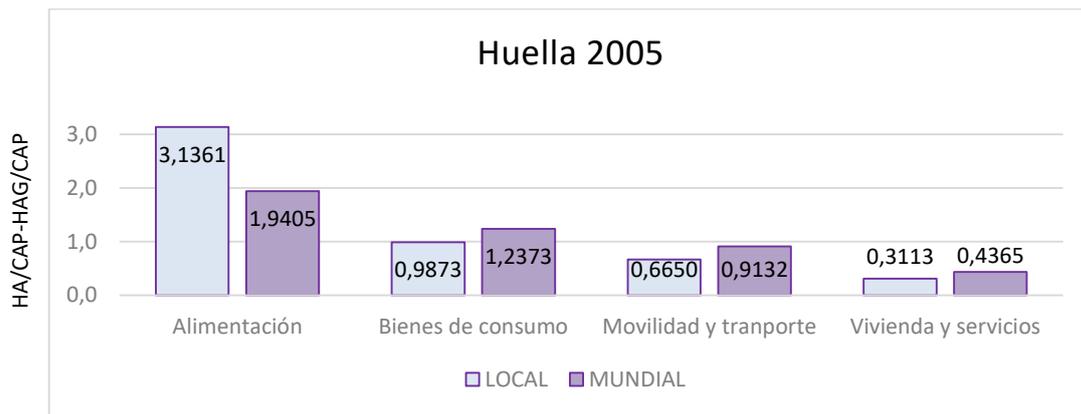


Figura 5.1.2: Representación de la huella ecológica local y mundial por componentes para 2005. Fuente: Elaboración propia

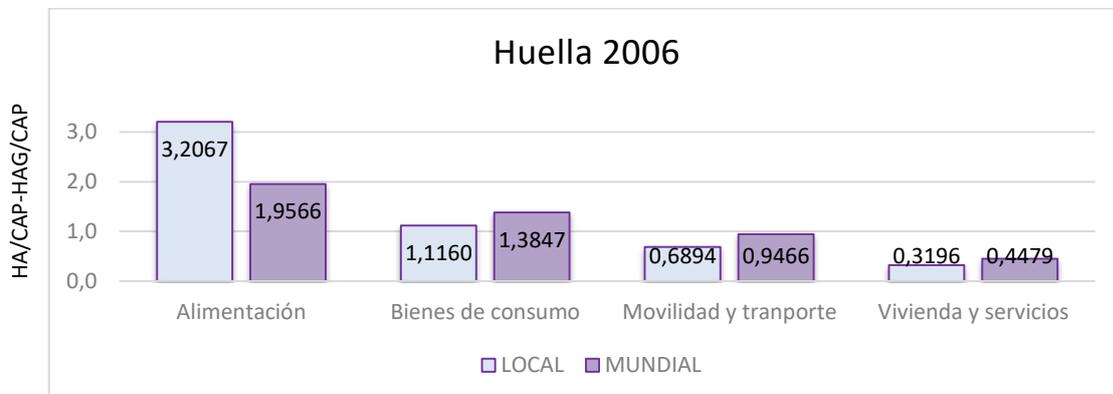


Figura 5.1.3: Representación de la huella ecológica local y mundial por componentes para 2006. Fuente: Elaboración propia



Figura 5.1.4: Representación de la huella ecologica local y mundial por componentes para 2008. Fuente: Elaboración propia

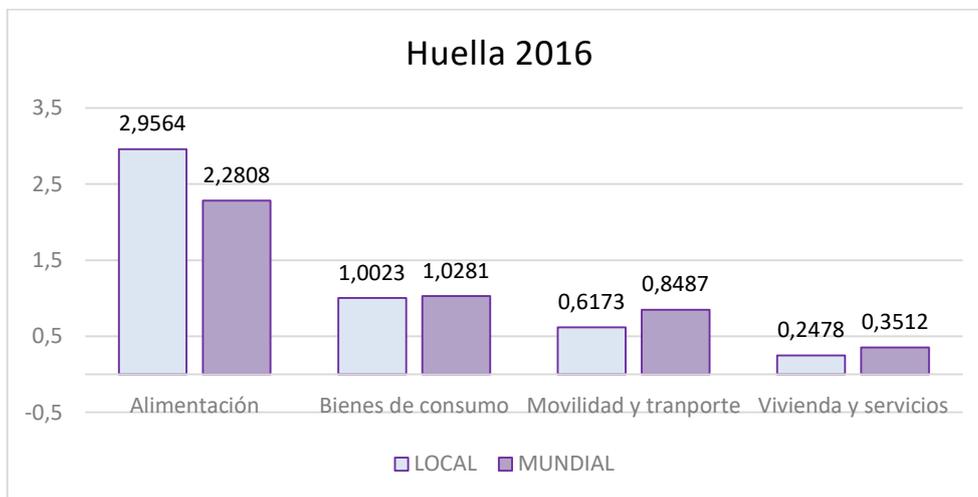


Figura 5.1.4: Representación de la huella ecologica local y mundial por componentes para 2016. Fuente: Elaboración propia

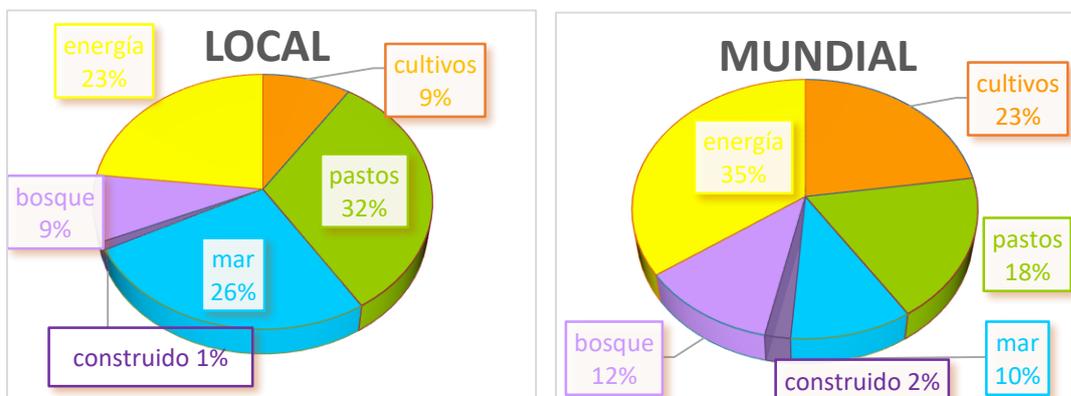


Figura 5.1.4: Representación de la huella ecologica local y mundial por tipos de tierra para 2008. Fuente: Elaboración propia

Analizando la huella ecológica de Zaragoza, puede observarse que el mayor aporte al total de la huella ecológica proviene de la componente de la alimentación, suponiendo entre un 40-60% de valor final, seguido por los bienes de consumo. Si analizamos por tipología de terreno se puede comprobar que los mayores porcentajes provienen de los pastos, mar y cultivos frente al terreno construido que aporta un valor mínimo, lo que favorece en mayor aporte de la alimentación, ya que estos tres tipos de tierra son los explotados por esta componente. En el caso de las productividades locales, destaca la contribución de los pastos y el mar debido a la baja productividad de estas superficies en la provincia de Zaragoza. Para la huella ecológica calculada en superficies medias globales, el reparto es más igualado debido a la aplicación de los factores de equivalencia, comentados anteriormente.

La alta contribución de la tierra de la energía se debe a que todas las componentes requieren de este tipo de tierra para la absorción de las emisiones de CO₂ procedentes de sus respectivas actividades. Sin embargo, no todas las componentes tienen la misma contribución en la huella de la energía. A continuación, se muestran las representaciones correspondientes a la tierra de la energía para los años correspondientes (Figura 5.1.5) y de este modo poder observar dichas contribuciones:

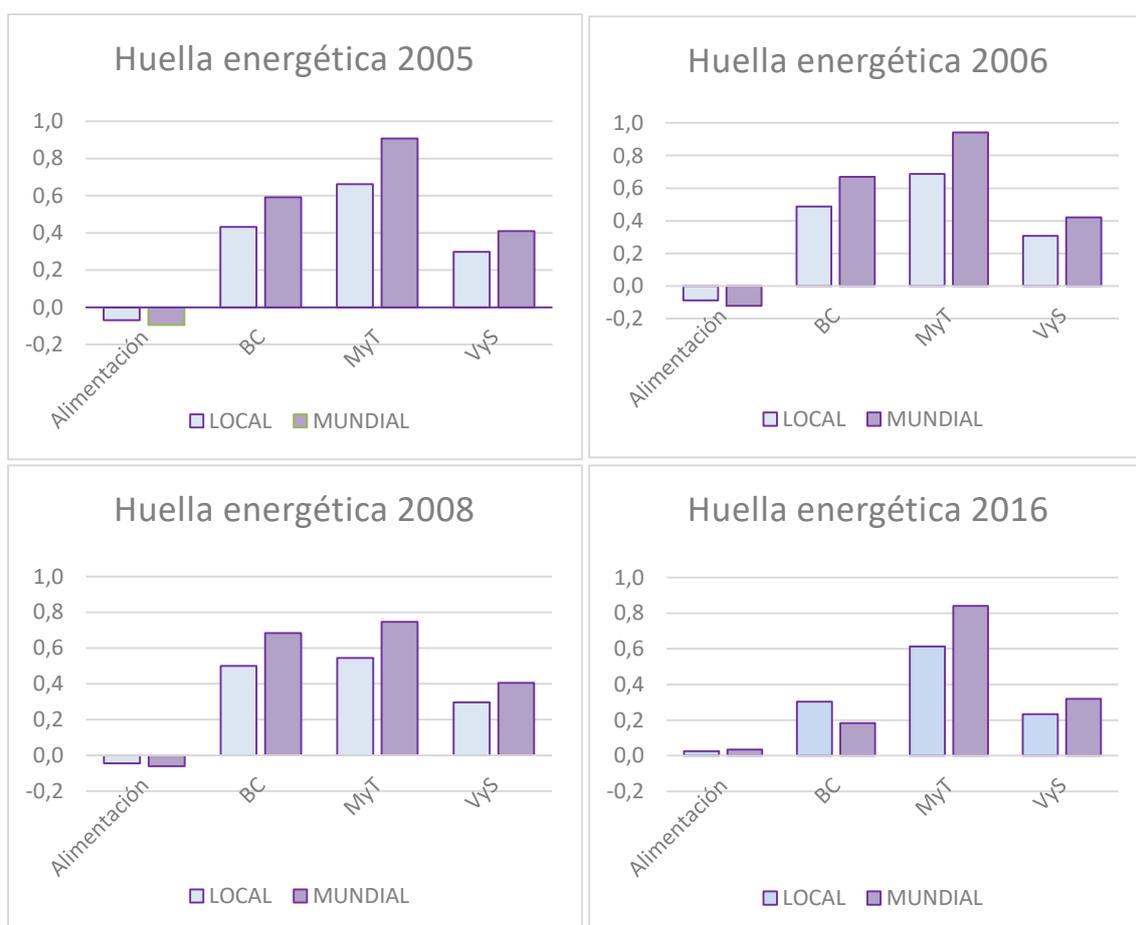


Figura 5.1.5: Huella energética de 2005, 2006, 2008 y 2016 para cada componente. Fuente: Elaboración propia

La proporción de cada componente en la huella energética local y en la huella energética global es la misma porque en ambos casos se ha trabajado con productividades medias globales, debido a que únicamente el resultado de la huella local se ha multiplicado por el factor de equivalencia de la tierra de la energía (Tabla A4.1), que corresponde con un 1,37 y se ha obtenido por tanto las hectáreas per cápita globales. La componente con mayor peso en la huella de la energía es la movilidad y el transporte, debido a que el consumo de energía primaria por parte de esta componente es más elevado que el resto. Las siguientes componentes con un valor elevado son los bienes de consumo y la vivienda y servicios. Aunque se encuentran bastante lejos del valor de la movilidad y transporte. Cabe destacar el valor negativo de la tierra de la energía para la componente de la alimentación, esto es debido a la energía neta asociada a importaciones, indicativo que se ha producido en la ciudad de Zaragoza un mayor número de importaciones frente a exportaciones

5.2 HUELLA ECOLOGICA Y CAPACIDAD DE CARGA ¿DÉFICIT O SUPERÁVIT ECOLOGICO?

Para saber si una población tiene un déficit o superávit ecológico, es necesario comparar el valor de la huella ecológica con la capacidad de carga, como se explica en el Apartado 2.3 *Huella Ecológica como indicador de sostenibilidad*, de este modo se conoce si una población se encuentra dentro de los límites de sostenibilidad. Cuando el valor de la capacidad de carga es mayor a la huella ecológica, la población se encuentra en superávit y está desarrollándose de manera sostenible, por el contrario, cuando el valor de la huella supera a la capacidad de carga, existirá un déficit. Para poder descubrir en que situación está la ciudad de Zaragoza, se va a utilizar el valor de la capacidad de carga global y se compara con la huella ecológica per cápita en hectáreas medias globales.

El dato utilizado de capacidad de carga es 1,72 hectáreas globales per cápita, que aparece en *Global Footprint Network, 2015*. Por lo tanto, para los años de estudio:

Tabla 5.2.1: Déficit ecológico de la ciudad de Zaragoza. Fuente: Elaboración propia

AÑO	HUELLA ECOLOGICA	DÉFICIT
2005	4,5276	-2,8076
2006	4,7358	-3,0158
2008	5,0876	-3,3676
2016	4,5088	-2,7888

Comparando este dato con la huella ecológica obtenida para Zaragoza, resulta que existe un déficit ecológico, esto significa que la población está consumiendo más recursos de los que debería.

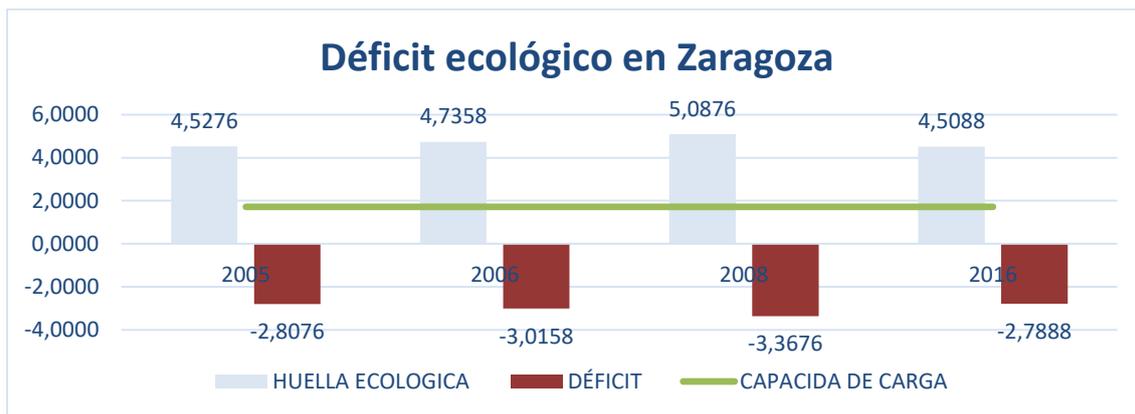


Figura 5.2.1. Déficit ecológico de la ciudad de Zaragoza para 2005,2006,2008 y 2016. Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 5.2.2 se compara para cada tipo de terreno la huella ecológica global de Zaragoza de 2005, 2006, 2008 Y 2016 con la capacidad de carga del planeta, y de este modo conocer el déficit de cada superficie

	cultivos	pastos	mar	construido	bosque	energía	TOTAL
2005	-0,3742	-0,6164	-0,3073	0,0125	0,2930	-1,8152	-2,8076
2006	-0,3732	-0,6369	-0,3271	0,0126	0,2189	-1,9101	-3,0158
2008	-0,5930	-0,7137	-0,3801	-0,0412	0,1317	-1,7712	-3,3676
2016	-0,6508	-0,6424	-0,1942	0,0190	0,0559	-1,3763	-2,7888
Biocapacidad ¹	0,56	0,21	0,15	0,07	0,73	-	1,72

El mayor déficit se da en la tierra de cultivos en el año 2016 y en pastos en los años 2008 y 2016. La tierra de bosques no presenta déficit en ninguno de los años de estudio, tampoco el terreno construido a excepción de 2008 que si presenta un déficit de 0,0412 poco reseñable. De los años de estudio el que presenta un mayor déficit en total es 2008, alcanzando 3,37 hag/cap, como se muestra reflejado en la Figura 5.2.1

5.3 EVOLUCIÓN DE LA HUELLA ECOLOGICA DE ZARAGOZA

Se va a llevar a cabo el análisis de la huella ecológica de Zaragoza desde 2001-2016, utilizando para ellos los resultados obtenidos en este trabajo, pero también los resultados obtenidos en los trabajos anteriores realizados sobre la misma temática. Se van a representar en una misma gráfica los valores de huella con productividades locales y medias mundiales y así poder observar la tendencia de los resultados.

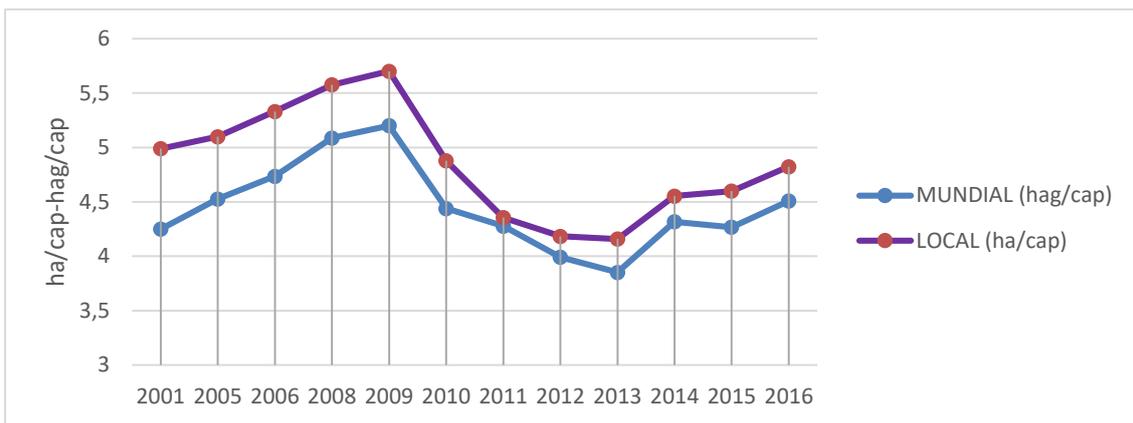


Figura 5.3.1: Evolución de la huella ecológica desde 2001-2016. Fuente: Elaboración propia, usando datos para 2001, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014 y 2015 de trabajos anteriores de estimación de la huella.

En 2001 se parte de un valor de huella ecológica de 4,99 ha/cap a nivel local y 4,25 hag/cap a nivel global, hasta alcanzar en 2016 4,8 ha/cap y 4,5 hag/cap. Desde 2009 hasta 2013, el valor del indicador desciende hasta que en 2013 alcanza un valor mínimo de 4,16 ha/cap y 3,85 hag/cap. Pero luego desde 2013 hasta 2016 se va incrementando.

El punto más reseñable en la evolución de la huella es en 2009, donde sufre un pico considerable, alcanzando de 5,70 ha/cap y 5,21 hag/cap. Como ya se ha mencionado anteriormente los bienes de consumo y la alimentación son las componentes con más peso en la huella, cualquier aumento o disminución en el consumo, producción, importación o exportación de cualquiera de estas componentes podría modificar drásticamente el valor final del resultado. Para ejemplificar esta gran influencia en el valor final se muestra en la Figura 5.3.2, el porcentaje de cada componente en la huella de 2009.

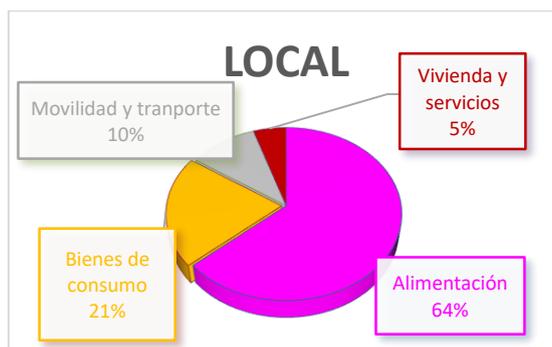


Figura 5.3.2: Representación por componentes de la huella local de Zaragoza para 2009. Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Figura 5.3.2, la alimentación y los bienes de consumo representan el 85% del valor total, por lo que cualquier modificación en alguna de estas dos componentes puede suponer un gran cambio en el valor final. Por lo tanto, para conocer las causas de estas variaciones de la huella ecológica de Zaragoza se va a analizar la influencia de cada componente y su evolución temporal.

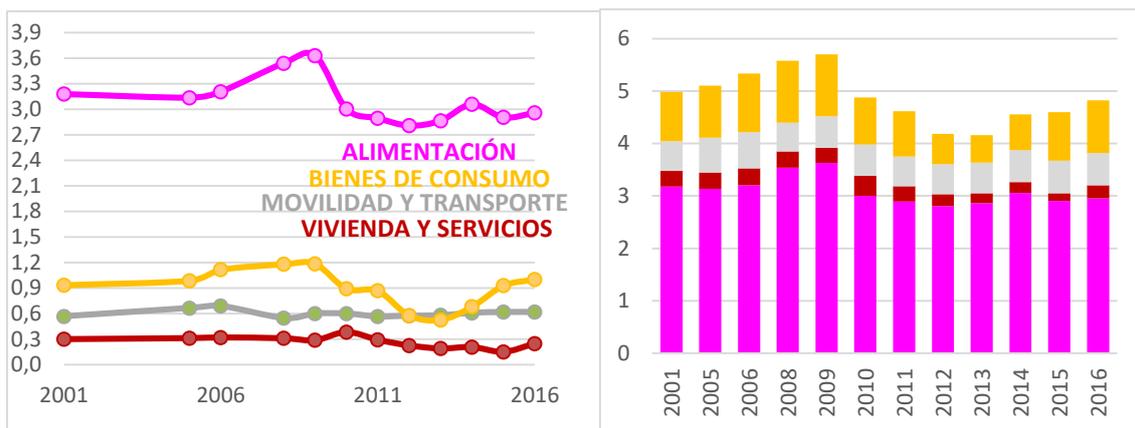


Figura 5.3.3. Evolución por componentes de la huella ecologica local (ha/cap) e influencia de cada componente. Fuente: Elaboración propia

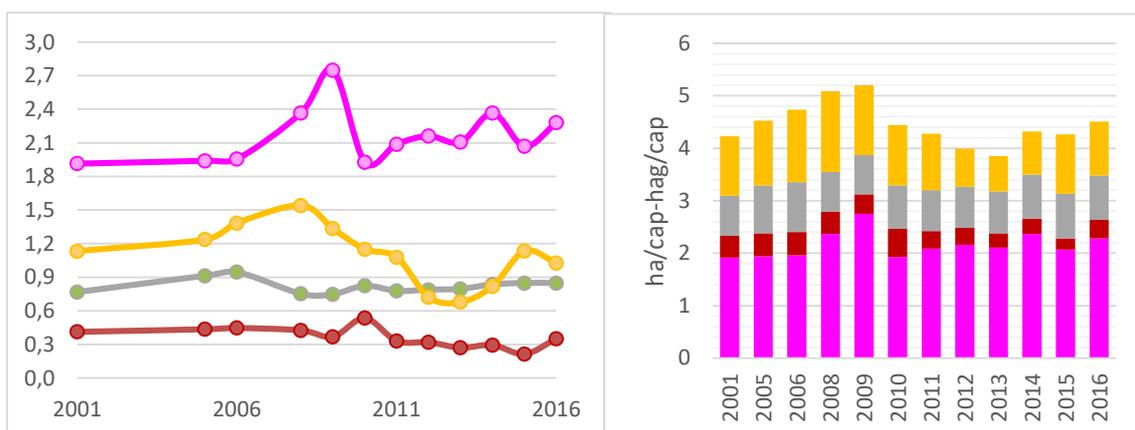


Figura 5.3.4. Evolución por componentes de la huella ecologica mundial (hag/cap) e influencia de cada componente. Fuente: Elaboración propia

Para 2009, las hectáreas requeridas para la alimentación son las que más han aumentado, en comparación con el resto de componentes. La alimentación es la componente principal, seguido de los bienes de consumo, la movilidad y el transporte y por último la vivienda y los servicios. En el caso de las superficies locales la alimentación supone prácticamente el 60% (Figura 5.3.2) de valor total de la huella. Como se ha podido observar en la Figura 5.3.1, donde el valor final de la huella para 2009 también era superior al resto, se puede comprobar que este valor es mayor, debido al hecho de que la componente de la alimentación para este año aumentó considerablemente. A partir de este punto, el resultado de la huella de la alimentación comenzó a disminuir, hasta 2014 donde el valor de la alimentación aumentó levemente. Se conoce que el consumo medio por hogar ha disminuido a partir de 2010 debido a una

evolución económica negativa, pero se desconoce el grado de influencia de esta situación en la huella, pudiendo haber otros factores que también intervengan.

Respecto al resto de componentes, presentan una evolución más cercana a la tendencia general. Solamente cabe mencionar un ligero aumento de los bienes de consumo para el año 2008. Para conocer poder conocer las causas que resultan en la variación de la huella ecológica de Zaragoza se va a analizar la influencia de cada componente y su evolución temporal.

5.3.1 Evolución de la huella de la alimentación

En este apartado se va a describir la tendencia que la huella ecológica de la alimentación ha seguido desde el 2001 hasta el 2016. El cambio más brusco se produce en el año 2009 tanto a nivel local como global, que alcanza un valor de 3,6 ha/cap, el cual es el valor más alto en todos los años de estudio. Después de ese punto, la huella ecológica local de la alimentación comienza a disminuir con una pendiente más suave hasta alcanzar 2,95 ha/cap en 2016.

Tabla 5.3.1. Datos para la huella ecológica local y mundial desde 2005-2016. Fuente elaboración propia y datos pertenecientes a anteriores trabajos.

AÑO	Huella local	Huella mundial
2001	3,1780	1,9151
2005	3,1361	1,9405
2006	3,2067	1,9566
2008	3,5411	2,3677
2009	3,6311	2,7496
2010	3,004	1,9289
2011	2,8939	2,0888
2012	2,8073	2,1609
2013	2,8653	2,1066
2014	3,0596	2,3665
2015	2,9041	2,0697
2016	2,9564	2,2808

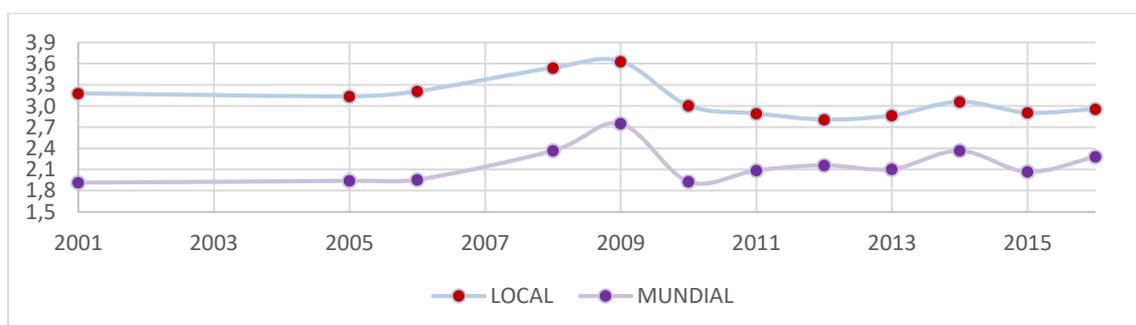


Figura 5.3.5. Evolución de la huella ecológica local y mundial de la alimentación desde 2001-2016. Fuente: Elaboración propia

A diferencia de la huella mundial, que a partir de 2010 (3 ha/cap) comienza a aumentar lentamente, hasta tener el valor de 2,28 ha/cap en 2016. Parece, por tanto, que en la actualidad la huella de la alimentación podría estar en valores cercanos a 2,9-3,1 ha/cap, si sigue la tendencia representada en la Figura 5.3.5.

Como la componente de la alimentación tiene un peso elevado en el valor final de la huella, se va a proceder a estudiar para 2016 (año de estudio más actualizado) los datos de partida de consumo de los principales alimentos y de este modo realizar una comparativa con otros años clave en la evolución de la huella. Se va a comparar por tanto los datos de las matrices de cálculo de 2009, 2010 y 2016, para localizar las posibles diferencias, y estudiar si han cambiado los hábitos alimenticios de los Zaragozanos. La comparativa es para los tres tipos de tierra que usa la componente de la alimentación, en primer lugar, se procederá con la tierra de cultivos, seguido de la tierra de pastos y por último es espacio bioproductivo marino. Para ello se utilizan datos de consumo por grupo de alimentos, superficie tanto local como media mundial y valores de huella ecológica.

Para comenzar, se ha realizado la comparativa para la tierra de cultivos, que corresponde principalmente con la alimentación por parte de la población basada en plantas. Se han escogido los principales grupos alimenticios.

Tabla 5.3.2: Comparativa entre 2009, 2010 y 2016 del consumo para la tierra de cultivos. Fuente: Consumo¹ y Consumo² han sido obtenidos de anteriores trabajos de estimación de la huella ecológica.

TIPO DE DATO	2009		2010		2016	
	CONSUMO ¹	Resultado	CONSUMO ²	Resultado	CONSUMO	Resultado
Cereales	1.140.035,44	Superficie local cultivos	696.665,29	Superficie local cultivos	782.670,64	Superficie local cultivos
Forrajes	2.575.980,06	469.324,63 ha	-3.285,59	223.132,11	2.375.394	297.814,29
Tubérculos	9.921,2	Huella local cultivos	12.427	Huella local cultivos	16.209	Huella local cultivos
Hortícolas	53.727,14	0,696 ha/cap	62.393,14	0,331	54.442,25	0,450
Legumbres	5.678,41	Superficie global cultivos	28.046,50	Superficie global cultivos	25.804,02	Superficie global cultivos
Fruta	134.388,90	1.542.041,60 ha	91.749,92	1.355.105,93	72.379,52	1.631.109,86
Aceites y grasas	9.534,56	Huella global cultivos	84.321,48	Huella global cultivos	65.370,33	Huella global cultivos
Varios	19.395,30	1,409 hag/cap	70.171,47	0,921	11.421,93	1,132

Se puede comprobar que, en 2009, los consumos alcanzaron valores muy elevados, por ejemplo, en el consumo de cereales, casi se duplica respecto las cifras para los otros años de la comparativa. Esto permite entender porque se produce el pico en esta componente para este año. Es importante mencionar que aumenta levemente el consumo de cereales en 2016 respecto a 2010 y aumenta ligeramente el consumo de frutas en 2010 respecto a 2016.

Se va a realizar el mismo proceso para la alimentación basada en animales Tabla 5.3.3, sin tener en cuenta el pescado y el marisco, para el cual se realizará una comparativa independiente.

Tabla 5.3.3: Comparativa entre 2009, 2010 y 2016 del consumo para la tierra de pastos. Fuente: Consumo¹ y Consumo² han sido obtenidos de anteriores trabajos de estimación de la huella ecológica.

AÑO	2009		2010		2016	
	CONSUMO ¹	Resultado	CONSUMO ²	Resultado	CONSUMO	Resultado
Ovino y caprino	30.520,3	Superficie local pastos	31.202,6	Superficie local pastos	13.229,22	Superficie local pastos
Bovino	8.010	1.244.114,87	7.263	1.157.585,531	8.902	1.008.229,209
Conejo y equino	2.158,74	Huella local pastos	3.080,17	Huella local pastos	2.703,25	Huella local pastos
Porcino	10.168	1,845	10.911	1,7146	22.458	1,525
Leche	12.227,4	Superficie global pastos	92.390,56	Superficie global pastos	90.231,38	Superficie global pastos
Queso y Mantequilla	1.323,8	290.765,49	33.205	235.087,501	32.250,7	249.736,9401
Miel	0	Huella global pastos	389	Huella global pastos	380,2	Huella global pastos
Despojos	-46	0,880	1.888,11	0,710643589	4.429,36	0,771

No hay en esta comparativa ningún valor reseñable que se salga de la media habitual entre 2010 y 2016, por lo que el consumo alimentos provenientes de animales no ha variado mucho de un año de estudio a otro. Por último, se va a hacer la comparativa para el consumo de pescados y mariscos, Tabla 5.3.4:

Tabla 5.3.4: Comparativa entre 2009, 2010 y 2016 del consumo para la tierra de mar. Fuente: Consumo¹ y Consumo² han sido obtenidos de anteriores trabajos de estimación de la huella ecológica.

AÑO	2009		2010		2016	
	CONSUMO ¹	Resultado	CONSUMO ²	Resultado	CONSUMO	Resultado
Pescado fresco	12,45	730.959,628	12,83	679.135,28	12,20	632.124,18
Pescado congelado	3,44	1,084	3,55	1,0059	3,37	0,96
Marisco	8,43	263.145,47	8,69	244.488,69	8,26	227.564,70
Conservas de pescado	4,31	0,444	4,44	0,3621	4,22	0,36
TOTAL	28,63		29,51		28,05	

Respecto al consumo de pescado y marisco es bastante estable a lo largo de los tres años en los que se ha realizado la comparativa. Si cabe destacar que para el año 2016 se obtuvo el valor de productividad pesquera más alto de los tres años, 72,19 kg/km² (Tabla A4.8: Producción Pesquera Mundial desde 2005 hasta 2016), en comparación con el de 2009 y 2016 que se aproxima a 65 de media. Por tanto, la superficie pesquera global disminuye para 2016 un 7%.

En resumen, una vez analizado la evolución de la huella ecológica de la alimentación de Zaragoza, se concluye que la variación se corresponde con un cambio en los hábitos de consumo alimentario de la población, con un aumento de consumo de cereales. Además, la productividad de las tierras necesarias para los cultivos en el año 2009 disminuyó respecto al 2010 y 2016.

5.3.1 Evolución de la huella de los bienes de consumo

En este apartado se estudia la evolución de la huella ecológica de los bienes de consumo desde 2005 hasta 2016, en la Figura 5.3.6 se representa la huella local y global.

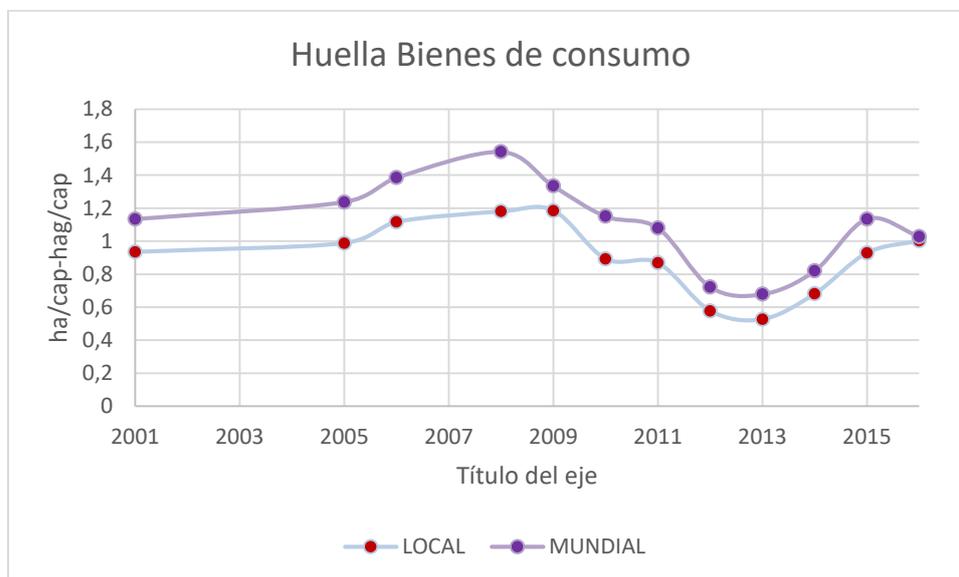


Figura 5.3.6: Evolución de la huella ecológica local y mundial de los bienes de consumo desde 2001-2016. Fuente: Elaboración propia

Se parte de un valor en 2001 de 0,93 ha/cap y de 1,13 hag/cap hasta llegar en 2016 a las 1,00ha/cap y 1,03 hag/cap. En 2009 la huella tanto local como mundial de los bienes de consumo, tiene un máximo alcanzando valores 1,19 ha/cap y 1,33 hag/cap. A partir de este momento la huella tanto local como mundial de los bienes de consumo empieza a descender hasta alcanzar su valor más bajo en 2013 (0,53 ha/cap y 0,68 hag/cap). A continuación, a partir de 2013, comienza a aumentar hasta llegar al 2016. Como se ha comentado en los anteriores apartados, la componente de la alimentación y de los bienes de consumo suponen un peso del 85 % (Figura 5.3.2), por lo que cualquier cambio en el consumo, producción e importación de los bienes de consumo puede afectar de forma muy considerable al resultado final. Es por ese motivo en 2009 el valor total de la huella ecológica sufre esa variación alcanzando su máximo valor, respecto a los anteriores. Parece que la tendencia de los próximos años de esta componente estará próximo a valores cercanos a la hectárea per cápita.

5.3.2 Evolución de la huella de la movilidad y el transporte

En la figura 5.3.7, aparece representada la evolución de huella ecológica local y mundial de la movilidad y transporte. Puede observarse como la evolución de la componente movilidad y transporte es prácticamente uniforme calculado con productividades locales y también con productividades medias mundiales, con la excepción en la huella mundial en el año 2006 y 2009, donde si aparecen un máximo llegando a 0,947 hag/cap y un mínimo 0,748 hag/cap respectivamente, y no sigue la tendencia constante

que tenía los años anteriores. A partir de 2013 la huella mundial de la movilidad y transporte sigue una tendencia ascendente con una leve pendiente, alcanza en 2016 el valor de 0,849 hag/cap

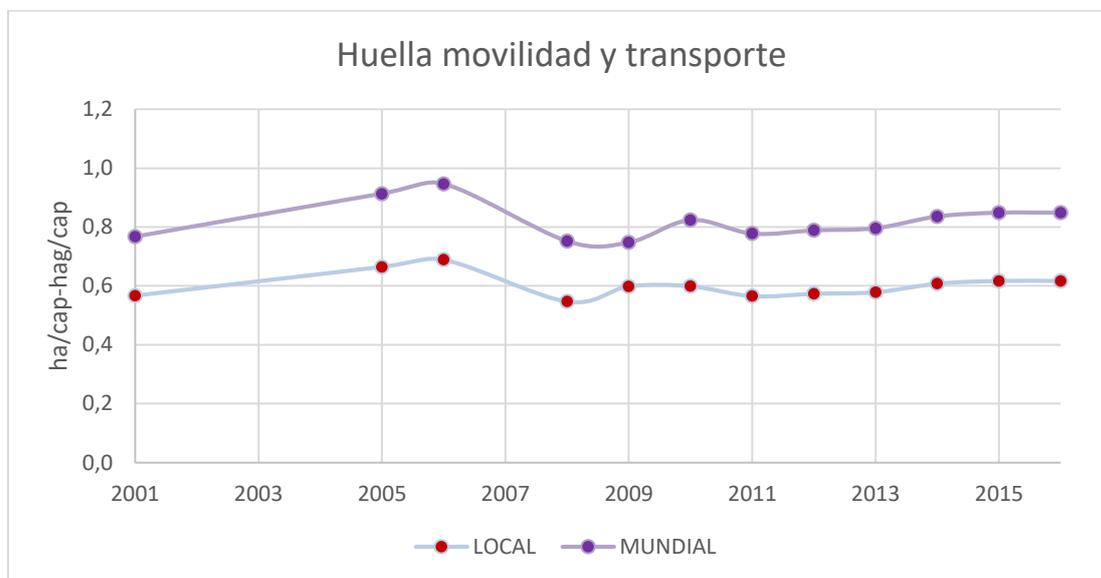


Figura 5.3.7. Evolución de la huella ecologica local y mundial de la movilidad y transporte desde 2001-2016. Fuente: Elaboración propia

5.3.3 Evolución de la huella de la vivienda y los servicios

A continuación, está la representación para la evolución de la huella ecologica de la vivienda y los servicios, Figura 5.3.8. Si se compara las gráficas con las de movilidad y transporte, se obtiene valores menores, lo que es lógico debido a que la influencia de la vivienda y servicios en el resultado global de la huella es mucho más pequeña que la influencia de la movilidad y transporte (Figura 5.3.2).

Como ocurría en la componente de movilidad y transporte, la huella local de la vivienda y servicios tiene una evolución bastante constante a lo largo de los años. Sin embargo, en la vivienda y servicios aparece un máximo en el año 2010 que altera la evolución de esta componente. Esto se debe a que esta componente está afectada directamente por la huella de la energía y en este año hubo un aumento considerable del consumo de energía primaria. Como se ha visto en el *Anexo 5: Cálculos relativos al consumo energético* el mayor consumo por parte de la población de energía es proveniente del petróleo, seguido por gas natural, que posteriormente se transforman para ser usados por cada uno de los componentes. En 2010 se disponía 1.686.905 tep de gas natural frente a las 1.030.880 tep disponibles en 2009 y a las 994.701 tep de 2011. Un aumento de la huella energética debido a la mayor cantidad de gas natural y petróleo, tuvo como consecuencia aumento sustancial de la huella ecologica de la vivienda y los servicios.

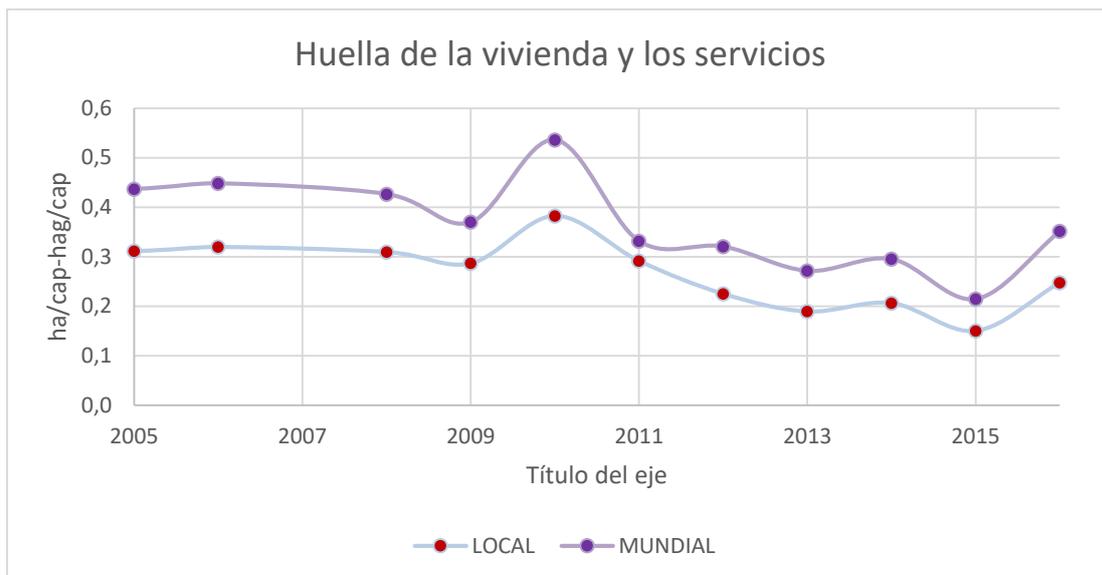


Figura 5.3.8. Evolución de la huella ecológica local de la vivienda y los servicios desde 2005-2016. Fuente: Elaboración propia

5.3.4 Evolución del consumo energético

En la tabla 5.3.5 y la Figura 5.3.8 se presenta la huella ecológica asociada a los consumos energéticos de las distintas actividades de la población de Zaragoza en el periodo 2001 a 2016.

Tabla 5.3.5: Valores de a huella energética local y global desde 2005-2016. Fuente: Elaboración propia

AÑO	HUELLA ENERGETICA LOCAL	HUELLA ENERGETICA MUNDIAL
2001 ¹	1,158	1,563
2005	1,325	1,815
2006	1,394	1,910
2008	1,293	1,771
2009 ¹	1,154	1,430
2010 ¹	1,219	1,670
2011 ¹	0,661	1,185
2012 ¹	0,609	0,834
2013 ¹	0,573	0,784
2014 ¹	0,884	1,211
2015 ¹	1,062	1,447
2016	1,174	1,376

AÑO¹: Resultados obtenidos de trabajos anteriores de estimación de la huella

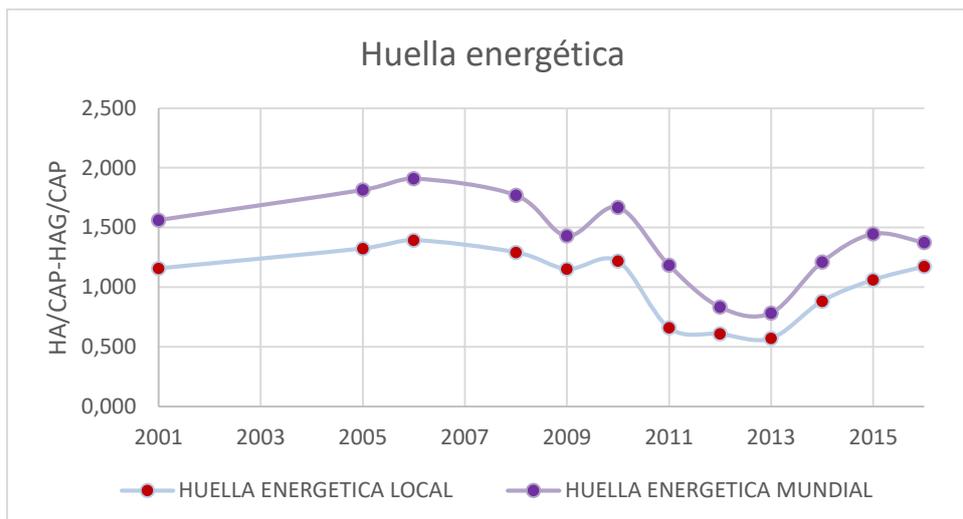


Figura 5.3.9: Representación de la huella energética local y mundial desde 2001 hasta 2016. Fuente: Elaboración propia

Existe un descenso significativo en 2013, supone una disminución de un 54% respecto a la huella energética local de 2005. En el trabajo *Aproximación a la huella ecológica de Zaragoza 2013; componentes alimentación y energía* (N. Cantón, 2016), fueron estudiados los motivos y se llegó a la conclusión de que había habido una disminución aproximadamente del 6% del consumo energético entre 2009 y 2013, debido a un descenso en el uso de combustibles fósiles en favor del consumo de energía procedente de fuentes renovables, destacando entre ellas la energía eólica cuyo consumo se había duplicado en 2013 en comparación con 2009.

A partir de 2013, el consumo energético y por tanto la huella ecológica perteneciente a la tierra de la energía comienza a aumentar lentamente, hasta alcanzar en 2016 un valor de 1,17 ha/cap y 1,38 hag/cap correspondientes a huella local y mundial de la energía respectivamente.

5.4 INFLUENCIA DE LOS ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS EN LA HUELLA ECOLÓGICA

Para concluir con este apartado de interpretación de resultados, se va a comparar la huella obtenida para los diferentes años de estudio con varios indicadores y aspectos socioeconómicos. De este modo se podrá justificar la tendencia seguida por la huella.

Los indicadores elegidos para llevar a cabo la comparativa son:

- Producto interior bruto (PIB): expresa el valor monetario de la producción de bienes y servicios de demanda final de un país o región durante un período determinado.
- Crecimiento poblacional de la ciudad de Zaragoza: es el cambio en la población en un cierto periodo, cuantificado como el cambio en el número de individuos en una población por unidad de tiempo para su medición.

- Tasa de desempleo: se calcula como el número de desempleados dividido por la población activa, y se expresa en forma de porcentaje.
- Índice de producción industrial (IPI): mide la evolución mensual de la actividad productiva de las ramas industriales como industrias extractivas, manufactureras, de producción...
- Ingreso nacional bruto (INB): se calcula como la suma de los ingresos de los factores productivos como los salarios de los trabajadores, ganancias de las empresas...

En primer lugar, se muestran los valores del Producto Interior Bruto para la Comunidad Autónoma de Zaragoza desde el año 2005 hasta 2016, representados en la Figura 5.4.1.

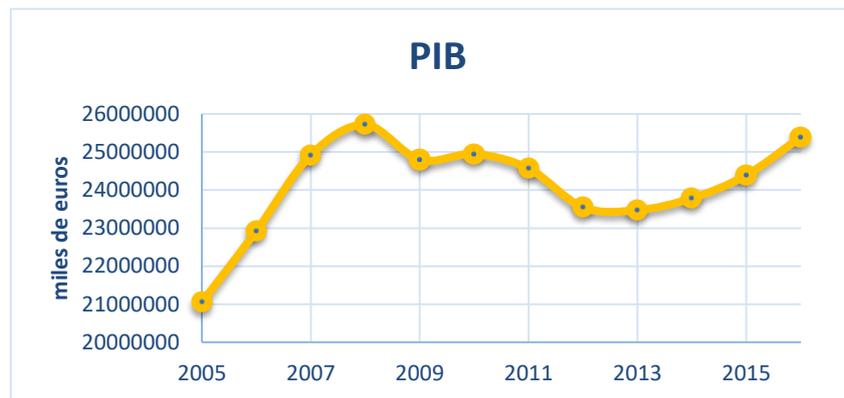


Figura 5.4.1: Producto Interior Bruto de Zaragoza desde 2006 hasta 2016. Fuente Instituto Aragonés de Estadística

El PIB es un indicador económico que es utilizado para medir la riqueza de una población, donde aparecen reflejado el valor monetario de bienes y servicios producidos por dicha población. En este caso la población de estudio es la Comunidad Autónoma de Zaragoza.

Se pueden observar varios puntos clave en esta gráfica, dos valores máximos en 2008 y 2016, y dos valores mínimos en 2005 y 2013, con un valor más notable para el año 2005, ya que descendió hasta 21.054.774 millones de euros. A partir de 2013 el valor de este indicador va incrementándose hasta 2016 que alcanzó 25.394.739 millones de euros. Para entender mejor estas variaciones se va a realizar el resto de representaciones relacionadas con los indicadores socioeconómicos antes mencionados. De este modo se tendrá una visión más global y se comprenderá la tendencia tanto de los indicadores socioeconómicos como del indicador ecológico del cual se está realizando el estudio, la huella ecológica.

A continuación, aparecen el Crecimiento demográfico, la tasa de desempleo, el IPI anual, y por último el INB, en las Figuras 5.4.2-5.4.5 respectivamente.



Figura 5.4.2: Crecimiento poblacional de Zaragoza desde 2005 hasta 2016. Fuente Instituto Aragonés de Estadística



Figura 5.4.3: Tasa de desempleo en Zaragoza desde 2006 hasta 2016. Fuente Instituto Aragonés de Estadística



Figura 5.4.4: Índice de producción Industrial anual. Fuente Instituto Aragonés de Estadística

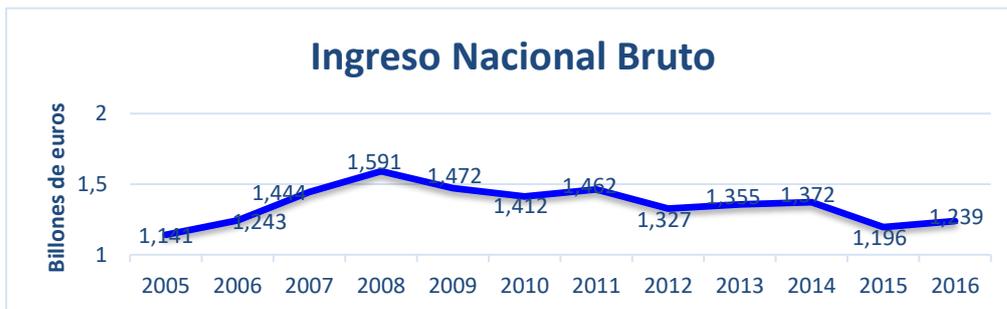


Figura 5.4.5: Ingreso Nacional Bruto. Fuente Datos procedentes del banco mundial BIRF-AIF

Como se ha mencionado al inicio de este apartado, en 2005 y en 2013 se produjeron dos mínimos en el valor del Producto Interior bruto y dos máximos en los años 2008 y 2016. La tendencia que sigue el PIB coincide con la evolución del IPI, aquel año donde la producción industrial sea baja afectará directamente sobre el producto interior bruto que dictamina la riqueza de un país. Para evaluar la calidad de vida de los habitantes se suele utilizar la renta per cápita. Que es el resultado de dividir el PIB entre el número de habitantes.

En 2013, se produce un mínimo en el PIB, que coincide con un máximo en el número de personas desempleadas en Zaragoza. A su vez si se compara con el IPI, el cual sigue la misma tendencia que el PIB, se observa que hay una baja producción industrial. Adicionalmente, en 2013, la población de Zaragoza es la más alta de todos los años de estudio, lo que significa que la calidad de vida del país medida en renta per cápita será la más baja. También es posible comparar el PIB con el INB, ambos siguen la misma tendencia, teniendo sus máximos valores en los mismos años mencionados anteriormente.

Si todos estos indicadores económicos se comparan con la huella ecológica de Zaragoza, se puede ver que la huella ecológica de 2013 es de las más bajas del estudio (Figura 5.3.1). Así que, si el PIB de un país tiene un valor pequeño, la economía del país es deficiente, por lo cual el consumo de recursos bióticos por parte de la población disminuirá, lo que afectará al resultado final de la huella.

Sin embargo, para 2008 y 2016 ocurre lo opuesto, ya que el valor de la huella calculado sale más elevado que para el resto de años, que coincide con los años donde el PIB alcanza un valor más alto.

En conclusión, se constata que estos indicadores socioeconómicos determinan la evolución de la huella ecológica de Zaragoza. Si se observa la tendencia seguida por el indicador ecológico se observa que es muy similar a la del PIB. A menor PIB menor valor de huella ecológica.

La huella ecológica transforma el consumo de la población en superficie, por lo que tiene lógica que los periodos donde hay una mayor recesión económica (PIB bajo) coincidan con una disminución en la demanda de bienes y servicios (Huella ecológica baja).

6 Conclusiones

Una vez que se ha llevado a cabo el desarrollo de este trabajo fin de grado, realizando las matrices de cálculo de cada uno de los componentes para los años 2005, 2006, 2008 y 2016 y analizando la evolución del indicador pueden extraerse una serie de conclusiones.

La huella ecológica es un indicador que engloba las actividades de la población y todos los sectores productivos, por este motivo su análisis informa sobre los hábitos humanos y puede ayudar a crear políticas sociales y medioambientales que permitan mejorar la situación de déficit ecológico en la que se encuentra Zaragoza. Si se toma consciencia del deterioro que se le está causando al medioambiente y que los humanos son los culpables de ese daño, se podría intentar disminuir el consumo de recurso bióticos de manera descontrolada y de este modo poder mejorar la situación medioambiental. Tal y como se ha visto en la evolución de la huella, si el ser humano continua sin tomar consciencia, ni mejorar su conducta provocará un impacto ambiental irreversible.

La huella ecológica guarda una estrecha relación con la situación económica de la ciudad de Zaragoza, ya que como se ha visto, la tendencia seguida por este indicador es muy similar a la del producto interior bruto, que permite conocer la riqueza de un país. Los años donde ha habido una mayor recesión económica han coincidido con los de menor huella ecológica, esto se debe a que el consumo de la población se reduce, debido a que el poder adquisitivo de la población es menor. En 2008 y 2016 se produce un aumento de la huella, si se compara con los indicadores socioeconómicos, se puede apreciar la relación directa de la huella con la economía.

Una vez que se ha comparado los valores de la huella ecológica con la capacidad de carga o biocapacidad, se concluye que la ciudad de Zaragoza se encuentra fuera de los límites de la sostenibilidad. El déficit más importante se produce en 2009 con un valor de -3,98 hag/cap, lo que significa que Zaragoza consume más recursos de los que dispone. En 2016 la huella ecológica local por habitante era de 4,2275 ha/cap lo que supone que cada habitante de Zaragoza necesita más de 4 hectáreas de terreno productivo local para poder satisfacer su consumo. Este excesivo consumo está comprometiendo el desarrollo de futuras generaciones, ya que se están usando de forma descontrolada los recursos y el terreno donde estos se producen.

En conclusión, se aprecia una inherente necesidad de un cambio de mentalidad de la sociedad hacia un consumo sostenible y menos autodestructivo con el Planeta en el que vivimos. Algunas de las soluciones que se pueden realizar para paliar esta situación de degradación ambiental son: aumentar los rendimientos de la agricultura, habilitar tierras productivas que estén degradadas y así minimizar la necesidad de nuevos terrenos agropecuarios, consumir recursos de manera más responsable, reducir los residuos y disminuir la cantidad de sustancias contaminantes que producimos, reducir el uso de combustibles fósiles...

7 Bibliografía

1. Artigas, T. 2004. Contribución a la huella ecológica de Zaragoza como indicador de sostenibilidad. Universidad de Zaragoza.
2. Larraga, C. 2018. Estimación de la huella ecológica de Zaragoza en todas sus componentes, para los años 2010, 2011, 2012, 2014 y 2015 y análisis e interpretación de resultados.
3. Instituto Nacional de Estadística. Demografía y población. Resumen por capitales de provincia. <http://www.ine.es> [consulta: octubre 2018]
4. Cantón, N. 2016. Aproximación a la huella ecológica de Zaragoza 2013; componentes alimentación y energía. Universidad de Zaragoza
5. Pascual, A. 2013. *Análisis de la huella ecológica de Zaragoza*. Universidad politécnica de Zaragoza.
6. Chambers, N., Simmons, C., Wackernagel, M. 2002. *Sharing Nature's Interest. Ecological Footprints as an indicator of sustainability*. [consulta: noviembre 2018]
7. Wackernagel, M., Rees, W. 1996. *Our Ecological footprint, Reducing Human Impact on the Earth*. Gabriola Island: New Society Publisher. [consulta: noviembre 2018]
8. Gobierno de Aragón. Departamento de Economía, Industria y empleo. *Boletín Nº15 de Coyuntura Energética de Aragón. Datos correspondientes al año 2005*. <http://www.aragon.es> [consulta: diciembre 2018]
9. Gobierno de Aragón. Departamento de Economía, Industria y empleo. *Boletín Nº16 de Coyuntura Energética de Aragón. Datos correspondientes al año 2005*. <http://www.aragon.es> [consulta: diciembre 2018]
10. Gobierno de Aragón. Departamento de Economía, Industria y empleo. *Boletín Nº17 de Coyuntura Energética de Aragón. Datos correspondientes al año 2006*. <http://www.aragon.es> [consulta: diciembre 2018]
11. Gobierno de Aragón. Departamento de Economía, Industria y empleo. *Boletín Nº18 de Coyuntura Energética de Aragón. Datos correspondientes al año 2006*. <http://www.aragon.es> [consulta: diciembre 2018]
12. Gobierno de Aragón. Departamento de Economía, Industria y empleo. *Boletín Nº21 de Coyuntura Energética de Aragón. Datos correspondientes al año 2008*. <http://www.aragon.es> [consulta: diciembre 2018]
13. Gobierno de Aragón. Departamento de Economía, Industria y empleo. *Boletín Nº22 de Coyuntura Energética de Aragón. Datos correspondientes al año 2008*. <http://www.aragon.es> [consulta: diciembre 2018]

14. Gobierno de Aragón. Departamento de Economía, Industria y empleo. *Boletín Nº30 de Coyuntura Energética de Aragón. Datos correspondientes al año 2016.*
<http://www.aragon.es> [consulta: diciembre 2018]
15. Gobierno de Aragón. Departamento de Desarrollo Rural y Sostenibilidad. Estadísticas Agrarias. *Anuario Estadístico Agrario de Aragón 2005-2007.*
<http://www.aragon.es> [consulta: enero 2019]
16. Gobierno de Aragón. Departamento de Desarrollo Rural y Sostenibilidad. Estadísticas Agrarias. *Anuario Estadístico Agrario de Aragón 2008-2009.*
<http://www.aragon.es> [consulta: enero 2019]
17. Gobierno de Aragón. Departamento de Desarrollo Rural y Sostenibilidad. Estadísticas Agrarias. *Anuario Estadístico Agrario de Aragón 2014.*
<http://www.aragon.es> [consulta: enero 2019]
18. Global Footprint Network.
<http://www.footprintnetwork.org> [consulta: enero 2019]
19. Global Footprint Network. 2007. *Análisis de la huella ecológica de España.*
<http://www.footprintnetwork.org> [consulta: enero 2019]
20. Instituto Aragonés de Fomento
21. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (F.A.O). Estadísticas. Bases de datos. FAOSTAT.
<http://www.fao.org> [consulta: febrero 2018]
22. Ayuntamiento de Zaragoza. Agenda 21 Local. 2004. Cuaderno nº11 Zaragoza y su huella ecológica.
<http://www.zaragoza.es> [consulta: febrero 2018]
23. Ministerio de Economía, Industria y Competitividad. Data-Comex.
<http://datacomex.comercio.es/> [consulta: noviembre 2018]
24. Ayuntamiento de Zaragoza. Plan de Emergencia. Características.
<http://www.zaragoza.es> [consulta: marzo 2019]
25. Mercazaragoza. Zona de prensa. Documentos. *Informe anual 2005.*
<http://www.mercazaragoza.es> [consulta: marzo 2019]
26. Mercazaragoza. Zona de prensa. Documentos. *Informe anual 2006.*
<http://www.mercazaragoza.es> [consulta: marzo 2019]
27. Mercazaragoza. Zona de prensa. Documentos. *Informe anual 2008.*
<http://www.mercazaragoza.es> [consulta: marzo 2019]
28. Mercazaragoza. Zona de prensa. Documentos. *Informe anual 20016.*
<http://www.mercazaragoza.es> [consulta: marzo 2019]
29. Ayuntamiento de Zaragoza. Urbanismo. Plan General de Ordenación Urbana

- <http://www.zaragoza.es> [consulta: abril 2019]
30. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Biodiversidad. Estadísticas. Anuarios de Estadística Forestal. *Anuario de Estadística Forestal 2005*.
<http://www.mapama.gob.es> [consulta: abril 2019]
 31. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Biodiversidad. Estadísticas. Anuarios de Estadística Forestal. *Anuario de Estadística Forestal 2006*.
<http://www.mapama.gob.es> [consulta: abril 2019]
 32. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Biodiversidad. Estadísticas. Anuarios de Estadística Forestal. *Anuario de Estadística Forestal 2008*.
<http://www.mapama.gob.es> [consulta: abril 2019]
 33. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Biodiversidad. Estadísticas. Anuarios de Estadística Forestal. *Anuario de Estadística Forestal 2016*.
<http://www.mapama.gob.es> [consulta: abril 2019]
 34. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Alimentación. Consumo y comercialización y distribución alimentaria. Panel de Consumo Alimentario.
<http://www.mapama.gob.es> [consulta: abril 2019]
 35. Ministerio de Economía, Industria y Competitividad. Data-Comex.
<http://datacomex.comercio.es/> [consulta: marzo 2019]
 36. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Alimentación. Consumo y comercialización y distribución alimentaria. Panel de Consumo Alimentario.
<http://www.mapama.gob.es> [consulta: marzo 2019]
 37. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (F.A.O). Estadísticas. Bases de datos. FAOSTAT.
<http://www.fao.org> [consulta: marzo 2019]
 38. Desarrollo sostenible
<https://www.sostenibilidad.com/desarrollo-sostenible/el-informe-meadows/>
 39. WWF International. 2000. *Living Planet Report 2000*.
<http://wwf.panda.org/> [consulta: abril 2019]
 40. Informe 2016, Planeta Vivo, WWF
 41. Datos y definición del Ingreso Nacional Bruto
<https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GNP.MKTP.CD> (Junio 2019)
<https://economipedia.com/definiciones/ingreso-nacional.html> (Junio 2019)

8 ANEXOS

ANEXO 1: DICCIONARIO DE TÉRMINOS

Recurso biótico: cada uno de los bienes biológicos que el ser humano extrae del medio natural.

Superficies productivas: son tierras, de las cuales, se extraen los recursos utilizados por el ser humano, pero también tienen la función de asumir nuestros residuos.

Capacidad de carga o biocapacidad: porción de tierra que puede utilizar un individuo dentro de los límites biofísicos del planeta.

Déficit ecológico: el valor de la huella ecológica es superior a la capacidad de carga.

Superávit ecológico: el valor de la biocapacidad es mayor que la huella ecológica.

Factores de equivalencia: aquellos factores de corrección, que permiten escalar a nivel mundial el área de cada tipo de tierra en proporción a su productividad primaria.

Productividad: cantidad de recursos producidos por el Planeta por unidad de superficie, es decir, la productividad biológica por hectárea al año. Distinguimos entre productividad local y productividad media global.

Factor de productividad: factores que permiten relacionar la productividad local y la productividad media global para cada tipo de tierra.

Flujo hidrológico o ciclo hidrológico: es el proceso de circulación del agua entre los distintos compartimentos que forman la hidrosfera.

Central de ciclo combinado: planta que produce energía eléctrica con un generador que es accionado por una turbina de combustión, que usa como combustible gas natural.

Central de cogeneración: planta donde se obtiene simultáneamente energía eléctrica y energía térmica útil (agua caliente, vapor de agua).

Tonelada equivalente de petróleo: unidad de energía equivalente a 41 868 000 KJ.

Giga Julio (GJ): unidad de energía equivalente a 1.000.000 KJ.

Hectárea: unidad de superficie equivalente a 10.000 m².

Hectárea global (hag): es una unidad común que recoge la productividad promedio de toda el área de tierra y mar biológicamente productiva en el mundo, en un determinado año (WWF Internacional, 2012).

ANEXO 2: METODOLOGÍAS ACTUALES PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA ECOLÓGICA

En este anexo se recogen las metodologías más comunes para la realización del cálculo de la huella ecológica, las más utilizadas son dos: “método compuesto” y “método basado en componentes”.

METODO COMPUESTO

El método compuesto fue desarrollado por Wackernagel, con el objetivo de aplicarlo en el cálculo de huella ecológica para países. Debido a este motivo, se estima el consumo a partir de estadísticas comerciales (consumo, importación y exportación) y **datos energéticos nacionales**, y la productividad a partir de **estadísticas de medias mundiales**, ya sean para cálculos locales o regionales.

La aplicación del método está dividida en tres partes:

-Cálculo de la huella relativa al consumo de recursos bióticos: en primer lugar, se calcula la huella de cada uno de los recursos bióticos, los cuales tienen asociada la explotación de una tierra bioproductiva. Si no se dispone de datos estadísticos relativos al consumo, este se calcula según la Ec A2.1, en dicha ecuación serán por tanto necesarios los datos de producción, exportación e importación para el año de estudio y para cada uno de los recursos bióticos.

$$\text{Consumo} = \text{Producción} + \text{Exportación} - \text{Importación} \quad [\text{Ec A2.1}]$$

Es necesario obtener el consumo por habitante, para ello el valor resultante de la Ec A.2.1, se divide por la población de estudio, según la Ec A.2.2:

$$\text{Consumo (kg/hab)} = \frac{\text{Producción} + \text{Exportación} - \text{Importación}}{\text{población estudio}} \quad [\text{Ec A2.2}]$$

Para obtener el valor de la huella ecológica o consumo en superficie per cápita, se hace el cociente del valor del consumo por habitante, entre la productividad media mundial (Fuente de datos: FAO Food and Agriculture Organization for the United States) (Ec A2.3)

$$\text{HE} = \frac{\text{Consumo (kg/hab)}}{\text{Productividad media mundial}} \quad [\text{Ec A2.3}]$$

Para obtener la Huella ecológica total de todos los recursos bióticos, es necesario realizar el sumatorio de cada HE relativa a cada recurso biótico, es decir, Ec A2.4:

$$\text{Huella ecológica total (ha/cap)} = \sum \text{HE}(i) \text{ [Ec A2.4]}$$

Siendo i cada uno de los recursos bióticos.

- **Cálculo de la huella relativa al consumo energético:** se necesita el consumo de energía por habitante al año (GJ), para ello se toman estadísticas nacionales de consumo de energía y se dividen entre la población. Sin embargo, es necesario tener en cuenta otro consumo energético, la energía neta asociada a importaciones, debido a que no todos los recursos de un territorio se consumen en el mismo, ni en un territorio se consume únicamente los recursos producidos en esa misma área.

Una vez se han obtenido los consumos energéticos por habitante teniendo en cuenta la energía de las importaciones, se procede a transformarlo en hectáreas de bosque que serán necesarias para absorber el CO₂ derivado del consumo energético. Para realizar esa transformación se utilizan los factores energía-tierra, a continuación, se muestra una tabla donde aparecen esos valores.

Tabla A2.1: Factores Energía-Tierra para las fuentes de Energía. Fuente: Nuria Cantón, 2016.

Fuente de Energía	Factor Energía-Tierra
Gas Natural	93
Petróleo	71
Hidroeléctrica	1000
Solar	1500
Eólica	6000
Biomasa	-
Importaciones/Exportaciones	72

- **Suma de las huellas ecológicas de los tipos de tierra:** en esta última parte del método de cálculo compuesto, se suman la superficie de cada una de las tierras bioproductivas (cultivos, pastos, mar y bosque) obtenidas por el consumo de recursos tanto bióticos como energéticos. Además de estas dos categorías, se calcula la superficie construida por habitante, obtenidas del cociente del terreno construido entre el número de habitantes.

Este método presenta un inconveniente, ya que limita la aplicación del mismo en regiones o municipios, debido a que usan estadísticas nacionales. Por lo tanto, para que el valor calculado para un municipio o región dentro del país donde se realice el estudio sea veraz, es necesario que los hábitos de consumo del país no dependan de la situación geográfica, sino de otros factores como el nivel de vida de los habitantes.

METODO BASADO EN COMPONENTES

El método basado en componentes fue desarrollado en 2002 por Chambers, y propuesto por la ONG “*Best Foot Forward*”, utiliza las mismas categorías del método compuesto, aunque en el procedimiento de cálculo difiere en varios puntos.

El método comienza con el análisis de las actividades que lleva a cabo la población de estudio, a continuación, se realiza un precálculo de la huella ecológica para cada una de esas actividades, para este proceso se utilizan datos y estadísticas locales para cada actividad.

Las actividades llevadas a cabo por la población reciben el nombre de componentes de la huella ecológica. La mayor o menor subdivisión de estas “componentes”, dependerá de la exactitud y precisión del estudio, así como de los datos disponibles.

Un inconveniente que tiene este método es la demanda de datos altamente específicos, lo que hace difícil la disponibilidad de los mismos.

Para la realización de este Trabajo de Fin de Grado, se ha usado un método mixto basado en los dos anteriores, debido a que se aplica el método compuesto a cada una de las componentes en las que se encuentra divididas las actividades de la ciudad de Zaragoza, donde se utilizaran datos y estadísticas locales, regionales o nacionales, pero también se utilizara datos a nivel nacional de producción, importación y explotación en caso de no disponer de datos a nivel regional. Por último, para transformar el consumo por habitante en hectáreas per cápita se utilizarán productividades locales y en su defecto provinciales o mundiales.

ANEXO 3: TIPOS DE TIERRA

En este anexo, se recogen las características principales de cada tipo de tierra, en las que se llevan a cabo el desarrollo socio-económico de los seres humanos. En la huella ecológica se tienen en cuenta seis tipos de tierra, que se describirán a continuación.

Tierra de cultivo, tierra arable, tierra de sembradura, gleba. La FAO la define como aquella superficie destinada a cultivos anuales como cereales, patatas, legumbres, hortalizas, cultivos industriales como el tabaco o el algodón..., diferenciándola de otros conceptos como la tierra dedicada a cultivos permanentes (viñedos, olivares...) o la tierra de pastos (ganadería extensiva). Puede definirse como la superficie destinada a la actividad agrícola donde se **cultivan alimentos y fibras** tanto para el consumo humano como para la alimentación de animales.

Tierra de Pastos o tierra de pastoreo: término utilizado para pastizales, praderas y pastos forestales de la tierra. Utilizadas para la producción de plantas forrajeras mantenidas o manipuladas principalmente a través del manejo de pastoreo. Se utilizan para **alimentar al ganado** y de este modo **obtener carne, pieles, lana, productos lácteos...**

Bosque: superficie cubierta de vegetación, que abarca grandes áreas del globo terráqueo y funcionan como hábitat para animales y plantas. Además los bosques son moduladores de flujos hidrológicos y conservadores del suelo, constituyendo uno de los aspectos más importantes de la biosfera de la Tierra. Son **superficies forestales en explotación**, se obtiene de ellos madera, papel, leña...

Espacio bioproductivo marino: superficie marina donde existe una producción biológica aprovechable para el consumo humano.

Terreno construido: superficie ocupada por infraestructuras tales como vivienda, servicios, transporte, industria.

Tierra de la energía o tierra destinada a la absorción de CO₂: superficie de bosque necesaria para absorber las emisiones de dióxido de carbono producidas por el uso de combustibles fósiles como el carbón, el gas natural y el petróleo, los cuales son usados como fuente para la producción de energía.

ANEXO 4: CÁLCULO DE PRODUCTIVIDADES LOCALES Y GLOBALES.

La productividad se define como la relación entre la cantidad de productos obtenidos por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción. Es un dato de interés, debido al hecho de que permite realizar la transformación del consumo humano en unidades de superficie. Se mide en kg/ha.

La productividad se obtiene para cada uno de los recursos utilizados por la humanidad, y como el consumo de cada uno de los recursos va asociado al uso de una tierra bioproductiva, es necesario calcular el valor de la productividad para cada tipo de tierra. Dentro de cada tipo de productividad, distinguimos a su vez entre productividad local y productividad global.

Cuando se trabaja con estas productividades globales es necesario utilizar unos factores de corrección para transformar la superficie obtenida en superficie media mundial. Estos factores son: factor de equivalencia y el factor de productividad

Una vez obtenidas las superficies de tierra de cada uno de los tipos de terreno biológicamente productivo, estos deben multiplicarse por un valor (factor de equivalencia) para poder ser comparados entre sí, debido a la diferencia de productividad entre los tipos de tierra.

El factor de equivalencia representa la productividad potencial media global de un área bioproductiva con relación a la productividad potencial media global de todas las áreas bioproductivas, siendo esta la unidad.

Tabla A4.1: Factores de equivalencia. Fuente Nuria Cantón 2013

TIPO DE TIERRA	FACTORE DE EQUIVALENCIA (hag/ha)
Cultivos	2,18
Terreno construido	2,18
Pastos	0,49
Mar	0,36
Bosque	1,37
Energía (absorción de CO2)	1,37

El factor de productividad, transforma la capacidad de carga, de un territorio, expresada en tierra real, a tierra media mundial, para poder compararla con la huella ecológica de ese mismo territorio, calculada utilizando productividades medias mundiales. Este factor se calcula con el cociente entre la productividad local y la productividad global.

Para obtener la capacidad de carga, en hectáreas de superficie media global, se multiplica la superficie de cada tipo de terreno, expresada en superficie media global, por su factor de equivalencia.

A4.1 PRODUCTIVIDAD AGRÍCOLA

Productividad local: los datos se obtienen del *Anuario Estadístico de Aragón* para cada uno de los años de estudio. Los valores que se obtienen de este anuario son a nivel provincial (Zaragoza), no exclusivamente de la Ciudad de Zaragoza. La productividad local es el cociente entre los kilogramos de producto que se ha producido entre las hectáreas requeridas para esa producción.

Productividad global: se obtienen a través de la base de datos de la FAO, la cual proporciona datos de productividad para cada uno de los alimentos, para cada país. Las unidades difieren respecto a las productividades locales, ya que son hectogramos producidos dividido para las hectáreas de superficie necesarias para la producción de estos recursos, será por tanto importante realizar el cambio de unidades correspondiente. Para el cálculo de la productividad global, se realizará el sumatorio de cada una de las productividades, para cada tipo de recurso, para cada país y se dividirá por el número total de países.

El valor de la productividad, se obtiene de acuerdo a la Ec A3.1:

$$\text{Productividad media global (i)} = \frac{\text{productividad (i,j)}}{n^{\text{total de países}} \cdot 10} \quad [\text{Ec A4.1}]$$

Donde j es cada uno de los países (dato de productividad en la FAO), e i que es cada uno de los alimentos incluidos dentro del cálculo de la huella ecológica de Zaragoza.

Siempre que dispongamos de datos de productividad local, es preferente utilizarlos frente a los de productividad media global. En el caso de no disponer de ellos, se usará productividad media global.

A4.2 PRODUCTIVIDAD DE LOS PASTOS

Se muestra a continuación el método seguido para el cálculo de la productividad de pastos. El método usado aparece en *Living Planet Report 2000*.

En primer lugar, se necesita la superficie pastable de la provincia de Zaragoza, así como a nivel mundial. Para la provincia de Zaragoza los datos obtenidos son del *Anuario Estadístico de Aragón* para cada año de estudio, también serán requeridos los datos de la FAO para los valores a nivel mundial.

Los datos que se van a usar para la superficie pastable a nivel mundial (Tabla A4.2), van a ser los mismos que en el año 2009, debido a que no hay datos suficientes para cada uno de los años de estudio. Se va a considerar, por tanto, que la variación de tierra pastable a nivel mundial a lo largo de los años de estudio, no es significativa.

Se ejemplifica el procedimiento proveniente de *Living Planet Report 2000* para el año 2008, para el resto de años en los que se realiza el estudio se ha actuado del mismo modo.

Tabla A4.3: Superficie pastable 2008 en la provincia de Zaragoza. Fuente: Anuario Estadístico de Aragón 2008

Superficie pastable	Hectáreas (ha)
Pastizal	99.115
Prados naturales	0
Erial pastos	366.461
Barbecho	233.810
Total	699.386

Tabla A4.4: Superficie pastable 2009 a nivel mundial. Fuente: FAO

Superficie pastable	Hectáreas (ha)
Pastos permanentes	3.355.694.290
Barbecho	1.795.619.284
Total	4.889.048.210

En segundo lugar, se necesitan las producciones de los productos procedentes de aquellos animales que se alimentan de este tipo de tierra (pastos), sería por tanto lana, leche, pieles y carne (ovino, bovino, caprino). Las producciones mundiales se obtienen de las estadísticas de la FAO, y las producciones a nivel provincial en el Anuario Estadístico de Aragón.

En tercer lugar, se requieren una serie de factores para poder continuar con el método de cálculo.

-Contenido energético: para la carne y la leche, expresado en GJ/t. La fuente de datos locales es *Vivanco y Palacios, 1984* y para datos mundiales *Living Planet Report 2000, WWF-International*.

-Factores de conversión energética:

-**Factores de conversión energética (FCE)** expresados en KJ/KJ. La fuente de datos es *Living Planet Report 2000, WWF-International*.

- **Factores de conversión de energética (FCA)** expresados en KJ/KJ. Estos factores se calculan a partir de los FCE y las producciones mediante la ecuación A4.2.

Se considera que de cada animal se obtiene pieles y carne. Aunque también se puede obtener leche de ciertos animales, este factor no se ajusta ya que se considera que la leche únicamente proviene de las vacas y no se destina a la producción de otros productos.

$$FCA = \frac{FC_{Carne_x} \cdot Producción_{Carne_x}}{Producción_{Carne_x} + Producción_{Pieles_x}} \quad [Ec A4.2]$$

Siendo x cada tipo de animal del que se obtienen carne y pieles.

Sin embargo, para las pieles y lana (no tiene factor de conversión energética), se utiliza el factor de conversión energética ajustado de los animales de procedencia, multiplicado por un valor que se obtiene del *Living Planet Report 2000, WWF-International*.

En cuarto lugar, se calcula la bioproduktividad primaria de los pastos (GJ/año) para cada uno de los productos que se obtienen de dichos pastos, según se explica a continuación:

- Para carnes y leche:

$$\text{Bioproduktividad}_x = \text{producción}_x \cdot \text{ce}_x \cdot \text{FCA}_x \quad [\text{Ec A4.3}]$$

Donde la x representa a cada tipo de carne y de leche.

- Para pieles y lana:

$$\text{Bioproduktividad}_{xj} = \text{producción}_{xj} \cdot \text{ce}_j \cdot \text{FCA}_j \quad [\text{Ec A4.4}]$$

Donde x es cada tipo de pieles y lana y j es el animal de procedencia de cada tipo de piel o lana.

En quinto lugar, se suman las bioproduktividades primarias de los pastos de cada producto y el resultado se divide entre la superficie total destinada a pastos, de este modo se obtiene la bioproduktividad primaria de los pastos para la producción animal por unidades de superficie (Gj/ha/año).

Por último, la productividad de los pastos para cada uno de los productos (kg/ha/año) se calcula como el cociente entre la bioproduktividad primaria por unidad de superficie entre el contenido energético y el factor de conversión ajustado para cada producto, según la Ec A4.5 se multiplica por 1000 para que las unidades sean correctas, ya que el CE viene en GJ/t.

$$\text{Productividad}_x = \frac{\text{bioproduktividad} \cdot 1000}{\text{CE}_x \cdot \text{FCA}_x} \quad [\text{Ec A4.5}]$$

Donde x representa la carne de bovino, ovino y porcino

Una vez que el procedimiento ha sido explicado, se muestran en las siguientes tablas los resultados obtenidos para la productividad local de los pastos de la provincia de Zaragoza, así como la productividad media mundial para el 2008, este método de cálculo ha sido aplicado para cada uno de los años de estudio de presente trabajo fin de grado.

Tabla A4.5. Productividades locales de los pastos de la provincia de Zaragoza en 2008. Fuente: Elaboración propia.

Producto	Producción ¹	Contenido energético (GJ/t) ²	Factor de conversión energética (KJ/KJ) ²	Factor de conversión energética ajustado (KJ/KJ) ²	Bioproduktividad primaria de pastos (GJ/año) ³	Productividad local (kg/ha/año) ⁴
Carne de bovino	8.115	9,16	15,4	13,45	1.029.280	30,40
Carne ovino y caprino	8.069	9,61	7,8	0,59	45.817	702,81
Leche Lana	32.099	2,72	5	5	436.065	293,75
	606.99	-	-	0,99	7652	419,71
Pieles cordero	97.691	-	-	0,99	929.374	419,71
Pieles vaca	12.171	-	-	17,46	194.625	24,96
Bioproduktividad total animal de los pastos					2.642.813	GJ/año
Superficie total de tierras dedicadas a pastos en la provincia					699.386	Ha
Bioproduktividad primaria de los pastos para la producción animal por unidad de superficie					3,778	GJ/ha/año

Producción¹: datos de producción provinciales obtenidos del Anuario Estadístico de Aragón para 2008
 Contenido energético², Factor de conversión energética² y Factor de conversión energética ajustado²: calculado según el método que aparece en: *Living Planet Report 2000, WWF-International*.
 Bioproduktividad primaria de pastos³: se ha calculado según la *Ec A4.4*.
 Productividad local⁴: se ha calculado según la *Ec A4.5*.

Tabla A4.6. Productividades globales de los pastos de la provincia de Zaragoza en 2008. Fuente: Elaboración propia.

Producto	Producción	Contenido energético (GJ/t)	Factor de conversión energética (KJ/KJ)	Factor de conversión energética ajustado (KJ/KJ)	Bioproduktividad primaria de pastos (GJ/año)	Productividad local (kg/ha/año)
Carne de bovino	69.207.978	12,1	15,4	13,14	10.999.758.862	29,89
Carne ovino y caprino	17.059.582	11,2	7,8	6,82	1.302.537.019	62,22
Leche Lana	740.509.873	2,2	5	5	8.145.604.603	431,85
	2.459.497	-	-	11,42	314.631.414	37,13
Pieles cordero y vaca	11.932.068	-	-	17,05	2.461.939.153	23,02
Bioproduktividad total animal de los pastos					23.224.475.050	GJ/año
Superficie total de tierras dedicadas a pastos en la provincia					4.889.048.210	Ha
Bioproduktividad primaria de los pastos para la producción animal por unidad de superficie					4,75	GJ/ha/año

Para la Tabla A4.6, se sigue el mismo procedimiento que en la Tabla A4.5, lo único en lo que difieren es en los datos de la columna Producción¹, que al requerirse valores a nivel mundial se obtienen de la FAO.

A4.3 PRODUCTIVIDAD DEL MAR

El mar no forma parte de superficie aprovechable por los habitantes de Zaragoza, debido a su localización geográfica, así que en este apartado únicamente se tendrán en cuenta las productividades medias globales del mar, estos valores nos permitirán transformar en hectáreas de espacio bioproduktivio el consumo de productos provenientes del mar como pescado y marisco.

Es importante destacar que, para la realización de los cálculos de productividad marina, se considera que la pesca se realiza mediante el uso de técnicas sostenibles, además de que no se contabiliza la pesca en aguas dulces.

A continuación, se muestra la ecuación para el cálculo de la productividad del mar Ec A4.5:

$$\text{Productividad marina} = \frac{\text{producción pesquera anual (kg)}}{\text{espacio marino dedicado a pesca (ha)}} \quad [\text{Ec A4.5}]$$

Los datos necesarios son: **producción pesquera** y el **espacio marino dedicado a pesca**, cuyos valores se han obtenido respectivamente de la base de datos de la FAO y de una estimación del espacio marino dedicado a la pesca, para cada uno de los años en los que se está realizando el estudio.

El espacio marino es aproximadamente de 29800000 km², de los cuales se estima que el 94% se dedica a la pesca, por lo que el espacio marino destinado a pesca se estima por tanto en 28012000 km².

A continuación, aparece una tabla con los datos de producción pesquera a nivel mundial, para el 2008.

Tabla A4.7: Producción Pesquera Mundial en 2008. Fuente: elaboración propia

PESCA MUNDIAL	Production (ton)
2008	
Aquatic plants	17.088.227,00
Crustaceans	10.807.022,00
Diadromous fishes	4.850.881,00
Freshwater fishes	37.870.301,00
Marine fishes	67.385.083,00
Miscellaneous aquatic animal products	39.464,00
Miscellaneous aquatic animals	1.182.480,00
Molluscs	20.261.822,00
Whales, seals and other aquatic mammals	600,00
Total	159.485.880,00

De este modo (Ec A4.5), el valor de la productividad marítima mundial de 2008 es 56,93 kg/km².

Cabe destacar, que existe también un cálculo para la **productividad marina sostenible**, que resulta del cociente de la máxima producción pesquera anual sostenible entre el espacio marino dedicado a la pesca. Este valor se estima en 29,34 kg/ha (estimación realizada para 1997 según datos de la FAO siendo la máxima producción pesquera sostenible anual de 93.000 toneladas), es decir se deberían de pescar 29,34 kg por hectárea de mar bioproductivo, de este modo la pesca sería sostenible.

Los valores calculados para los años de estudio son superiores a este valor, ya que por ejemplo para 2008 es de 56,93 kg/km² como se puede observar la cantidad de pescado es de 159.485.880 toneladas mientras que la estimación sostenible es de 93.000 toneladas, lo que indica que se está sobreexplotando el mar.

A continuación, en la Tabla A4.8, se muestra el valor de la productividad pesquera desde 2005 hasta 2016, donde se observa el déficit debido a la sobreexplotación ya mencionada, además de la tendencia ascendente de este valor.

Tabla A4.8: Producción Pesquera Mundial desde 2005 hasta 2016. Fuente: Elaboración propia

Año de estudio	Producción Pesquera ¹	Productividad kg/km ²	Déficit respecto al sostenible
2005	152.835.784	54,56	-25,2253
2006	152.274.794	54,36	-25,0250
2007	157.897.286	56,37	-27,0322
2008	159.485.880	56,93	-27,5993
2009	163.976.262	58,54	-29,2023
2010	166.876.614	59,57	-30,2377
2011	174.693.836	62,36	-33,0284
2012	180.542.525	64,45	-35,1163
2013	185.883.559	66,36	-37,0230
2014	193.445.422	69,06	-39,7225
2015	199.702.996	71,29	-41,9564
2016	202.218.406	72,19	-42,8544

Producción Pesquera¹: datos FAO



Gráfico A4.1: Evolución de la productividad pesquera desde 2005-2016. Fuente: Elaboración propia

A4.4 PRODUCTIVIDAD FORESTAL:

El valor de la productividad forestal que se utiliza en este Trabajo Fin de Grado, es el mismo que el usado por los trabajos de "Estimación de la Huella Ecológica" realizados anteriormente, de este modo la comparativa entre trabajos para poder explicar la tendencia del valor de la Huella Ecológica es más fidedigna. Dentro del valor de productividad forestal, se tienen datos a nivel local y mundial:

El valor de productividad forestal local es de **1,27 m³/ha** y es proporcionado por el INF3 (Tercer Inventario Forestal Nacional) período 1997-2007, del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España. El valor de productividad forestal mundial es de **2,6 m³/ha** y fue obtenido del *Living Planet Report 2000* (WWF-International, 2000).

A4.5 PRODUCTIVIDAD DE TERRENO CONSTRUIDO

Se obtiene de los datos estadísticos de la superficie ocupada por la vivienda e infraestructuras utilizadas por la población de Zaragoza.

A4.6 PRODUCTIVIDAD ENERGÉTICA

El valor de la productividad energética convierte el consumo de las fuentes primarias de energía en hectáreas de bosque necesarias para absorber el dióxido de carbono generado de ese consumo energético. Se usan los factores de energía-tierra para la realización de esta transformación.

El cálculo de estos factores de energía-tierra viene determinado por el tipo de energía, diferenciando entre fuentes renovables y combustibles fósiles.

Fuentes Renovables, se consideran como fuentes de energía renovables la energía hidroeléctrica, eólica, solar y biomasa. Se necesita hacer una serie de suposiciones para el cálculo:

-Para la biomasa, las emisiones de dióxido de carbono producidas no son emitidas, debido a que son reabsorbidas por el ciclo de combustión para generar de nuevo la energía.

-La energía hidráulica, eólica y solar no emiten CO₂, por lo que la productividad se obtiene como la división de la producción eléctrica anual entre la superficie que ocupan las infraestructuras, tendido eléctrico y el área inundada.

En este estudio se usarán los valores propuestos por Domenech en 2006, debido a que son datos actualizados y tienen en cuenta las mejoras tecnológicas actuales. Estos valores se pueden encontrar en la "*Guía metodológica para el cálculo de la huella corporativa*".

Combustibles Fósiles: se sigue el método usado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPPC), según la siguiente ecuación:

Siendo x cada uno de los combustibles fósiles.

Tasa de absorción del carbono¹ : El factor de absorción propuesto por el IPPC es de 1,42 toneladas C/ha de bosque.

En la siguiente Tabla A4.9, se encuentran tabulados los valores de factores de emisión y del porcentaje de carbono oxidable para cada combustible fósil, y el resultado del factor energía-tierra para el petróleo y el gas natural.

Tabla A4.9: Parámetros para calcular el factor energía-tierra. Fuente IPPC 2006

	Factores de Emisión (t C/Tj)	%Carbono Oxidable	Factor energía-Tierra
Petróleo	20	0,99	71
Gas Natural	15,3	0,995	93

A continuación, aparece una tabla resumen con los valores del factor energía-tierra para cada una de las fuentes de energía (Tabla A4.10)

Tabla A4.10: Factor energía-tierra. Fuente Nuria Cantón.

Factor energía-tierra	Fuente de Energía
Petróleo	71
Gas Natural	93
Hidroeléctrica	1.000
Eólica	60.000
Solar	1.500
Biomasa	-
Exportación/Importación	72

ANEXO 5: CÁLCULOS RELATIVOS AL CONSUMO ENERGÉTICO

Este anexo recoge los pasos a seguir para obtener el consumo energético para cada una de las componentes de la huella ecológica, el cual se traduce en las hectáreas de bosque necesarias para absorber el dióxido de carbono que se genera como resultado del consumo energético. Se va a hallar el consumo de energía primaria de cada uno de los sectores (industria, transporte, residencial-comercial-servicios y agricultura).

Se usan datos de los Boletines de Coyuntura Energética de Aragón, publicados por el Gobierno de Aragón. Los boletines nº15, nº 16, nº 21 y nº30, que corresponden respectivamente con los años 2005,2006,2008 y 2016, contienen los balances energéticos de la provincia de Zaragoza para cada sector y cada fuente de energía primaria.

Para ejemplificar las operaciones realizadas, se toma como muestra el Boletín nº 30 (2016) publicado por el Gobierno de Aragón.

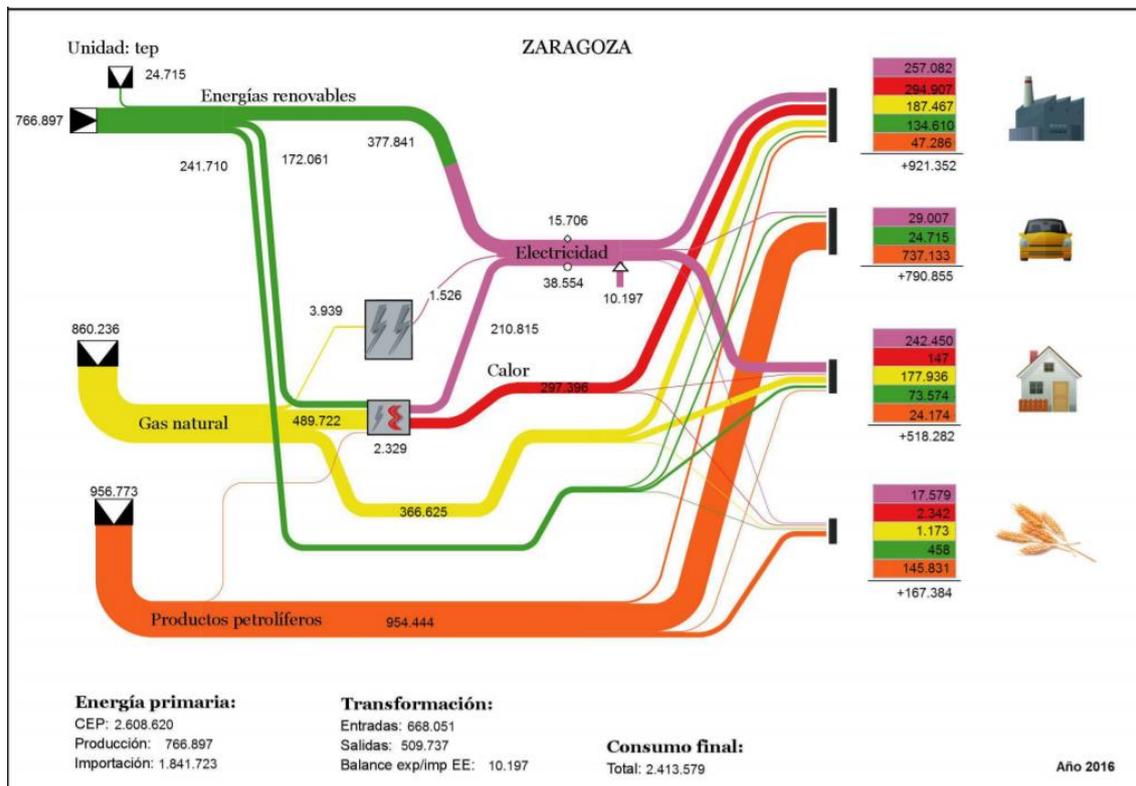


Figura A5.1: Balance energético de Zaragoza en 2016. Fuente: Boletín nº 30 de Coyuntura Energética de Aragón de 2016. Gobierno de Aragón

En el balance (Figura A5.1) las unidades usadas son toneladas equivalentes de petróleo (tep), su valor equivale a la energía que proporciona una tonelada de petróleo, la cual depende de la composición química del petróleo.

Para la perfecta comprensión del balance de energía, se añade la figura A5.2, donde se encuentra la leyenda del balance.

Leyenda:



Figura A5.2 Leyenda para el Balance Energético. Fuente: Boletín nº 30 de Coyuntura Energética de Aragón

El balance esta desglosado en diferentes sectores, y a su vez dividido para cada sector en electricidad, calor, petróleo, energías renovables y gas natural.

Los sectores son industria, transporte, hogar y agricultura, los cuales corresponden a cada una de las componentes de la huella ecológica, es decir a bienes de consumo, movilidad y transporte, vivienda y alimentación respectivamente.

En el balance cabe destacar varios parámetros, como, por ejemplo, las pérdidas de energía (38.554 tep), la exportación de la electricidad (10.107 tep) y el consumo de las industrias energéticas (15.706 tep), debido a que parte de electricidad de Zaragoza se pierde y no se utilizan para el consumo real de la población. Se descuentan, por tanto, estos parámetros de la electricidad generada en la provincia.

La electricidad de la provincia de Zaragoza proviene directamente de las energías renovables e indirectamente de las centrales de ciclo combinado y de las centrales de cogeneración. Las centrales de ciclo combinado únicamente consumen gas natural y las centrales de cogeneración además de consumir gas natural también utilizan energías renovables.

METODOLOGÍA DE CÁLCULO:

1º Caracterización de todas y cada una de las cantidades energéticas que se emplean en cada sector (Tablas A5.1-A4.4). A partir del balance energético Figura A5.1.

A cada tipo de fuente de energía se le ha asignado un color, a continuación, se muestra la Figura A4.3, donde aparece el código de colores.



Figura A5.3: Código de colores para las diferentes fuentes de energía

Tabla A5.1: Uso de la energía procedente de la Energía Renovable. Fuente: Boletín nº 30

1.RENOVABLES	
Ciclo combinado	0
Industria	134.610
Transporte	24.715
Hogar	73.574
Agricultura	458
Cogeneración	172.061
Electricidad	377.841
TOTAL	783.259

Tabla A5.2: Uso de la energía procedente del Gas Natural. Fuente: Boletín nº 30

2.GAS NATURAL	
Ciclo combinado	3.939
Industria	187.467
Transporte	0
Hogar	177.936
Agricultura	1.173
Cogeneración	489.722
Electricidad	0
TOTAL	860.237

Tabla A5.3: Uso de la energía procedente del Petróleo. Fuente: Boletín nº 30

3.PETRÓLEO	
Ciclo combinado	0
Industria	47.286
Transporte	737.133
Hogar	24.174
Agricultura	145.831
Cogeneración	2.329
Electricidad	0
TOTAL	956.753

Tabla A5.4: Uso de la energía procedente del Carbón. Fuente: Boletín nº 30

4.CARBÓN			
ENTRAN		SALEN	
Recursos Propios	0	Industria	0
Importación	0	Central Termo electrica Convencional	0
Variación Stocks	0		
TOTAL	0		0

2º Se determina la cantidad de electricidad y calor que se obtiene a partir de cada una de las fuentes de energía.

Para eso se realiza los balances a las centrales de cogeneración y de ciclo combinado.

Tabla A5.5: Balance energético a centrales de cogeneración. Fuente: Elaboración propia

% FUENTE	FUENTE ENERGÍA	5.COGENERACIÓN			
		ENTRAN	SALE	ELECTRICIDAD	CALOR
25,91	ENERGÍA RENOVABLE	172.061,00	210.815,00	54.618,86	77.050,64
73,74	GAS NATURAL	489.722,00	297.396,00	155.456,83	219.302,41
0,35	PETRÓLEO	2.329,00		739,32	1.042,95
100,00		664.112,00	508.211,00	210.815,00	297.396,00
			PÉRDIDAS	155.901,00	RENDIMIENTO 0,23

Tabla A5.6: Balance energético a centrales de ciclo combinado. Fuente: Elaboración propia

6.CENTRAL CICLO COMBINADO		
ENTRA	SALE	ELECTRICIDAD
0,00	1.526,00	0,00
3.939,00		0,00
0,00		0,00
3.939,00	1.526,00	1.526,00
	PÉRDIDAS	RENDIMIENTO: 0,61
	2.413,00	

3º Cálculo del porcentaje de electricidad y calor que consume cada sector de la provincia de Zaragoza.

A continuación, se muestra el balance para el calor y la electricidad, exponiendo el porcentaje de cada fuente de energía, además del valor de energía destinado a cada sector.

Tabla A5.6: Balance energético al calor. Fuente: Elaboración propia

7. CALOR			
CALOR PRODUCIDO			
77.050,64	25,91%	INDUSTRIA	294.907,00
219.302,41	73,74%	TRANSPORTE	0,00
1.042,95	0,35%	HOGAR	147,00
		AGRICULTURA	2.342,00
297.396,00		TOTAL	297.396,00

Tabla A5.7: Balance energético a la electricidad. Fuente: Elaboración propia

8.ELECTRICIDAD			
ELECTRICIDAD PRODUCIDA			
432.459,86	82,50%	INDUSTRIA	257.082,00
155.456,83	29,66%	TRANSPORTE	29.007,00
739,32	0,14%	HOGAR	242.450,00
		AGRICULTURA	17.579,00
588656,01		TOTAL	546.118,00

En la producción de la electricidad, es necesario tener en cuenta las pérdidas debida a los flujos energéticos de exportación (10.107 tep), el consumo eléctrico de las centrales (15.706 tep) y a otro tipo de pérdidas de energía (38.554 tep) debido a los procesos utilizados en la obtención de la electricidad.

Cabe destacar que también se producen pérdidas en las propias fuentes de energía, en la tabla A5.8 aparece el valor de estas pérdidas por cada tipo de fuente de energía.

Tabla A5.8: Pérdidas en las fuentes de energía. Fuente: Elaboración propia

Biomasa	-3.567,38
Gas cogeneración	-23.359,44
Petróleo	-145,32
Gas convencional	-40.192,47
Hidroeléctrica	-14.214,48
Eólica y Otras	-42.493,91

4º. Cálculo de los consumos de energía primaria de cada uno de los sectores.

Para calcular para cada sector, el consumo de energía primaria:

Se hace el producto del porcentaje de consumo de cada sector para las corrientes de electricidad y calor (Tabla A5.6 y Tabla A5.7), por la producción energética de cada fuente, y se divide por el rendimiento de la central correspondiente (central de ciclo combinado o central de cogeneración). Hay que tener en cuenta que, para las energías renovables, no hay que dividir por el rendimiento, debido a que no se obtiene la energía por medio de las centrales de ciclo combinado y cogeneración.

Se determinan las pérdidas producidas por cada fuente de energía primaria en cada sector. Para ello se multiplican las pérdidas por fuente de energía, por el porcentaje consumido de cada fuente en los distintos sectores.

Para obtener el consumo final de cada fuente de energía en cada sector, se suma la producción energética y las pérdidas asociadas a cada fuente.

En conclusión, para cada una de las fuentes de cada sector, el consumo de energía es la suma de las siguientes corrientes:

- La energía primaria consumida de manera directa.
- Cantidad consumida en forma de calor y electricidad proveniente de las centrales de cogeneración y de ciclo combinado.
- Cantidad de energía cuyo origen son las fuentes de energía renovable.

En la tabla A5.9. se recoge el consumo de energía primaria (tep) para la provincia de Zaragoza en 2008, por sectores y por fuente de energía primaria.

Tabla A5.9: Consumo de energía primaria de la provincia de Zaragoza en 2008, por sectores y por fuente de energía primaria.
Fuente: Elaboración propia.

FUENTE ENERGÍA	INDUSTRIA	AGRICULTURA	SERVICIOS-RESIDENCIAL-COMERCIAL	TRANSPORTE
GAS NATURAL	613.096,53	7.250,12	300.573,1	4.754,88
PETRÓLEO	122.593,4	170.500,6	46.489,44	526.607,13
HIDRAULICA	35.004,05	1.443,16	30.432,2	1.695,28
EÓLICA	116.085,98	4.786,03	100.924,08	5.622,16
BIOMASA	3.055,65	971,25	75.035,97	3.783,63
OTRAS	168.489,52	125,98	2.656,55	147,99
TOTAL	1.058.325,13	185.077,14	556.111,34	537.856,19

De la misma manera se actúa para el resto de años de estudio, en las siguientes tablas (Tabla A5.10- A5.12) se muestran los valores.

Tabla A5.10: Consumo de energía primaria de la provincia de Zaragoza en 2005, por sectores y por fuente de energía primaria.
Fuente: Elaboración propia.

FUENTE ENERGÍA	INDUSTRIA	AGRICULTURA	SERVICIOS-RESIDENCIAL-COMERCIAL	TRANSPORTE
GAS NATURAL	550.473,29	6.303,36	261.321,84	5.085,77
PETRÓLEO	156.069,43	193.201,84	50.391,56	798.971,29
HIDRAULICA	35.380,00	2.093,91	36.837,32	2.050,92
EÓLICA	115.290,02	6.823,25	120.038,86	6.683,18
BIOMASA	90.186,79	1.092,33	78.584,44	1.071,61
OTRAS	342,03	20,24	356,12	19,83
TOTAL	947.741,57	209.534,92	547.530,15	813.882,60

Tabla A5.11: Consumo de energía primaria de la provincia de Zaragoza en 2006, por sectores y por fuente de energía primaria.
Fuente: Elaboración propia.

FUENTE ENERGÍA	INDUSTRIA	AGRICULTURA	SERVICIOS-RESIDENCIAL-COMERCIAL	TRANSPORTE
GAS NATURAL	617.438,10	7.782,09	299.359,30	5.392,32
PETRÓLEO	151.624,74	182.910,49	45.870,98	831.982,19
HIDRAULICA	33.753,82	1.698,26	32.298,57	1.678,50
EÓLICA	128.371,31	6.458,74	122.836,75	6.383,60
BIOMASA	98.250,40	1.297,07	81.432,04	1.134,02
OTRAS	432,05	21,74	413,42	21,48
TOTAL	1.029.870,43	200.168,39	582.211,06	846.592,12

Tabla A5.12: Consumo de energía primaria de la provincia de Zaragoza en 2016, por sectores y por fuente de energía primaria.
Fuente: Elaboración propia.

FUENTE ENERGÍA	INDUSTRIA	AGRICULTURA	SERVICIOS-RESIDENCIAL-COMERCIAL	TRANSPORTE
GAS NATURAL	542.567,84	9.236,53	260.699,01	5.392,32
PETRÓLEO	48.974,77	145.869,35	24.567,60	831.982,19
HIDRAULICA	22.774,76	1.557,31	21.478,52	1.678,50
EÓLICA	79.043,68	5.404,93	74.544,86	6.383,60
BIOMASA	259.372,63	3.291,08	102.652,30	1.134,02
OTRAS	56.571,96	3.868,33	53.352,13	21,48
TOTAL	1.009.305,65	169.227,53	537.294,42	846.592,12

ANEXO 6: CONSIDERACIONES EN LA HUELLA DE LA ALIMENTACION

En el cálculo de la huella ecológica de la alimentación hay que tener en cuenta una serie de consideraciones, las cuales también fueron usadas en anteriores trabajos de estimación de la Huella Ecológica.

Es significativo mencionar la importancia de no contabilizar dos veces la misma tierra. En el caso particular de la alimentación, se subdividen los animales en dos categorías en: animales alimentados por pastos (bovino, ovino, caprino) y en animales alimentados por cultivos tales como forrajeros y derivados, donde se incluyen el resto de animales. Esta clasificación es una suposición ya que realmente no sucede de este modo.

La alimentación de los animales proveniente de cultivos, es contabilizada en el apartado de alimentación basada en plantas. Al considerar esta suposición relacionada con el sustento de este grupo de animales, debemos tener en cuenta una serie de hipótesis que han sido propuestas por estudios anteriores de la Huella Ecológica de Zaragoza (Teresa Artigas 2004):

Hipótesis:

- El 20% del trigo, el 70% de la cebada, el 95% del maíz, avena, centeno y sorgo se destina para el consumo animal. El porcentaje restante se considera que pertenece al consumo humano. Para la obtención del consumo de estas plantas se han utilizado datos de producción, de importación y exportación, ya que no existen registros de consumo per cápita.
- El trigo es utilizado para pan, pasta, preparaciones a base de éste. El 60% del trigo está destinado al pan.
- El 30% de la cebada está destinada a la producción de cerveza.
- El maíz se considera como consumo directo.
- Transformación de las aceitunas en aceites se han considerado el consumo per cápita de cada uno de ellos (girasol, colza y soja).
- La relación entre la uva destinada a transformación y el vino y vinagre ha sido a través del rendimiento desde uva a vino, éste es del 70%.
- Respecto a los animales el consumo de carnes transformadas corresponde en su mayoría a ganado porcino.
- Los despojos, la carne congelada y otras carnes proceden la mitad de animales alimentados con pastos y la otra mitad con animales alimentados de cultivos.

ANEXO 7: CÁLCULO DE LA HUELLA ECOLÓGICA DE LA ALIMENTACIÓN

Una vez explicadas las consideraciones que han sido usadas para el cálculo de la huella de la componente de la alimentación (*Anexo 6: Consideraciones en la huella de la alimentación*), se va a proceder con la explicación de manera detallada del modo en el que se ha operado. Al final de cada apartado, una vez explicado el procedimiento seguido, se podrán observar los resultados obtenidos para los años de estudio en los que se ha realizado este trabajo fin de grado.

A7.1. DATOS PARA LA HUELLA ECOLÓGICA DE LA ALIMENTACIÓN

Los datos necesarios para hallar la tierra de uso directo de la alimentación se toman de diferentes fuentes, por lo que es necesario una recopilación de ellos. En el *Anexo 12: Matrices de cálculo para la alimentación y los bienes de consumo*, aparece una esquematización del lugar de procedencia de cada uno de los datos, sin embargo, en este capítulo se desarrolla y explica con más detalle estas fuentes de datos.

El consumo se obtiene de forma directa de los datos estadísticos de Merca Zaragoza, para la Ciudad de Zaragoza o para la provincia. En el caso de que estos datos no estén disponibles, se usan en su defecto datos de Mercasa donde aparece datos para la comunidad autónoma de Aragón, mediante un panel de alimentación elaborado por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España. Si ninguna de estas opciones estuviese disponible, se ha recurrido al uso de datos de producción, importación y exportación según la Ec A2.1.

Importación y Exportación, valores en toneladas, son tomados a través de la aplicación Data-Comex, donde aparecen estadísticas del comercio español exterior del Ministerio de Economía y Competitividad.

Es importante destacar que para el año 2016, no existe publicación del Anuario Estadístico, así que cuando no se ha encontrado disponibilidad de datos procedentes de Merca Zaragoza o en su defecto de Mercasa, se ha usado con aproximación datos de producción para el año 2014, que es la fecha más próxima publicada.

Para finalizar con este apartado de datos, los que faltan son los referidos a la productividad tanto local como mundial. La productividad local aparece en el Anuario Estadístico de Aragón y la productividad mundial en la FAO.

A7.2. HUELLA CON PRODUCTIVIDADES LOCALES

Cuando el consumo de determinado producto es mayor que la producción de dicho producto, existe un flujo de importaciones para poder satisfacer ese consumo (Ec A7.1). Si, por el contrario, el consumo es menor que la producción aparece un flujo de exportaciones, se aplica en ese caso la Ec A7.2.

$$H.E_{PL}(i,j) = \frac{Producción(i)}{Productividad\ local} + \frac{Consumo(i) - Producción(i)}{Productividad\ local(i)} \quad [EcA7.2]$$

Siendo i cada uno de los alimentos de estudio y j cada tipo de tierra

Una vez las superficies locales han sido halladas (ha/año) para cada uno de los alimentos, se hace el sumatorio de la superficie ocupada por cada tipo de tierra, que en este caso son cultivos, pastos y mar (*Tabla 3.1 Relación entre el tipo de tierra bioproductiva y tipo de tierra*) y se divide por la población de Zaragoza para cada año de estudio. Obteniendo de esta forma la superficie per cápita de cada alimento. Sumando las hectáreas per cápita de todos los tipos de tierra se obtiene la huella de la alimentación.

Se recogen a continuación los resultados obtenidos para este apartado, la huella ecológica para cada uno de los tipos de tierra que están implicados en la componente de la alimentación, es decir para la tierra de cultivos, tierra de pastos y el mar.

Tabla A7.1 Huella ecológica de la alimentación para cultivos, pastos, mar. Productividades locales. Fuente: Elaboración Propia

AÑO	CULTIVOS	PASTOS	MAR
2005	0,3806	1,5539	1,2704
2006	0,3723	1,5970	1,3253
2008	0,4538	1,6600	1,4725
2016	0,4505	1,5251	0,9562

A7.3. HUELLA CON PRODUCTIVIDADES MUNDIALES

En el cálculo de la huella ecológica a nivel mundial, usando para ello productividades medias mundiales, se utiliza la siguiente fórmula:

$$HE(i,j) = \frac{Consumo(i)}{Productividad\ media\ global(i)} \quad [EcA7.3]$$

Para el cálculo de la superficie media global para cada tipo de tierra, se hace el sumatorio de las hectáreas de los tipos de tierra, y ese resultado se divide para la población. Obteniendo de ese modo las hectáreas per cápita.

A continuación, se muestran los resultados para el cálculo de la tierra de uso directo, usando productividades mundiales.

Tabla A7.2 Huella ecológica de la alimentación para cultivos, pastos, mar. Productividades mundiales. Fuente: Elaboración Propia

AÑO	CULTIVOS	PASTOS	MAR
2005	0,8298	0,7476	0,4573
2006	0,8357	0,7641	0,4771
2008	1,0208	0,8708	0,5301
2016	1,318	0,7709	0,3442

A7.4. COMPONENTE ENERGETICA

El objetivo es transformar el consumo energético de la ciudad de Zaragoza en hectáreas de bosque, para conseguirlo se ha aproximado el consumo energético de la alimentación al consumo derivado de la agricultura.

Los valores calculados referidos al consumo energético para cada fuente de energía se encuentran recogidos en el *Anexo 5: Cálculos relativos al consumo energético*, en las Tablas A4.9-A5.12, ambas incluidas, se añade a continuación una tabla resumen para cada año y fuente de energía (Tabla A7.3)

Tabla A7.3: Resumen de los consumos de energía primaria para la agricultura en los años de estudio. Fuente: Elaboración propia

FUENTE ENERGÍA	2005	2006	2008	2016
GAS NATURAL	6.303,36	7.782,09	7.250,12	9.236,53
PETRÓLEO	193.201,84	182.910,49	170.500,6	145.869,35
HIDRAULICA	2.093,91	1.698,26	1.443,16	1.557,31
EÓLICA	6.823,25	6.458,74	4.786,03	5.404,93
BIOMASA	1.092,33	1.297,07	971,25	3.291,08
OTRAS	20,24	21,74	125,98	3.868,33
TOTAL	209.534,92	200.168,39	185.077,14	169.227,53

El procedimiento que se va a explicar es aplicable para los años de estudio de realización del trabajo. Si en alguno de los años se ha tomado alguna consideración especial se comentará en el desarrollo del procedimiento.

Los consumos de energía primaria que aparecen en la *Tabla A7.5*, son a nivel provincial por lo que es necesario extrapolarlos a nivel local (Ec A7.5). Los valores se transforman en hectáreas de bosque necesarias para absorber el dióxido de carbono mediante con factores de energía-tierra (*Tabla A4.8*)

La huella ecológica de la energía para cada fuente se calcula según la ecuación Ec A7.4, previamente hay que realizar un cambio de unidades para que el consumo energético que en la Tabla A7.3 está en toneladas equivalentes de petróleo, este expresado en Giga julios, para ello se usa la siguiente equivalencia 41,5 GJ/1 tep.

$$\text{He (ha/cap)} = \frac{HE}{\text{Población Zaragoza}} \cdot \frac{\text{Hectáreas agrícola en Zaragoza Ciudad}}{\text{Hectáreas agrícola en Zaragoza Provincia}} \quad \text{Ec A7.5}$$

Hay que realizar esta ecuación para cada fuente de energía, usando el correspondiente factor de energía-tierra.

Las hectáreas corresponden a la provincia de Zaragoza, por lo que como se ha mencionado antes, es necesario una extrapolación a nivel local (Ec A7.5)

La huella ecológica energética de la Ec A7.4, se divide para la población de Zaragoza (obteniendo de ese modo las hectáreas per cápita) y el resultado se multiplica por la relación que existe entre las hectáreas agrícolas de la ciudad de Zaragoza y las hectáreas de la provincia de Zaragoza, dichas superficies aparecen en el Anuario Estadístico de Aragón.

Para obtener el valor final de la huella ecológica per cápita de la alimentación, basta con realizar el sumatorio de la huella ecológica para cada tipo de fuente de energía.

En las siguientes tablas (Tabla A7.4-A7.7) aparecen los resultados obtenidos para el año 2005, 2006, 2008 y 2016:

Tabla A7.4: Huella energética de la alimentación para 2005. Fuente elaboración propia.

Fuente de Energía	Consumo (GJ)	Factor energía-tierra	Huella ecológica local	Huella ecológica global
Gas natural	263.480,53	93	0,00023	0,00018
Petróleo	193.201,84	71	0,00022	0,00018
Carbón	0,00	53	0	0
Hidroeléctrica	87.525,30	1.000	0,00001	0,00001
Eólica	285.211,78	60.000	0,000000389	0,00000039
Fotovoltaica	846,15	1.500	0,000000046	0,000000046
Biomasa	45.659,29	-	-	-
Energía neta importación	-4.485.233,38	71	-0,06926	-0,10353
TOTAL	-3.609.308,50	-	-0,06880	-0,10316

Tabla A7.5: Huella energética de la alimentación para 2006. Fuente elaboración propia.

Fuente de Energía	Consumo (GJ)	Factor energía-tierra	Huella ecológica local	Huella ecológica global
Gas natural	325.291,36	93	0,00029	0,00023
Petróleo	7.645.658,63	71	0,00878	0,00692
Carbón	0,00	53	0	0
Hidroeléctrica	70.987,09	1.000	0,00001	0,00001
Eólica	269.975,52	60.000	0,00000037	0,00000037
Fotovoltaica	908,64	1.500	0,000000049	0,0000000494
Biomasa	54.217,45	-	-	-
Energía neta importación	-6.312.131,64	71	-0,09692	-0,14487
TOTAL	2.054.907,04	-	-0,08785	-0,13771

Tabla A7.6: Huella energética de la alimentación para 2008. Fuente elaboración propia.

Fuente de Energía	Consumo (GJ)	Factor energía-tierra	Huella ecológica local	Huella ecológica global
Gas natural	303.055,06	93	0,0003	0,00020
Petróleo	7.126.925,27	71	0,0080	0,00629
Carbón	0,00	53	0	0
Hidroeléctrica	60.323,96	1.000	0,00000479	0,0000048
Eólica	200.055,88	60.000	0,00000026	0,00000026
Fotovoltaica	5.265,93	1.500	0,00000028	0,00000028
Biomasa	40.598,40	-	-	-
Energía neta importación	-3.632.084,37	71	-0,0535	-0,08004
TOTAL	4.104.140,12	-	-0,04531	-0,07354

Tabla A7.7: Huella energética de la alimentación para 2016. Fuente elaboración propia.

Fuente de Energía	Consumo (GJ)	Factor energía-tierra	Huella ecológica local	Huella ecológica global
Gas natural	386.087,10	93	0,00033	0,00026
Petróleo	6.097.338,76	71	0,00687	0,00542
Carbón	0,00	53	0,00000	0,00000
Hidroeléctrica	130.191,49	1.000	0,00001	0,00001
Eólica	225.925,87	60.000	0,00000	0,00000
Fotovoltaica	161.696,28	1.500	0,00001	0,00001
Biomasa	137.566,98	-	-	-
Energía neta importación	1.181.670,33	71	0,01751	0,02617
TOTAL	8.320.476,79	-	0,02474	0,03188

A7.5 ANALISIS DE RESULTADOS

En primer lugar, se van a analizar la huella ecológica local (Tabla A7.1).

La tendencia global de la huella ecológica a nivel local del mar, es superior a la de los pastos y cultivos, ya que aproximadamente se acerca al valor de una hectárea per cápita, esto es debido a la baja productividad del mar a nivel local. Si comparamos el resultado para los tres tipos de tierra en los que la huella de la

alimentación afecta, también puede observarse que la huella ecológica referida a los pastos es bastante elevada, debido al mismo motivo que la huella ecológica del mar, la baja productividad.

Sin embargo, cuando se calcula la huella ecológica de la alimentación a nivel global, esta tendencia varía, ya que el valor de la huella de pastos y del mar es inferior a la de los cultivos. Esto ocurre por el hecho de que para calcular la huella de los cultivos a nivel mundial se usa un factor de equivalencia alto, lo que hace que se eleve este valor mencionado.

Para continuar se va a evaluar los resultados obtenidos para la huella ecológica de la alimentación referida a la energía, (Tablas A7.4-A7.7). Las dos fuentes de energía con más peso en el valor final de la huella son el petróleo y en segundo lugar el gas natural, debido a que son las fuentes más utilizadas por la población, sin tener en cuenta la energía asociada a importaciones.

Tabla A7.8: Comparativa de la huella ecológica energética que aporta el gas natural y el petróleo al resultado total de la huella.
Fuente: Elaboración propia

Fuente energía	Huella ecológica
Gas natural (2005)	0,00023
Petróleo (2005)	0,00022
Gas natural (2006)	0,00029
Petróleo (2006)	0,00878
Gas natural (2008)	0,0003
Petróleo (2008)	0,0080
Gas natural (2016)	0,00033
Petróleo (2016)	0,00687

Para ejemplificar esta gran diferencia de aportación al resultado final de la huella, se representa en la figura A7.1 un diagrama con los porcentajes para el año 2008.

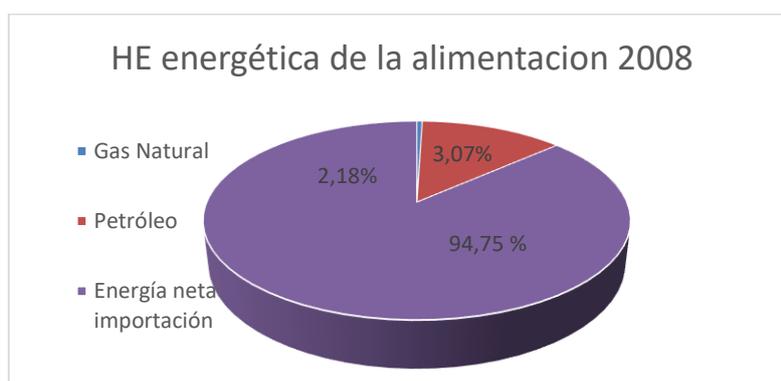


Figura A7.1: Diagrama de la huella energética de la alimentación para 2008. Fuente: Elaboración propia

ANEXO 8: CONSIDERACIONES EN LA HUELLA DE LOS BIENES DE CONSUMO

En el cálculo de la huella ecológica de los bienes de consumo han sido necesarias una serie de suposiciones debido al hecho, de no disponer de una fuente de datos amplia y por tanto no poder encontrar valores de consumo, producción y exportación para todas las divisiones que se han realizado por tipo de producto.

A continuación, se enumeran estas suposiciones, la cuales se han considerado también en trabajos anteriores:

- Los cultivos para la producción de bienes de consumo no se realizan en Zaragoza, por lo tanto, se utilizan productividades globales.
- Las pieles y sus manufacturas no tienen influencia en la huella de pastos, de este modo no se contabilizan dos veces el mismo tipo de tierra. Estos productos (ganadería ovina y bovina) se considera que son destinados a la producción de alimentos y no a bienes de consumo.

Existe sin embargo un caso particular, debido a que, para la lana, si se contabiliza la influencia en la tierra de pastos, ya que se considera que el objetivo principal de la ganadería ovina es obtener lana.

- El 30% de los tejidos y prendas de punto se elaboran con lana y el 70% restante con fibras, del cual se considera que el 35% se fabrica con tejidos sintéticos y el otro 35% con fibras naturales.
- Se estima que, del resto de las prendas, la mitad se realiza con fibras sintéticas y la otra mitad con fibras naturales.
- El dato de consumo de madera para la población de la ciudad de Zaragoza se aproxima al consumo de España.
- El valor de la densidad de la madera es de 650 kg/m^3 , este dato es necesario debido a que en el Anuario Forestal de Aragón aparecen en metros cúbicos.
- El valor de la producción de madera que aparece en el Anuario Forestal, se le añaden 20.000 m^3 correspondientes a madera destinada a trituración y proveniente de tratamientos silvícolas que no están incluidos en el Anuario Forestal

ANEXO 9: CÁLCULO DE LA HUELLA ECOLÓGICA DE LOS BIENES DE CONSUMO

Una vez explicadas las consideraciones que han sido usadas para el cálculo de la huella de la componente de la alimentación (*Anexo 8: Consideraciones en la huella de los bienes de consumo*), se va a proceder con la explicación de manera detallada del modo en el que se ha operado. Al final de cada apartado, una vez explicado el procedimiento seguido, se podrán observar los resultados obtenidos para los años de estudio en los que se ha realizado este trabajo.

A9.1. DATOS PARA LA HUELLA ECOLÓGICA DE LOS BIENES DE CONSUMO

Los datos necesarios para hallar la tierra de uso directo de los bienes de consumo se toman de diferentes fuentes, por lo que es necesario una recopilación de ellos. En el Anexo 12: Matrices de cálculo para cada componente, aparece una esquematización de la hoja de cálculo, así como el lugar de procedencia de cada uno de los datos, sin embargo, en este capítulo se desarrolla y explica con más detalle estas fuentes de datos.

El consumo se obtiene del Anuario Estadístico de Aragón Si esta opción no estuviese disponible, se ha recurrido al uso de datos de producción, importación y exportación según la Ec A2.1.

Importación y Exportación, valores en toneladas, son tomados a través de la aplicación Data-Comex, donde aparecen estadísticas del comercio español exterior del Ministerio de Economía y Competitividad.

Para poder calcular la huella ecológica de los bienes de consumo, es necesario saber la superficie industrial de Zaragoza, es decir la superficie ocupada por polígonos industriales, la cual es proporcionada por el Instituto Aragonés de Fomento.

A continuación, se muestra una tabla con los valores de superficie industrial utilizada (Tabla A9.1)

Tabla A9.1: Superficie industrial en Zaragoza municipio y provincia en 2005, 2006, 2008 y 2016- Fuente: IAF

m2	2005	2006	2008	2016
Zaragoza municipio	7.213.554	7.213.554	11.298.220	33.230.962
Zaragoza provincia	22.647.032	22.647.032	29.146.343	78.819.368

Para finalizar con este apartado de datos, los que faltan son los referidos a la productividad tanto local como mundial. La productividad local aparece en el Anuario Estadístico de Aragón y la productividad mundial en la FAO.

A9.2. HUELLA CON PRODUCTIVIDADES LOCALES

Las hectáreas de tierra bioproductiva necesarias para satisfacer el consumo de los recursos bióticos, se determina según la Ec A9.1:

$$HE = \frac{\text{Producción}}{\text{Productividad local}} + \frac{\text{Importación}}{\text{Productividad media global}} - \frac{\text{Exportación}}{\text{Productividad local}} \quad \text{Ec A9.1}$$

La ecuación A9.1, se realiza para cada uno de los recursos bióticos y para cada una de las tierras que se vean afectadas por este componente, es decir, a la tierra de cultivos, tierra de pastos y bosque.

Con esta ecuación los datos de producción, importación y exportación son transformados en hectáreas de tierra bioproductiva.

Estos valores de superficie se dividen entre la población, obteniendo las hectáreas per cápita.

En la Tabla A9.2 aparecen recogidos los valores correspondientes a la huella de la componente de los bienes de consumo.

Tabla A9.2 Huella ecológica de los bienes de consumo para cultivos, pastos, bosque y construida. Productividades locales. Fuente: Elaboración Propia

AÑO	CULTIVOS	PASTOS	BOSQUE	CONSTRUIDA
2005	0,04759	0,1292	0,3668	0,0114
2006	0,04472	0,1513	0,4207	0,00111
2008	0,06063	0,1139	0,4687	0,03728
2016	0,03627	0,1166	0,4920	0,005027

A9.3. HUELLA CON PRODUCTIVIDADES MUNDIALES

En el cálculo de la huella ecológica a nivel mundial, usando para ello productividades medias mundiales, se utiliza la siguiente fórmula:

$$HE (i,j) = \frac{\text{Consumo (i)}}{\text{Productividad media global (i)}} \quad [\text{Ec A9.2}]$$

Se realiza la Ec A9.2, para cada uno de los recursos (i), y para cada una de las tierras que se ven afectadas por esta componente (j), es decir para cultivos, pastos y bosque

Para el cálculo de la superficie media global para cada tipo de tierra, se hace el sumatorio de las hectáreas de los tipos de tierra, y ese resultado se divide para la población. Obteniendo de ese modo las hectáreas per cápita.

A continuación, se muestran los resultados para el cálculo de la tierra de uso directo, usando productividades mundiales.

Tabla A9.3 Huella ecológica de la alimentación para cultivos, pastos, bosque y construida. Productividades mundiales. Fuente: Elaboración Propia

AÑO	CULTIVOS	PASTOS	BOSQUE	CONSTRUIDA
2005	0,1044	0,07883	0,4369	0,02463
2006	0,09749	0,08271	0,5111	0,02456
2008	0,1322	0,04496	0,5983	0,08239
2016	0,07907	0,08148	0,6741	0,0111

A9.4. COMPONENTE ENERGETICA

El objetivo es transformar el consumo energético de la ciudad de Zaragoza en hectáreas de bosque, para conseguirlo se ha aproximado el consumo energético de los bienes de consumo al consumo derivado de la actividad industrial.

Los valores calculados referidos al consumo energético para cada fuente de energía se encuentran recogidos en el *Anexo 5: Cálculos relativos al consumo energético*, en las Tablas A4.9-A5.12, ambas incluidas, se añade a continuación una tabla resumen para cada año y fuente de energía (Tabla A9.4)

Tabla A9.4: Resumen de los consumos de energía primaria la actividad industrial en los años de estudio.

Fuente: Elaboración propia

FUENTE ENERGÍA	2005	2006	2008	2016
GAS NATURAL	550.473,29	617.438,10	613.096,53	542.567,84
PETRÓLEO	156.069,43	151.624,74	122.593,4	48.974,77
HIDRAULICA	35.380,00	33.753,82	35.004,05	22.774,76
EÓLICA	115.290,02	128.371,31	116.085,98	79.043,68
BIOMASA	90.186,79	98.250,40	3.055,65	259.372,63
OTRAS	342,03	432,05	168.489,52	56.571,96
TOTAL	947.741,57	1.029.870,43	1.058.325,13	1.009.305,65

Una vez que se tienen los consumos de energía primaria para cada año el procedimiento a seguir es el mismo que el explicado en el Anexo 7: Cálculo de la huella ecológica de La alimentación, en el apartado A7.4. Usando para ello, la Ec A7.4 Y A7.5:

$$HE = \frac{\text{Consumo de energía primaria (GJ)}}{\text{Factores energía-tierra}} \quad \text{Ec A7.4}$$

$$\text{He (ha/cap)} = \frac{\text{HE}}{\text{Población Zaragoza}} \cdot \frac{\text{Hectáreas agrícola en Zaragoza Ciudad}}{\text{Hectáreas agrícola en Zaragoza Provincia}} \quad \text{Ec A7.5}$$

Para obtener el valor final de la huella ecológica per cápita de los bienes de consumo, se realiza el sumatorio de la huella ecológica para cada tipo de fuente de energía.

Tabla A9.5: Huella energética de los bienes de consumo para 2005. Fuente elaboración propia.

Fuente de Energía	Consumo (GJ)	Factor energía-tierra	Huella ecológica local	Huella ecológica global
Gas natural	23.009.783,50	93	0,182601	0,102148
Petróleo	6.523.702,25	71	0,067813	0,037971
Carbón	0,00	53	0	0
Hidroeléctrica	61.817.357,16	1.000	0,045623	0,032383
Eólica	201.439.333,55	60.000	0,011893	0,008442
Fotovoltaica	597.615,27	1.500	0,000294	0,000209
Biomasa	157.577.968,79	-	0,0000	0,000000
Energía neta importación	2.397.887,77	71	0,052169	0,013957
TOTAL	453.363.648,29	-	0,4325	0,1951

Tabla A9.6: Huella energética de los bienes de consumo para 2006. Fuente elaboración propia.

Fuente de Energía	Consumo (GJ)	Factor energía-tierra	Huella ecológica local	Huella ecológica global
Gas natural	25.808.912,66	93	0,204244	0,113923
Petróleo	6.337.913,95	71	0,065698	0,036680
Carbón	1.696.570,04	53	0,023559	0,013189
Hidroeléctrica	58.976.030,45	1.000	0,043405	0,030718
Eólica	224.295.496,21	60.000	0,013206	0,009346
Fotovoltaica	754.896,17	1.500	0,000370	0,000262
Biomasa	171.667.035,98	-	0	0
Energía neta importación	2.412.990,35	71	0,025013	0,013965
TOTAL	491.949.845,81	-	0,48818	0,2181

Tabla A9.7: Huella energética de los bienes de consumo para 2008. Fuente elaboración propia

Fuente de Energía	Consumo (GJ)	Factor energía-tierra	Huella ecológica local	Huella ecológica global
Gas natural	25.627.434,84	93	0,240537	0,132187
Petróleo	5.124.529,60	71	0,063002	0,034656
Carbón	0,00	53	0	0
Hidroeléctrica	61.160.471,66	1.000	0,053386	0,037225
Eólica	202.830.068,23	60.000	0,014164	0,009876
Fotovoltaica	5.338.949,94	1.500	0,003107	0,002166
Biomasa	294.391.626,39	-	0	0
Energía neta importación	2.575.574,51	71	0,031665	0,017418
TOTAL	597.048.655,17	-	0,4988	0,22085

Tabla A9.8: Huella energética de los bienes de consumo para 2016. Fuente elaboración propia.

Fuente de Energía	Consumo (GJ)	Factor energía-tierra	Huella ecológica local	Huella ecológica global
Gas natural	22.679.335,60	93	0,233279	0,127878
Petróleo	2.047.145,56	71	0,027582	0,015134
Carbón	0,00	53	0	0
Hidroeléctrica	39.792.971,89	1.000	0,038066	0,026476
Eólica	138.108.287,95	60.000	0,010569	0,007351
Fotovoltaica	98.844.794,33	1.500	0,063036	0,043844
Biomasa	453.186.235,74	-	0,000000	0,000000
Energía neta importación	-5.179.746,40	71	-0,069777	-0,038287
TOTAL	749.479.024,67	-	0,3027	0,1824

A9.5 ANALISIS DE RESULTADOS

En primer lugar, se va a analizar la *Tabla A9.2 Huella ecológica de la alimentación para cultivos, pastos, bosque y construida. Productividades locales*.

La tierra correspondiente al terreno construido local, se obtiene directamente del cociente entre la superficie industrial y la población de Zaragoza. Como en 2016, en comparación con el resto de años de estudio, la superficie industrial de Zaragoza aumentó considerablemente, pero no lo hizo de manera tan notable la población, el valor de tierra correspondiente a terreno construido en 2016 se aleja de la tendencia global. Esta tendencia se encuentra representada en la Figura A9.1:

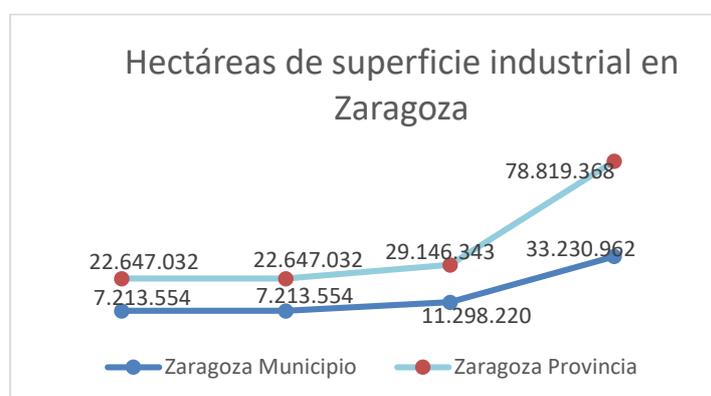


Figura A9.1: Superficie industrial correspondiente a 2005,2006,2008 y 2016 respectivamente. Fuente: Tabla A9.1

Debido a este aumento considerable de la superficie industrial referido a la superficie construida, también aumento el valor de la huella ecológica para el año 2016 de manera más exacerbada que en el resto de años. (Figura A9.2)

También es importante destacar, el alto valor obtenido en la superficie de bosque a nivel mundial, lo que se debe a que, para hallar las hectáreas globales, se multiplican las huellas locales por el correspondiente factor de equivalencia, el cual tiene un valor elevado en comparación con los otros tipos de tierra. Esto hace que se obtengan resultados altos de hectáreas globales, teniendo como resultado valores medios de 0,55 hag/cap.

Por último referente a la huella energética, sucede algo similar que en la huella energética de la alimentación. Las dos fuentes de energía con más peso en el valor final de la huella son el petróleo y en segundo lugar el gas natural, debido a que son las fuentes más utilizadas por la población.

ANEXO 10: CÁLCULO DE LA HUELLA ECOLÓGICA DE LA MOVILIDAD Y EL TRANSPORTE

Se va a proceder con la explicación de manera detallada de la manera en la que se ha operado. Al final de cada apartado, una vez explicado el procedimiento seguido, se podrán observar los resultados obtenidos para los años de estudio en los que se ha realizado este trabajo fin de grado.

La huella ecológica de la movilidad y transporte hace referencia a la superficie por habitante que se utiliza para satisfacer las necesidades en lo relacionado al desplazamiento, o lo que es lo mismo la superficie construida que se dedica a la movilidad y el transporte, además de la tierra de la energía que permite absorber todas las emisiones emitidas por esta componente.

A10.1. DATOS PARA LA HUELLA ECOLÓGICA DE LA MOVILIDAD Y EL TRANSPORTE

Los datos necesarios para hallar la tierra de uso directo de la movilidad y el transporte se toman de diferentes fuentes, por lo que es necesario una recopilación de ellos.

Los datos relativos a viales de comunicación se han obtenido del Servicio Municipal de Tráfico y Transportes del Ayuntamiento de Zaragoza, los relativos a terminales de transporte se han extraído del Plan de Ordenación Urbana de Zaragoza.

Para determinar las superficies de calzadas se estima que ocupan el 1,5% de la superficie del término municipal de Zaragoza, donde se encuentran englobadas la superficie correspondiente a carril bus, bici, tranvía y aceras.

El valor correspondiente al carril bici para el año 2016, varía con respecto a los demás años de estudio, ya que se obtiene directamente del documento Movilidad Urbana-Vías ciclistas publicado en 2016.

A10.2. HUELLA ECOLÓGICA DE LA MOVILIDAD Y EL TRANSPORTE

A continuación, se muestran los resultados de la huella ecológica de la movilidad y el transporte para cada año de estudio, (Tabla 10.1)

Tabla 10.1. Huella ecológica de la movilidad y el transporte para el terreno construido. Fuente: Elaboración propia

AÑO	HUELLA ECOLOGICA LOCAL	HUELLA ECOLÓGICA GLOBAL
2005	0,00263619	0,0057469
2006	0,00263151	0,00573669
2008	0,00323751	0,00705777
2016	0,00379151	0,0082655

A10.3. COMPONENTE ENERGETICA

El objetivo es transformar el consumo energético de la ciudad de Zaragoza en hectáreas de bosque, para conseguirlo se ha aproximado el consumo energético de la movilidad y el transporte al consumo derivado del transporte, el cual aparece en el Boletín de la Coyuntura Energética de Aragón.

El método para hallar la tierra de la energía para esta componente se explica de forma general y de manera detallada en el *Anexo 5: Cálculos relativos al consumo energético*, en este apartado se mostrará un resumen de los resultados obtenidos.

Como en otras componentes se muestra la huella energética de esta componente tanto a nivel local como a nivel mundial.

En las Tablas A10.2-A10.5, se recogen tanto el consumo energético por fuente, como la huella ecológica que aporta al total cada una de las fuentes de energía.

Tabla A10.2: Huella energética de la movilidad y el transporte para 2005. Fuente elaboración propia.

Fuente de Energía	Consumo (GJ)	Factor energía-tierra	Huella ecológica local	Huella ecológica global
Gas natural	8.886.061,70	93	0,00318	0,00250
Petróleo	33.397.000,10	71	0,65394	0,51588
Carbón	0,00	53	0,00000	0,00000
Hidroeléctrica	3.583.452,96	1.000	0,00498	0,00498
Eólica	11.677.114,78	60.000	0,00027	0,00027
Fotovoltaica	34.642,80	1.500	0,00003	0,00003
Biomasa	1.872.355,53	-	0,00000	0,00000
TOTAL	59.450.627,86	-	0,66240	0,52367

Tabla A10.3: Huella energética de la movilidad y el transporte para 2006. Fuente elaboración propia.

Fuente de Energía	Consumo (GJ)	Factor energía-tierra	Huella ecológica local	Huella ecológica global
Gas natural	9.421.675,46	93	0,00336	0,00265
Petróleo	34.776.855,75	71	0,67906	0,53570
Carbón	0,00	53	0,00000	0,00000
Hidroeléctrica	2.932.739,40	1.000	0,00407	0,00407
Eólica	11.153.687,92	60.000	0,00026	0,00026
Fotovoltaica	37.539,21	1.500	0,00003	0,00003
Biomasa	1.981.409,83	-	0,00000	0,00000
TOTAL	60.303.907,57	-	0,68678	0,54271

Tabla A10.4: Huella energética de la movilidad y el transporte para 2008. Fuente elaboración propia.

Fuente de Energía	Consumo (GJ)	Factor energía-tierra	Huella ecológica local	Huella ecológica global
Gas natural	8.307.909,32	93	0,12070	0,09512
Petróleo	920.109.047,19	71	0,41888	0,33045
Carbón	0,00	53	0,00000	0,00000
Hidroeléctrica	2.962.062,85	1.000	0,00400	0,00400
Eólica	9.823.263,18	60.000	0,00022	0,00022
Fotovoltaica	258.570,69	1.500	0,00023	0,00023
Biomasa	6.610.903,29	-	0,00000	0,00000
TOTAL	948.071.756,52	-	0,54403	0,43003

Tabla A10.5: Huella energética de la movilidad y el transporte para 2016. Fuente elaboración propia.

Fuente de Energía	Consumo (GJ)	Factor energía-tierra	Huella ecológica local	Huella ecológica global
Gas natural	17.273.058,13	93	0,00605	0,00477
Petróleo	30.814.124,63	71	0,59083	0,46610
Carbón	0,00	53	0,00000	0,00000
Hidroeléctrica	4.489.908,81	1.000	0,00611	0,00611
Eólica	15.582.993,40	60.000	0,00035	0,00035
Fotovoltaica	11.152.826,53	1.500	0,01012	0,01012
Biomasa	49.251.825,94	-	0,00000	0,00000
TOTAL	128.564.737,43	-	0,61347	0,48745

A10.4. RESULTADOS HUELLA ECOLÓGICA TOTAL DE LA MOVILIDAD Y EL TRANSPORTE

Tabla A10.6 Huella ecológica total de la movilidad y el transporte a nivel local. Fuente: Elaboración propia

AÑO	TERRENO CONSTRUIDO	TIERRA DE LA ENERGÍA	TOTAL
2005	0,0026	0,6624	0,6650
2006	0,0026	0,6868	0,6894
2008	0,0032	0,5440	0,5473
2016	0,0038	0,6135	0,6173

Tabla A10.7 Huella ecológica total de la movilidad y el transporte a nivel mundial. Fuente: Elaboración propia

AÑO	TERRENO CONSTRUIDO	TIERRA DE LA ENERGÍA	TOTAL
2005	0,0057	0,9075	0,9132
2006	0,0057	0,9409	0,9466
2008	0,0071	0,7453	0,7524
2016	0,0083	0,8404	0,8487

ANEXO 11: CÁLCULO DE LA HUELLA ECOLÓGICA DE LA VIVIENDA Y LOS SERVICIOS

Se va a proceder con la explicación de manera detallada de la manera en la que se ha operado. Al final de cada apartado, una vez explicado el procedimiento seguido, se podrán observar los resultados obtenidos para los años de estudio en los que se ha realizado este trabajo fin de grado.

La huella ecológica de la vivienda y los servicios hace referencia a la superficie construida, aunque se ha obtenido de manera diferente para cada uno, la cual se explicara en los siguientes apartados. También hay que tener en cuenta la tierra de la energía, necesario para absorber las emisiones de dióxido de carbono. La componente energética correspondiente si se ha tratado como una sola llamada componente energética del sector servicios-comercial-residencial.

A11.1. DATOS PARA LA HUELLA ECOLÓGICA DE LA VIVIENDA Y LOS SERVICIOS

A11.1.1 HUELLA ECOLÓGICA DE LA VIVIENDA

Los datos que se utilizan son los referidos a las hectáreas destinadas en Zaragoza al uso residencial, en los anteriores trabajos relacionados con la estimación de la huella en Zaragoza, se usaron datos provenientes del *Observatorio Municipal de Estadística Nº2*, o de PGOUZ, para los años 2005,2006,2008 y 2016 no ha sido posible encontrarlos de esas fuentes, por lo que se ha realizado una aproximación mediante una recta de regresión.

En esta recta de regresión se han utilizado todos los datos utilizados para los diferentes años en los que se ha realizado este trabajo anteriormente y de este modo por extrapolación, se han hallado los valores necesarios referidos a la superficie destinada a uso residencial. A continuación, en la Figura A11.1, se muestra dicha gráfica con la ecuación obtenida.

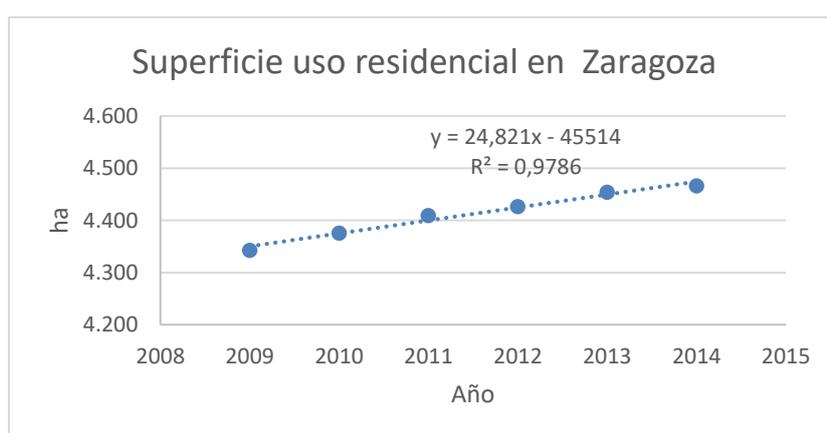


Figura A11.1: Representación para la aproximación del valor de la superficie de Zaragoza destinada a vivienda. Fuente: Elaboración Propia

De este modo la superficie de Zaragoza ocupada por viviendas, está representada por la Ec A11.1, con un coeficiente de determinación de 0.9786, muy próximo a 1:

$$Ha_{\text{superficie vivienda}} = 24,821 \cdot \text{AÑO} - 45514 \quad \text{Ec A11.1}$$

Los resultados de la superficie ocupada por vivienda son:

Tabla A.11.1: Superficie de Zaragoza ocupada por vivienda en 2005,2006,2008 y 2016, según Ec

Año de Estudio	Superficie (ha)
2005	4252,105
2006	4276,926
2008	4326,568
2016	4525,136

A11.1.2 HUELLA ECOLÓGICA DE LOS SERVICIOS

Los datos que se utilizan son los referidos a las hectáreas destinadas en Zaragoza a los servicios, como edificios destinados a la educación o la sanidad, zonas verdes, parques...

Estos valores se recogen del PGOUZ, concretamente del *Anejo VIII: Suelos pertenecientes a Sistemas de Espacios libres y de Equipamiento y Servicios*. La última modificación de este anejo fue en 2007, por lo que tendremos valores distintos para cada uno de los años. Para 2005 y 2006, usaremos los valores de superficie antes de la modificación y para 2008 y 2016, los datos correspondientes una vez fueron modificados en 2007. De esta manera, se presentan los valores utilizados:

Tabla A11.2: Superficie destinada a servicios para 2005 y 2006. Fuente Anexo VIII (anterior a la última modificación)

Servicios	ha	Servicios	ha
zonas verdes y espacios libres	961,54	espectáculos	6,54
parques y espacios naturales	551,00	servicios públicos urbanos	297,49
deportivo	243,13	servicios de infraestructura	74,70
enseñanza	588,72	depuradoras	13,32
sanidad y salud	49,00	administración pública	40,26
asistencia y bienestar social	61,65	reserva	88,09
cultural	55,94	comercio	245,07
religioso	34,70	defensa y seguridad del estado	28.896,49

Tabla A11.3: Superficie destinada a servicios para 2008 y 2016. Fuente Anexo VIII (Modificación 2007)

Servicios	ha		ha
zonas verdes y espacios libres	725,58	cultural	55,94
parques y espacios naturales	269,66	religioso	34,7
riveras y espacios fluviales	369,44	espectáculos	8
equipamientos	589,73	servicios públicos urbanos	337
deportivo	299	servicios de infraestructura	108
enseñanza	588,72	depuradoras	13,32
sanidad y salud	57	administración pública	40,26
asistencia bienestar social	61,65	reserva	109
comercio	367	defensa y seguridad del estado	577,93

A11.2. HUELLA ECOLÓGICA DE LA VIVIENDA Y LOS SERVICIOS

En este apartado se van a mostrar por separado la huella ecológica correspondiente a la vivienda y los servicios a nivel local y mundial, como se ha comentado en la introducción de este apartado.

Para determinar las hectáreas per cápita de esta componente, se realiza el cociente entre la superficie destinada a vivienda o servicios, entre la población de Zaragoza del año en que se esté calculando. Esta operación se hace de manera independiente para cada uno. Para obtener el valor total, simplemente se realiza la suma entre la huella ecológica de la vivienda y la huella ecológica de los servicios.

Tabla 11.4. Huella ecológica de la vivienda para el terreno construido. Fuente: Elaboración propia

AÑO	HUELLA ECOLOGICA LOCAL	HUELLA ECOLÓGICA GLOBAL
2005	0,006568	0,014318
2006	0,006588	0,01436
2008	0,006495	0,01415
2016	0,006844	0,01492

Tabla 11.5. Huella ecológica de los servicios para el terreno construido. Fuente: Elaboración propia

AÑO	HUELLA ECOLOGICA LOCAL	HUELLA ECOLÓGICA GLOBAL
2005	0,005854	0,01276
2006	0,005838	0,01272
2008	0,007602	0,01657
2016	0,007659	0,01669

A11.3. COMPONENTE ENERGETICA

La componente energética de la huella ecológica de vivienda y servicios se va a realizar en conjunto, tomando como grupo servicios-residencial-comercial. Se pretende determinar la superficie de bosque que se necesita para absorber las emisiones de dióxido de carbono emitidas por esta componente.

Se ha aproximado el consumo energético de la vivienda y los servicios al consumo derivado de la vivienda, el cual aparece en el Boletín de la Coyuntura Energética de Aragón.

El método para hallar la tierra de la energía para esta componente se explica de forma general y de manera detallada en el *Anexo 5: Cálculos relativos al consumo energético*, en este apartado se mostrará un resumen de los resultados obtenidos.

Como en otras componentes se muestra la huella energética de esta componente tanto a nivel local como a nivel mundial.

En las Tablas A11.6-A11.9, se recogen tanto el consumo energético por fuente, como la huella ecológica que aporta al total cada una de las fuentes de energía.

Tabla A11.6: Huella energética de la vivienda y los servicios para 2005. Fuente elaboración propia.

Fuente de Energía	Consumo (GJ)	Factor energía-tierra	Huella ecológica local	Huella ecológica global
Gas natural	10.923.252,99	93	0,1633	0,1287
Petróleo	2.106.367,23	71	0,0412	0,0325
Carbón	0,00	53	0,0000	0,0000
Hidroeléctrica	64.363.638,40	1.000	0,0895	0,0895
Eólica	209.736.698,89	60.000	0,0049	0,0049
Fotovoltaica	622.231,28	1.500	0,00058	0,00058
Biomasa	137.305.881,96	-	0,000	0,0000
TOTAL	425.058.070,75	-	0,2989	0,2556

Tabla A11.7: Huella energética de la vivienda y los servicios para 2006. Fuente elaboración propia.

Fuente de Energía	Consumo (GJ)	Factor energía-tierra	Huella ecológica local	Huella ecológica global
Gas natural	12.513.218,70	93	0,1865	0,1470
Petróleo	1.917.406,84	71	0,0374	0,0295
Carbón	0,00	53	0,0000	0,0000
Hidroeléctrica	56.433.355,50	1.000	0,0782	0,0782
Eólica	214.625.287,25	60.000	0,0050	0,0050
Fotovoltaica	722.349,80	1.500	0,0007	0,0007
Biomasa	142.281.316,55	-	0,0000	0,0000
TOTAL	428.492.934,65	-	0,3072	0,2597

Tabla A11.8: Huella energética de la vivienda y los servicios para 2008. Fuente elaboración propia.

Fuente de Energía	Consumo (GJ)	Factor energía-tierra	Huella ecológica local	Huella ecológica global
Gas natural	12.563.955,47	93	0,1825	0,1439
Petróleo	1.943.258,40	71	0,0370	0,0292
Carbón	0,00	53	0,0000	0,0000
Hidroeléctrica	53.172.348,40	1.000	0,0718	0,0718
Eólica	176.338.585,38	60.000	0,0040	0,0040
Fotovoltaica	4.641.633,69	1.500	0,0042	0,0042
Biomasa	131.105.846,60	-	0,0000	0,0000
TOTAL	379.765.627,94	-	0,2953	0,2488

Tabla A11.9: Huella energética de la vivienda y los servicios para 2016. Fuente elaboración propia.

Fuente de Energía	Consumo (GJ)	Factor energía-tierra	Huella ecológica local	Huella ecológica global
Gas natural	10.897.218,44	93	0,1595	0,1257
Petróleo	1.026.925,72	71	0,0197	0,0155
Carbón	0,00	53	0,0000	0,0000
Hidroeléctrica	37.528.127,35	1.000	0,0511	0,0511
Eólica	130.247.759,13	60.000	0,0030	0,0030
Fotovoltaica	93.218.974,44	1.500	0,0846	0,0846
Biomasa	179.358.212,92	-	0,0000	0,0000
TOTAL	452.277.218,00	-	0,2332	0,1953

A11.5. RESULTADOS HUELLA ECOLÓGICA TOTAL DE LA VIVIENDA Y LOS SERVICIOS

Tabla A11.10: Huella ecológica total de la vivienda y los servicios a nivel local. Fuente: Elaboración propia

AÑO	TERRENO CONSTRUIDO	TIERRA DE LA ENERGÍA	TOTAL
2005	0,012423019	0,2989	0,3113
2006	0,012426655	0,3072	0,3196
2008	0,01409733	0,2953	0,3094
2016	0,014504753	0,2332	0,2478

Tabla A11.11: Huella ecológica total de la vivienda y los servicios a nivel mundial. Fuente: Elaboración propia

AÑO	TERRENO CONSTRUIDO	TIERRA DE LA ENERGÍA	TOTAL
2005	0,027082182	0,409456738	0,4365
2006	0,027090107	0,42082563	0,4479
2008	0,030732179	0,404585304	0,4353
2016	0,031620361	0,319552315	0,3512

ANEXO 12: MATRICES DE CÁLCULO PARA CADA COMPONENTE

Tabla A12.1: Matriz reducida de cálculo de la huella ecológica de la alimentación

	Producción (ton)	Energía asociada (GJ/ton)	Importación (ton)	Exportación (ton)	Consumo (ton)	Consumo Mercasa (ton)	Consumo Merca Zaragoza	Rendimiento local (kg/ha)	Superficie local (ha/año)	Consumo definitivo *	Rendimiento medio global(kg/ha)	Superficie Media global (ha/año)	Tipo de tierra	Energía asociada a importaciones
Basada en plantas														
Fuente de datos	Anuario Estadístico de Aragón		DATAKOMEX	DATAKOMEX	Ec A2.1	www.map.gob.es	www.mercazaragoza.es	FORMULA	FORMULA	Mercazaragoza >Mercasa> Consumo Ec A2.1	Productividad Agrícola-Ganadera	<i>Consumo Rto medio global</i>		(E-I)-EA
Cereales		10											Cultivo	
Forrajes		10											Cultivo	
Tubérculos		5											Cultivo	
Hortícolas		5											Cultivo	
Legumbres		10											Cultivo	
Fruta		10											Cultivo	
Azúcar		15/20											Cultivo	
Aceites y grasas		10/40											Cultivo	
Varios		10/20/75											Cultivo	
Basada en animales														
Animales vivos		-												
Carne y productos cárnicos		-												
Avicultura		80												
Porcino		80												
Ovino		80											Pasto	
Caprino		80											Pasto	
Bovino		80											Pasto	
Conejo		80											Cultivo	
Leche		10											Pasto	
Queso, mantequilla		65											Pasto	
Miel		10												
Pescado y marisco		100											Mar	

Tabla A12.2: Matriz reducida de cálculo de la huella ecológica de los bienes de consumo

	Producción (ton)	Energía asociada (GJ/ton)	Importación (ton)	Exportación (ton)	Consumo (ton)	Consumo Manufactur (ton)	Productividad local	Superficie local (ha/año)	HElocal	Productividad media global	Superficie media global	HEglobal	Tipo de tierra	Energía asociada a importaciones
Fibras vegetales y sus derivados	Anuario Estadístico de Aragón	15-20	DATAKOMEX	DATAKOMEX	Ec A2.1	Ec A2.1	FAO	Ec A9.1	$\frac{Sup\ local}{Población}$	FAO	Ec A9.2	$\frac{Sup\ media\ global}{Población}$	cultivo	(E-I)-EA
Ni fibra ni alimentación		10											cultivo	
Madera y derivados		5/15/35											bosque	
Basada en animales														
Lana/Peletería...		10/45/20											pasto	
Otros														
Productos químicos		40/50/100/200												
Materiales plásticos y caucho		50											cultivo	
Productos metálicos		50/100/140/300												
Minerales manufacturados no metálicos		5/10/20												
Otras industrias manufactureras		20/65/100/300												

En la Tabla 12.1: dentro de los grupos de la componente de la alimentación, aparece unos subgrupos como cereales, hortícolas, legumbres... dentro de los cuales hay subdivisiones por alimentos como por ejemplo dentro del grupo cereales, aparecen centeno, trigo, avena, sorgo...En la Tabla 12.2: dentro del grupo de bienes de consumo, en los subgrupos que aparecen (Fibras vegetales, madera y derivados, productos químicos...), existen otras subdivisiones dentro de los mismos para ejemplificar los recursos más importantes de los bienes de consumo. Por ejemplo, dentro de fibras vegetales hay algodón, nylon, lycra etc.

En ambas tablas, la columna de "Energía asociada" los valores han sido tomado del Proyecto fin de Carrera de Teresa Artigas, 2004

En ambas tablas, la "Energía asociada a importaciones" ha sido calculada como la resta entre el valor de exportaciones – importaciones por el valor de la columna de Energía asociada.

