



Universidad
Zaragoza



Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

TRABAJO FINAL DE GRADO

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.

Estimation of the ecological footprint of Zaragoza in all its components, for the years 2010, 2011, 2012, 2014 and 2015 and analysis and interpretation of results.

Autor/es

Cristina Larraga Armisén

Director/es y/o ponente

José María Agudo Valiente

Escuela de Ingeniería y Arquitectura

2018



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD

(Este documento debe acompañar al Trabajo Fin de Grado (TFG)/Trabajo Fin de Máster (TFM) cuando sea depositado para su evaluación).

D./D^a. Cristina Larraga Armisen,

con nº de DNI 73208035R en aplicación de lo dispuesto en el art.

14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de septiembre de 2014, del Consejo

de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la

Universidad de Zaragoza,

Declaro que el presente Trabajo de Fin de (Grado/Máster)

Grado en Ingeniería Química, (Título del Trabajo)

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.

es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citada debidamente.

Zaragoza, 30 de Enero del 2018

Fdo

RESUMEN

El ser humano, como parte de la naturaleza necesita de recursos naturales para satisfacer sus necesidades. Consume productos naturales, genera residuos o incluso modifica ecosistemas para realizar sus actividades, generando un impacto ambiental que degrada los ecosistemas. El impacto ambiental que provoca el hombre se ha ido haciendo más notable con el transcurso de los años degradando los ecosistemas a un ritmo mayor del que estos pueden regenerarse. Ante semejante situación, los países, las empresas y cada uno de nosotros debemos tomar medidas para disminuir el impacto ambiental y devolver a los ecosistemas su equilibrio natural. Una forma de medir el impacto que una sociedad genera sobre el medio ambiente es a través del uso de indicadores de sostenibilidad. La huella ecológica es uno de los indicadores en auge, el cual proporciona la superficie que una determinada población necesita para satisfacer su consumo de recursos y asumir los residuos por ella generados. Pero para que la huella ecológica sea útil como indicador de sostenibilidad, su valor debe compararse con la capacidad de carga, parámetro que proporciona la máxima superficie que puede ser explotada por dicha población. De esta manera, una huella ecológica superior a la capacidad de carga indica un déficit ecológico, la población estudiada estará consumiendo más recursos y generando más residuos de los que podría asumir.

El Ayuntamiento de Zaragoza implantó en el año 2000 el programa Agenda 21 Local, que surgió de la Cumbre de La Tierra que la Organización de las Naciones Unidas convocó en Rio de Janeiro, Brasil en 1992. Con este programa se busca la conexión existente entre el medio ambiente, la economía y la sociedad para conducir a la ciudad hacia el desarrollo sostenible. Uno de los indicadores utilizados para determinar la sostenibilidad de Zaragoza es la huella ecológica, que se divide en cinco componentes donde se engloban todos los consumos que una población demanda para desarrollar sus actividades.

En este Trabajo Final de Grado se estima la huella ecológica de la ciudad de Zaragoza para los años 2010, 2011, 2012, 2014 y 2015 en todas sus componentes, tanto con productividades locales como con productividades medias mundiales. Antes del presente trabajo se habían realizado estudios donde se había determinado el valor del indicador para los años 2004, 2007, 2009 y 2013. El objetivo principal del trabajo es actualizar el valor del indicador al año 2015 y analizar su evolución para determinar si Zaragoza se encuentra en el camino correcto hacia la sostenibilidad o si por el contrario sería necesario continuar trabajando y adoptando nuevas medidas para lograrlo. Para el cálculo de este indicador no existe un método estandarizado en el que se basen todos los proyectos de huella ecológica y la comparación de resultados obtenidos con diferentes métodos puede resultar errónea. Por eso, para permitir la total comparabilidad con el resto de trabajos existentes, en el actual trabajo se ha utilizado el mismo método y las mismas suposiciones que en trabajos anteriores.

Se parte en 2009 del valor más alto de huella ecológica de la ciudad de Zaragoza, 5,7 ha/cap y 5,20 hag/ca (hectáreas globales). A partir de dicho año se observará una disminución del valor del indicador hasta el año 2013, donde alcanzará el mínimo valor registrado hasta la fecha, 4,16 ha/cap y 3,85 hag/cap. A partir de este año la huella ecológica comenzará a aumentar su valor hasta situarse en las 4,59 ha/cap y las 4,26 hag/cap en el año 2015. Se compararán estos valores con la capacidad de carga, observando que para ninguno de los años Zaragoza se ha encontrado dentro de los límites de la sostenibilidad, pero podrá comprobarse como el valor ha disminuido considerablemente desde el año 2009 hasta el 2015, reduciéndose también el déficit ecológico que presenta la ciudad.

Finalmente, se realizará una comparación de la evolución de la huella con algunos indicadores socio-económicos, donde podrá observarse como la tendencia seguida por la huella guarda una estrecha relación con la situación económica de la ciudad.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 PUNTO DE PARTIDA	1
1.2 OBJETIVO Y ALCALNCE DEL TRABAJO.....	1
2. CONTEXTO HISTÓRICO	3
2.1 AGENDA 21 Y EL AYUNTAMIENTO DE ZARAGOZA	3
2.2 ANTECEDENTES	3
3. HUELLA ECOLÓGICA	5
3.1 CONCEPTO	5
3.2 HUELLA ECOLÓGICA: INDICADOR DE SOSTENIBILIDAD.....	6
4. METODOLOGÍA DE CÁLCULO APLICADA AL ESTUDIO	9
5. HUELLA ECOLÓGICA DE ZARAGOZA	11
5.1 HUELLA ECOLÓGICA DE LA ALIMENTACIÓN.....	11
5.1.1 OBTENCIÓN DE LA TIERRA DE USO DIRECTO DE LA ALIMENTACIÓN.	11
5.1.2 COMPONENTE ENERGÉTICA DE LA ALIMENTACIÓN	12
5.2 HUELLA ECOLÓGICA DE LOS BIENES DE CONSUMO.....	12
5.2.1 OBTENCIÓN DE LA TIERRA DE USO DIRECTO DE LOS BIENES DE CONSUMO	13
5.2.2 COMPONENTE ENERGÉTICA DE LOS BIENES DE CONSUMO	13
5.3 HUELLA ECOLÓGICA DE LA VIVIENDA Y SERVICIOS.....	14
5.3.1 SUPERFICIE TERRENO CONSTRUIDO: VIVIENDA.....	14
5.3.2 SUPERFICIE TERRENO CONSTRUIDO: SERVICIOS.....	14
5.3.3 HUELLA ENERGÉTICA DE LA VIVIENDA Y LOS SERVICIOS.....	14
5.4 HUELLA ECOLÓGICA DE LA MOVILIDAD Y EL TRANSPORTE	15
5.4.1 SUPERFICIE CONSTRUIDA: MOVILIDAD Y TRANSPORTE.....	15
5.4.2 HUELLA ENERGÉTICA DE LA MOVILIDAD Y EL TRANSPORTE	15
6. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	17
6.1 HUELLA ECOLÓGICA DE ZARAGOZA LOCAL Y GLOBAL	17
6.2 EVOLUCIÓN HUELLA ECOLÓGICA DE ZARAGOZA.....	21
6.2.1 EVOLUCIÓN DE LA HUELLA ECOLÓGICA DE LA ALIMENTACIÓN.....	22

6.2.2 EVOLUCIÓN DE LA HUELLA ECOLÓGICA DE LOS BIENES DE CONSUMO	23
6.2.3 EVOLUCIÓN DE LA HUELLA ECOLÓGICA VIVIENDA Y SERVICIOS Y MOVILIDAD Y TRANSPORTE.	23
6.2.4 COMPARACIÓN DE LA HUELLA ECOLÓGICA CON INDICADORES SOCIO-ECONÓMICOS.....	25
6.3 HUELLA ECOLÓGICA Y CAPACIDAD DE CARGA.....	27
7. CONCLUSIONES	29
LISTADO DE ACRÓNIMOS.....	31
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
ANEXOS	
ANEXO I: METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA ECOLÓGICA	37
ANEXO II: PRODUCTIVIDADES. CÁLCULOS RELATIVOS A LAS PRODUCTIVIDADES PARA CADA UNO DE LOS TIPOS DE TIERRA	43
ANEXO III: CONSUMO ENERGÉTICO	50
ANEXO IV: CÁLCULO DE LA HUELLA ECOLÓGICA DE LA ALIMENTACIÓN.	57
ANEXO V: CÁLCULO DE LA HUELLA ECOLÓGICA DE LOS BIENES DE CONSUMO	64
ANEXO VI: HUELLA ECOLÓGICA DE LA VIVIENDA Y SERVICIOS	71
ANEXO VII: HUELLA ECOLÓGICA DE LA MOVILIDAD Y EL TRANSPORTE	77

1. INTRODUCCIÓN

1.1 PUNTO DE PARTIDA

Con el transcurso de los años y el avance tecnológico, industrial, social y económico de las sociedades se ha producido un aumento del impacto ambiental. El desarrollo de las actividades humanas lleva consigo una explotación de los recursos naturales, pero también una generación de residuos que deben ser asumidos por el ecosistema. Por tanto, cada uno de nosotros y de las sociedades en las que nos integramos, precisamos de una superficie terrestre para el mantenimiento de nuestra actividad.

El problema radica en que, cada vez la superficie demandada es mayor, degradando los ecosistemas no dando tiempo a su recuperación. El director general de la fundación World Wildlife Fundation (WWF) declaró que *“estamos hablando de un serio déficit ecológico; estamos consumiendo los recursos más rápido de lo que la Tierra los puede reponer”* (James Leape, 2006). Ante esta situación de urgencia medioambiental los países, las empresas y las sociedades en general incluyen en sus políticas el respeto hacia el medio ambiente y el progreso hacia el desarrollo sostenible como parte fundamental para su desarrollo económico y social.

Para iniciar el camino hacia el desarrollo sostenible *“principio de desarrollo sin degradación”* (Smith, 2000) o *“aquel que satisface sus necesidades sin disminuir las perspectivas de las futuras generaciones”* (Brown, 1981) el punto de partida es la utilización de indicadores que muestren cual es la situación sostenible actual. *“No podremos emprender acciones para la sostenibilidad si ni siquiera hemos medido esta y ni siquiera sabemos si somos o no sostenibles”* (Doménech, 2007). Uno de los indicadores de sostenibilidad medioambiental con mayor auge en la actualidad es la huella ecológica, que fue definida por sus autores 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 encuentra esa área”* (Wackernagel y Rees, 1996). El uso de la huella ecológica como indicador de sostenibilidad debe ir asociado al valor de capacidad de carga *“máxima población de una especie que puede ser mantenida indefinidamente en un ecosistema”* (García, 2004).

En este Trabajo Final de Grado (TFG), se presenta la huella ecológica como indicador de sostenibilidad y se estima su valor para la ciudad de Zaragoza en los años 2010, 2011, 2012, 2014 y 2015 determinando así su evolución a lo largo de los años. Se expone también la importancia de su estimación, al ser un indicador integrado en el programa *Agenda 21*, que surgió del *Programa Global para el desarrollo sostenible en el siglo XXI*, o *Programa 21* de la cumbre de Río de 1992, con el que la ciudad de Zaragoza colabora desde el año 2000 y que tiene por objeto estudiar la conexión existente entre el medio ambiente, la economía y la sociedad de una población, tomando las medidas necesarias para conducir a esta hacia el desarrollo sostenible a largo y medio plazo.

1.2 OBJETIVO Y ALCALNCE DEL TRABAJO

El objetivo principal de este TFG es la estimación de la huella ecológica de la ciudad de Zaragoza en los años 2010, 2011, 2012, 2014 y 2015. Actualmente existen valores calculados para este indicador en los años 2004, 2007, 2009 y 2013. En este trabajo se pretende por un lado actualizar el valor de la huella ecológica de la ciudad al año 2015, lo ideal hubiese sido hasta la actualidad pero debido a la indisponibilidad de datos no ha sido posible, y por otro realizar un estudio continuo en el tiempo, desde los años 2009 hasta 2015 que permita determinar la evolución del indicador, para poder estimar si la ciudad avanza hacia el desarrollo sostenible o, si por el contrario sería preciso adoptar nuevas medidas para reconducir la conducta medioambiental de Zaragoza.

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

2. CONTEXTO HISTÓRICO

2.1 AGENDA 21 Y EL AYUNTAMIENTO DE ZARAGOZA

La *Agenda 21* surge de la Conferencia sobre Medio Ambiente y Desarrollo, conocida como “Cumbre de la Tierra” que la Organización de Naciones Unidas (ONU) convocó en 1992 en Río de Janeiro, Brasil y que tenía por objeto fijar el avance hacia un nuevo modelo de desarrollo, estableciendo la necesidad de que los gobiernos adoptarán medidas de carácter vinculante y se crearan órganos de control y seguimiento. En dicha cumbre participaron 172 países y se concertaron dos acuerdos o convenios internacionales y se formularon dos declaraciones de principios, junto con un vasto programa de acción sobre desarrollo mundial sostenible. Dentro de la declaración de principios se encuentra la *Agenda 21*, documento que consta de 40 capítulos, los cuales estudian la conexión existente entre el medio ambiente, la economía y la sociedad. A partir de este acuerdo se desarrollan políticas y programas que llevan a miles de autoridades locales en todo el mundo a implicarse en procesos de *Agenda 21*.

En marzo del 2000, la M.I Alcaldía-Presidencia del Ayuntamiento de Zaragoza aprobó la implantación de la *Agenda 21 Local* y de los indicadores de sostenibilidad de la ciudad de Zaragoza. Inicialmente se prepararon treinta y cinco indicadores, diez indicadores comunes propuestos por la Unión Europea y veinticinco indicadores locales diseñados específicamente para Zaragoza, con el fin de completar la información sobre su sostenibilidad. Dentro de estos indicadores se encuentra el indicador **NºG1 HUELLA ECOLÓGICA**. Este indicador se propuso para medir el impacto ambiental sobre el territorio de la localidad y analizar su sostenibilidad relacionando su valor con la capacidad de carga. Su objetivo es disminuir el déficit ecológico y favorecer el consumo responsable. Dicho indicador tiene una periodicidad quinquenal.

2.2 ANTECEDENTES

En este apartado se recogen los estudios previos que el Ayuntamiento de Zaragoza ha realizado sobre la huella ecológica de la ciudad. No se contabilizan los posibles estudios que otras corporaciones hayan podido realizar sobre el mismo tema.

- ❖ **Estudio de la huella ecológica de Zaragoza en 2001.** Desarrollado por T. Artigas en el año 2004 por petición del Ayuntamiento de Zaragoza. Este estudio fue realizado como Proyecto Final de Carrera de Ingeniería Química, en la Universidad de Zaragoza. Es la base del actual trabajo y del resto existentes sobre huella ecológica de Zaragoza. Se continúa con el mismo método y se tienen en cuenta las mismas suposiciones que T. Artigas determinó en su momento. Este método ha sido el utilizado en todos los trabajos de huella ecológica del Ayuntamiento de Zaragoza, para permitir la total comparabilidad se utilizan los mismos planteamientos.
- ❖ **Estudio de la huella ecológica de Zaragoza en 2007.** Fue realizado por el Ayuntamiento de Zaragoza en el año 2009, bajo la supervisión de la misma persona que dirigió el trabajo en 2004.
- ❖ **Estudio de la huella ecológica de Zaragoza en 2009.** Realizado en 2013 por A. Pascual como proyecto fin de grado en Ciencias Ambientales en la Universidad de Valencia. Trabajo dirigido por T. Artigas, autora del primer trabajo de huella ecológica en Zaragoza en el año 2001.
- ❖ **Estudio de la huella ecológica de Zaragoza en 2013.** Realizado en 2016, por N. Cantón como proyecto fin de carrera en Ingeniería Industrial en la Universidad de Zaragoza. Trabajo dirigido por José María Agudo Valiente, profesor de la Universidad de Zaragoza, director también del presente TFG.

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. HUELLA ECOLÓGICA

3.1 CONCEPTO

La huella ecológica fue desarrollada por sus autores, M.Wackernagel y W.E.Rees, a principios de los años noventa con el fin de determinar la superficie de tierra biológicamente productiva, en hectáreas per cápita, necesaria para mantener la actividad de una determinada población. Para estimar dicha superficie es necesario contabilizar el consumo de recursos naturales que la población de estudio demanda y transformarlo en superficie productiva. Así, puede definirse la huella ecológica de una población como *“el total de espacios de tierra y mar, ecológicamente productivos, necesarios para producir todos los recursos consumidos por una población y para asimilar todos sus desechos”* (Doménech, 2007).

Es preciso resaltar que se habla de superficie biológicamente productiva y no de superficie total. No se consideran las áreas no productivas, como polos y desiertos, ni las áreas explotadas por el ser humano pero improductivas desde el punto de vista biológico. Si se contabiliza la tierra necesaria para la conservación de la biodiversidad, equivalente a un 12% de la capacidad ecológica según el Informe Brundtland.

En la huella ecológica se contabilizan seis tipos de tierra en los que se transformarán los recursos naturales consumidos por la población.

- ❖ Tierra destinada a cultivos
- ❖ Tierra destinada a pastos: para alimento de ganado.
- ❖ Tierra destinada a espacio bioproductivo marino: productos pesqueros.
- ❖ Tierra destinada a bosques: obtención de productos de madera y papel.
- ❖ Tierra destinada a suelo urbano: vivienda, industria, movilidad...
- ❖ Tierra de bosque destinada a la absorción de las emisiones de CO₂ producido por las actividades llevadas a cabo por la población de estudio.

Hay que tener en cuenta que el resultado de la huella ecológica nos ofrece un impacto de mínimos. No se contabiliza todo el impacto que una población ejerce sobre el ecosistema, por lo tanto hay que considerar que el impacto real siempre será mayor que el calculado por la huella ecológica. A continuación se recogen algunas de las suposiciones que falsean el valor de este indicador.

- ❖ No se incorporan las emisiones a la atmósfera diferentes de CO₂, o los vertidos a ríos y mares.
- ❖ Se asume que las prácticas en agricultura, ganadería y sector forestal son sostenibles, lo que supone que la productividad del suelo no disminuye con el tiempo. Algo que no es cierto, pues dependiendo de las técnicas utilizadas la productividad del suelo puede disminuir (contaminación, erosión...)
- ❖ No se tiene en cuenta el impacto asociado al agua. Únicamente se contabiliza la ocupación directa del suelo por embalses e infraestructuras hidráulicas y la energía asociada a la gestión del ciclo del agua.
- ❖ No debe contabilizarse doblemente una tierra que tenga doble uso. Como es el caso, por ejemplo, de los molinos de viento que pueden instalarse en campos de cultivos.

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

3.2 HUELLA ECOLÓGICA: INDICADOR DE SOSTENIBILIDAD

Para utilizar la huella ecológica como indicador de sostenibilidad es preciso comparar el valor de dicho indicador con la capacidad de carga. La huella nos muestra la superficie de tierra biológicamente productiva que una población humana necesita para producir los recursos que la misma consume, pero también para asumir los residuos generados. Para saber si ese valor se encuentra dentro de los límites de la sostenibilidad será necesario conocer la superficie máxima de tierra que esa población puede explotar. Este valor es proporcionado por la capacidad de carga, la cual puede entenderse como “la capacidad que tiene un ecosistema para sustentar y mantener al mismo tiempo la productividad, adaptabilidad y renovabilidad de los recursos” (Martín Palmero, 2004) o máxima población que puede ser mantenida en un ecosistema de forma sostenible conservando los recursos. Su resultado se expresa en hectáreas por cápita.

Comparando el valor de la huella ecológica con el de la capacidad de carga se llegará a la conclusión de si la población de estudio presenta un déficit ecológico o por el contrario un superávit. Un déficit ecológico indica que se está utilizando un excedente del disponible para llevar a cabo las actividades de una determinada población, es decir, se está consumiendo más de lo que se tiene, apropiándose de recursos que no le pertenece y, por tanto tendría que reducirse su consumo o adquirir los recursos excedentes de otros territorios. Un superávit mostraría lo contrario.

HUELLA ECOLÓGICA > CAPACIDAD DE CARGA → DÉFICIT ECOLÓGICO

HUELLA ECOLÓGICA < CAPACIDAD DE CARGA → SUPERÁVIT

En la siguiente figura (Figura 3.1) se recogen los valores de capacidad de carga y huella ecológica del año 2013 para algunos países, indicando si estos presentan superávit o déficit ecológico.

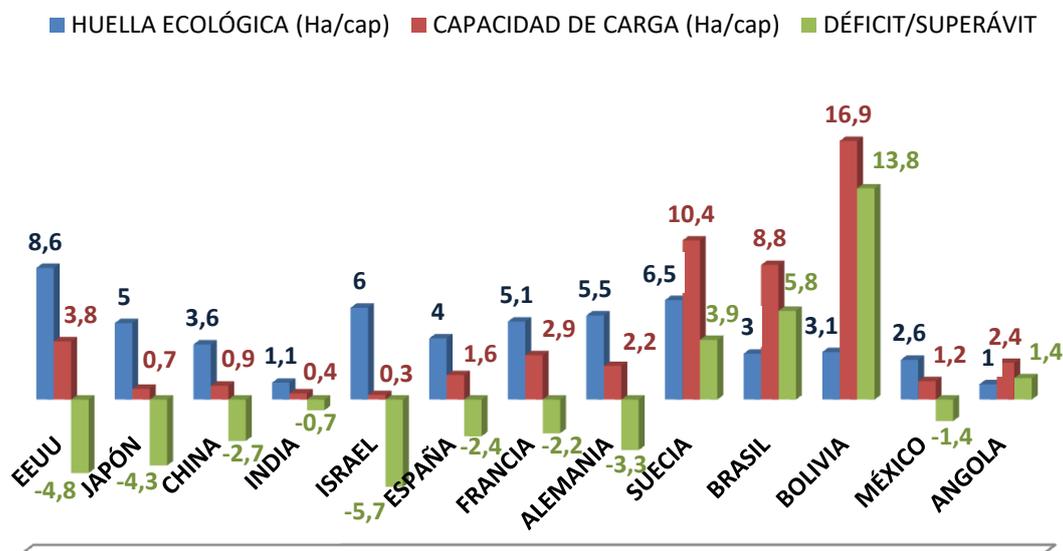


Figura 3.1. Huella ecológica y capacidad de carga de algunos países en 2013. Fuente: elaboración propia desde Global Footprint Network.

Puede observarse que los países más desarrollados (EEUU, Suecia o Alemania) presentan huellas ecológicas más elevadas y que países menos desarrollados (países africanos, India o Bolivia) disponen de una huella ecológica inferior. Sin embargo para determinar si estos países presentan un déficit ecológico

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

o no hay que compararla con la capacidad de carga. Destaca Suecia, que pese a tener una de las huellas ecológicas más elevadas (6,5 ha/cap) presenta un superávit porque su capacidad de carga es de 10,4 ha/cap, que le permite “soportar” su huella ecológica o países como Brasil y Bolivia, con un elevado superávit, por disponer de una elevada capacidad de carga (8,8 y 16,9 ha/cap respectivamente) y un pequeño valor de huella ecológica (3 y 3,1 ha/cap respectivamente). En el extremo opuesto se sitúan países como EEUU, España o Alemania que presentan un déficit ecológico porque su huella ecológica es superior a su capacidad de carga. En el año 2013 España presentaba un valor de huella ecológica de 4 ha/cap frente a las 1,6 ha/cap de capacidad de carga, lo que indica que cada uno de nosotros necesitábamos 2,5 hectáreas más para vivir de la que nos correspondería para estar dentro de los límites de la sostenibilidad según este indicador.

En el contexto económico existen diversos indicadores que permiten conocer nuestro desarrollo económico, como es el Producto Interior Bruto (PIB), pero frente a los desafíos que presenta el siglo XXI resulta conveniente diseñar políticas equilibradas con el desarrollo de la sociedad que no solo contemplen el desarrollo económico sino que incluyan medidas complementarias, en concreto aquellas que reflejan la sostenibilidad ambiental y el bienestar social. En los primeros pasos para establecer indicadores ambientales o sociales se partió de los económicos. Por ejemplo a partir del PIB, se desarrolló el PIB “verde” para medir el bienestar e incluso la felicidad humana. Sin embargo, desde el punto de vista medioambiental no tiene interés ya que no se contemplan los indicadores de presión de la sociedad sobre el medio ambiente (contaminación o consumo de recursos) ni los indicadores que muestran el estado del medio ambiente (calidad aire, calidad del agua, biodiversidad...). *“Tal y como opinan Luis M. Jiménez Herrero y otros muchos autores, utilizar los clásicos indicadores económicos como indicadores de desarrollo global es erróneo o cuando menos insuficiente”* (Doménech, 2007).

La huella ecológica proporciona información acerca de la sostenibilidad de una determinada población mediante un único valor numérico, lo que facilita la comprensión y una comparación sencilla y fiable con valores del mismo indicador, para distintas poblaciones o la misma, en diferentes años de estudio. Además un estudio continuado en el tiempo de huella ecológica sobre un mismo país, ciudad o región ayuda a comprender la tendencia de la población estudiada hacia la sostenibilidad, sirviendo de base para la detección de posibles mejoras y desarrollo de nuevos proyectos para disminuir el impacto ambiental. Por ello puede entenderse la huella ecológica como un indicador de tendencia más que un indicador de número exacto. Todos estos factores han influido para que con el paso del tiempo la huella ecológica se haya ido consolidando como indicador de sostenibilidad a nivel internacional, aplicándose incluso a personas, empresas o universidades.

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

4. METODOLOGÍA DE CÁLCULO APLICADA AL ESTUDIO

Actualmente no existe un método estandarizado en el que se basen todos los estudios de huella ecológica. Los más utilizados son el “método compuesto” y el “método basado en componentes”. La gran cantidad de fuentes de datos existentes y las estimaciones que se realizan en cada uno de los métodos hacen que los resultados obtenidos con cada uno de ellos difieran entre sí, dificultando su comparación e incluso llegando a conclusiones erróneas si así se hiciese. Debido a esto, en este trabajo se utiliza la misma metodología empleada en trabajos anteriores del Ayuntamiento de Zaragoza, que consiste en una combinación entre el método compuesto y el método basado en componentes.

En el Anexo I: *Metodología para el cálculo de la huella ecológica* se encuentran explicados los métodos de cálculo existentes así como una serie de consideraciones para facilitar la comprensión del presente trabajo.

La huella ecológica de Zaragoza se divide en cinco componentes: alimentación, bienes de consumo, vivienda, movilidad y transporte y servicios, donde se recogen las actividades realizadas por los habitantes de la ciudad de Zaragoza. Para cada una de las componentes se determinará la superficie de tierra biológicamente productiva necesaria para satisfacer el consumo asociado a estas actividades. Los tipos de tierra biológicamente productiva se recogen en la tabla 4.1.

Tabla 4.1. Tierras biológicamente productivas. Fuente: elaboración propia.

TIPO DE TIERRA	DEFINICIÓN
Cultivos	Superficie con actividad agrícola. Superficie de tierra necesaria para cultivar alimentos y fibras de consumo humano. También alimento para animales, cultivos oleaginosos, caucho...
Pastos	Tierra de pastoreo utilizada para criar ganado y obtener carne, productos lácteos, miel...
Espacio marino productivo	Superficie marina en la que existe una producción biológica aprovechable para el consumo humano.
Bosques	Superficies forestales en explotación. Para la obtención de madera, papel, leña...
Terreno construido	Cantidad de superficie ocupada por infraestructuras (viviendas, servicios, transporte, industria...)
Bosques destinados a la absorción de CO ₂	Superficie de bosques necesaria para absorber las emisiones de CO ₂ procedentes del uso de combustibles fósiles para la producción de energía. No se contabilizan las emisiones de CO ₂ absorbidas por los océanos.

Por tanto, en cada una de las componentes se explotarán algunos de los tipos de tierra descritos en la Tabla 4.1. A continuación, en la siguiente tabla (Tabla 4.2) se muestran las actividades incluidas en cada una de las componentes y los tipos de tierra biológicamente productivos que son explotados por cada una de ellas.

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

Tabla 4.2. Actividades y tipos de tierra asociados a cada componente. Fuente: elaboración propia.

COMPONENTE	ACTIVIDADES	TIERRA DEMANDADA
Alimentación	Producción de alimento humano y animal	Cultivos, pastos, mar productivo y bosques para la absorción de las emisiones de CO ₂ .
Bienes de consumo	Producción de bienes de consumo, cualquiera que sea la materia prima.	Terreno construido, bosque, cultivos, pastos y bosque necesarios para absorción de CO ₂ .
Vivienda	Construcción de infraestructuras para uso residencial	Terreno construido. Bosques necesarios para la absorción de CO ₂ .
Movilidad y transporte	Construcción de infraestructuras para comunicación y transporte.	Terreno construido. Bosques necesarios para la absorción de CO ₂ .
Servicios	Construcción de infraestructuras destinadas al sector servicios	Terreno construido. Bosques necesarios para la absorción de CO ₂ .

Antes de comenzar con el cálculo de la huella ecológica será necesario realizar unos cálculos previos que nos permitirán obtener su valor. Estos son los cálculos de productividad de cada tipo de tierra (recogidos en el *Anexo II: productividades. Cálculos relativos a las productividades de cada uno de los tipos de tierra*) y consumo energético (recogidos en el *Anexo III: Consumo energético*).

En cada componente se calcularán dos huellas cuya suma dará el valor final de huella ecológica de cada una de las componentes. Por un lado se tendrá la huella necesaria para satisfacer el consumo de recursos asociado a esa componente, y por otro lado, la huella de la energía necesaria para obtener el consumo energético empleado en producir esos recursos. Véase como ejemplo la huella de la alimentación; se calculará la huella asociada a la tierra de cultivos, pastos y mar, de donde se obtienen los recursos producidos para la alimentación de la población y por otro lado se calculará la huella de la energía, que se traducirá en hectáreas de bosque necesarias para absorber las emisiones de CO₂ procedentes del consumo energético de esta componente. En ambos casos, la huella se obtendrá como el resultado de dividir el consumo de recursos asociado a un tipo de tierra entre la productividad de la tierra correspondiente.

$$\text{HUELLA ECOLÓGICA} = \text{CONSUMO} / \text{PRODUCTIVIDAD}$$

Por tanto, siguiendo con el ejemplo de la alimentación, se obtendrán valores de huella ecológica para la tierra de cultivos, pastos, mar y bosque necesario para la absorción de las emisiones de CO₂. La suma de todas estas huellas se dividirá por la población de Zaragoza y su suma dará el valor de huella ecológica de la componente de la alimentación. Haciendo lo mismo para cada una de las componentes y sumando los valores obtenidos se obtiene la huella ecológica de la ciudad de Zaragoza en hectáreas por cápita.

En este trabajo se realiza la estimación de la huella ecológica de Zaragoza en cada una de sus cinco componentes utilizando productividades locales y productividades medias mundiales. A partir del resultado obtenido en este último caso y utilizando factores de equivalencia por tipología de terreno, se obtiene la huella ecológica de Zaragoza en hectáreas globales (hag).

5. HUELLA ECOLÓGICA DE ZARAGOZA

En este apartado se muestra la huella ecológica de la ciudad de Zaragoza en cada una de sus componentes (alimentación, vivienda y servicios, bienes de consumo y movilidad y transporte), a partir de los cuales se obtendrá el valor total de la huella ecológica para los años de estudio con productividades locales y productividades medias mundiales.

Su estimación se realiza en una hoja de cálculo y para cada uno de los años de estudio el procedimiento seguido ha sido el mismo.

La interpretación de los resultados obtenidos se encuentra en el apartado 6. *Análisis e interpretación de resultados*.

5.1 HUELLA ECOLÓGICA DE LA ALIMENTACIÓN

La huella ecológica de la alimentación tiene por objeto determinar la superficie de tierra bioproductiva que es necesaria para satisfacer los consumos alimenticios de los habitantes de la ciudad de Zaragoza.

Esta componente requiere de la explotación de cuatro de los seis tipos de tierra que integran la huella ecológica. Se contabilizarán las tierras de cultivos, pastos, espacio bioproductivo marino y la tierra de bosque necesaria para absorber las emisiones de CO₂ que son necesaria para producir los alimentos consumidos por los zaragozanos. Las superficies destinadas a las infraestructuras donde se desarrollan los procesos alimenticios no se tienen en cuenta para el cálculo de esta componente. A continuación se explica cómo se ha obtenido la tierra de uso directo de la alimentación (cultivos, pastos y espacio bioproductivo marino) y seguidamente el cálculo de la componente energética derivada de esta componente.

5.1.1 OBTENCIÓN DE LA TIERRA DE USO DIRECTO DE LA ALIMENTACIÓN.

El primer paso a realizar en la estimación de esta componente es establecer los principales alimentos que representan el consumo de la población de Zaragoza. Para ello, la alimentación se divide en dos grandes grupos: plantas y animales. A su vez, las plantas se dividen en los grupos naturales que las integran (legumbres, hortalizas, frutas, etc.) y los animales se han clasificado en carne, derivados cárnicos y pescado. Cada uno de estos subgrupos se compone por los principales alimentos representativos de la población de Zaragoza, elegidos de acuerdo con los trabajos de huella ecológica realizados en años anteriores y la disponibilidad de datos existentes.

Cada uno de los alimentos necesitará de uno o varios tipos de tierra para su producción. Así, se tiene que el consumo de plantas tiene impacto en la tierra de cultivos, el de carnes en la de pastos y cultivos y el consumo de pescados, en el espacio bioproductivo marino.

El fin de este cálculo es estimar la superficie de tierra necesaria para satisfacer el consumo alimenticio de la ciudad de Zaragoza, por lo que será preciso obtener los valores de consumo para cada uno de los alimentos que se incluyen en el estudio. Aparece en este punto uno de los problemas más característicos del cálculo de la huella ecológica, la indisponibilidad de datos. No se dispone de datos locales de consumo alimenticio, por lo que se utilizan datos a nivel provincial y en su defecto autonómico. Los datos de consumo para la provincia de Zaragoza y Aragón, son 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.

En caso de no disponer de datos directos estadísticos de consumo, este puede calcularse a partir de datos de producción, importación y exportación.

CONSUMO = PRODUCCIÓN + IMPORTACIÓN - EXPORTACIÓN

Los datos de producción, son datos a nivel provincial obtenidos del *Anuario Estadístico Agrario de Aragón* para cada uno de los años de estudio. Mientras que los datos de importación y exportación se obtienen a través de la aplicación *DATA-COMEX* y 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 consumo y junto con los datos de productividad, se obtendrá el valor final de la huella ecológica de la alimentación. Se utilizarán datos de productividad a nivel provincial, procedentes del *Anuario Estadístico Agrario de Aragón* y datos a nivel mundial obtenidos de la *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura* (FAO)

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 IV: cálculo de la huella ecológica de la alimentación*. Se incluyen también los resultados obtenidos.

5.1.2 COMPONENTE ENERGÉTICA DE LA ALIMENTACIÓN

Con el cálculo de esta componente se estima la superficie de bosque que es necesaria para absorber las emisiones de CO₂ derivadas del consumo alimenticio. Se supone que el consumo energético asociado a la alimentación es el mismo que el derivado de la agricultura. No se tiene en cuenta el gasto energético realizado por las industrias alimenticias, sin embargo, si se contabiliza el flujo energético debido a las importaciones y exportaciones de productos.

Tal y como se detalla en el *Anexo III: Consumos energéticos*, se calcula el consumo energético de cada una de las fuentes de energía primaria en el sector de la agricultura. Como los datos con los que se trabaja son a nivel provincial, los consumos obtenidos también lo serán. Para hacer la transformación a consumo del municipio se utiliza la relación entre la superficie agrícola del municipio y la de la provincia. Se asume por tanto, que el consumo energético de la agricultura es proporcional a la superficie agrícola. Una vez obtenidos los consumos estos deben ser transformados a unidades de superficie (ha bosque para absorber el CO₂), para ello se utilizan los factores energía-tierra específicos para cada fuente de energía. El valor de estos factores aparece en la tabla A1.3. (Anexo I)

5.2 HUELLA ECOLÓGICA DE LOS BIENES DE CONSUMO

La huella ecológica de los bienes de consumo tiene como fin reunir los productos, más representativos, consumidos por la población de Zaragoza y cuantificar la superficie necesaria para su producción. Los productos que se incluyen en la huella han sido elegidos de acuerdo con trabajos anteriores de huella ecológica de Zaragoza realizados por el Ayuntamiento de la ciudad. Pueden definirse los bienes de consumo, como los productos producidos por el hombre para satisfacer sus necesidades. Por lo tanto, dentro de este grupo aparecen bienes muy dispares que pueden englobar desde un jersey hasta un coche. Dada la definición de bienes de consumo, los alimentos deberían incluirse dentro de este grupo. Sin embargo, en este estudio, la alimentación se ha estudiado como una componente a parte por entenderse que es una necesidad básica para la vida de los seres humanos y por la disponibilidad de datos, que facilitaba su estudio por separado.

Para realizar el estudio, los bienes de consumo deben dividirse en dos grupos: los que requieren del uso de tierras bioproductivas para su producción y los que no. Dentro del primer grupo aparecen elementos como el algodón, que requiere de la tierra de cultivos, las pieles que provienen de los animales y por tanto van asociadas a las tierras de pastos, o la madera que tiene influencia sobre los bosques. El segundo grupo incluye los productos plásticos, químicos, metálicos, etc. Ambos grupos necesitan

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

energía para su fabricación y deberá contabilizarse el flujo energético asociado a las importaciones y exportaciones.

Por último, se tendrá que contabilizar también la tierra ocupada por las infraestructuras donde se producen estos bienes de consumo. Esta tierra se ha aproximado, de acuerdo con lo establecido en trabajos anteriores sobre el mismo tema, a la superficie industrial de la ciudad de Zaragoza.

De este modo, se tiene que el consumo derivado de esta componente tiene influencia sobre las tierras de cultivos, pastos, bosques y terreno construido, así como la tierra de bosque necesaria para la absorción de las emisiones de CO₂

El procedimiento de cálculo y los resultados obtenidos se encuentran en el *Anexo V: cálculo de la huella ecológica de los bienes de consumo*.

A continuación se explica cómo se ha obtenido la tierra de uso directo de los bienes de consumo y su componente energética.

5.2.1 OBTENCIÓN DE LA TIERRA DE USO DIRECTO DE LOS BIENES DE CONSUMO

Para la determinación de las hectáreas de tierra bioproductiva son necesarios los datos de consumo y de productividad de cada uno de los productos que requieren del uso de la tierra para su producción.

Aparece de nuevo el problema de la indisponibilidad de datos a nivel local. Únicamente se han encontrado datos de la ciudad de Zaragoza para el consumo y productividad de la madera, el papel y el tabaco. Para los dos primeros se obtiene a partir del *Anuario Forestal* elaborado por el Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente. En el caso del tabaco, los datos son suministrados por el Comisionado para el Mercado de Tabacos en España (CMT). El resto de consumos se ha tenido que calcular a partir de los datos de producción, importación y exportación, que corresponden a la provincia de Zaragoza. Para las productividades, se dispone de datos provinciales y en su defecto se aproximan a valores mundiales. Los datos de productividad mundial se obtienen a través de la FAO. Mientras que las productividades locales y producciones, se obtienen del Anuario Estadístico Agrario de Aragón. Los datos de importación y exportación han sido obtenidos a través de la aplicación *DATA-COMEX*.

Por último, la superficie de terreno construido ocupada por esta componente, corresponde a la superficie industrial de Zaragoza. Este dato es proporcionado por el Instituto Aragonés de Fomento (IAF).

5.2.2 COMPONENTE ENERGÉTICA DE LOS BIENES DE CONSUMO

El consumo energético requerido para la producción de los bienes de consumo se asocia con el consumo energético del sector industrial. Además debe contabilizarse el flujo energético asociado a las importaciones y exportaciones de productos, pues los productos que se consumen pueden proceder del comercio internacional o local, y del mismo modo, los bienes de consumo producidos en Zaragoza pueden consumirse en la propia ciudad o en el exterior.

El consumo energético del sector industrial, se obtiene desglosado en el consumo de cada una de las fuentes de energía primaria. Estos datos se obtienen, al igual que en el resto de componentes, del *Boletín de Coyuntura Energética de Aragón* y corresponden a datos provinciales, por lo que será necesario realizar una extrapolación para obtener los datos de consumo a nivel local. Para ello se utiliza la relación entre la superficie industrial local y provincial.

Finalmente, con los factores energía-tierra (tabla A1.3), se transforma el consumo a hectáreas de tierra de la energía (hectáreas de bosque para la absorción de CO₂) y dividiéndolo por la población de Zaragoza se obtienen las hectáreas per cápita. Para obtener la huella energética global se utiliza el correspondiente factor de equivalencia (tabla A1.2).

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

5.3 HUELLA ECOLÓGICA DE LA VIVIENDA Y SERVICIOS

Ambas componentes requieren el uso de terreno construido y de superficie de bosque para la absorción del CO₂. Se han agrupado en un mismo apartado porque la huella ecológica asociada al consumo energético se ha calculado de forma común para ambas componentes, si bien, la obtención de las hectáreas destinadas a terreno construido ha sido obtenida de forma diferente para cada una de ellas. En el *Anexo VI: Huella ecológica vivienda y servicios* aparecen los datos utilizados y las consideraciones realizadas para determinar el valor de esta componente. Se muestran también los resultados obtenidos.

5.3.1 SUPERFICIE TERRENO CONSTRUIDO: VIVIENDA

Con el cálculo de esta componente se determinan las hectáreas de terreno construido que se destinan a vivienda. Los datos de vivienda construida, fueron obtenidos en trabajos anteriores (2004, 2009 y 2013) a través del *Observatorio municipal de estadística N°2* del Ayuntamiento de Zaragoza. En este trabajo esta fuente no ha sido utilizada debido a la indisponibilidad de datos. Como alternativa se solicitó información al IAF, el cual proporcione información, a nivel local, sobre hectáreas de nueva construcción destinadas a uso residencial, para cada uno de los años de estudio.

Se ha supuesto que los datos de vivienda se obtienen como la suma entre la superficie de terreno construido destinada a vivienda en el año anterior al de estudio, más las superficies de nueva construcción destinadas a uso residencial en el año de estudio. Una vez calculada la superficie ocupada por la vivienda se divide por la población de Zaragoza para obtener el resultado en hectáreas per cápita. Si este valor se multiplica por el factor de equivalencia del terreno construido se obtiene la huella de la vivienda en hectáreas globales per cápita.

5.3.2 SUPERFICIE TERRENO CONSTRUIDO: SERVICIOS

A través de esta componente pretende calcularse las hectáreas de terreno construido necesarias para construir las infraestructuras destinadas al sector servicios (espacios verdes y parques, educación, sanidad, religión, cultura, etc.). Los datos de superficie ocupada son obtenidos directamente del Plan General de Ordenación Urbana de Zaragoza (PGOUZ), donde se encuentran las hectáreas que van a ser destinadas a cada una de las componentes del sector servicios. La última modificación del Plan vigente fue realizada en diciembre del 2007, por lo que las hectáreas utilizadas en el trabajo son las mismas en el período de años 2009 hasta 2015. Del mismo modo que en la vivienda, para obtener la huella en hectáreas per cápita se divide por la población de Zaragoza y multiplicando por el factor de equivalencia del terreno construido se tiene el resultado en hectáreas globales per cápita.

5.3.3 HUELLA ENERGÉTICA DE LA VIVIENDA Y LOS SERVICIOS

Para el cálculo de la componente energética, se considera la vivienda y los servicios como una única componente. Ambas explotan el mismo tipo de tierra: terreno construido y bosque para la absorción del CO₂, y su consumo energético se aproxima al del sector servicios-residencial-comercial. Una vez más los datos obtenidos son a nivel provincial, por lo que es necesario realizar la transformación para obtenerlos a nivel local. Para ello, se supone que el 90% de los consumos de la provincia de Zaragoza corresponden a la ciudad de Zaragoza, por ser donde más se concentra la población, por ejemplo en el año 2015, aproximadamente el 70% (69,55%) de la población provincial se encontraba en la ciudad.

Una vez obtenidos los consumos energéticos, mediante los factores energía-tierra (Tabla A1.3) se transformarán en hectáreas de bosque para la absorción de CO₂

5.4 HUELLA ECOLÓGICA DE LA MOVILIDAD Y EL TRANSPORTE

Dentro de la componente movilidad y transporte se engloban aquellos recursos, instalaciones y superficies necesarias para que los habitantes de Zaragoza puedan desplazarse de un sitio a otro. Para su cálculo se han considerado los usos de la tierra correspondientes a infraestructuras y terreno construido dedicados a tal efecto, así como el consumo energético que lleva asociado esta componente. En el *Anexo VII: Huella ecológica de la movilidad y transporte*, se muestran los datos utilizados y los resultados obtenidos para esta componente.

5.4.1 SUPERFICIE CONSTRUIDA: MOVILIDAD Y TRANSPORTE

Se ha distinguido entre la superficie correspondiente a terminales de transporte y la correspondiente a viales de comunicación. Dentro del primer grupo se engloban los aeropuertos y las estaciones de trenes y autobuses, estos datos han sido obtenidos del PGOUZ. En cuanto a los viales de comunicación, se determina la superficie ocupada por las calzadas. Para determinarlas se supone que aproximadamente el 1.5% del término municipal de Zaragoza está ocupado por calzadas (suposición realizada de acuerdo con trabajos anteriores). La superficie del término municipal de Zaragoza se obtiene de Plan de Emergencia del Ayuntamiento de la ciudad. Dentro de las calzadas se engloban las superficies correspondientes a carril bus, carril bici, tranvía y aceras.

5.4.2 HUELLA ENERGÉTICA DE LA MOVILIDAD Y EL TRANSPORTE

El consumo energético asociado a la componente de la movilidad y el transporte se aproxima al consumo del sector transportes proporcionado por el *Boletín de Coyuntura Energética de Aragón*. Únicamente se tienen en cuenta los consumos energéticos implicados en los desplazamientos, no considerándose la energía derivada de la construcción de infraestructuras o de la fabricación de los medios de transporte. Como ocurre en el resto de componentes, los consumos suministrados por el Boletín de Coyuntura Energética son provinciales por lo que habrá que transformarlos en locales. Para dicha transformación se supone que el 90% del combustible que se consume en la provincia, es consumido en la ciudad de Zaragoza. Posteriormente, con los factores energía-tierra (Tabla A1.3) para cada tipo de energía primaria se obtienen los consumos en hectáreas de tierra de la energía.

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

6. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el apartado anterior se ha mostrado el procedimiento de cálculo para cada una de las componentes de la huella ecológica así como los resultados obtenidos. En este punto va a presentarse la evolución del indicador desde el año 2009 hasta el año 2015, mostrándose cuáles son las componentes más influyentes y su evolución.

6.1 HUELLA ECOLÓGICA DE ZARAGOZA LOCAL Y GLOBAL

La huella ecológica de Zaragoza ha sido calculada utilizando datos de productividades de tierras locales y medias mundiales. Con las productividades locales, el resultado obtenido representa las hectáreas reales que la población de Zaragoza necesita para mantener el nivel de vida de un determinado año. Con productividades medias globales, se obtiene la superficie media mundial que requiere también la población de Zaragoza en un año. En la figura 6.1 se representan los valores obtenidos y la diferencia entre la huella ecológica local y global.

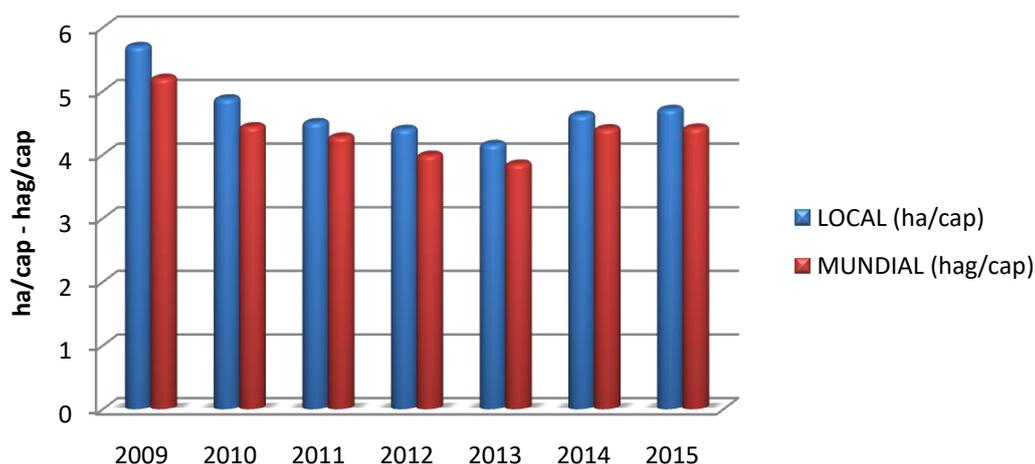


Figura 6.1 Huella ecológica de Zaragoza con productividades locales y medias mundiales. Fuente: elaboración propia.

La huella ecológica calculada con productividades locales es siempre superior a la calculada con productividades medias globales. En un principio puede pensarse que esto es debido a la baja productividad de las tierras de Zaragoza en comparación con las productividades medias mundiales, de modo que para obtener el mismo rendimiento la superficie de las tierras de Zaragoza debería ser mayor a la superficie de tierra mundial. Sin embargo, observando las siguientes figuras (figura 6.2 y figura 6.3) puede comprobarse que únicamente la componente local de la alimentación posee una huella superior a la global. Por ello debe estudiarse la influencia que tiene cada componente sobre el valor final del indicador.

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

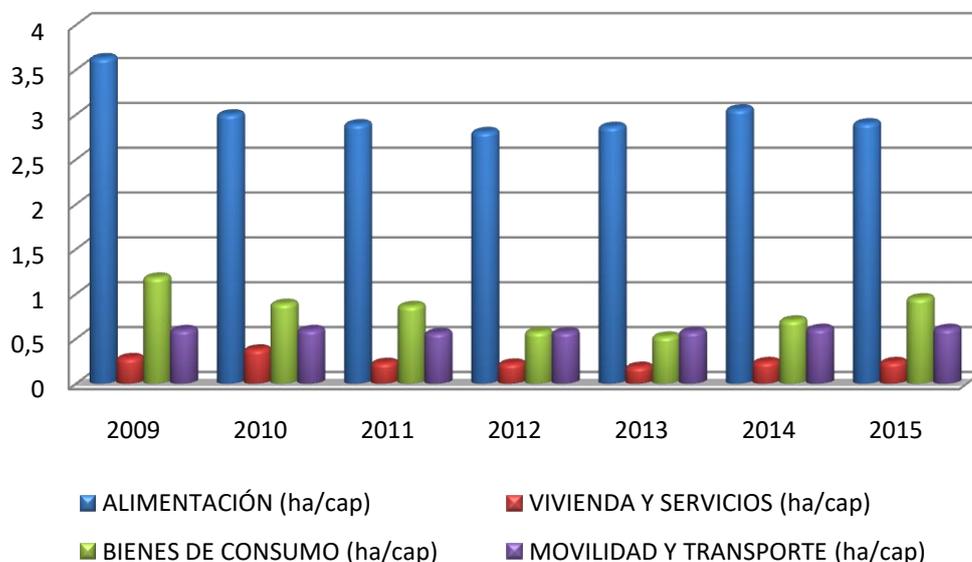


Figura 6.2 Huella ecológica de Zaragoza local por componentes. Fuente: elaboración propia.

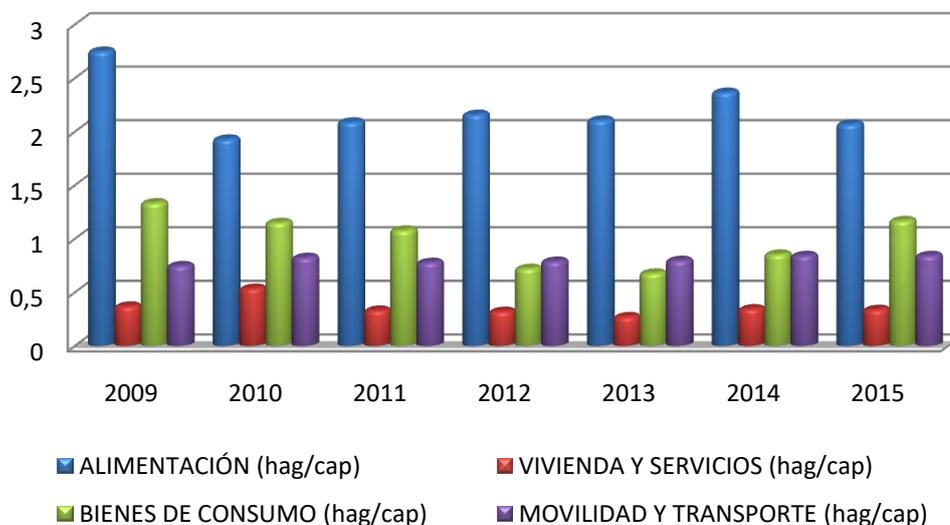


Figura 6.3 Huella ecológica de Zaragoza global por componentes. Fuente: elaboración propia.

Puede comprobarse además que el resultado de la huella ecológica de la alimentación es superior al resto de componentes, por lo que su valor tendrá un peso importante en el valor final del indicador. En la figura 6.4 se muestra como la huella de la alimentación, tanto a nivel local como mundial, representa más de la mitad de la huella ecológica total.

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

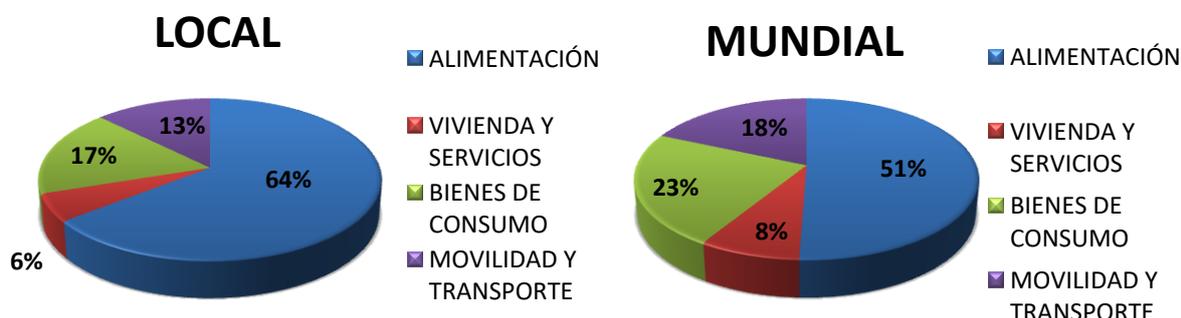


Figura 6.4 Influencia media de cada una de las componentes en la huella ecológica. Fuente: elaboración propia.

Para comprender el gran aporte de la huella ecológica de la alimentación al valor final, en las tablas A4.6 y A4.7 (Anexo IV) se muestran los resultados obtenidos para esta componente tanto a nivel local como mundial. La alimentación explota la tierra de cultivos, pastos, mar y energía. Pude comprobarse que el valor final depende mayoritariamente de las huellas de los pastos y del mar, que presentan los valores más elevados, seguidos de la tierra de cultivos y de la energía que tiene un aporte mínimo. El valor elevado de los pastos y el mar se debe a la baja productividad de estos terrenos, mientras que los cultivos presentan huellas bajas por ser tierras muy productivas. Para transformar los resultados en hectáreas globales se multiplica cada tipo de tierra por su factor de equivalencia, de modo que los terrenos más productivos, en este caso los cultivos, tienen el factor más elevado (2,18), mientras que las tierras menos productivas presentan factores más bajos (0,46 para pastos y 0,39 para el mar). Como consecuencia se tiene que las huellas locales del mar y los pastos son prácticamente el doble de las mundiales lo que eleva el valor final de huella local frente al mundial. Además en la figura 6.5 puede verse como la mayor contribución a la huella ecológica procede de la tierra de pastos y mar, por ser las menos productivas, lo que favorece el elevado valor de huella de la alimentación. La diferencia en los porcentajes de la huella mundial es ocasionada por la aplicación de los factores de equivalencia antes mencionados.

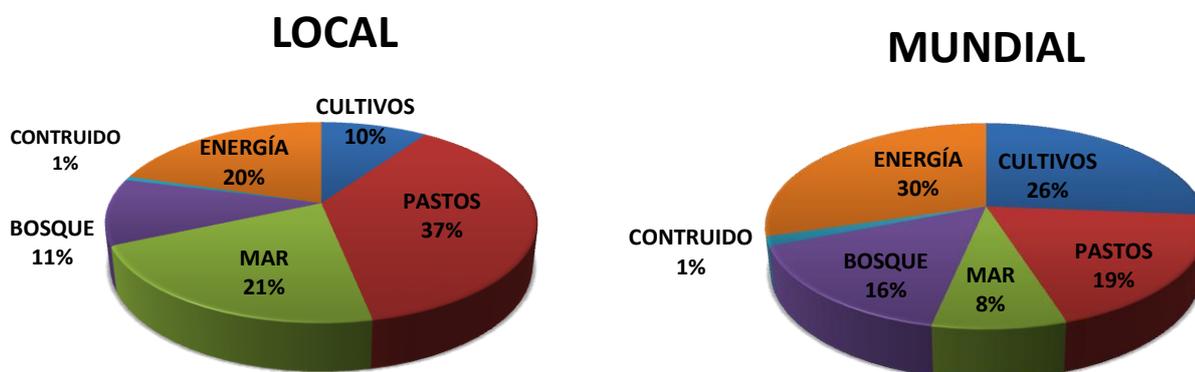


Figura 6.5 Aportación de cada tipo de tierra a la huella ecológica. Fuente: elaboración propia.

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

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. En la figura 6.6 puede comprobarse como el máximo valor de huella energética corresponde al transporte, por ser la segunda componente con mayor consumo energético, como puede observarse en la figura 6.7.

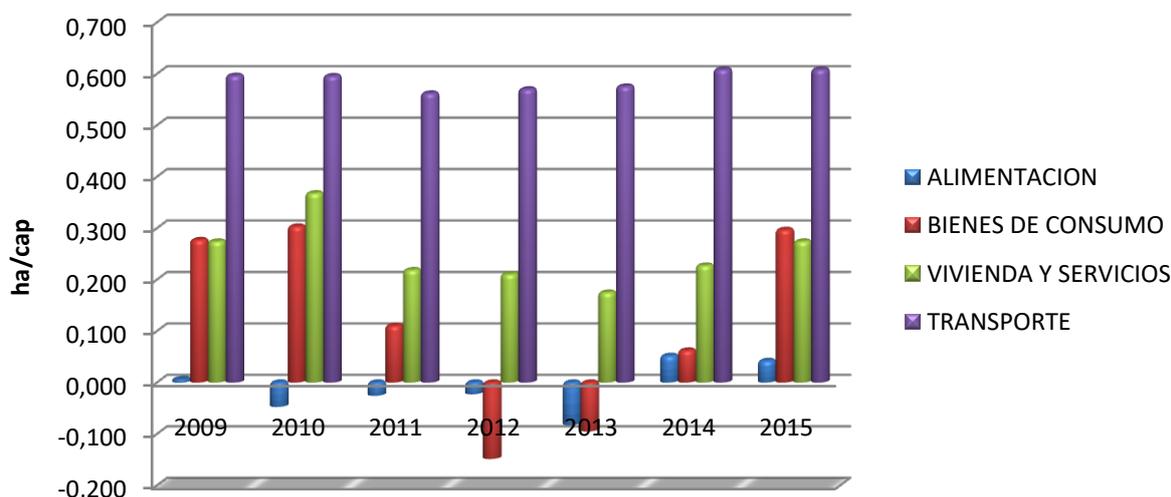


Figura 6.6 Huella energética por componentes. Fuente: elaboración propia.

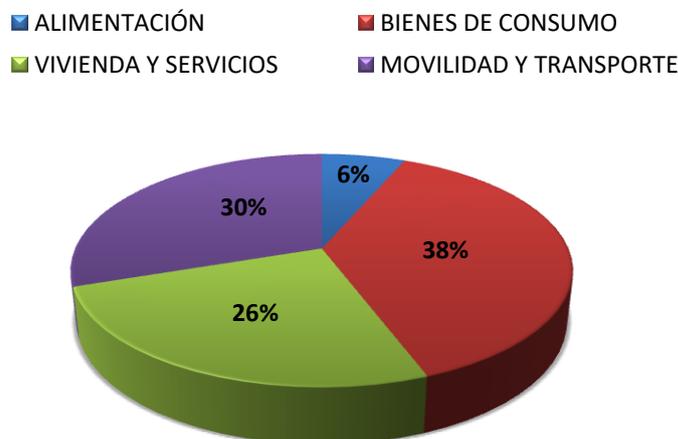


Figura 6.7 Consumo medio de energía primaria por componentes. Fuente: elaboración propia.

Puede resultar contradictorio que siendo la componente bienes de consumo la que más consumo energético presenta (algo que tiene sentido si se recuerda que la componente bienes de consumo va asociada con el sector industrial) su huella energética tenga valores tan bajos. Pero debe tenerse en cuenta que en esta componente también hay que considerar los consumos energéticos que resultan de los flujos de importación y exportación de productos. Si se miran las tablas A5.5 y A5.6 (Anexo V) puede comprobarse como las huellas asociadas a estos flujos tiene una influencia mayor que el resto de huellas de las fuentes primarias de energía y además en muchos de los años de estudio su valor es negativo, lo que reduce considerablemente el valor de la huella energética de los bienes de consumo.

6.2 EVOLUCIÓN HUELLA ECOLÓGICA DE ZARAGOZA

En este apartado se va a realizar un análisis de la evolución de la huella ecológica de Zaragoza desde el año 2009 hasta el año 2015. La huella se obtiene como la suma de las huellas de cada una de sus componentes, por lo que su evolución dependerá también de la evolución de cada una de ellas. Como se ha visto en el apartado anterior, no todas las componentes tienen el mismo peso en el valor final de la huella, siendo la alimentación la que más influencia aporta en el resultado final, por lo que un cambio en dicha componente será más notable, que por ejemplo, uno en la vivienda y los servicios. En la siguiente figura (figura 6.8) se muestra la tendencia seguida por la huella ecológica de Zaragoza en los años citados y en la tabla 6.1 los valores obtenidos.

Tabla 6.1 Huella ecológica de Zaragoza. Fuente: elaboración propia.

AÑOS	LOCAL (ha/cap)	MUNDIAL (hag/cap)
2009	5,701410293	5,201462663
2010	4,877740041	4,439078738
2011	4,560506495	4,277614597
2012	4,398730941	3,992238365
2013	4,159852351	3,852179042
2014	4,554580514	4,317528989
2015	4,599763241	4,267354935

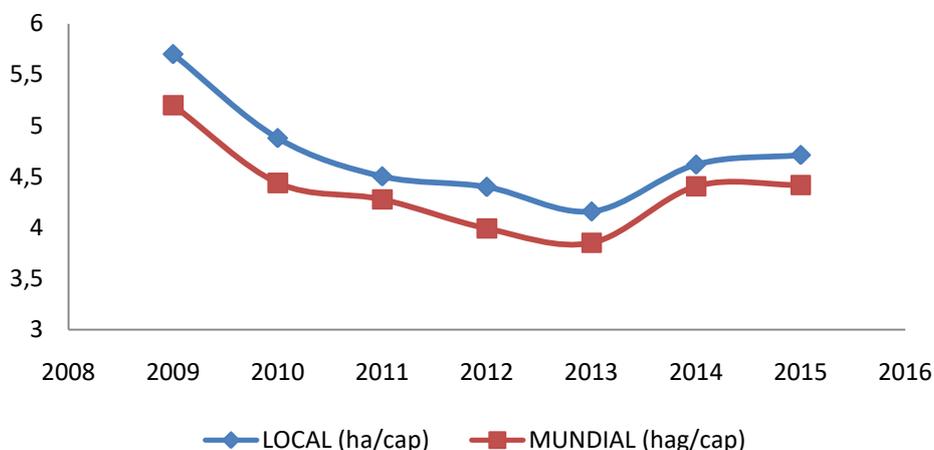


Figura 6.8 Evolución de la huella ecológica de Zaragoza desde el año 2009 hasta el 2015.
Fuente: elaboración propia.

Se parte de un valor de huella ecológica de 5,7 ha/cap y 5,20 hag/cap en el año 2009. Puede observarse como el indicador desciende, hasta alcanzar su valor mínimo en el año 2013 (4,16 ha/cap y 3,85 hag/cap) a partir del cual ascenderá para alcanzar el valor de 4,59 ha/cap y 4,27 hag/cap en 2015.

Para explicar esta tendencia va a analizarse la evolución seguida por cada una de las huellas de las componentes. Como muestra la figura 6.4, la componente más influyente en el valor final del indicador es la alimentación, cuyo valor supone más de la mitad del resultado total, seguida de los bienes de consumo, movilidad y transporte y vivienda y servicios, suponiendo esta última una influencia mínima.

6.2.1 EVOLUCIÓN DE LA HUELLA ECOLÓGICA DE LA ALIMENTACIÓN

En la figura 6.9 puede verse el cambio sufrido por la componente alimentación desde el año 2009 hasta el 2015. En 2009 el valor se sitúa en las 3,63 ha/cap y las 2,75 hag/cap, a partir de allí el valor desciende permaneciendo prácticamente uniforme durante los años 2011, 2012 y 2013. En 2014 el valor asciende alcanzando las 2,9 ha/cap y las 2,1 hag/cap en 2015. En las tablas A4.6 y A4.7 (Anexo IV) aparecen los resultados finales de huella de la alimentación para cada año, con productividades locales y productividades medias mundiales.

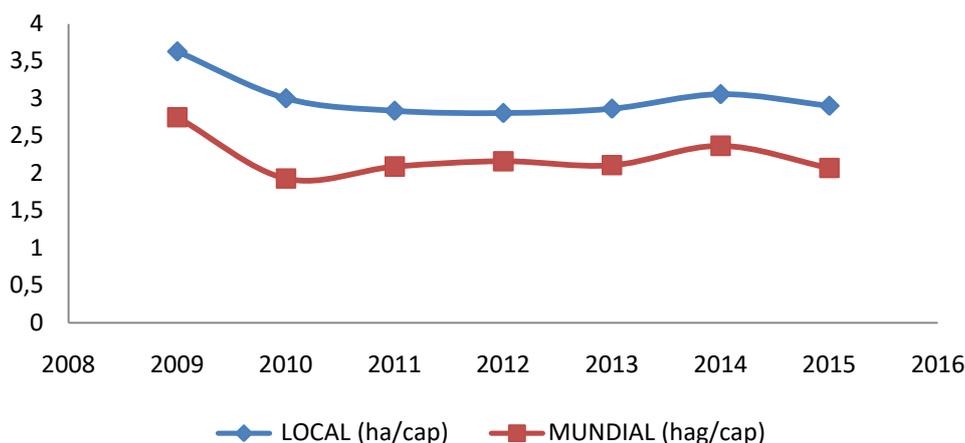


Figura 6.9 Evolución huella ecológica de la alimentación. Fuente: elaboración propia.

El cambio más brusco en esta componente aparece en el año 2010. El valor desciende de las 3,63 ha/cap a las 3,0 ha/cap en 2010 y de las 2,75 hag/cap a las 1,93 hag/cap. Puede comprobarse en las tablas A4.6 y A4.7 (Anexo IV) como esta variación es causada por un descenso en la huella de los pastos, de los cultivos y de la componente energética, tanto con productividades locales como medias mundiales. Aunque la influencia de la energía en esta componente sea mínima (ver figura 6.6) llama la atención la gran variación de resultados que se observan en ella. El valor comienza siendo positivo en 2009 y se produce un gran descenso en 2010, pasando de las 0,006 ha/cap y 0,007 hag/cap a las -0,047 ha/cap y las -0,065 hag/cap. El valor permanecerá negativo hasta el año 2014 donde vuelve a aumentar su valor, manteniéndose positivo durante los años 2014 y 2015. Esta variación tiene su explicación en los flujos de importación y exportación. En las tablas A4.4 y A4.5 (Anexo IV) puede comprobarse el elevado peso que tienen estos flujos en el resultado final de la componente energética de la alimentación. Cuando el resultado es positivo, viene a indicar que en ese año la importación ha sido superior a la exportación, mientras que un resultado negativo indica lo contrario. Por tanto puede observarse como desde el 2010 hasta el 2013 predominó la exportación frente a la importación.

El aumento producido entre el año 2013 y 2014 (2,86 ha/cap a 3,05 ha/cap y de 2,1 hag/cap a 2,36 hag/cap) puede observarse como se debe principalmente al cambio de signo de la componente energética (tablas A4.6 y A4.7). Si se observan los resultados de huellas ecológicas globales se comprueba que a partir del año 2013 el valor es ascendente, por tanto viendo la influencia que tiene la alimentación en el resultado final, se espera que en esta componente ocurra lo mismo. Sin embargo, se observa como en el año 2015 la huella es inferior que en el 2014. Esto se debe a una disminución de la huella del mar, teniendo en 2015 el valor más bajo de todos los años de estudio, algo que tiene sentido, pues como puede comprobarse en la tabla A2.4 (Anexo II), en 2015 se obtuvo la mayor productividad del mar. Se observa también que la componente energética es superior en 2014 que en 2015 pero

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

teniendo en cuenta la baja aportación de esta componente al resultado final el cambio no supone grandes variaciones.

6.2.2 EVOLUCIÓN DE LA HUELLA ECOLÓGICA DE LOS BIENES DE CONSUMO

En la figura 6.10 puede comprobarse la evolución del valor de la huella de esta componente y su similitud con la evolución final del indicador. En las tablas A5.7 y A5.8 (Anexo V) se muestran los valores finales de la huella ecológica de los bienes de consumo para cada año, calculados con productividades locales y medias mundiales.

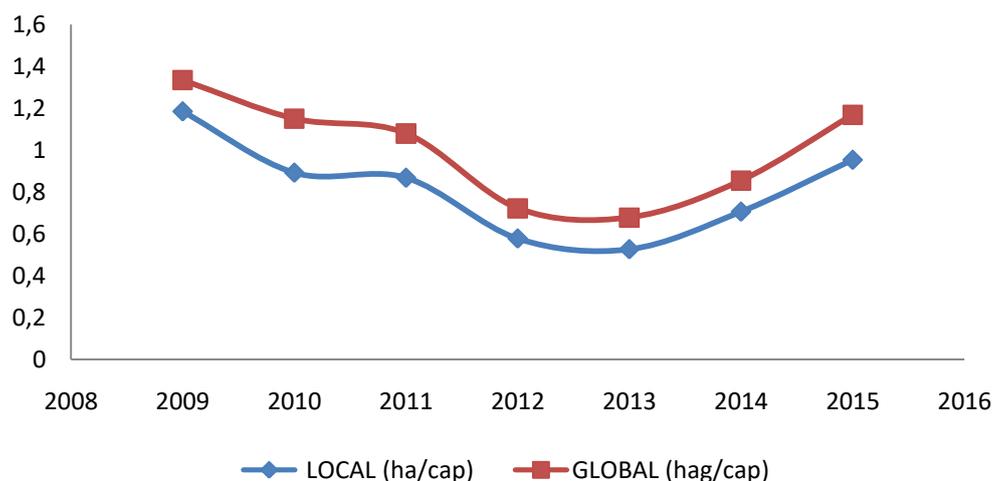


Figura 6.10 Evolución huella ecológica de los bienes de consumo. Fuente: elaboración propia.

Se parte en 2009 del valor más alto de huella ecológica para esta componente, situándose en las 1,18 ha/cap y las 1,33 hag/cap. En los años siguientes el resultado desciende hasta alcanzar el mínimo valor en el año 2013 (0,52 ha/cap y 0,68 hag/cap). En el año 2014 la variación con el 2013 es mínima y es a partir del 2014 donde la huella vuelve a incrementar su valor, alcanzando el valor máximo en 2015 (0,93 ha/cap y 1,13 hag/cap). Si se observan las tablas A5.7 y A5.8 (Anexo V) llama la atención el gran salto que se produce entre los años 2011 y 2012, pasando de las 0,86 ha/cap a las 0,58 ha/cap y de las 1,08 hag/cap a las 0,68 hag/cap. Puede comprobarse como las huellas de los distintos tipos de terreno (cultivos, pastos, bosque y construido) no sufren modificaciones significativas. Sin embargo, observando las tablas A5.5 y A5.6 (Anexo V), relativas a la huella energética de esta componente, puede comprobarse como la energía va disminuyendo su valor desde el año 2009 hasta el 2012, año en el que alcanza un valor negativo que continuara siendo así en el 2013, a partir del cual la componente energética vuelve a alcanzar valores positivos en 2014 y 2015, siendo superior el valor de 2015. Al igual que lo ocurrido en la alimentación, el paso de estos valores positivos a negativos depende de los flujos de importación y exportación, que como puede comprobarse también en las tablas A5.5 y A5.6 (Anexo V) tienen una gran aportación al resultado energético de esta componente. Al igual que en la alimentación puede observarse como durante los años 2010 hasta 2013 predomina la exportación frente a la importación. En el caso de los bienes de consumo, en el año 2014 los flujos de importación y exportación continúan siendo negativos, pero se observa un aumento del valor desde el año 2013 al 2014, pasando de los -0,32 Gj/cap a los -0,19 Gj/cap.

6.2.3 EVOLUCIÓN DE LA HUELLA ECOLÓGICA VIVIENDA Y SERVICIOS Y MOVILIDAD Y TRANSPORTE.

El análisis de estas componentes se realiza en un mismo apartado por ser las menos influentes en el resultado final del indicador y por explotar los mismos tipos de terreno (construido y energía). En la

figura 6.11 aparece la evolución de ambas componentes desde el año 2009 hasta el 2015. Los valores finales de huella ecológica para la vivienda y servicios se encuentran en las tablas A6.10 y A6.11 (Anexo VI) y los valores para la movilidad y transporte aparecen en las tablas A7.4 y A7.5 (Anexo VII)

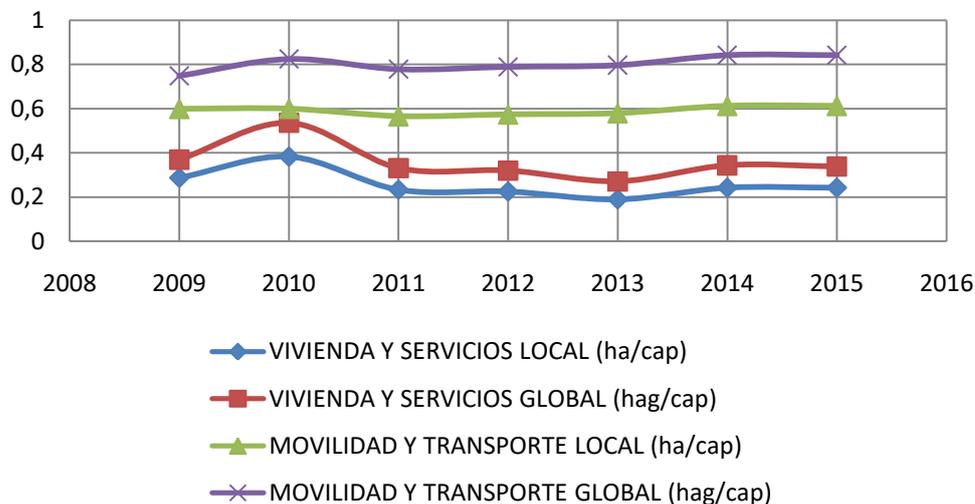


Figura 6.11 Evolución de las huellas ecológicas movilidad y transporte y vivienda y servicios.
Fuente: elaboración propia.

En la figura 6.11 puede comprobarse como los valores de huella ecológica para la movilidad y el transporte son superiores a los de la vivienda y servicios, por lo que su valor tendrá más peso en el resultado final del indicador (ver figura 6.4). Puede comprobarse en la figura 6.5 y en las tablas A6.10, A6.11 (Anexo VI), A7.4 y A7.5 (Anexo VII) que el aporte de la huella del terreno construido al valor final es prácticamente inapreciable por lo que la huella de ambas componentes dependerá prácticamente de la componente energética. De este modo tiene sentido que la huella ecológica de la movilidad y el transporte sea superior, pues como se muestra en la figura 6.6 la máxima huella energética corresponde al transporte, por ser la componente con mayor consumo energético por detrás de los bienes de consumo (figura 6.7)

Puede observarse como la evolución de la componente movilidad y transporte es prácticamente uniforme, sin embargo en la vivienda y servicios aparece un máximo en el año 2010 que altera la evolución de esta componente. Como se ha observado anteriormente la contribución del terreno construido a esta componente no sufre grandes variaciones y además su contribución es inferior a la de la energía. Por tanto, puede comprobarse en las tablas A6.7 y A6.8 (Anexo VI) como el aumento de esta componente es debido al aumento de la huella energética en el 2010 en comparación con los valores de 2009 y 2011. En 2009 se tiene una huella energética 0,27 ha/cap y 0,34 hag/cap, en 2010 se produce un aumento hasta 0,37 ha/cap y las 0,5 hag/cap, para después disminuir en 2011 hasta los valores 0,21 ha/cap y 0,29 hag/cap. En las tablas A6.8 y A6.9 (Anexo VI) puede verse como las huellas energéticas más influyentes corresponden al petróleo y al gas natural, siendo los valores de este último siempre más elevados. En el año 2010 se produce un aumento de la huella energética relativa al gas natural, lo que supone un aumento del consumo de esta fuente energética. En las tablas A3.10, A3.11, A3.12 y A3.13 (Anexo III) puede comprobarse como para el año 2010 en todas las componentes se produce un aumento del consumo de gas natural. Si se recurre a los boletines oficiales de coyuntura energética de cada año y a los balances realizados en este TFG, para determinar el consumo que cada una de las componentes hace de cada fuente primaria de energía, se observa que en el año 2010 se disponía de 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.

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

Por tanto, el gas natural consumido en cada sector también es mayor, así como el empleado en las centrales de cogeneración y ciclo combinado para obtener electricidad y calor, que posteriormente será consumido por cada uno de los sectores.

6.2.4 COMPARACIÓN DE LA HUELLA ECOLÓGICA CON INDICADORES SOCIO-ECONÓMICOS

Para justificar la tendencia seguida por la huella ecológica de Zaragoza desde el año 2009 hasta el año 2015 (ver figura 6.8) se ha comparado su evolución con la de algunos indicadores socio-económicos, como el PIB, el número de personas desempleadas y el Índice de producción Industrial (IPI).

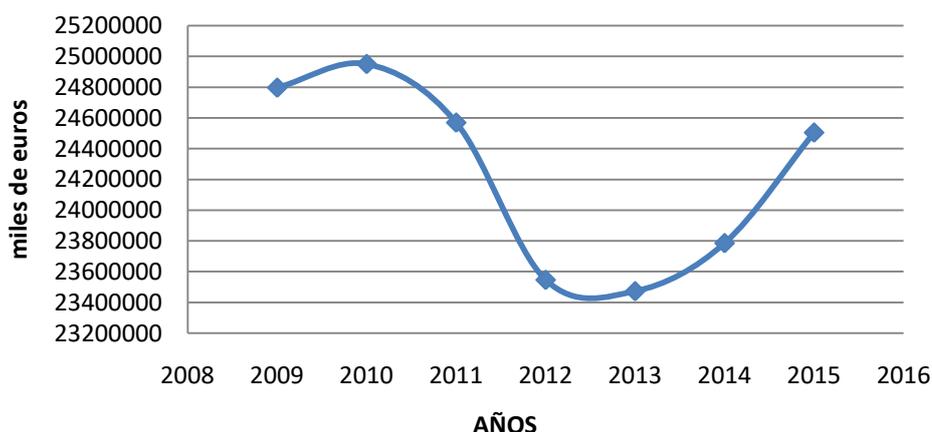


Figura 6.12 PIB de la Comunidad Autónoma de Aragón. Fuente: elaboración propia desde IAE.

El PIB es un indicador económico que se utiliza para medir la riqueza de un país, reflejando el valor monetario de todos los bienes y servicios producidos por dicho país en un determinado período de tiempo. En este caso se representa el PIB anual de Aragón. Puede observarse como su valor desciende hasta alcanzar el valor mínimo en el 2013, a partir del cual vuelve a incrementarse en los años 2014 y 2015. Si se compara ahora con el IPI (figura 6.13) y número de parados (figura 6.14), tiene sentido comprobar como el IPI sigue la misma evolución que el PIB, siendo el año con menos producción 2013, año de mayor pobreza y aumentando su valor durante los años 2014 y 2015, años en los que según el PIB se recuperó la economía del país. Lo mismo ocurre con el número de personas desempleadas, presenta un máximo en 2013 y su valor comienza a disminuir en los años 2014 y 2015.

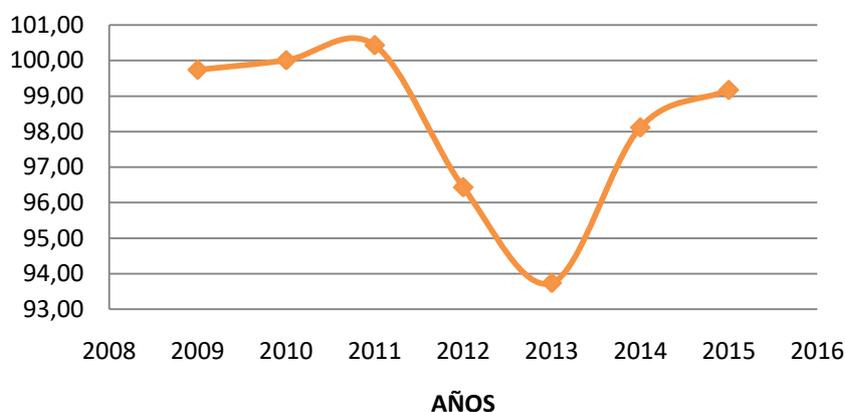


Figura 6.13 IPI de la Comunidad Autónoma de Aragón. Fuente: elaboración propia desde IAE.

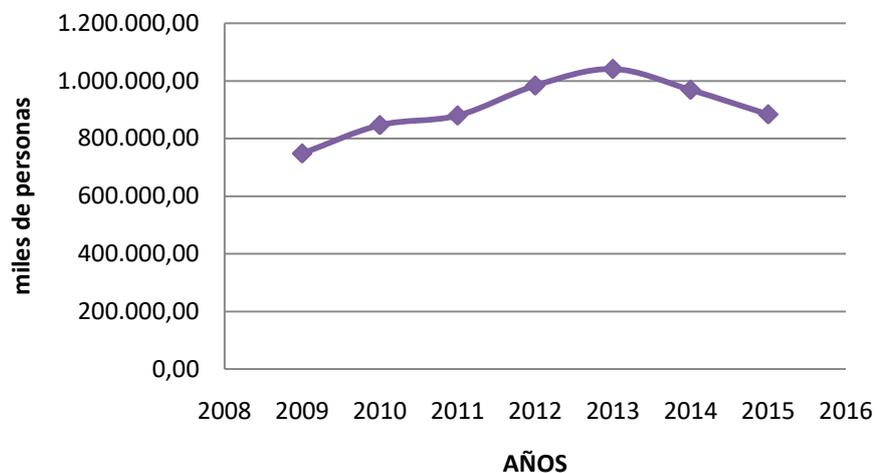


Figura 6.14 Personas desempleadas en Aragón. Fuente: elaboración propia desde IAE.

Por lo tanto se constata que estos tres indicadores guardan una estrecha relación con la evolución de la huella ecológica de Zaragoza. Si se observa la tendencia seguida por este indicador se observa que es muy similar a la del PIB. A menor PIB menor valor de huella ecológica. Cabe recordar que este indicador transforma las necesidades de consumo de la población en unidades de superficie por lo que es lógico que los periodos de menor demanda de servicios y productos se correspondan con los de mayor recesión económica, que como consecuencia van asociados a un mayor número de personas desempleadas y menor IPI.

6.3 HUELLA ECOLÓGICA Y CAPACIDAD DE CARGA

Como se menciona en el capítulo 3.2 *huella ecológica como indicador de sostenibilidad* comparando el valor de la huella ecológica de una población con el de la capacidad de carga puede determinarse si dicha población actúa de manera sostenible.

HUELLA ECOLÓGICA > CAPACIDAD DE CARGA → DÉFICIT ECOLÓGICO
HUELLA ECOLÓGICA < CAPACIDAD DE CARGA → SUPERÁVIT

Aunque en la figura 3.1 se haya mostrado que cada país dispone de su valor propio de capacidad de carga, para realizar la comparación se utiliza el valor global de capacidad de carga del planeta, ya que cualquier núcleo poblacional requiere de recursos externos para abastecerse. El valor utilizado es de 1,7 hag/cap (Global Footprint Network, 2013). Por tanto, la comparación se realiza con las huellas ecológicas de Zaragoza a nivel global. En la siguiente tabla (tabla 6.2) puede comprobarse como para ninguno de los años de estudio Zaragoza se ha encontrado dentro de los límites sostenibles según este indicador, consumiendo más recursos de los que dispone.

Tabla 7.1 Déficit ecológico de Zaragoza. Fuente: elaboración propia.

AÑOS	MUNDIAL (hag/cap)	Déficit ecológico (hag/cap)
2009	5,20	3,5
2010	4,43	2,69
2011	4,27	2,58
2012	3,99	2,3
2013	3,85	2,15
2014	4,55	2,85
2015	4,59	2,89

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

7. CONCLUSIONES

Tras los cálculos realizados en este TFG se ha determinado la evolución de la huella ecológica desde el año 2009 hasta el año 2015. Una vez realizado el estudio pueden extraerse las siguientes conclusiones:

- ❖ La huella ecológica contabiliza las hectáreas de superficie necesarias para satisfacer los consumos de la población de Zaragoza, este exceso de consumo se mantiene con los años, pues se importa terreno productivo de otras poblaciones (alimentos, bienes de consumo) al mismo tiempo que se continúa utilizando las reservas de terreno natural.
- ❖ En ninguno de los años de estudio Zaragoza se ha encontrado dentro de los límites de la sostenibilidad determinado por este indicador. Se partió de un valor en 2009 de 5,70 ha/cap y 5,20 hag/cap, lo que suponía un déficit ecológico 3,5 hag/cap. Es decir, cada individuo de Zaragoza ocupaba tres hectáreas y media más de las que realmente le correspondía. A partir del 2009 y como puede comprobarse en la tabla 6.1, la huella ecológica fue descendiendo hasta alcanzar en 2013 el valor mínimo alcanzado hasta la fecha 4,15 ha/cap y 3,85 hag/cap. Aunque el descenso fuera bastante notable con respecto al dato de 2009 (más de 1ha menos por persona), Zaragoza continuaba presentando un serio excedente ecológico de 2,15 hag/cap. A partir del año 2013 vuelve a observarse en el indicador una evolución ascendente (tabla 6.1), situándose en el año 2015 en las 4,59 ha/cap y las 4,26 hag/cap, valores que aunque más inferiores a los registrados en 2009, siguen estando lejos de la sostenibilidad, presentado un déficit ecológico de 2,89 hag/cap.
- ❖ Como puede comprobarse en el apartado 6.2.4 *comparación de la huella ecológica con indicadores socio-económicos*, este indicador guarda una estrecha relación con la situación económica de Zaragoza y es que su tendencia es muy similar a la seguida por el indicador económico PIB. Puede observarse como los años de mayor recesión económica (figura 6.12) corresponden con los de menor valor de huella ecológica (tabla 6.1). No hay que olvidar que la huella ecológica viene determinada por el consumo de una población, por lo que parece lógico que durante los años de mayor dificultad económica se reduzcan los consumos. A partir del 2013 vuelve a producirse un aumento de este indicador, durante los años 2014 y 2015, siendo superior en este último (tabla 6.1), de nuevo puede comprobarse la relación con la economía, pues como se constata en la figura 6.12 es a partir de 2013 cuando comienza a recuperarse la situación económica.
- ❖ Como se muestra en el punto anterior, el descenso del indicador puede verse influenciado por la situación económica de la ciudad de Zaragoza, pero también debe tenerse en cuenta el esfuerzo realizado y las acciones emprendidas por las autoridades y los habitantes de la ciudad para reducir la contaminación y promover el consumo responsable de recursos.

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

LISTADO DE ACRÓNIMOS

- [1] CMT: Comisionado para el Mercado de Tabacos.
- [2] FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- [3] IPI: Índice de Producción Industrial.
- [4] ONG: Organización No Gubernamental.
- [5] ONU: Organización de las Naciones Unidas.
- [6] PGOUZ: Plan General de Ordenación Urbana de Zaragoza.
- [7] PIB: Producto Interior Bruto.
- [8] TFG: Trabajo Final de Grado.
- [9] WWF: World Wildlife Fundation

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

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

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Artigas, T. 2004. *Contribución a la huella ecológica de Zaragoza como indicador de sostenibilidad*. Universidad de Zaragoza.

[2] Ayuntamiento de Zaragoza. Agenda 21 Local. 2004. *Cuaderno nº11 Zaragoza y su huella ecológica*. <http://www.zaragoza.es> [consulta: Noviembre 2017]

[3] Ayuntamiento de Zaragoza. Agenda 21 Local. 2014. *Actualización de los indicadores de sostenibilidad de Zaragoza 2014*. <http://www.zaragoza.es> [consulta: Noviembre 2017]

[4] Ayuntamiento de Zaragoza. Agenda 21 Local. Indicadores específicos locales actualización 2014. <http://www.zaragoza.es> [consulta: Noviembre 2017]

[5] Ayuntamiento de Zaragoza. Plan de Emergencia. Características. <http://www.zaragoza.es> [consulta: Enero 2018]

[6] Ayuntamiento de Zaragoza. Urbanismo. Plan General de Ordenación Urbana. <http://www.zaragoza.es> [consulta: Diciembre 2017]

[7] Chambers, N., Simmons, C., Wackernagel, M. 2002. *Sharing Nature's Interest. Ecological Footprints as an indicator of sustainability*.

[8] Comisionado para el Mercado de Tabacos. <http://www.cmtabacos.es> [consulta: Diciembre 2017]

[9] Doménech, J.L. 2007. *Huella ecológica y desarrollo sostenible*. Madrid, España: Aenor.

[10] García, E. 2004. *Medio Ambiente y Sociedad. La civilización industrial y los límites del planeta*. Madrid, España: Alianza.

[11] Global Footprint Network. <http://www.footprintnetwork.org> [consulta: Diciembre 2017]

[12] Global Footprint Network. 2007. *Análisis de la huella ecológica de España*. <http://www.footprintnetwork.org> [consulta: Diciembre 2017]

[13] Gobierno de Aragón. Departamento de Desarrollo Rural y Sostenibilidad. Estadísticas Agrarias.2012. *Anuario Estadístico Agrario de Aragón 2010-2011*. <http://www.aragon.es> [consulta: junio 2017]

[14] Gobierno de Aragón. Departamento de Desarrollo Rural y Sostenible. Estadísticas Agrarias.2014. *Anuario Estadístico Agrario de Aragón 2012*. <http://www.aragon.es> [consulta: junio 2017]

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

- [15] Gobierno de Aragón. Departamento de Desarrollo Rural y Sostenible. Estadísticas Agrarias. 2014. *Anuario Estadístico Agrario de Aragón 2013-2014*.
<http://www.aragon.es> [consulta: junio 2017]
- [16] Gobierno de Aragón. Departamento de Desarrollo Rural y Sostenible. Estadísticas Agrarias. Estadísticas ganaderas. Vacuno, Porcino y Ovino-Caprino (2013-2015)
<http://www.aragon.es> [consulta: junio 2017]
- [17] Gobierno de Aragón. Departamento de Desarrollo Rural y Sostenible. Estadísticas Agrarias. Estadísticas agrícolas. Cereales de invierno 2000-2015.
<http://www.aragon.es> [consulta: junio 2017]
- [18] Gobierno de Aragón. Departamento de Economía, Industria y empleo. 2009. *Boletín Nº24 de Coyuntura Energética de Aragón .Datos correspondientes al año 2010*.
<http://www.aragon.es> [consulta: diciembre 2017]
- [19] Gobierno de Aragón. Departamento de Economía, Industria y empleo. 2012. *Boletín Nº25 de Coyuntura Energética de Aragón .Datos correspondientes al año 2011*.
<http://www.aragon.es> [consulta: diciembre 2017]
- [20] Gobierno de Aragón. Departamento de Economía, Industria y empleo. 2013. *Boletín Nº26 de Coyuntura Energética de Aragón .Datos correspondientes al año 2012*.
<http://www.aragon.es> [consulta: diciembre 2017]
- [21] Gobierno de Aragón. Departamento de Economía, Industria y empleo. 2015. *Boletín Nº28 de Coyuntura Energética de Aragón .Datos correspondientes al año 2014*.
<http://www.aragon.es> [consulta: diciembre 2017]
- [22] Gobierno de Aragón. Departamento de Economía, Industria y empleo. 2016. *Boletín Nº29 de Coyuntura Energética de Aragón .Datos correspondientes al año 2015*.
<http://www.aragon.es> [consulta: diciembre 2017]
- [23] Gobierno de Aragón. Departamentos y Organismos públicos. Instituto Aragonés de Estadística. Censos agrarios. Superficie de los cultivos agrícolas (y de otras cubiertas del suelo). Datos de la encuesta ESYRCE. Aragón y provincias, España. Año 2015.
<http://www.aragon.es> [consulta: junio 2017]
- [24] Gobierno de Aragón. Departamentos y Organismos públicos. Instituto Aragonés de Estadística. Censos agrarios. Producciones agrícolas y superficies cultivadas. Aragón y provincias, España. Año 2015 (datos provisionales)
<http://www.aragon.es> [consulta: junio 2017]
- [25] Gobierno de Aragón. Departamentos y Organismos públicos. Instituto Aragonés de Estadística. Censos agrarios. Producciones, rendimientos y superficies de los cultivos. Cultivos industriales Aragón y España. Años 2011-2015.
<http://www.aragon.es> [consulta: junio 2017]

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

[26] Gobierno de Aragón. Departamentos y Organismos públicos. Instituto Aragonés de Estadística. Censos agrarios. Producción de carne: Ganado sacrificado en mataderos. Datos provisionales CCAA y España. Año 2015.

<http://www.aragon.es> [consulta: junio 2017]

[27] Gobierno de Aragón. Departamentos y Organismos públicos. Instituto Aragonés de Estadística. Censos agrarios. Producción de leche de vaca, oveja y cabra. Aragón y provincias, España. Años 2000-2015.

<http://www.aragon.es> [consulta: junio 2017]

[28] Gobierno de Aragón. Departamentos y Organismos públicos. Instituto Aragonés de Estadística. Censos agrarios. Producción de la apicultura: miel y cera. Aragón y España. Años 2000-2016.

<http://www.aragon.es> [consulta: junio 2017]

[29] Gobierno de Aragón. Departamentos y Organismos Públicos. Instituto Aragonés de Estadística. IPI. Índice de Producción Industrial.

<http://www.aragon.es> [consulta: enero 2018]

[30] Gobierno de Aragón. Departamentos y Organismos Públicos. Instituto Aragonés de Estadística. Paro registrado (personas)

<http://www.aragon.es> [consulta: enero 2018]

[31] Gobierno de Aragón. Departamentos y Organismos Públicos. Instituto Aragonés de Estadística. PIB, Renta, Comercio Exterior y Empresas. PIB, Valor Añadido y Renta. Producto interior bruto (contabilidad regional de España)

<http://www.aragon.es> [consulta: enero 2018]

[32] Instituto Aragonés de Fomento.

[33] Instituto Nacional de Estadística. Demografía y población. Resumen por capitales de provincia.

<http://www.ine.es> [consulta: junio 2017]

[34] Mercazaragoza. Zona de prensa. Documentos. *Informe anual 2010*.

<http://www.mercazaragoza.es> [consulta: junio 2017]

[35] Mercazaragoza. Zona de prensa. Documentos. *Informe anual 2011*.

<http://www.mercazaragoza.es> [consulta: junio 2017]

[36] Mercazaragoza. Zona de prensa. Documentos. *Informe anual 2012*.

<http://www.mercazaragoza.es> [consulta: junio 2017]

[37] Mercazaragoza. Zona de prensa. Documentos. *Informe anual 2014*.

<http://www.mercazaragoza.es> [consulta: junio 2017]

[38] Mercazaragoza. Zona de prensa. Documentos. *Informe anual 2015*.

<http://www.mercazaragoza.es> [consulta: junio 2017]

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

- [39] Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Biodiversidad. Estadísticas. Anuarios de Estadística Forestal. *Anuario de Estadística Forestal 2010*.
<http://www.mapama.gob.es> [consulta: septiembre 2017]
- [40] Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Biodiversidad. Estadísticas. Anuarios de Estadística Forestal. *Anuario de Estadística Forestal 2011*.
<http://www.mapama.gob.es> [consulta: septiembre 2017]
- [41] Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Biodiversidad. Estadísticas. Anuarios de Estadística Forestal. *Anuario de Estadística Forestal 2012*.
<http://www.mapama.gob.es> [consulta: septiembre 2017]
- [42] Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Biodiversidad. Estadísticas. Anuarios de Estadística Forestal. *Anuario de Estadística Forestal 2014*.
<http://www.mapama.gob.es> [consulta: septiembre 2017]
- [43] Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Biodiversidad. Estadísticas. Anuarios de Estadística Forestal. *Anuario de Estadística Forestal 2015*.
<http://www.mapama.gob.es> [consulta: septiembre 2017]
- [44] 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: septiembre 2017]
- [45] Ministerio de Economía, Industria y Competitividad. Data-Comex.
<http://datacomex.comercio.es/> [consulta: octubre 2017]
- [46] Cantón, N. 2016. *Aproximación de la huella ecológica de Zaragoza 2013; componentes alimentación y energía*. Universidad de Zaragoza.
- [47] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (F.A.O). Estadísticas. Bases de datos. FAOSTAT.
<http://www.fao.org> [consulta: julio2017]
- [48] Palmero, F.M., Laxe, F. G., Pose, F. M., Pérez, E.M., Castro, J.D. 2004. *Desarrollo sostenible y Huella ecológica. Una aplicación a la economía Gallega*. A Coruña, España: Netbiblo, S.L.
- [49] Pascual, A. 2013. *Análisis de la huella ecológica de Zaragoza*. Universidad politécnica de Zaragoza.
- [50] Wackernagel, M., Rees, W. 1996. *Our Ecological footprint, Reducing Human Impact on the Earth*. Gabriola Island: New Society Publisher.
- [51] Wackernagel, M., Onisto, L., Callejas, A., Lopez, I.S., Mendez, J., Suarez, A.I., Suarez, M.G. 1997. *Ecological footprints of Nations. How much Nature do they use? How much do they have?*
- [52] WWF International. 2000. *Living Planet Report 2000*.
<http://wwf.panda.org/> [consulta: diciembre 2017]

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

[53] WWF International. 2014. *Living Planet Report 2014: species and spaces, people and places*. <http://wwf.panda.org/> [consulta: diciembre 2017]

ANEXO I: METODOLOGÍA 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, estas son dos: “método compuesto” y “método basado en componentes”. El primero de ellos fue diseñado para abordar el cálculo de la huella ecológica en países, mientras que el segundo tiene más versatilidad y puede ser aplicado a menor escala (ciudades, empresas, etc).

Tal y como se indica en el apartado cuatro (4. *metodología de cálculo aplicada al estudio*) en este TFG se ha utilizado una combinación de ambos métodos.

Antes de comenzar con la explicación de ambos métodos se van a definir una serie de conceptos que facilitarán su comprensión.

A1.1 CONCEPTOS BÁSICOS

- ❖ **Recurso biótico:** cada uno de los bienes biológicos que el ser humano extrae del medio natural.
- ❖ **Hectárea global (hag):** es una unidad común que comprende la productividad promedio de toda el área de tierra y mar biológicamente productiva en el mundo, en un determinado año (WWF Internacional, 2012).
- ❖ **Superficies productivas:** son tierras que tienen un valor de productividad. De ellas se extraen los recursos utilizados por el ser humano, pero también tienen la función de asumir nuestros residuos. La suma de todas estas superficies proporcionará el valor de la huella ecológica.

Tabla A1.1. Tipos de superficie biológicamente productiva. Fuente: elaboración propia.

TIPO DE TIERRA	DEFINICIÓN
Cultivos	Superficie con actividad agrícola. Superficie de tierra necesaria para cultivar alimentos y fibras de consumo humano. También alimento para animales, cultivos oleaginosos, caucho...
Pastos	Tierra de pastoreo utilizada para criar ganado y obtener carne, productos lácteos, miel...
Espacio marino productivo	Superficie marina en la que existe una producción biológica aprovechable para el consumo humano.
Bosques	Superficies forestales en explotación. Para la obtención de madera, papel, leña...
Terreno construido	Cantidad de superficie ocupada por infraestructuras (viviendas, servicios, transporte, industria...)
Bosques destinados a la absorción de CO ₂	Superficie de bosques necesaria para absorber las emisiones de CO ₂ procedentes del uso de combustibles fósiles para la producción de energía. No se contabilizan las emisiones de CO ₂ absorbidas por los océanos.

- ❖ **Coste energético:** cantidad energética empleada la fabricación de un producto.

En el apartado 4 de este trabajo (*metodología de cálculo aplicada al estudio*) se indica que se realiza la estimación de huella ecológica de Zaragoza considerando tanto productividades locales como productividades medias mundiales. A continuación se explican cada de ellas.

A1.2 PRODUCTIVIDADES LOCALES Y PRODUCTIVIDADES MEDIAS MUNDIALES

La productividad es dato necesario para transformar el consumo humano en unidades de superficie utilizada. Se obtiene para cada uno de los recursos bióticos (o agrupación de ellos) como el cociente entre el consumo (kg) del recurso biótico entre la superficie (ha) necesaria para producirlo.

Existen dos tipos de productividades: **productividades medias mundiales** (o productividad global) y **productividades locales**. En el caso de utilizar productividades globales, se obtendría la superficie media global que es necesaria para proporcionar los recursos demandados por una población, en este caso la ciudad de Zaragoza, y la superficie de bosque necesaria para absorber las emisiones de CO₂ emitidas por dicha población. Al utilizar productividades locales, el resultado son las hectáreas de tierra real que una población determinada necesita para satisfacer el consumo de recursos y la superficie mundial de bosque necesaria para absorber el CO₂ derivado del consumo energético. El área de bosque necesaria para la absorción de CO₂ siempre se calcula con productividades medias mundiales y viene expresada como la cantidad de energía (CO₂) de cada una de las fuentes primarias que puede ser absorbida por una hectárea promedio de bosque en un año.

Con las productividades medias mundiales se sigue la metodología estándar de cálculo de huella ecológica y los resultado son comparables a nivel internacional. Con las productividades locales, el estudio se realiza más detalladamente sobre el área de estudio.

A1.2.1 PRODUCTIVIDADES MEDIAS MUNDIALES

Cuando se trabaja con estas productividades 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.

FACTOR DE QUIVALENCIA

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. Esta necesidad surge de la diferencia de productividades entre los diferentes tipos de tierra. Por ejemplo no puede compararse un terreno de mar con uno de cultivos, pues la productividad de los cultivos es bastante superior, lo que indica que, para obtener la misma cantidad de recursos bióticos se necesitaría menos tierra de cultivos que de mar. Debido a este deben homogeneizarse los diferentes tipos de suelo, multiplicando la superficie obtenida para cada uno de ellos por un factor de equivalencia, el cual 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.

De tal manera que, un factor de 3,2 para un tipo de tierra significa que esa categoría es 3,2 veces más productiva que la tierra bioproductiva media global.

Los valores de estos factores pueden variar de unos estudios a otros. En este trabajo se utilizan los mismos factores que en el último trabajo de huella ecológica realizado a petición del Ayuntamiento de Zaragoza (estimación de la huella ecológica en 2013).

Anexo I: Metodología para el cálculo de la huella ecológica

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

En la siguiente tabla (Tabla A1.2) se recogen los factores de equivalencia utilizados para cada tipo de tierra.

Tabla A1.2. Factores de equivalencia para cada tipo de terreno. Fuente: Cantón, N. 2016

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 CO ₂)	1,37

FACTOR DE PRODUCTIVIDAD

Este factor es necesario para transformar 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.

La ecuación A1.1 muestra la ecuación para el cálculo del factor de productividad.

$$\text{Factor de productividad } (j) = \frac{\text{productividad local } (j)}{\text{productividad global } (j)} \quad [\text{Ec A1.1}]$$

Donde j, es cada uno de los tipos de tierra biológicamente productiva.

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.

A1.2.2 PRODUCTIVIDADES LOCALES

Los resultados obtenidos utilizando productividades locales son concretos para la región de estudio, permitiendo un estudio más afinado de la sostenibilidad. Sin embargo, esto dificulta la comparación a nivel internacional.

El consumo de la población se calcula como una relación entre la producción, exportación e importación, por lo que deberá calcularse la superficie requerida para estas tres variables. Las hectáreas de consumo y exportación se hacen a través de la productividad local, mientras que las hectáreas de importación se calculan mediante productividades mundiales, por entenderse que los productos proceden de distintos países.

En la ecuación A1.2 se muestra como calcular las hectáreas de cada tipo de tierra utilizando productividades locales.

$$HE(j) = \frac{\text{Producción}(i)}{\text{Productividad local}(i)} + \frac{\text{Importación}(i)}{\text{Productividad mundial}(i)} - \frac{\text{Exportación}(i)}{\text{Productividad local}(i)} \quad [\text{Ec A1.2}]$$

Donde j, es cada uno de los tipos de tierra e i, cada uno de los recursos bióticos obtenidos del terreno correspondiente.

A1.3 MÉTODO DE CÁLCULO DE LA HUELLA ECOLÓGICA

A1.3.1 MÉTODO COMPUESTO

Este método fue propuesto por Mathis Wackernagel en 1996 con el objetivo de ser aplicado para el cálculo de huella ecológica en países. En este método se estiman los consumos de productos mediante estadísticas comerciales (datos de producción, importación y exportación) y los consumos energéticos mediante datos nacionales. Las productividades, se obtienen a través de estadísticas medias mundiales. Se calcula la huella de cada uno de los recursos bióticos obtenidos del ecosistema y la huella relativa al consumo de cada una de las fuentes primarias de energía, para después obtener la huella ecológica total.

HUELLA DE CADA UNO DE LOS RECURSOS BIÓTICOS

Se calcula la huella asociada a cada uno de los recursos bióticos. Cada uno de estos recursos lleva asociada la explotación de alguna de las tierras bioproductivas (mar, pastos, cultivos o bosques).

Si no existen datos estadísticos relativos al consumo de un determinado recurso, este se calculará mediante datos de producción, importación y exportación para ese recurso en el año correspondiente, según la ecuación A1.3

$$\text{Consumo}(i) = \text{Producción}(i) + \text{Exportación}(i) - \text{Importación}(i) \quad [\text{Ec A1.3}]$$

Donde i , es cada uno de los recursos bióticos.

Para obtener dicho consumo por habitante, se divide el consumo obtenido con la ecuación A1.3 por la población de estudio. De acuerdo con la ecuación A1.4

$$\text{Consumo} \left(\frac{\text{kg}}{\text{cap}} \right) = \frac{\text{Producción}(i) + \text{Exportación}(i) - \text{Importación}(i)}{\text{población de estudio}} \quad [\text{Ec A1.4}]$$

Donde i , es cada uno de los recursos bióticos.

Para transformar el consumo obtenido en la ecuación A1.4 en superficie per cápita (huella ecológica), este se divide por la productividad media mundial, según la ecuación A1.4

$$HE(i) = \frac{\text{Consumo}(i)}{\text{Productividad media mundial}(i)} \quad [\text{Ec A1.5}]$$

Donde i , es cada uno de los recursos bióticos.

Para obtener la huella global, referida al consumo de recursos bióticos, se suman todas las superficies obtenidas para cada uno de ellos, como expresa la ecuación A1.6

$$\text{Huella ecológica} \left(\frac{\text{ha}}{\text{cap}} \right) = \sum \text{Consumo}(i) \quad [\text{Ec A1.6}]$$

Donde i , es cada uno de los recursos bióticos.

HUELLA RELATIVA AL CONSUMO ENERGÉTICO

Se calculan las hectáreas de bosque necesarias para absorber el CO₂ procedentes del consumo energético de la población de estudio. Para este cálculo se utilizan los factores energía-tierra, que expresan la cantidad de CO₂ que puede ser absorbido por una hectárea de bosque. Existe un factor para cada una de las fuentes de energía primaria. Deberá contabilizarse también la energía debida a los flujos

Anexo I: Metodología para el cálculo de la huella ecológica

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

de importación y exportación, pues no todos los recursos que se producen en un territorio se consumen en dicho territorio ni todos los recursos consumidos se producen en el.

En la siguiente tabla (Tabla A1.3) se muestran los factores utilizados en este trabajo, los mismos que los utilizados en el último trabajo de huella ecológica realizado a petición del Ayuntamiento de Zaragoza (estimación de la huella ecológica en 2013).

Tabla A1.3. Factores energía-tierra para cada una de las fuentes de energía. Fuente: Cantón, N. 2016

FUENTE DE ENERGÍA	FACTOR ENERGÍA-TIERRA
Gas natural	93
Petróleo	71
Hidroeléctrica	1.000
Eólica	60.000
Solar	1.500
Biomasa	-
Importaciones/exportaciones	72

OBTENCIÓN DEL VALOR FINAL DE HUELLA ECOLÓGICA

Para obtener el valor final de huella ecológica se suman todas las superficies obtenidas para el consumo de recursos bióticos y consumos energéticos. Hay que sumar también las hectáreas por cápita ocupadas por terreno construido, que se obtienen directamente, dividiendo este terreno en la población.

Cada uno de los tipos de tierra debe ser multiplicado por su factor de equivalencia, para posibilitar la comparación entre todas ellas y a escala internacional.

A1.3.2 MÉTODO BASADO EN COMPONENTES

Este método fue propuesto por la ONG (Organización No Gubernamental) *Best Foot Forward* y desarrollado por Chambers (Chambers et al., 2002). Este método es más específico que el anterior y puede ser aplicada a áreas más pequeñas (ciudades, empresas o incluso personas) ofreciendo un resultado más concreto la población de estudio.

Para aplicar este método se realiza un estudio de las actividades de la población de la que quiere calcularse la huella ecológica. Según estas, se determinarán unas componentes que engloben dichas actividades. Dentro de cada componente se incluirán los recursos consumidos por la población que se agruparán según los distintos tipos de tierra. Por ejemplo, una de las actividades realizadas por cualquier población de estudio es la alimentación. Se determina una componente de alimentación en la que se incluyen los recursos consumidos por tipología de terreno, como pueden ser frutas que ocupa terreno de cultivos, pescado que necesita espacio marino bioproductivo, etc.

Los consumos se transforman en hectáreas de tierra bioproductiva a través de productividades locales/regionales/nacionales y al multiplicar cada tipo de tierra por su factor de equivalencia se obtiene las hectárea medias mundiales.

La huella ecológica total será el resultado de sumar la tierra de cada una de las componentes.

En este TFG se aplica el método compuesto a cada una de las componentes en las que se dividen las actividades de Zaragoza utilizando datos procedentes de estadísticas locales, nacionales o regionales. En caso de no disponer de dichos datos de obtendrán a partir de datos de producción, importación y exportación según la ecuación A1.3. Para transformar el consumo en hectáreas se utilizarán productividades locales y en su defecto provinciales o mundiales. De no disponerse de las anteriores se

Anexo I: Metodología para el cálculo de la huella ecológica

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

utilizarán productividades medias mundiales. Se realiza el cálculo utilizando productividades locales y productividades medias mundiales.

ANEXO II: PRODUCTIVIDADES. CÁLCULOS RELATIVOS A LAS PRODUCTIVIDADES PARA CADA UNO DE LOS TIPOS DE TIERRA

La productividad (kg/ha), representa la tierra necesaria para producir una determinada cantidad de producto y es un dato fundamental para transformar el consumo humano en superficie.

Se obtiene para cada producto o grupo de productos y como cada uno de los productos va asociado con el uso de alguno de los tipos de tierra (cultivos, pastos, espacio bioproductivo marino, terreno construido y bosques), se debe conocer el dato de productividad para cada uno de ellos, pudiendo ser este dato tanto local como mundial.

A2.1 PRODUCTIVIDAD AGRÍCOLA

Como el cálculo de la huella se realiza con productividades locales y productividades medias mundiales, será preciso obtener ambas productividades. En el caso de productividad local, los datos se obtienen del *Anuario Estadístico Agrario de Aragón* de cada uno de los años de estudio. La productividad resulta del cociente entre los kilogramos de producto producido entre las hectáreas requeridas para su producción. El dato obtenido es a nivel provincial, pues para los años de estudio el Anuario no proporciona datos a nivel local. Los datos de productividad media global se obtienen a través de la base de datos de la *FAO*. La *FAO* proporciona el dato de productividad, por países, de cada uno de los alimentos, expresado como los hectogramos producidos entre las hectáreas necesarias para su producción. De este modo para obtener el dato de productividad media global para un determinado alimento deben sumarse las productividades obtenidas, de ese alimento, para cada uno de los países y dividir el resultado para el número total de países. Posteriormente ese número se dividirá entre diez para obtener la productividad en unidades de kilogramo/hectárea. El cálculo se realiza de acuerdo con la ecuación A2.1

$$Productividad\ media\ global\ (i) = \frac{\sum productividad\ (i,j)}{\sum_0^j\ paises} \times \frac{1}{10} \quad [Ec. A2.1]$$

Donde *i* es cada uno de los alimentos incluidos en el cálculo de la huella ecológica de la alimentación y *j* cada uno de los países para los que la *FAO* proporciona dato de productividad.

Cuando no se disponga del dato de productividad a nivel local para un determinado alimento se utilizará el dato de productividad media global para dicho alimento.

A2.2 PRODUCTIVIDAD DE LOS PASTOS

La productividad de los pastos no aparece de forma directa en ningún documento o aplicación web, por lo que será preciso realizar una serie de cálculos, tanto para la productividad local como para la global. La metodología de cálculo seguida es la misma que la realizada en trabajos anteriores sobre huella ecológica. A continuación se muestra el procedimiento seguido.

1. Recopilación de los datos de **superficie pastable**, para la provincia de Zaragoza y a nivel mundial. En el primer caso se obtienen del *Anuario Estadístico Agrario de Aragón* para cada uno de los años de estudio, y a través de la *FAO* para los datos a nivel mundial.

Anexo II: Productividades. Cálculos relativos a las productividades para cada uno de los tipos de tierra

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

Los datos de superficie pastable mundial son los mismos que los que se utilizaron en el trabajo de la huella del año 2009 y año 2013, por no estar disponibles en la base de datos de la FAO las superficies utilizadas de cada tipo de tierra para los años de estudio.

2. Son también necesario los datos de **producción de cada uno de los alimentos y productos que precisa de la tierra de pastos**, es decir, las producciones de los productos procedentes de los animales que se alimentan de los pastos (carne de ovino, carne de caprino, carne de bovino, lana, leche y pieles). Los datos a nivel local son obtenidos del *Anuario Estadístico Agrario de Aragón* para cada uno de los años de estudio, mientras que los datos a nivel global se obtienen a través de la *FAO*.
3. Se precisan los siguientes factores para la elaboración del cálculo:
 - ❖ **Contenido energético (CE)** para la carne y la leche, expresado en GJ/t.
Fuente: Cantón, N.2016
 - ❖ **Factores de conversión energética (FCE)** que proporcionan los pastos a los alimentos expresados en KJ/KJ. Fuente: Cantón, N.2016
 - ❖ **Factores de conversión energética (FCA)** expresados en KJ/KJ. Estos factores se calculan a partir de los FCE y de las producciones, al considerar que del animal se obtienen carne y pieles. Mediante la ecuación A2.2 se pondera el FCE por el peso de los productos que se obtienen de un animal. El factor para la leche no se ajusta, ya que esta se obtiene directamente de las vacas y no se destina a la producción de otros productos. Para las pieles y lana que no tiene factor de conversión energética, se utiliza el factor de conversión energética ajustado de los animales de procedencia, multiplicado por un factor que se obtiene del *Living Planet Report 2000, WWF-International*.

$$FCA = \frac{FCE \text{ carne } (x) \times PRODUCCIÓN \text{ carne } (x)}{PRODUCCIÓN \text{ carne } (x) + PRODUCCIÓN \text{ pieles } (x)} \quad [Ec. A2.2]$$

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

4. Cálculo de la **bioproduktividad primaria de los pastos**, expresada en GJ/año, para cada uno de los productos. Se obtiene de acuerdo a la ecuación A2.3

$$Bioproduktividad (x) = producción (x) \times CE(x) \times FCA (x) \quad [Ec. A2.3]$$

Siendo x cada uno de los productos.

Para las pieles y lana, como no tienen contenido energético, la productividad se calcula de la misma forma pero utilizando el consumo energético del animal de procedencia del producto

5. Cálculo de la **bioproduktividad primaria de los pastos para la producción animal por unidad de superficie destinada a pastos y por años**. Para ellos se suman todas las bioproduktividades primarias de los pastos calculadas en el apartado anterior y se dividen para la superficie total dedicada a pastos. (GJ/ha/año)

Anexo II: Productividades. Cálculos relativos a las productividades para cada uno de los tipos de tierra

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

6. Por último se calcula la **productividad de los pastos para cada uno de los productos** (Kg/ha/año) aplicando la ecuación A2.4

$$Productividad(x) = \frac{bioproductividad(x) \times 1000}{CE(x) \times FCA(x)} \quad [Ec A2.4]$$

Siendo x cada uno de los productos.

En la siguiente tablas (tabla A2.1 y tabla A2.2) se recogen los resultados del cálculo de de la productividad de los pastos para el año 2010, a nivel local y mundial respectivamente.

Tabla A2.1 Productividades locales de los pastos para el año 2010. Fuente: elaboración propia

Producto	Producción (t/año)	Contenido energético (GJ/t)	Factor de conversión energética (KJ/KJ)	Factor de conversión ajustado (KJ/KJ)	Bioproductividad primaria pastos (GJ/año)	Productividad local (Kg/ha/año)
Carne de ovino	6.638	9,16	15,4	13,45	818.252	26,835
Carne de ovino y caprino	8.160	9,61	7,8	0,59	46.376	582,032
Leche	36.387	2,72	5	5	494.318	243,498
Lana	804	-	-	0,99	7.659	347,389
Pieles de cordero	98.703	-	-	0,99	939.873	347,389
Pieles de vaca	960	-	-	17,46	153.695	20,671
Bioproductividad total animal de los pastos					2.460.173	GJ/año
Superficie de tierra dedicada a pastos en la provincia de Zaragoza					743.723	Ha
Bioproductividad primaria de los pastos para producción animal por unidad de superficie					3,31	GJ/ha/año

Tabla A2.2 Productividad mundial de los pastos para el año 2010. Fuente: elaboración propia

Producto	Producción (t/año)	Contenido energético (GJ/t)	Factor de conversión energética (KJ/KJ)	Factor de conversión ajustado (KJ/KJ)	Bioproductividad primaria pastos (GJ/año)	Productividad local (Kg/ha/año)
Carne de ovino	6.638	9,16	15,4	13,45	818.252	26,835
Carne de ovino y caprino	8.160	9,61	7,8	0,59	46.376	582,032
Leche	36.387	2,72	5	5	494.318	243,498
Lana	804	-	-	0,99	7.659	347,389
Pieles de cordero	98.703	-	-	0,99	939.873	347,389
Pieles de vaca	960	-	-	17,46	153.695	20,671
Bioproductividad total animal de los pastos					2.460.173	GJ/año

Anexo II: Productividades. Cálculos relativos a las productividades para cada uno de los tipos de tierra

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

Superficie de tierra dedicada a pastos en la provincia de Zaragoza	743.723	Ha
Bioproductividad primaria de los pastos para producción animal por unidad de superficie	3,31	GJ/ha/año

A2.3 PRODUCTIVIDAD DEL MAR

Como la ciudad de Zaragoza carece de mar, las productividades calculadas, a partir de las cuales se transformará el consumo de pescado y marisco en espacio bioproductivo marino, serán únicamente a nivel mundial dado que todo el pescado consumido en Zaragoza es importado.

Para el cálculo de la productividad del mar se considera que la pesca se realiza con técnicas sostenibles y no se tiene en cuenta la pesca en aguas dulces.

Para obtener el valor de productividad del mar debe aplicarse la ecuación A2.5

$$Productividad\ marina = \frac{producción\ pesquera\ anual\ (kg)}{espacio\ marino\ dedicado\ a\ pesca\ (ha)} \quad [Ec\ A2.5]$$

Los datos de producción pesquera se han obtenido a través de la base de datos de la FAO, para cada uno de los años de estudio. En la siguiente tabla (Tabla A2.3) se muestran los datos de producción de pescado y marisco para el año 2010.

Tabla A2.3 producción pesquera mundial en el año 2010. Fuente: elaboración propia

Pesca mundial 2010	Producción (ton)
Plantas acuáticas	20.061.892
Crustáceos	11.575.716
Peces diádromos	5.364.840
Peces de agua fría	42.601.986
Peces marinos	65.234.094
Productos diversos de animales acuáticos	77.047
Animales Acuáticos	1.260.493
Moluscos	20.693.646
Mamíferos acuáticos	600
Total producción pesquera 2010	166.876.614

El espacio marino dedicado a pesca se estima en 28,01 millones de km². Esta estimación se basa en los trabajos anteriores realizados sobre el cálculo de la huella ecológica de Zaragoza.

De este modo, el valor de productividad del mar para el año 2010 es de 59,57 kg/km².

La productividad media global sostenible del mar se calcula de acuerdo con la ecuación A2.6

$$Productividad\ media\ global = \frac{máxima\ producción\ pesquera\ anual\ sostenible\ (kg)}{espacio\ marino\ dedicado\ a\ pesca\ (ha)} \quad [Ec\ A2.6]$$

La máxima producción pesquera anual sostenible es de 93 millones de kg, estimada en 1997 por la FAO.

Anexo II: Productividades. Cálculos relativos a las productividades para cada uno de los tipos de tierra

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

Si se realiza ese cociente, se obtiene que la productividad media global sostenible es de **29,34 kg/ha**, es decir, se deberían pescar 29,34 kg por hectáreas de mar bioproductivo para que la pesca fuera sostenible.

Puede observarse que el resultado obtenido para 2010; 59,57 kg/ha difiere bastante del resultado para que la pesca fuese sostenible, que se situaría en las 29,34 kg/ha. En 2010 se producen 166.876.614 toneladas de pescado, frente a las 93.000 toneladas consideradas por la *FAO* para que la pesca fuera sostenible, lo que indica una clara sobreexplotación de los mares. Esta sobreexplotación perdura con el transcurso de los años. En la tabla A2.4 se muestran las producciones pesqueras y productividades mundiales desde el 2010 hasta el 2015.

Tabla A2.4. Productividades y producciones pesqueras mundiales en los años de estudio. Fuente: elaboración propia.

Año de estudio	Producción pesquera (ton)	Productividad del mar (kg/km ²)
2010	166.876.614	59,57
2011	174.693.836	62,36
2012	180.542.525	64,45
2014	193.445.422	69,06
2015	199.702.996	71,30

A2.4 PRODUCTIVIDAD FORESTAL

Se toman como valores de productividad forestal, tanto local como mundial, los mismo que se han utilizado en los anteriores trabajos de huella ecológica del Ayuntamiento de Zaragoza, para que la comparación entre ellos sea más exacta. Fuente: Pascual, A. 2013 y Cantón, N.2016

El valor de **productividad forestal local es de 1,27 m³/ha** y fue 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).

A2.5 PRODUCTIVIDAD DEL TERRENO CONSTRUIDO

Se obtiene directamente de los datos de terreno construido para las diferentes infraestructuras, proporcionados por el Ayuntamiento de Zaragoza y IAF.

A2.6 PRODUCTIVIDAD ENERGÉTICA

El valor de productividad energética transforma el consumo de cada una de las fuentes primarias de energía, consumidas por la población de estudio, en hectáreas de bosque necesarias para absorber el CO₂ emitido como resultado de este consumo. Para esta transformación se utilizan los factores energía

Anexo II: Productividades. Cálculos relativos a las productividades para cada uno de los tipos de tierra

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

tierra. Según se tengan combustibles fósiles o energías renovables, el cálculo de estos factores será de una manera u otra.

COMBUSTIBLES FÓSILES

Se sigue la metodología propuesta por el IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) en 2006. Para el cálculo se utiliza la ecuación A2.7.

$$\text{Factor energía – tierra } (i) = \frac{\text{Tasa de absorción de carbono}}{\text{factor de emisión } (i) \times \% \text{ de carbono oxidable}} \quad [\text{Ec A2.7}]$$

Siendo i, cada uno de los tipos de combustible fósil.

FUENTE RENOVABLE

Las fuentes de energía renovable implicadas en este TFG son: biomasa, energía hidráulica, eólica y solar. Para el cálculo de estos factores se supone que las energías hidráulica, solar y eólica no generan emisiones de CO₂, calculándose la productividad como el cociente entre la producción eléctrica anual y la suma de las áreas inundadas, las infraestructuras o el tendido eléctrico en su caso.

Para la biomasa se considera que las emisiones de CO₂ son reabsorbidas en el mismo ciclo y por tanto no son emitidas.

En el presente trabajo se utilizan los factores energía tierra utilizados en el último trabajo de huella ecológica realizado por el Ayuntamiento de Zaragoza. Los factores para los combustibles fósiles son los propuestos por el IPCC, mientras que para las fuentes renovables se utilizan los que aparecen en la *Guía metodológica para el cálculo de la huella corporativa, 2006* (Doménech).

Estos factores se adjuntan en la tabla A2.5

Tabla A2.5 Factores energía-tierra. Fuente: Cantón, N. 2016

FUENTE DE ENERGÍA	FACTOR ENERGÍA-TIERRA
Gas natural	93
Petróleo	71
Hidroeléctrica	1.000
Eólica	60.000
Solar	1.500
Biomasa	-
Importaciones/exportaciones	72

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

ANEXO III: CONSUMO ENERGÉTICO

Para cada una de las componentes se obtendrá la huella ecológica de la energía, que se traduce en las hectáreas de bosque necesarias para absorber las emisiones de CO₂ resultantes del consumo energético. Para obtener dicho valor es necesario determinar el consumo de energía primaria que cada una de las componentes de la huella ecológica de Zaragoza requiere para llevar a cabo sus actividades.

En los boletines Nº24, Nº25, Nº26, Nº28 y Nº29 de Coyuntura Energética de Aragón de 2010, 2011, 2012, 2014 y 2015 respectivamente, publicados por el Gobierno de Aragón, se encuentra el balance energético de la provincia de Zaragoza para cada fuente de energía primaria y para cada sector.

Los datos obtenidos para calcular los consumos energéticos son a nivel provincial, por lo que los resultados de consumo calculados también lo serán. Aplicando para cada componente la relación municipio/provincia se extrapolarán los datos a nivel local.

El balance energético proporciona el consumo energético, dividido en diferentes sectores, expresado en tep (Toneladas de Petróleo Equivalente). El consumo energético viene desglosado, para cada sector, en electricidad, calor y en las distintas fuentes de energía primaria utilizadas (gas natural, energías renovables y petróleo). La siguiente figura (Figura A3.1) muestra el consumo energético por sectores para el año 2014. Para los años restantes se ha obtenido el mismo consumo de la misma figura para el año correspondiente.

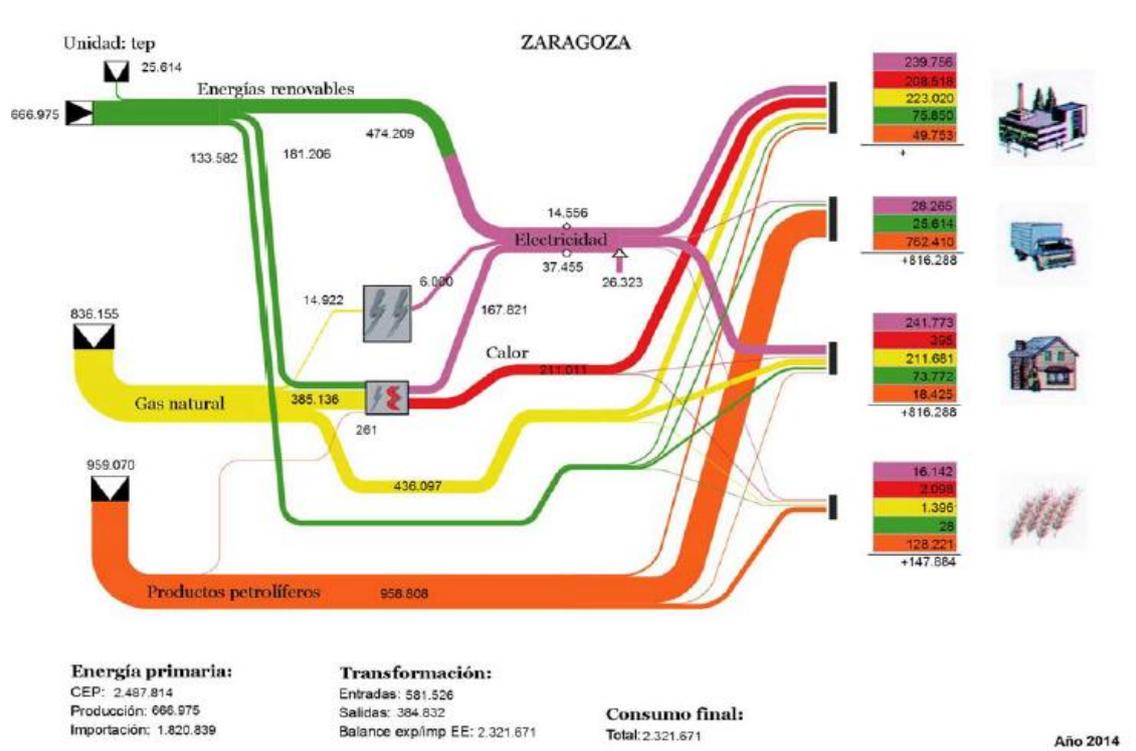
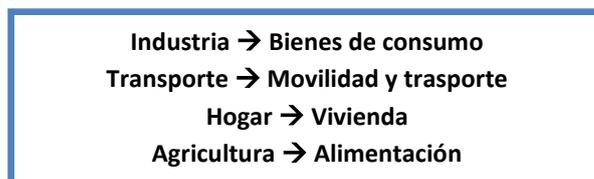


Figura A3.1 Balance energético de la provincia de Zaragoza en el año 2014. Fuente: Boletín de Coyuntura Energética de Aragón Nº28

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

Cada uno de los sectores se corresponde con las componentes de la huella ecológica de Zaragoza.



Deben considerarse también los flujos energéticos de importación-exportación de los productos considerados en las componentes de alimentación y bienes de consumo. Este flujo energético es resultado de las operaciones comerciales y se denomina **energía neta asociada a las importaciones**. Para su cálculo, debe hacerse la diferencia entre las importaciones y exportaciones (de cada uno de los productos considerados) y multiplicarla por la intensidad energética (Gj/t) de producción de cada producto. Los valores de intensidad energética son los mismos que los utilizados en los trabajos restantes de huella ecológica del Ayuntamiento de Zaragoza y proceden de los estudios relativos al CO₂ realizados por Patrick Hofsteffer en 1992. Una vez calculados los consumos energéticos asociados a las importaciones, estos deben transformarse en hectáreas de bosque necesario para absorber el CO₂, dividiendo tal consumo entre la productividad energética. En este caso se supone, como en la mayoría de estudios de huella ecológica, que esta energía neta procede de combustibles fósiles.

A3.1 CÁLCULOS RELATIVOS AL CONSUMO ENERGÉTICO

A continuación se detalla el procedimiento seguido para obtener el consumo de energía primaria en tep de cada uno de los sectores. El procedimiento que se muestra a continuación corresponde al año 2014, para el resto de años se ha seguido el mismo. Se parte de los datos que aparecen en la figura A3.1 Todos los resultados están expresados en tep.

1. Partiendo de la Figura A3.1, se recogen las cantidades energéticas de Energías Renovables, Gas Natural y Petróleo que se emplean en cada uno de los sectores, en electricidad y en las centrales de ciclo combinado y cogeneración.

Tabla A3.1. Uso de la energía procedente de Energías Renovables. Fuente: elaboración propia desde Boletín de Coyuntura Energética de Aragón N°28.

RENOVABLES (tep)	
Ciclo combinado	0
Industria	75.850
Transporte	25.614
Hogar	73.772
Agricultura	28
Cogeneración	181.206
Electricidad	474.209
TOTAL	830.679

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

Tabla A3.2. Uso de la energía procedente de Gas Natural. Fuente: elaboración propia desde Boletín de Coyuntura Energética de Aragón Nº28.

GAS NATURAL (tep)	
Ciclo combinado	14.922
Industria	223.020
Transporte	0
Hogar	211.681
Agricultura	1.396
Cogeneración	385.136
Electricidad	0
TOTAL	836.155

Tabla A3.3. Uso de la energía procedente de Petróleo. Fuente: elaboración propia desde Boletín de Coyuntura Energética de Aragón Nº28.

PÉTROLEO (tep)	
Ciclo combinado	0
Industria	49.753
Transporte	762.410
Hogar	18.425
Agricultura	128.221
Cogeneración	261
Electricidad	0
TOTAL	959.070

- Se realizan los balances energéticos en las centrales de cogeneración y ciclo combinado. Determinando la cantidad de electricidad y calor que se obtiene a partir de cada una de las fuentes de energía.

Tabla A3.4. Balance energético centrales de cogeneración. Fuente: Elaboración propia

COGENERACIÓN (tep)						
Fuente de energía	% Fuente energía	ENTRA	SALE	ELECTRICIDAD	CALOR	
E. Renovables	31,98	181.206	Destinada electricidad 167.821	53.671,04	67.483,69	
Gas Natural	67,97	385.136	Destinada calor 211.011	114.072,66	143.430,11	
Petróleo	0,05	261		77,31	97,20	
TOTAL	100	566.603	378.832	167.821	211.011	
		PÉRDIDAS	187.771	RENDIMIENTO		

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

Tabla A3.5. Balance energético centrales de ciclo combinado. Fuente: Elaboración propia

CICLO COMBINADO (tep)						
Fuente de energía	% Fuente energía	ENTRA	SALE	ELECTRICIDAD	CALOR	
E. Renovables	-	-	Destinada electricidad	6000	-	-
Gas Natural		14.922	Destinada calor	-	6000	-
Petróleo	-	-			-	-
TOTAL		14.922		6000		-
		PÉRDIDAS	8.922	RENDIMIENTO		

3. Se muestra el aporte energético procedente de las energías renovables

Tabla A3.6. Balance energético centrales de ciclo combinado. Fuente: Elaboración propia

ENERGÍAS RENOVABLES (tep)		
Energía	tep	% del total
Hidroeléctrica	87.329	23
Eólica	274.123	75
Otras	20.407	5
TOTAL	294.530	100

4. A continuación se muestra el balance para el calor y la electricidad obtenidos en cada una de las centrales, mostrando el porcentaje de cada fuente de energía que proporciona calor y electricidad. También aparecen los porcentajes, por sectores, de consumo de calor y energía.

Tabla A3.6. Balance al calor. Fuente: Elaboración propia

CALOR (tep)					
Fuente energía	Calor producido	% Fuente energía	Sector	Consumo	% Consumo sector
Renovables	67.483,69	32	Industria	208.518	99
Gas Natural	143.430,11	68	Transporte	0	-
Petróleo	97,20	0	Hogar	395	-
			Agricultura	2.098	1
TOTAL	211.011	100	TOTAL	211.011	100

Todo el calor procede de las centrales de cogeneración.

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

Tabla A3.7. Balance a la electricidad. Fuente: Elaboración propia

ELECTRICIDAD (tep)					
Fuente energía	Electricidad producida	% Fuente energía	Sector	Consumo	% Consumo sector
Biomasa cogeneración	53.671	8,28	INDUSTRIA	239.756	46
Gas Cogeneración	114.072	17,60	TRANSPORTE	28.266	5
Petróleo	77,31	0,01	HOGAR	241.773	46
Gas convencional	6.000	0,93	AGRICULTURA	16.142	3
Otras renovables	474.209	73,18			
TOTAL	648.030	100	TOTAL	525.937	100

Se supone que la electricidad procedente de las energías renovables en las centrales de cogeneración proviene de la biomasa.

- Deben contabilizarse en la producción de electricidad las pérdidas debidas a los flujos energéticos de exportación e importación y las debidas al propio consumo eléctrico de las centrales. Las pérdidas correspondientes a cada fuente energética se obtienen multiplicando el total de pérdidas por el porcentaje de cada fuente de energía de la tabla A3.7

Tabla A3.8. Pérdidas en la producción de electricidad. Fuente: Elaboración propia.

PÉRDIDAS (tep)	
Exportación	-26.323
Consumo Energético	-37.455
Otras pérdidas	-14.556
TOTAL	-78.334

Tabla A3.9. Pérdidas por fuentes de energía. Fuente: Elaboración propia.

PÉRDIDAS POR FUENTES DE ENERGÍA (tep)	
Biomasa	-6.487,77
Gas Natural Cogeneración	-13.789,13
Gas Convencional	-9,34
Petróleo	-725,28
Hidroeléctrica	-13.109,33
Eólica y otras	-44.213,15

- Una vez obtenidos todos los datos de los apartados anteriores ya puede calcularse el consumo de cada una de las fuentes de energía primaria en cada sector.
 - Se recopilan las cantidades energéticas de energías renovables, gas natural y petróleo que se destinan al sector industria. (figuras A3.1, A3.2 y A3.3)

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

- Para calcular el consumo de energía primaria por sector, se multiplica el porcentaje de consumo de electricidad y calor de cada sector por los flujos de electricidad y calor obtenido en las centrales de ciclo combinado y cogeneración a partir de cada una de las fuentes de energía. Tablas A3.7 y A3.6. El resultado se divide por el rendimiento entre el rendimiento de la central correspondiente.
- Finalmente para obtener el consumo por sectores de cada una de las fuentes de energía primaria, se realiza la suma de la electricidad y el calor procedentes de cada fuente así como las pérdidas asociadas a esa fuente energética. En las siguientes tablas (tabla A3.10 a tabla A3.13 se recogen los consumos por sectores para cada uno de los años de estudio)

Tabla A3.10 Consumo energético de la componente alimentación. Fuente: elaboración propia.

ALIMENTACIÓN (tep)							
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Hidroeléctrica	1.391,21	1.857,59	1.522,40	1.196,97	2.445,41	2.926,15	2.926,15
Eólica	3.920,86	4.492,19	6.414,53	7.369,66	7.250,60	9.181,10	9.181,10
Otras	185,46	216,11	416,67	426,28	411,62	683,78	683,78
Biomasa	874,10	1.042,74	1.330,92	2.852,04	2.971,07	3.097,78	3.097,78
Gas natural	16.997,02	18.029,92	13.723,91	13.007,50	9.313,49	8.356,25	8.356,25
Petróleo	175.001,01	175.485,63	152.538,77	137.343,06	139.492,01	128.225,42	128.225,42

Tabla A3.11 Consumo energético de la componente bienes de consumo. Fuente: elaboración propia.

BIENES DE CONSUMO (tep)							
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Hidroeléctrica	27.845,18	43.706,30	24.534,37	17.640,96	38.534,98	43.461,94	43.461,94
Eólica	78.476,36	124.661,89	103.373,63	108.614,63	114.255,51	136.425,66	136.425,66
Otras	3.712,07	5.997,22	6.714,81	6.282,58	6.486,41	10.156,16	10.156,16
Biomasa	86.584,81	96.930,25	105.402,92	154.387,51	159.408,93	191.510,6	191.510,6
Gas natural	810.371,57	957.055,66	626.515,55	566.286,45	520.251,86	475.317,24	475.317,24
Petróleo	81.308,86	103.498,60	69.127,66	55.943,61	53.271,80	49.919,24	49.919,24

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

Tabla A3.12 Consumo energético de la componente vivienda y servicios. Fuente: elaboración propia.

VIVIENDA Y SERVICIOS (tep)							
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Hidroeléctrica	31.424,18	40.531,49	25.613,43	19.294,97	40.296,09	43.827,57	43.827,57
Eólica	88.563,09	115.606,50	107.920,17	118.798,24	119.477,17	137.573,37	137.573,37
Otras	4.189,19	5.561,58	7.010,13	6.871,63	6.782,85	10.241,6	10.241,6
Biomasa	75.975,36	81.443,29	84.966,63	103.832,37	105.505,66	107.846	107.846
Gas natural	604.410,29	614.568,58	329.709,11	321.281,67	262.589,67	290.629,3	290.629,3
Petróleo	41.434,81	25.326,28	24.035,45	20.450,54	20.686,81	18.474,1	18.474,1

Tabla A3.13 Consumo energético de la componente movilidad y transporte. Fuente: elaboración propia.

MOVILIDAD Y TRANSPORTE (tep)							
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Hidroeléctrica	2.904,63	4.041,66	2.716,93	2.108,52	4.518,59	5.123,9	5.123,9
Eólica	8.186,13	11.527,88	11.447,56	12.982,09	13.397,55	16.083,88	16.083,88
Otras	387,22	554,58	743,60	750,92	760,59	1.197,36	1.197,36
Biomasa	28.942,56	37.294,06	41.131,31	52.564,99	37.247,92	29.579,54	29.579,54
Gas natural	27.690,31	29.443,95	17.821,00	16.733,92	10.055,10	9.191,38	9.191,38
Petróleo	744.967,73	736.088,12	702.048,92	711.918,82	732.403,28	762.415,71	762.415,71

ANEXO IV: CÁLCULO DE LA HUELLA ECOLÓGICA DE LA ALIMENTACIÓN.

En este anexo se incluye el procedimiento que debe desarrollarse para obtener la huella ecológica de la alimentación así como los resultados obtenidos.

A4.1. DATOS NECESARIOS EN EL CÁLCULO DE LA HUELLA ECOLÓGICA DE LA ALIMENTACIÓN.

Para calcular la tierra de uso directo de la alimentación de la población de Zaragoza es necesario recopilar una serie de datos y realizar los cálculos que sean pertinentes para obtener el valor final. Para todos los años de estudio los datos se obtienen de la misma manera.

Es preciso obtener los datos de **producción** (ton) de los alimentos que se han incluido para cada grupo. Estos datos se recopilan del *Anuario Estadístico Agrario de Aragón* para el año correspondiente de estudio.

Los datos de **importación** (ton) y **exportación** (ton) se recopilan según estadísticas del comercio español exterior del Ministerio de Economía y Competitividad, a través de la aplicación *DATA COMEX*.

El **consumo** (ton) se obtiene directamente de los datos estadísticos para Zaragoza, provincia o municipio, que elabora Mercazaragoza. Si estos datos no estuvieran disponibles se recurre a Mercasa, que proporciona datos de consumo para la comunidad autónoma de Aragón a través del panel de alimentación que elabora el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España.

En caso de no tener disponibilidad de datos de consumo por parte de Mercazaragoza y Mercasa, este se obtendría aplicando la ecuación A4.1.

$$\text{Consumo} = \text{producción} + \text{importación} - \text{exportación} \quad [\text{Ec. A4.1}]$$

Por último, es necesario obtener datos de **productividad local** (kg/hac) y **productividad mundial** (kg/hac). El primero de estos datos se utiliza para el cálculo de la huella ecológica a nivel local y se obtiene del *Anuario Agrario Estadístico de Aragón* mientras que el segundo interviene en el cálculo a nivel mundial y se obtienen a través de la base de datos de la *FAO*. Cuando no exista disponibilidad de productividad local para un alimento concreto, se aproximará su valor utilizando el de productividad mundial para ese mismo alimento.

A4.2. HUELLA ECOLÓGICA CON PRODUCTIVIDADES LOCALES.

Si el consumo de un alimento es mayor que su producción, existe un flujo de importaciones para dicho producto. Para el cálculo de la huella ecológica de ese alimento se aplicara la ecuación A4.2.

$$HE(i,j) = \frac{\text{Producción}(i)}{\text{Productividad local}(i)} + \frac{\text{Consumo}(i) - \text{Producción}(i)}{\text{Productividad media mundial}(i)} \quad [\text{Ec. A4.2}]$$

Siendo *i* cada uno de los alimentos contenidos en los distintos grupos y *j* el tipo de tierra.

Si el consumo de un alimento es menor que su producción, existe un flujo de exportaciones para dicho producto. El cálculo de la huella ecológica para ese alimento se obtendrá según la ecuación A4.3.

Anexo IV: Cálculo de la huella ecológica de la alimentación

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

$$HE(i, j) = \frac{Producción(i)}{Productividad\ local(i)} + \frac{Consumo(i) - Producción(i)}{Productividad\ local(i)} \quad [Ec. A4.3]$$

Siendo i cada uno de los alimentos contenidos en los distintos grupos y j el tipo de tierra.

Una vez obtenidas todas las superficies locales (ha/año) para cada uno de los alimentos, se suma la superficie ocupada por cada tipo de tierra, es decir, tierra necesaria de cultivos, pastos y espacio marino bioproductivo y se divide por la población de Zaragoza en el año correspondiente de estudio. De esta manera se obtiene la superficie per cápita de cada uno de los tipos de tierra necesaria para sostener los consumos de los alimentos correspondientes. Finalmente, para obtener el valor final de la huella de la alimentación se realiza la suma de todas las hectáreas per cápita de todos los tipos de tierra.

A4.3. HUELLA ECOLÓGICA CON PRODUCTIVIDADES MUNDIALES.

Para el cálculo de la huella ecológica a nivel mundial, es decir, utilizando productividades medias mundiales se utiliza la ecuación A3.4.

$$HE(i, j) = \frac{Consumo(i)}{Productividad\ media\ global(i)} \quad [Ec. A4.4]$$

Calculadas todas las superficies medias global para cada alimento, se procede de igual manera que el apartado A4.2.

A4.4. CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA EN EL CÁLCULO DE LA HUELLA ECOLÓGICA DE LA ALIMENTACIÓN.

- ❖ La energía neta asociada a la importación de cada alimento resulta de multiplicar el flujo de importación de cada alimento por su intensidad energética asociada. Este valor será positivo si el consumo es mayor que la producción o, por el contrario será negativo si el consumo es menor que la producción.
- ❖ En la alimentación de los animales hay que asegurarse de no contabilizar dos veces la misma tierra. Los animales incluidos en los grupos bovino, ovino y caprino requieren para su alimentación del uso de la tierra de pastos y habrá que calcular su huella. Pero hay otros animales que requieren del uso de la tierra de cultivos, como son los conejos, aves o ganado porcino, ya que su alimentación incluye cultivos forrajeros, cereales y derivados. Esta huella ecológica se incluye dentro de la huella de las plantas.
Para este último caso se establecen las siguientes consideraciones respecto al tanto por ciento de estos alimentos que van destinados al consumo humano o a alimentación de animales.
 - ❖ El 20% del trigo, el 70% de la cebada, el 95% del maíz, y toda la avena, sorgo y centeno producido en la provincia se destinan al consumo de animales. Este consumo se obtiene mediante la aplicación de la ecuación A4.1, ya que no se dispone de datos de consumo para la alimentación animal.

Anexo IV: Cálculo de la huella ecológica de la alimentación

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

- ❖ Los porcentajes restantes de estos alimentos se destinan a la alimentación humana. El 80% del trigo se destina a la producción de pan, pasta y otras preparaciones. El 30% de la cebada y el 5% del maíz se destinan a consumo directo.
- ❖ El 60% del trigo destinado a consumo humano se utiliza para la elaboración de pan.
- ❖ El 30% de la cebada se destina a la producción de cerveza.
- ❖ El rendimiento de la producción de vino y vinagre es del 70% a partir de la uva.
- ❖ El consumo de carnes transformadas es básicamente el consumo de carne procedente del ganado porcino.
- ❖ Los despojos de otras carnes frescas y congeladas, corresponden el 50% a animales para los que su alimento requiere tierra de cultivos (huella va incluida dentro de la huella de las plantas) y el otro 50% a animales que necesitan de la tierra de pastos para su alimentación.

A4.5. COMPONENTE ENERGÉTICA DE LA ALIMENTACIÓN

El objetivo de esta componente es transformar el consumo energético de la alimentación en hectáreas de bosque para absorber las emisiones de CO₂ consecuentes de este consumo. Se ha aproximado el consumo energético de la alimentación al consumo derivado de la agricultura.

El procedimiento realizado para obtener el consumo energético de cada una de las fuentes de energía primaria, en el sector de la agricultura, es el que aparece en el *Anexo III: Consumos energéticos*. En dicho anexo, en la tabla A3.10 se muestran estos consumos para la componente de la alimentación en cada uno de los años de estudio.

El procedimiento que se detalla a continuación es similar para todos los años de estudio.

Una vez obtenidos los consumos energéticos de cada fuente de energía primaria en el sector de la agricultura, estos deben extrapolarse a consumo local, pues los datos obtenidos son a nivel provincial, y deben expresarse en hectáreas de bosque para la absorción de CO₂. Los datos obtenidos inicialmente están tep, para realizar el cambio de unidades se utiliza el siguiente factor de conversión: **41,5 GJ/1 tep**. Para transformar dichos consumos en superficie de tierra de energía se utilizan los factores energía-tierra para cada una de las fuentes de energía primaria. Estos factores aparecen en el *Anexo I: Metodología para el cálculo de la huella ecológica* en la tabla A1.3.

La huella ecológica energética de cada fuente de energía primaria se calcula según la ecuación A4.5

$$ha(j) = \frac{\text{Consumo Energía Primaria, } j \text{ (GJ)}}{\text{Factor energía - tierra, } j \left(\frac{\text{GJ}}{\text{ha}} \right)} \quad [\text{Ec A4.5}]$$

Siendo j, cada una de las fuentes de energía primaria.

Las hectáreas obtenidas con la ecuación A4.5, corresponden a hectáreas de la provincia de Zaragoza, por que han sido calculadas a partir de datos provinciales. Para transformar dichas hectáreas a hectáreas del municipio deben multiplicarse los consumos por la relación entre la superficie agrícola de Zaragoza y de la provincia. Se asume así que el consumo energético de la agricultura es proporcional a la superficie

Anexo IV: Cálculo de la huella ecológica de la alimentación

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

agrícola y como se quiere obtener la huella ecológica por cápita, se dividirán las hectáreas entre la población de Zaragoza.

$$ha\ energía, j \left(\frac{ha}{cap} \right) = \frac{ha(j)}{población\ de\ Zaragoza} \times \frac{Superficie\ agrícola\ Zaragoza\ (ha)}{Superficie\ agrícola\ provincia\ (ha)} \quad [Ec\ A4.6]$$

Siendo j, cada fuente de energía primaria.

Las superficies agrícolas de Zaragoza y provincia se obtienen del Anuario Agrario de Aragón.

La suma de las superficies por cápita de cada fuente de energía primaria representa la huella ecológica por cápita de la energía para la componente de la alimentación.

$$ha\ energía \left(\frac{ha}{cap} \right) = \sum ha\ energía, j \left(\frac{ha}{cap} \right) \quad [Ec\ A4.7]$$

Siendo j, cada fuente de energía primaria.

En la siguiente tabla (Tabla A4.2) se muestran los pasos seguidos para obtener la huella energética de esta componente, para el año 2010. Para el resto de años se sigue el mismo procedimiento, con los datos correspondientes a cada año.

Tabla A4.1 Componente energética de la alimentación para el año 2010. Fuente: elaboración propia.

ENERGÍA	CONSUMO (GJ)	FACTOR ENERGÍA-TIERRA (GJ/ha)	Ha	Ha/cap
GAS NATURAL	838.558,28	93	9.035,17	0,00071
PETRÓLEO	7.347.774,40	71	103.489,78	0,0081
CARBÓN	0	53	0	0
HIDROELÉCTRICA	87.618,45	1.000	87,62	0,00001
EÓLICA	249.910,92	60.000	4,17	0
FOTOVOLTAICA	12.022,68	1.500	8,02	0
BIOMASA	48.354,64	-	-	-
IMPORTACIÓN/EXPORTACIÓN	-4.717.009,61	71	-66.436,76	-0,06826

A4.6 RESULTADOS

Se recogen a continuación las huellas de las tierras de uso directo de la alimentación, las energéticas y la huella total de la alimentación.

A4.6.1 TIERRAS DE USO DIRECTO DE LA ALIMENTACIÓN

Se muestran las huellas ecológicas relativas a las superficies de cultivos, pastos y mar. Calculadas tanto con productividades locales como con productividades medias mundiales. Aunque no han sido calculadas en este TFG, se incluyen los valores de 2009 y 2013 calculados en trabajos anteriores ya que se van a tener en cuenta más adelante para determinar la evolución de la huella.

Anexo IV: Cálculo de la huella ecológica de la alimentación

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

Tabla A4.2 Huellas ecológicas de cada uno de los tipos de tierra de la componente alimentación calculadas con productividades locales. Fuente: elaboración propia.

LOCAL (ha/cap)			
AÑO/TIPO TIERRA	CULTIVOS	PASTOS	MAR
2009	0,696466495	1,844515728	1,083844581
2010	0,330506845	1,714634163	1,005946008
2011	0,341924174	1,455800401	1,064918783
2012	0,336405035	1,52025096	0,973221231
2013	0,400352979	1,541160047	1,00617195
2014	0,448546487	1,507069568	1,052306108
2015	0,420162733	1,559497321	0,882546328

Tabla A4.3 Huellas ecológicas de cada uno de los tipos de tierra de la componente alimentación calculadas con productividades medias mundiales. Fuente: elaboración propia.

MUNDIAL (ha/cap)			
AÑO/TIPO TIERRA	CULTIVOS	PASTOS	MAR
2009	1,408583	0,888920196	0,444376278
2010	0,920736029	0,710643589	0,362140563
2011	1,029844132	0,710394664	0,383370762
2012	1,123797738	0,717592518	0,350359643
2013	1,130347122	0,726792832	0,362221902
2014	1,169422876	0,747489632	0,378830199
2015	0,94811422	0,746566834	0,317716678

Se observa que para la huella local, las huellas de los pastos y el mar son bastante superiores a la de cultivos. Esto es debido a la baja productividad del mar y de los pastos de Zaragoza. Sin embargo, en el cálculo realizado con productividades medias mundial ocurre lo contrario. Los valores más elevados corresponden a la tierra de cultivos. Para obtener el valor de huella ecológica a nivel mundial se multiplica la huella local por los factores de equivalencia. La tierra de cultivos tiene un factor elevado (2,18) pues se consideran las tierras más bioproductivas. La huella ecológica local y mundial del mar es la misma en ambos casos ya que para su cálculo se utiliza la productividad media mundial, pues Zaragoza carece de mar y por tanto no tiene productividad local.

A4.6.2 HUELLA ENERGÉTICA DE LA ALIMENTACIÓN

En las siguientes tablas aparecen las huellas ecológicas de cada una de las fuentes de energía a nivel local y mundial. Todos los valores están expresados en hectáreas per cápita.

Anexo IV: Cálculo de la huella ecológica de la alimentación

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

Tabla A4.4 Huella ecológica de cada fuente energética a nivel local. Fuente: elaboración propia.

Fuentes de energía	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Hidroeléctrica	0,000003	0,000006	0,000005	0,000004	0,000008	0,000010	0,000010
Eólica	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000001	0,000001
Otras	0,000000	0,000000	0,000001	0,000001	0,000000	0,000002	0,000002
Biomasa	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Gas natural	0,0004499	0,000637	0,000487	0,000461	0,000327	0,000300	0,000443
Petróleo	0,0053158	0,008111	0,007085	0,006380	0,006410	0,006023	0,006033
EXP/IMP	0,000455	-0,055918	-0,033017	-0,029350	-0,089081	0,045361	0,035403
TOTAL	0,006224	-0,047163	-0,025439	-0,022503	-0,082336	0,051695	0,041890

Tabla A4.5 Huella ecológica de cada fuente energética a nivel mundial. Fuente: elaboración propia.

Fuentes de energía	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Hidroeléctrica	0,000004	0,000008	0,000007	0,000005	0,000011	0,000014	0,000014
Eólica	0,000000	0,000000	0,000000	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Otras	0,000000	0,000001	0,000001	0,000001	0,000000	0,000002	0,000002
Biomasa	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Gas natural	0,000616	0,000873	0,000667	0,000632	0,000449	0,000411	0,000607
Petróleo	0,007283	0,011111	0,009706	0,008741	0,008781	0,008251	0,008265
EXP/IMP	0,000623	-0,076608	-0,045233	-0,040209	-0,122041	0,062144	0,048502
TOTAL	0,008527	-0,064614	-0,034852	-0,030830	-0,112800	0,0708222	0,057390

Puede observarse que las huellas más importantes son las asociadas con el petróleo y el gas natural. Por lo que la energía utilizada en este sector procederá mayoritariamente de estas fuentes energéticas, siendo el aporte de las energías renovables mínimo. La huella debida a los flujos de importación y exportación de productos también tiene gran influencia en el valor final de la huella energética. La variación de este valor con los años será analizada en el apartado

6. *Análisis e interpretación de resultados* de esta memoria.

Anexo IV: Cálculo de la huella ecológica de la alimentación

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

A4.6.3 HUELLA ECOLÓGICA DE LA ALIMENTACIÓN

Tabla A4.6 Huella ecológica de la alimentación con productividades locales. Fuente: elaboración propia.

AÑO	LOCAL (ha/cap)				
	CULTIVOS	PASTOS	MAR	ENERGÍA	TOTAL
2009	0,696466495	1,844515728	1,083844581	0,00622406	3,631050862
2010	0,330506845	1,714634163	1,005946008	-0,04716346	3,003923558
2011	0,341924174	1,512588573	1,064918783	-0,02543935	2,893992183
2012	0,336405035	1,52025096	0,973221231	-0,0225033	2,807373924
2013	0,400352979	1,541160047	1,00617195	-0,08233579	2,865349183
2014	0,448546487	1,507069568	1,052306108	0,051695	3,059759764
2015	0,420162733	1,559497321	0,882546328	0,04189043	2,904096813

Tabla A4.7 Huella ecológica de la alimentación con productividades medias mundiales. Fuente: elaboración propia.

AÑO	MUNDIAL (hag/cap)				
	CULTIVOS	PASTOS	MAR	ENERGÍA	TOTAL
2009	1,408583	0,888920196	0,444376278	0,00771783	2,749597306
2010	0,920736029	0,710643589	0,362140563	-0,06461394	1,928906243
2011	1,029844132	0,710394664	0,383370762	-0,03485191	2,088757653
2012	1,123797738	0,717592518	0,350359643	-0,03082952	2,160920376
2013	1,130347122	0,726792832	0,362221902	-0,11280004	2,106561819
2014	1,169422876	0,747489632	0,378830199	0,0708222	2,36676022
2015	0,94811422	0,746566834	0,317716678	0,05738989	2,069787623

Se observa que la huella ecológica local de la alimentación es siempre superior a la global. Sin embargo, esto no quiere decir que cada una de las huellas locales referidas a los diferentes tipos de tierra sea superior. La explicación es la misma que la dada en el apartado A4.6.2 *Huella energética de la alimentación*. Las tablas A4.2 y A4.3, muestran que las superficies locales de los cultivos son inferiores a las de los pastos o el mar, como se ha dicho anteriormente, esto es debido a la baja productividad del mar y de los pastos de Zaragoza frente a la tierra de cultivos. Para obtener la huella global, se multiplica cada tipo de tierra por su factor de equivalencia. El factor de los cultivos es elevado (2,18) debido a la alta productividad de esta tierra y por eso la superficie mundial de cultivos es superior a la local. Para los pastos el factor utilizado es de 0,49, mucho más bajo que el de los cultivos, debido que esta tierra es menos productiva, como resultado la huella local de los pastos es bastante superior a la mundial.

En cuanto al mar, los datos de partida son similares por utilizarse la misma productividad, pero al pasar de hectáreas locales a globales el valor disminuye debido al bajo factor de equivalencia de esta superficie (0,36). Finalmente, entre la huella energética local y global no hay grandes variaciones, siendo mayor la global, por el factor de equivalencia asignado (1,37).

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

La huella ecológica de los bienes de consumo calcula la superficie necesaria para las producciones de los bienes destinados al consumo humano.

Los bienes de consumo se dividen en dos grandes grupos; el primero de ellos que incluye los recursos bióticos que necesitan el uso de tierras bioproductivas para su producción, y el segundo grupo que contiene los productos que no necesitan de estas tierras para ser producidos.

A su vez, los recursos que requieren tierras bioproductivas se divide en los siguientes grupos: basada en plantas y basada en animales. Los productos que no requieren de estas tierras se engloban en los grupos: productos de la industria química, materias plásticas y caucho, productos metálicos, minerales manufacturados no metálicos y otras industrias manufactureras. Cada subgrupo incluye los bienes de consumo más representativos de la población de Zaragoza.

Para ambos grupos deberá contabilizarse la tierra asociada al flujo energético de las importaciones y exportaciones.

Finalmente se determinará la superficie necesaria para soportar las infraestructuras industriales donde tiene lugar la producción de estos bienes de consumo. Esta superficie se aproxima a la superficie industrial de la ciudad de Zaragoza.

A5.1 DATOS NECESARIOS Y CONSIDERACIONES PARA CALCULAR LA HUELLA ECOLÓGICA DE LOS BIENES DE CONSUMO

Como se ha nombrado en el apartado anterior, esta tierra es la necesaria para producir los bienes de consumo que necesitan tierras productivas para su producción. Estos bienes de consumo son los incluidos en los siguientes grupos de la matriz de cálculo: basada en plantas y basada en animales.

Para realizar el cálculo será necesario disponer de los siguientes datos:

- ❖ **Producción** de cada uno de los bienes de consumo. Se obtienen del Anuario Agrario Estadístico de Aragón o en su defecto de la *FAO*.
- ❖ **Importación / exportación** para cada uno de los bienes de consumo. A través de la aplicación *DATA-COMEX*, que proporciona datos estadísticos de comercio en el exterior.
- ❖ **Consumo** para cada uno de los bienes de consumo. Para los únicos productos que se han encontrado datos de consumo local han sido para la madera y el tabaco. Los datos de madera se obtienen a partir del Anuario Forestal y los de tabaco a través del Organismo Autónomo Comisionado para el Consumo de Tabaco.
- ❖ **Productividad local y global** para cada uno de los bienes de consumo. Para la productividad local se obtiene de las productividades de los pastos calculadas para la huella ecológica de la alimentación y en el caso del tabaco y madera de las fuentes nombradas en el apartado de consumo. Las productividades globales se obtienen de la *FAO*.

Anexo V: Cálculo de la huella ecológica de los bienes de consumo

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

- ❖ **Superficie industrial de Zaragoza** es proporcionada por el Instituto Aragonés de Fomento y corresponde a la superficie de los polígonos industriales en la localidad.

Debido a la indisponibilidad de datos ha sido necesario realizar las siguientes suposiciones en el cálculo de la huella ecológica de los bienes de consumo:

- ❖ Se considera que el 70% de los tejidos y las prendas de punto se elaboran con fibras y el 30% con lana. Del 70% se supone que el 35% ha sido fabricado con tejidos sintéticos y el 35% restante con fibras naturales.
- ❖ El resto de las prendas y complementos que no son de punto, se ha supuesto que la mitad se hacen con fibras naturales y la otra mitad con fibras vegetales. La misma suposición se hace en el apartado “otros tejidos”.
- ❖ Ninguno de los cultivos necesarios para la producción de bienes de consumo es cultivado en la Provincia de Zaragoza por lo que se he utilizan los datos de productividad global.
- ❖ Para evitar contabilizar dos veces el mismo tipo de tierra no se ha considerado que las pieles y sus manufacturas tengan influencia en la huella de los pastos. Estos productos provienen de la ganadería ovina y bovina, que es criada para la producción de productos alimenticios y no de estos bienes de consumo. Por tanto su huella ya fue considerada en la alimentación. En el caso de la lana, si que se contabiliza la influencia en la tierra de los pastos, pues se supone que la cría de ovejas tiene por objeto producir lana.
- ❖ Se ha supuesto que el dato de consumo de madera de los zaragozanos es el mismo que el dato de consumo de España, por la dificultad de la existencia de datos para la ciudad de Zaragoza y porque los datos existentes para la provincia de Zaragoza corresponden únicamente a datos estadísticos de comercio exterior.
- ❖ Al dato de producción de madera proporcionado por el Anuario Agrario Estadístico de Aragón se le suman 20.000 m³ de madera destinada a trituración y proveniente de tratamientos silvícolas que no están incluidos en los datos proporcionados por el Anuario. Esta suposición se hace en base a los trabajos calculados anteriormente sobre el cálculo de la huella ecológica.
- ❖ Se ha puesto que el valor de la densidad de la madera es de 650 kg/m³. Este dato es necesario ya que los consumos proporcionados por el Anuario Forestal aparecen en metros cúbicos. Este valor de densidad ha sido utilizado en otros estudios de huella ecológica (Wackernegel et a.,1999b)

Explicadas las suposiciones que han sido realizadas en el cálculo de la huella, se procede a explicar el cálculo de la superficie de tierra bioproductiva, a partir de productividades locales y mundiales.

A5.2 CÁLCULO DE LA HECTÁREAS DE TIERRA BIOPRODUCTIVA NECESARIA A PARTIR DE PRODUCTIVIDADES LOCALES

Para obtener las hectáreas de tierra bioproductiva necesaria para la obtención de cada uno de los recursos bióticos se utiliza la ecuación A5.1.

Anexo V: Cálculo de la huella ecológica de los bienes de consumo

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

$$HE(i,j) = \frac{Producción(i)}{Productividad\ local(i)} + \frac{Importación(i)}{Productividad\ media\ global(i)} - \frac{Exportación(i)}{Productividad\ local(i)} \quad [Ec\ A5.1]$$

Donde i representa cada uno de los recursos bióticos y j los diferentes tipos de tierras.

A través de esta ecuación los datos de importación, exportación y producción son transformados, a partir de las respectivas productividades, en hectáreas de tierra bioproductiva.

Para obtener las hectáreas necesarias de cada tipo de tierra, se suman las hectáreas calculadas de los recursos bióticos asociados a la explotación del mismo tipo de tierra. Como el resultado de la huella debe expresar en hectáreas per cápita, los valores de superficie obtenidos se dividirán por la población de Zaragoza en el año correspondiente. De forma que para cada uno de los años de estudio se obtendrán las hectáreas de tierra bioproductiva, de cada tipo de tierra, utilizadas.

A5.3 CÁLCULO DE LA HECTÁREAS DE TIERRA BIOPRODUCTIVA NECESARIA A PARTIR DE PRODUCTIVIDADES MUNDIALES

El cálculo se realiza utilizando la ecuación A5.2

$$HE(i,j) = \frac{Consumo(i)}{Productividad\ media\ mundial(i)} \quad [Ec\ A5.2]$$

Donde i es cada uno de los recursos bióticos y j los diferentes tipos de tierra.

Únicamente se dispone de datos de consumo para el tabaco y la madera, por lo que este se calcula a partir de los valores de producción, importación y exportación, de acuerdo con la ecuación A5.3

$$Consumo(i) = Producción(i) + Importación(i) - Exportación(i) \quad [Ec\ A5.3]$$

Donde i es cada uno de los recursos bióticos.

Para obtener las hectáreas per cápita, se dividen los valores obtenidos de la ecuación A5.2 entre la población de Zaragoza en el año correspondiente.

A modo de resumen se tiene que, con los cálculos obtenidos en el apartado A5.2 y A5.3 se obtienen los valores de hectáreas per cápita de las siguientes tierras bioproductivas (cultivos, pastos y bosque) implicadas en la producción de bienes de consumo, tanto a nivel local como mundial. Estos resultados se muestran en el apartado resultados de este anexo (apartado A5.7)

A5.4 DETERMINACIÓN DE LA TIERRA DESTINADA A LAS INFRAESTRUCTURAS INDUSTRIALES

Para calcular el valor de la componente de los bienes de consumo en la huella ecológica es necesario determinar la superficie terrestre que se destina a la construcción de las infraestructuras industriales donde se van a producir dichos bienes. Esta superficie se aproxima a la superficie industrial (polígonos

Anexo V: Cálculo de la huella ecológica de los bienes de consumo

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

industriales) de la ciudad de Zaragoza. La información es proporcionada por el IAF, que la suministra de la siguiente forma (Tabla A5.1)

Tabla A5.1 Superficie industrial en Zaragoza y provincia. Fuente: Elaboración propia desde IAF.

m ²	Superficie total	Superficie parcelas	Superficie ocupada	Superficie libre
Zaragoza municipio	33.230.962	17.108.673	11.298.220	5.690.473
Zaragoza provincia	78.819.368	44.615.376	28.445.691	11.981.765

Los datos de la tabla corresponden al año 2012 y son los últimos datos actualizados de los que se dispone. Además estos datos son similares a los utilizados en las huellas ecológicas de 2009 y 2013, lo que indica que la superficie destinada a uso industrial de la ciudad de Zaragoza se ha mantenido constante.

A la hora de interpretar estos datos se observaron discrepancias entre los trabajos existentes de huella ecológica. Por un lado, para el cálculo de la huella en los años 2004, 2007 se consideró que la superficie industrial de la localidad de Zaragoza era igual a la superficie ocupada en el municipio, tanto para determinar la superficie local como la mundial.

En el cálculo realizado para el año 2009 se supuso que la superficie industrial correspondía con la superficie industrial total, tanto para el cálculo local como para el mundial. Y, finalmente, para el año 2013 se utilizó la superficie total del municipio para determinar la superficie local y el doble de la superficie ocupada del municipio para determinar la superficie mundial.

En este trabajo, se ha utilizado el dato de superficie total de municipio, tanto para determinar la huella local como la mundial. Se ha realizado esta elección porque la superficie total hace referencia a toda la superficie del municipio de Zaragoza destinada a uso industrial, aunque en ella no haya nada edificado esa tierra no va a ser utilizada para otros usos. También la elección se ha hecho en concordancia con la huella ecológica de los servicios, donde se utilizan los datos de superficie proporcionados por PGOUZ. El PGOUZ facilita la superficie que se va a destinar a cada sector servicios (cultura, sanidad, educación...), sin embargo, no toda la superficie destinada a cada uno de los sectores tiene que estar ocupada actualmente, pero la construcción, por ejemplo de un nuevo colegio, se hará ocupando parte de la superficie destinada al sector educación.

A5.6 DETERMINACIÓN DE LA TIERRA DE LA ENERGÍA

Como ya se ha explicado anteriormente, la tierra energética de los bienes de consumo, se traduce en la superficie de bosque necesaria para absorber las emisiones de CO₂ emitidas como consecuencia del consumo energético para realizar las actividades asociadas a esta componente.

Se considera que el consumo energético de los bienes de consumo es el consumo derivado de la actividad industrial.

Para determinar la tierra de la energía deben calcularse los consumos de energéticos de cada fuente de energía primaria consumidos por el sector industrial. Este procedimiento se detalla en el *Anexo III: Consumo energético*.

Una vez obtenidos estos consumos el procedimiento a seguir es el mismo que el explicado para la alimentación y se encuentra detallado en el *Anexo IV: Cálculo de la huella ecológica de la alimentación* apartado A4.5 *Componente energética de la alimentación*.

Anexo V: Cálculo de la huella ecológica de los bienes de consumo

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

A5.7 RESULTADOS

Se recogen a continuación las huellas de las tierras de uso directo de la alimentación, las energéticas y la huella total de la alimentación.

A5.7.1 TIERRAS DE USO DIRECTO DE LOS BIENES DE CONSUMO

A continuación aparecen las huellas ecológicas relativas a las tierras de cultivos, pastos, bosque y terreno construido, calculadas con productividades locales y mundiales. Al igual que en la alimentación, aunque no hayan sido calculados se muestran los resultados obtenidos en los años 2009 y 2013, que serán utilizado posteriormente para determinar la evolución de la huella.

Tabla A5.3 Huellas ecológicas de cada uno de los tipos de tierra de la componente bienes de consumo calculadas con productividades locales. Fuente: elaboración propia.

AÑO/TIPO TIERRA	LOCAL (ha/cap)			
	CULTIVOS	PASTOS	BOSQUE	CONSTRUIDO
2009	0,03909051	0,3036289	0,51607641	0,04928092
2010	0,02561836	0,10987706	0,44850624	0,004922223
2011	0,02804496	0,15459661	0,57003554	0,004925112
2012	0,02074518	0,10211163	0,59811701	0,004925849
2013	0,02611294	0,12512235	0,46495929	0,004927017
2014	0,02134905	0,1520565	0,4652692	0,004989199
2015	0,02543563	0,16100603	0,46533949	0,00499749

Tabla A5.4 Huellas ecológicas de cada uno de los tipos de tierra de la componente alimentación calculadas con productividades locales. Fuente: elaboración propia.

AÑO/TIPO TIERRA	MUNDIAL (hag/cap)			
	CULTIVOS	PASTOS	BOSQUE	CONSTRUIDO
2009	0,09342631	0,15654066	0,62311585	0,117781398
2010	0,05584802	0,05383976	0,61445355	0,010730446
2011	0,06113801	0,07575234	0,78094869	0,010736744
2012	0,04522449	0,0500347	0,81942031	0,010738352
2013	0,05692621	0,06396995	0,61499194	0,072228666
2014	0,04654092	0,07450769	0,6374188	0,010876455
2015	0,05366919	0,07567284	0,62820831	0,010544705

La tierra de terreno construido se obtiene directamente de dividir las hectáreas destinadas a suelo industrial entre la población de Zaragoza. Al igual que en la componente de la alimentación se observa que en la productividad local los cultivos tienen la huella más pequeña en comparación con los pastos y bosques. Como se ha explicado antes esto es debido a la baja productividad de los pastos y bosques de Zaragoza. Al pasar a hectáreas globales, se multiplican las huellas locales por los correspondientes factores de equivalencia. El alto valor del factor de los cultivos frente al de pastos y bosque hace que la huella mundial de cultivos sea superior a la local. Ocurre lo mismo con el terreno construido.

Anexo V: Cálculo de la huella ecológica de los bienes de consumo

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

A5.7.2 HUELLA ENERGÉTICA DE LOS BIENES DE CONSUMO

En las siguientes tablas aparecen las huellas ecológicas de cada una de las fuentes de energía a nivel local y mundial. Todos los valores están expresados en hectáreas per cápita.

Tabla A5.5 Huella ecológica de cada fuente energética a nivel local. Fuente: elaboración propia.

Fuente de energía	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Hidroeléctrica	0,000738	0,001711	0,000737	0,000692	0,001373	0,001743	0,001746
Eólica	0,000035	0,000390	0,000248	0,000341	0,000326	0,000438	0,000438
Otras	0,000066	0,000157	0,000134	0,000164	0,000154	0,000272	0,000272
Biomasa	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Gas natural	0,2301555	0,402949	0,202351	0,238999	0,199767	0,2028	0,203183
Petróleo	0,0300349	0,057078	0,029245	0,030927	0,026739	0,02790	0,027951
EXP/IMP	0,015892	-0,1591	-0,122503	-0,419507	-0,323209	-0,196247	0,037831
TOTAL	0,276921	0,303213	0,110213	-0,148384	-0,094850	0,036930	0,271395

Tabla A5.6 Huella ecológica de cada fuente energética a nivel mundial. Fuente: elaboración propia.

Fuente de energía	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Hidroeléctrica	0,001011	0,002345	0,001010	0,000949	0,001881	0,002388	0,002392
Eólica	0,000047	0,000535	0,000340	0,000467	0,000446	0,000600	0,000601
Otras	0,000090	0,000214	0,000184	0,000225	0,000211	0,000372	0,000373
Biomasa	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Gas natural	0,315313	0,552040	0,277221	0,327428	0,273681	0,277836	0,278360
Petróleo	0,041148	0,078197	0,040066	0,042370	0,036632	0,038223	0,038293
EXP/IMP	0,021773	-0,217930	-0,167829	-0,574725	-0,442796	-0,268859	0,051828
TOTAL	0,379381	0,415401	0,150992	-0,203286	-0,129944	0,050594	0,366384

Al igual que en la componente alimentación, se observa que el petróleo y el gas natural tiene la huella más elevada de todas las fuentes de energía primaria, por lo que la mayoría de la energía consumida en el sector industrial procede de estas fuentes. El flujo energético debido a importaciones y exportaciones es el que más influencia tiene en la huella final, modificando considerablemente su valor de unos años a otros, dependiendo de su valor. La variación de los flujos de importación y exportación se analiza más adelante en el apartado 6. *Análisis e interpretación de resultados.*

Anexo V: Cálculo de la huella ecológica de los bienes de consumo

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

A5.7.3 HUELLA ECOLÓGICA BIENES DE CONSUMO

Tabla A5.7 Huella ecológica de los bienes de consumo con productividades locales. Fuente: elaboración propia.

AÑO	LOCAL (ha/cap)					TOTAL
	CULTIVOS	PASTOS	BOSQUE	CONSTRUIDO	ENERGÍA	
2009	0,03909051	0,3036289	0,51607641	0,04928092	0,276920696	1,18499744
2010	0,02561836	0,10987706	0,44850624	0,004922223	0,303212592	0,89213648
2011	0,02804496	0,15459661	0,57003554	0,004925112	0,110213021	0,86781524
2012	0,02074518	0,10211163	0,59811701	0,004925849	-0,148383702	0,57751596
2013	0,02611294	0,12512235	0,46495929	0,004927017	-0,094849914	0,52627168
2014	0,02134905	0,1520565	0,4652692	0,004989199	0,036930	0,6805942
2015	0,02543563	0,16100603	0,46533949	0,00499749	0,271395	0,9281743

Tabla A5.8 Huella ecológica de los bienes de consumo con productividades locales. Fuente: elaboración propia.

AÑO	MUNDIAL (hag/cap)					TOTAL
	CULTIVOS	PASTOS	BOSQUE	CONSTRUIDO	ENERGÍA	
2009	0,09342631	0,15654066	0,62311585	0,117781398	0,343381663	1,33424588
2010	0,05584802	0,05383976	0,61445355	0,010730446	0,415401251	1,15027304
2011	0,06113801	0,07575234	0,78094869	0,010736744	0,150991839	1,07956762
2012	0,04522449	0,0500347	0,81942031	0,010738352	-0,203285672	0,72213217
2013	0,05692621	0,06396995	0,61499194	0,072228666	-0,129944382	0,67817238
2014	0,04654092	0,07450769	0,6374188	0,010876455	0,050594	0,8199383
2015	0,05366919	0,07567284	0,62820831	0,010544705	0,366384	1,1344792

En este caso para cada año la huella mundial es superior a la local. Esto es así porque las tierras de cultivos, pastos y terreno construido tienen unos factores de equivalencia elevados.

Cabe destacar el descenso que sufre la huella en los años 2012 y 2013, alcanzando el mínimo en este último año. A partir del 2013 se observa una recuperación. Mirando en las tablas de los apartados A5.7.2 y A5.7.3 puede comprobarse que este descenso es debido a la caída de la huella energética, debido a la gran aportación negativa de los flujos de importación y exportación. En el apartado 6. *Análisis e interpretación de resultados* se realiza el análisis más detallado.

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

ANEXO VI: HUELLA ECOLÓGICA DE LA VIVIENDA Y SERVICIOS

Se considera la vivienda y los servicios dentro de una misma componente. Ambas explotan el terreno construido y la superficie de bosque necesaria para absorber las emisiones de CO₂ procedentes de los consumos energéticos de estas componentes. Las superficies de tierra ocupadas por la vivienda y los servicios han sido obtenidas de diferentes fuentes pero la tierra de la energía se determina de forma común, suponiendo que el consumo de esta componente es el mismo que el del sector servicios-comercial-residencial.

A6.1 HUELLA ECOLÓGICA DE LA VIVIENDA

Para realizar el cálculo de esta componente deben conocerse las hectáreas destinadas, en la ciudad de Zaragoza, a uso residencial. En este apartado volvió a aparecer el problema de la indisponibilidad de datos. La fuente de datos consultada en trabajos anteriores (2004, 2007 y 2013) *Observatorio Municipal de Estadística Nº2*, no ha sido útil en este trabajo debido a la indisponibilidad de datos. Como alternativa, trataron de encontrarse en el PGOUZ, pero debido a la forma en la que aparece la información no fue posible. Finalmente los datos fueron obtenidos a través del IAF, que proporcionó los datos de superficie de nueva construcción de uso residencial en Zaragoza para los años de estudio. De este modo se conocían las hectáreas que se construyeron para vivienda en la ciudad en los años 2010, 2011, 2012, 2014 y 2015. Como el dato necesario era la superficie total dedicada a vivienda se utilizaron como base los datos empleados en trabajos anteriores.

Por ejemplo para el año 2010, las hectáreas destinadas a vivienda se calcularon como se muestra a continuación.

$$\text{Vivienda 2010 (ha)} = \text{vivienda en 2009 (ha)} + \text{nueva construcción 2010 (ha)}$$

Se utilizó el mismo criterio para el resto de los años de estudio.

En la siguiente tabla (tabla A6.1) se muestran las hectáreas destinadas a nueva construcción de uso residencial en Zaragoza en cada uno de los años de estudio.

Tabla A6.1 Hectáreas construidas en Zaragoza destinadas a uso residencial en cada uno de los años de estudio.
Fuente: Elaboración propia desde IAF.

AÑO	NUEVA CONSTRUCCIÓN USO RESIDENCIAL (ha)
2010	33,16
2011	33,31
2012	17,25
2013	27,65
2014	12
2015	20

Anexo VI: Huella ecológica de la vivienda y servicios

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

Los datos de los que se partía eran los que se muestran en la tabla A6.2 (datos de superficie ocupada por vivienda en la ciudad de Zaragoza)

Tabla A6.2 Vivienda en Zaragoza en los años 2009 y 2003. Fuente: Cantón. N, 2013. Pascual. A, 2009.

AÑO	VIVIENDA (ha)
2009	4.342,76
2013	4.809,61

Con los datos de ambas tablas se obtienen las hectáreas de vivienda en Zaragoza para los años de estudio.

Tabla A6.3 Valores provisionales de la vivienda en Zaragoza. Fuente: elaboración propia.

AÑO	VIVIENDA (ha)
2010	4375,92
2011	4409,23
2012	4426,49
2013	4809,61

En este momento tuvo que realizarse una reconsideración. Utilizando el dato de vivienda que había sido obtenido en 2013, se observa que entre los años 2012 y 2013 se produjo un aumento de la vivienda en Zaragoza de 383,12 ha, algo que es prácticamente imposible. Como solución se cambió el dato de vivienda de 2013 y se utilizó en su lugar el valor resultante de sumar a la vivienda de 2012 las hectáreas construidas en 2013.

De este modo la superficie destinada a vivienda en 2013 es de 4454,13 ha. Con un aumento respecto de 2012 de 27,64 ha mucho más razonable.

Además el cambio de este dato apenas supuso alteración alguna del valor final de la huella ecológica de 2013. El valor se mantuvo en 4,16 ha/cap, calculado con productividades locales y en 3,85 ha/cap, calculado con productividades medias mundiales. El cambio si fue más notable en la huella de la vivienda para este año que paso de 0,00705 ha/cap iniciales a 0,0065 ha/cap, con productividades locales. Con productividades medias mundiales el valor paso de las 0,0154 ha/cap a las 0,0142 ha/cap. Los datos obtenidos finalmente se recogen en la tabla A6.4

Tabla A6.4 Vivienda en Zaragoza para cada año de estudio. Fuente: elaboración propia.

AÑO	VIVIENDA (ha)
2010	4375,92
2011	4409,23
2012	4426,49
2013	4454,13
2014	4466,12
2015	4486,07

Para obtener la huella ecológica de la vivienda se dividen las hectáreas de cada uno de los años entre la población de Zaragoza del año correspondiente. En el caso de la huella con productividades medias mundiales, además hay que multiplicar este cociente por el factor de equivalencia del terreno

Anexo VI: Huella ecológica de la vivienda y servicios

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

construido. Este valor aparece en el apartado A1.2.1 del *Anexo I: Metodología para el cálculo de la huella ecológica*. Los resultados obtenidos son los que aparecen en siguiente tabla.

A6.2 HUELLA ECOLÓGICA SERVICIOS

Deben conocerse las hectáreas que son ocupadas en Zaragoza por cada uno de los servicios (cultura, educación, sanidad, zonas verdes y parques, etc.,)

Estos valores se recogen del PGOUZ, concretamente del *Anejo VIII: suelos pertenecientes a Sistemas de Espacios libres y de Equipamiento y Servicios*.

En la tabla A6.7 aparecen las hectáreas destinadas a cada uno de los sectores servicios en Zaragoza. Como la última modificación fue realizada en el año 2007, para todos los años de estudio se han utilizado los mismos datos.

Tabla A6.5 Superficie ocupada por el sector servicios en Zaragoza. Fuente: Elaboración propia desde PGOUZ.

SECTOR SERVICIOS	ha
Zonas verdes y espacios libres	725,58
Parques y espacios naturales	269,66
Riveras y espacios fluviales	369,44
Equipamientos	589,73
Deportivo	299,00
Enseñanza	588,72
Sanidad y salud	57,00
Asistencia y bienestar social	61,65
Cultural	55,94
Religioso	34,70
Espectáculos	8,00
Servicios públicos urbanos	337,00
Servicios de infraestructura	108,00
Depuradoras	13,32
Residuos y vertidos sólidos	1.043,39
Administración pública	40,26
Reserva	109,00
Comercio	367,00
Defensa	577,93
SUPERFICIE TOTAL	5642

Para determinar las hectáreas por cápita de los servicios se procede de forma idéntica a la vivienda. Como estas componentes se engloban en una sola, para tener la huella vivienda-servicios se sumarán para cada año, las hectáreas por cápita de una y otra componente.

A6.4 HUELLA ENERGÉTICA DE LA VIVIENDA Y LOS SERVICIOS

Para determinar la superficie de bosque necesaria para absorber las emisiones de CO₂ procedentes del consumo energético de la vivienda y del sector servicios, se supone que este es el mismo que el consumo del sector servicios-residencial-comercial, englobado en la componente hogar del Boletín de

Anexo VI: Huella ecológica de la vivienda y servicios

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

Coyuntura Energética. Al igual que en el resto de componentes, lo primero es determinar los consumos de energía primaria de este sector, el cálculo detallado aparece en el *Anexo III: Cálculo del consumo energético* y después se realiza el mismo procedimiento que el explicado en el apartado A4.5 del *Anexo IV: Cálculo de la huella ecológica de la alimentación*.

A continuación se muestra la huella energética de esta componente tanto a nivel local como mundial.

A6.5 RESULTADOS

A continuación se recogen las huellas del terreno construido y energía así como los valores finales de huella ecológica de esta componente.

A6.5.1 TERRENO CONSTRUIDO VIVIENDA Y SERVICIOS

Tabla A6.6 Huella ecológica terreno construido vivienda y servicios a nivel local.
Fuente: elaboración propia

LOCAL (ha/cap)			
AÑO	VIVIENDA	SERVICIOS	TOTAL
2009	0,006440229	0,00604126	0,01248149
2010	0,006481684	0,00835702	0,0148387
2011	0,006534853	0,00836193	0,01489678
2012	0,00656140	0,00836318	0,01492458
2013	0,006530946	0,00827268	0,01207268
2014	0,006705310	0,00847073	0,01517604
2015	0,006746446	0,00848481	0,01523126

Tabla A6.7 Huella ecológica terreno construido vivienda y servicios a nivel global.
Fuente: elaboración propia

MUNDIAL (ha/cap)			
AÑO/TIPO TIERRA	VIVIENDA	SERVICIOS	TOTAL
2009	0,015392148	0,0144386	0,02983075
2010	0,014130071	0,0182183	0,03234838
2011	0,014245979	0,018229	0,03247498
2012	0,014303852	0,01823173	0,03253558
2013	0,014237462	0,01803445	0,03227191
2014	0,014617576	0,0184662	0,03308378
2015	0,014235002	0,01790295	0,03213795

Anexo VI: Huella ecológica de la vivienda y servicios

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

A6.5.2 HUELLA ENERGÉTICA VIVIENDA Y SERVICIOS

Tabla A6.8 Huella energética de la vivienda y los servicios a nivel local. Fuente: elaboración propia.

Fuente de energía	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Hidroeléctrica	0,000108	0,002008	0,001430	0,001077	0,002223	0,002468	0,002468
Eólica	0,001215	0,000091	0,000100	0,000111	0,000110	0,000129	0,000129
Otras	0,000057	0,000236	0,000261	0,000256	0,000249	0,000384	0,000384
Biomasa	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Gas natural	0,2504519	0,345617	0,197877	0,192827	0,156068	0,174138	0,122975
Petróleo	0,0223310	0,019841	0,018825	0,016077	0,016072	0,014499	0,010239
TOTAL	0,274162	0,367793	0,218492	0,210347	0,174721	0,191207	0,135029

Tabla A6.9 Huella ecológica de la vivienda y los servicios a nivel mundial. Fuente: elaboración propia.

Fuente de energía	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Hidroeléctrica	0,000148	0,002751	0,001959	0,001475	0,003045	0,003381	0,003381
Eólica	0,001664	0,000124	0,000138	0,000151	0,000150	0,000177	0,000177
Otras	0,000078	0,000323	0,000357	0,000350	0,000342	0,000527	0,000527
Biomasa	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Gas natural	0,343119	0,473496	0,271091	0,264172	0,213813	0,238569	0,168475
Petróleo	0,030593	0,027182	0,025790	0,022026	0,022018	0,019864	0,014027
TOTAL	0,375603	0,503877	0,299334	0,288175	0,239368	0,261954	0,182288

De nuevo vuelve a observarse como el petróleo y el gas natural tiene las huellas más influyentes en la huella energética total. Aparece un importante salto en el año 2010, respecto al 2009 y al 2011.

Observando el resto de valores, este incremento es la consecuencia del aumento en la huella relativa al gas natural.

Anexo VI: Huella ecológica de la vivienda y servicios

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

A6.5.3 HUELLA ECOLÓGICA VIVIENDA Y SERVICIOS

Tabla A6.10 Huella local de la vivienda y los servicios. Fuente: elaboración propia.

AÑO	LOCAL (ha/cap)		
	CONSTRUIDO	ENERGÍA	TOTAL
2009	0,012481486	0,27416248	0,28664397
2010	0,014838705	0,36755717	0,38239587
2011	0,014896778	0,21823144	0,23312822
2012	0,014924577	0,21009125	0,22501583
2013	0,014803627	0,17447205	0,18927568
2014	0,015176044	0,191207	0,2063834
2015	0,015231256	0,135029	0,1502598

Tabla A6.11 Huella ecológica global de la vivienda y los servicios. Fuente: elaboración propia.

AÑO	GLOBAL (hag/cap)		
	CONSTRUIDO	ENERGÍA	TOTAL
2009	0,029830753	0,33996147	0,36979223
2010	0,032348376	0,50355332	0,53590169
2011	0,032474976	0,29897707	0,33145205
2012	0,032535578	0,28782501	0,32036059
2013	0,032271908	0,23902671	0,27129861
2014	0,033083775	0,261954	0,2950378
2015	0,032137951	0,182288	0,2144265

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

ANEXO VII: HUELLA ECOLÓGICA DE LA MOVILIDAD Y EL TRANSPORTE

Como se explica en el apartado 5.4 debe determinarse la superficie ocupada por el terreno construido dedicada a la movilidad y el transporte y la tierra de la energía necesaria para absorber las emisiones de CO₂ derivadas de esta actividad. A continuación se recogen los resultados obtenidos para cada uno de los tipos de tierra.

7.1 SUPERFICIE TERRENO CONSTRUIDO

Del PGOUZ se obtiene las superficies ocupadas por aeropuertos y estaciones de trenes y autobuses.

Tabla A7.1 Superficie ocupada por aeropuerto y estaciones de tren y autobuses en Zaragoza. Fuente: elaboración propia desde PGOUZ.

Aeropuerto	120
Estaciones de tren y autobús	5,952

Para determinar las superficies de calzadas se estima que estas ocupan el 1,5% de la superficie del término municipal de Zaragoza. Además dentro de las calzadas se encuentran englobadas las superficies correspondientes a carril bus y bici, tranvía y aceras. El término municipal de Zaragoza cuenta con 106.000 ha, de las cuales 1420,42 ha están ocupadas por calzadas.

7.2 COMPONENTE ENERGÉTICA DE LA MOVILIDAD Y EL TRANSPORTE

Para determinar la superficie de tierra de la energía necesaria para absorber las emisiones de CO₂ derivadas de esta actividad se establece que el consumo energético es el calculado a través del Boletín de Coyuntura Energética de Aragón para la componente transporte. Al igual que en el resto de componentes, lo primero es determinar los consumos de energía primaria de este sector, el cálculo detallado aparece en el *Anexo III: Cálculo del consumo energético* y los consumos obtenidos en la tabla A3.13. Después, para obtener la huella energética se realiza el mismo procedimiento que el explicado en el apartado A4.5 del *Anexo IV: Cálculo de la huella ecológica de la alimentación*.

A continuación se muestra la huella energética de esta componente tanto a nivel local como mundial.

Tabla A7.2 Huella energética a nivel local de la movilidad y el transporte. Fuente: elaboración propia.

	LOCAL						
Fuente de energía	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Hidroeléctrica	0,000162	0,000225	0,000151	0,000118	0,000249	0,000289	0,000289
Eólica	0,000008	0,000011	0,000011	0,000012	0,000012	0,000015	0,000015
Otras	0,000014	0,000021	0,000028	0,000028	0,000028	0,000045	0,000045
Biomasa	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Gas natural	0,0165618	0,017642	0,010678	0,010043	0,005976	0,005510	0,005591
Petróleo	0,5795208	0,577708	0,550993	0,559675	0,569015	0,598371	0,607521
TOTAL	0,596267	0,595607	0,561861	0,569876	0,575281	0,604223	0,613462

Anexo VII: Huella ecológica de la movilidad y el transporte

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

Tabla A7.3 Huella energética a nivel global de la movilidad y el transporte. Fuente: elaboración propia.

GLOBAL							
Fuente de energía	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Hidroeléctrica	0,000222	0,000309	0,000207	0,000161	0,000341	0,000395	0,000395
Eólica	0,000010	0,000015	0,000015	0,000017	0,000017	0,000021	0,000021
Otras	0,000020	0,000028	0,000038	0,000038	0,000038	0,000062	0,000062
Biomasa	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Gas natural	0,022690	0,024170	0,014629	0,013759	0,008187	0,007548	0,007659
Petróleo	0,793943	0,791460	0,754861	0,766755	0,779551	0,819768	0,832303
TOTAL	0,816885	0,815982	0,769749	0,780730	0,788135	0,827789	0,840443

7.3 RESULTADOS

Se recogen a continuación los resultados de huella ecológica a nivel local y mundial obtenidos para esta componente.

Tabla A7.4 Huella ecológica local de la movilidad y el transporte. Fuente: elaboración propia.

AÑO	CONSTRUIDO	ENERGÍA	TOTAL
2009	0,002451372	0,59626666	0,59871803
2010	0,003677168	0,59560696	0,59928413
2011	0,003710137	0,56186071	0,56557085
2012	0,003713259	0,56987615	0,57358941
2013	0,003675017	0,57528079	0,57895581
2014	0,003762335	0,604223	0,6079857
2015	0,003769591	0,613462	0,6172323

Tabla A7.5 Huella ecológica global de la movilidad y el transporte. Fuente: elaboración propia.

AÑO	CONSTRUIDO	ENERGÍA	TOTAL
2009	0,008456594	0,73937065	0,74782725
2010	0,008016226	0,81598154	0,82399777
2011	0,008088098	0,76974918	0,77783728
2012	0,008094904	0,78073032	0,78882523
2013	0,008011537	0,78813469	0,79614622
2014	0,008201891	0,8277890	0,8359879
2015	0,008217709	0,8404430	0,8486616

