

PARTE I ANÁLISIS DEL INDICADOR HE Y SUS APLICACIONES

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.	7
1.1. Contexto general.....	7
1.2. Introducción conceptual.....	13
1.3. Objetivos y estructura de la tesis.	15
CAPÍTULO 2. RESUMEN METODOLOGÍAS ACTUALES.....	19
2.1. Secuencia metodológica.	19
2.2. Categorización de los consumos.....	23
2.3. Clasificación del territorio y sus usos para la estimación de la HE.....	23
2.4. Método de cálculo de ratios de energía vs suelo.	25
2.5. Análisis crítico del indicador.....	27
CAPÍTULO 3. LA HUELLA ECOLÓGICA EN CIFRAS.	31
3.1. Introducción.	31
3.2. La huella ecológica mundial.....	31
3.3. La huella ecológica de España.....	41
3.4. La huella ecológica de Canarias.....	43
CAPÍTULO 4. MARCO TEÓRICO ACTUAL.....	45
4.1. Introducción.	45
4.2. Aplicación de la HE en ámbitos territoriales.	45
4.3. Aplicación de la HE a organizaciones empresariales.	51
4.3.1. Año 2001 – Lions Gate Hospital.....	52
4.3.2. Año 2006 – Guía metodológica para el cálculo de la huella corporativa.	55
4.3.3. Año 2007 – Aproximación de la aplicación de la HE como indicador medioambiental en el sector textil.....	58
4.3.4. Año 2007 – Aplicación del método de la HE a un campus universitario en China.....	64
CAPÍTULO 5. EL SECTOR HOTELERO EN CANARIAS. ESPECIFICIDADES DEL ÁMBITO DE APLICACIÓN.	69
5.1. El sector hotelero en cifras.....	69
5.2. Sistemas de gestión de la información.....	70

PARTE II PROPUESTA METODOLÓGICA

CAPÍTULO 6. CARACTERIZACIÓN DE UNA EMPRESA O CENTRO DE TRABAJO COMO SISTEMA.	75
6.1. Definición del sistema.	76
6.1.1. Conceptualización en base a su estructura de departamentos... ..	76
6.1.2. Conceptualización en base a las actividades de los usuarios.	78
6.2. Identificación y selección de fuentes de datos.	81
6.2.1. Obtención de datos de la población	81
6.2.2. Obtención de datos de los consumos.....	82
6.3. Análisis de los datos provenientes de la contabilidad.	86
6.4. La protección de la privacidad y los datos.....	87
CAPÍTULO 7. CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE CO₂ DEL PLANETA.	91
7.1. INTRODUCCIÓN.....	91
7.2. Superficie bosques.	92
7.2.1. Distribución de tipos de bosques sobre el planeta.....	92
7.2.2. Distribución de superficie planetaria por tipologías de terreno..	93
7.2.3. Capacidad de absorción de los distintos tipos de bosques del planeta.....	93
7.3. Superficie cultivos agrícolas.	94
7.3.1. Superficie de los diversos tipos de cultivos en el planeta.....	95
7.3.2. Capacidad de absorción de CO ₂ de cultivos agrícolas genéricos.	95
7.4. Superficie de prados y pastos.	97
7.4.1. Distribución de superficies de prados y pastos en el planeta.....	98
7.4.2. Capacidad de absorción de CO ₂ de prados y pastos.	98
7.5. Superficie de océanos, mares, lagos, pantanos y manglares.....	99
7.5.1. Distribución de superficies de océanos, mares, lagos, pantanos y vegetación.....	99
7.5.2. Capacidad de absorción de CO ₂ de superficies y vegetación de océanos, mares, lagos, pantanos.	100
7.6. Constitución de superficies y factores de equivalencia.....	101

7.7.	Conversión de datos en huella ecológica.	102
7.8.	Conversión de consumos de energía en huella ecológica.....	103
7.8.1.	Conversión del consumo de energía eléctrica en huella ecológica. 103	
7.8.2.	Conversión de consumo de energía de derivados del petróleo en huella ecológica.	111
7.9.	Conversión de consumos de bienes en huella ecológica.	114
7.9.1.	PASO 1: Obtención del coste energético de fabricación. Factor de conversión $\epsilon_{\text{bien}} / \epsilon_{\text{energético}}$, $\epsilon_{\text{bien}} / \text{t}$ y $\epsilon_{\text{energético}}/\text{t}$	115
7.9.2.	PASO 2: Factor de conversión $\epsilon_{\text{energía}} / \text{kWh}$	117
7.9.3.	PASO 3: Factor de conversión $\text{kg CO}_2/\text{kWh}$	119
7.9.4.	PASO 4: Clasificación del CO_2 . Factor de conversión tCO_2/ha	119
7.10.	Conversión de residuos en huella ecológica.....	120
7.10.1.	Conversión de residuos líquidos en huella ecológica.	120
7.10.2.	Conversión de residuos sólidos en huella ecológica	123
7.10.3.	Conversión de transporte en carretera en huella ecológica. ..	126
7.11.	Resumen de tablas para la conversión de datos económicos (€) a Huella Ecológica.....	129
7.11.1.	Tablas de conversión energética.....	130
7.11.2.	Tablas de conversión de los distintos bienes de consumo.	131
7.11.3.	Tablas de conversión de los consumo de agua.	134
7.11.4.	Tablas de conversión de residuos sólidos.....	135
7.11.5.	Tablas de conversión de residuos líquidos.	136
7.11.6.	Tablas de conversión de transporte en carretera.....	137
7.11.7.	Tabla resumen conversión consumos de los hoteles a Huella Ecológica.....	137
CAPÍTULO 8. APLICACIÓN PRÁCTICA.		139
8.1.	Aplicación al sector hotelero – Islas Canarias.....	139
8.1.1.	Datos de partida.....	139
8.1.2.	Resultados obtenidos de los cálculos.	141
8.2.	Aplicación al sector extrahotelero – Islas Canarias.....	143
8.2.1.	Datos de partida.....	143
8.2.2.	Resultados obtenidos de los cálculos.	145
8.3.	Contraste de resultados.	146
8.3.1.	Racionalidad de los resultados.	146
8.3.2.	Origen de la HE en establecimientos turísticos.	147

8.3.3. Comparativa entre establecimientos hoteleros y extrahoteleros.
150

CAPÍTULO 9. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS..... 153

BIBLIOGRAFÍA..... 157

PARTE I
ANÁLISIS DEL INDICADOR HUELLA ECOLÓGICA Y SUS
APLICACIONES

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.

1.1. Contexto general.

El panel internacional del cambio climático publicado en 2014 por el IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) [1] en su documento de síntesis incluye información reveladora sobre la situación global en nuestro planeta. En este reporte se concluye en la gran influencia que los humanos están ejerciendo sobre el sistema y se recalca los altos niveles de emisión de gases de efecto invernadero definidos en el Protocolo de Kyoto como:

Dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos y hexafluoruro de azufre [2].

El calentamiento del sistema es inequívoco desde 1950, y además con unos valores sin precedente alguno. La atmósfera y los océanos se están calentando, la nieve y el hielo sobre la tierra disminuyen y los niveles de los océanos aumentan.

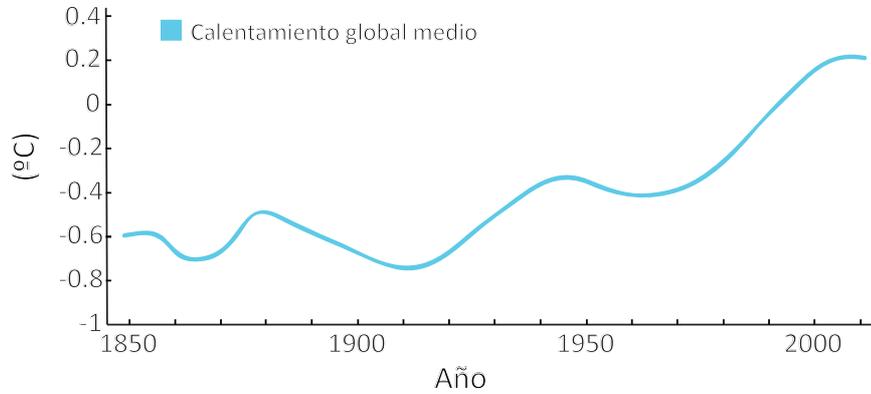
Las últimas tres décadas han generado sucesivamente mayor calentamiento sobre la tierra que la anterior. Se concluye que el periodo desde 1983 hasta 2012 es el periodo de mayor calentamiento terrestre de los últimos 1500 años en el hemisferio norte del planeta.

Si fusionamos los valores de temperatura y calentamiento de los océanos y los continentes en un solo valor se ha registrado un calentamiento medio lineal de 0,85°C en el periodo 1880 – 2012.

En cuanto a las causas del cambio climático se determinan en base al aumento de emisiones de gases de efecto invernadero derivados de la industrialización y el aumento de población con valores sin precedentes en los últimos 800.000 años [1].

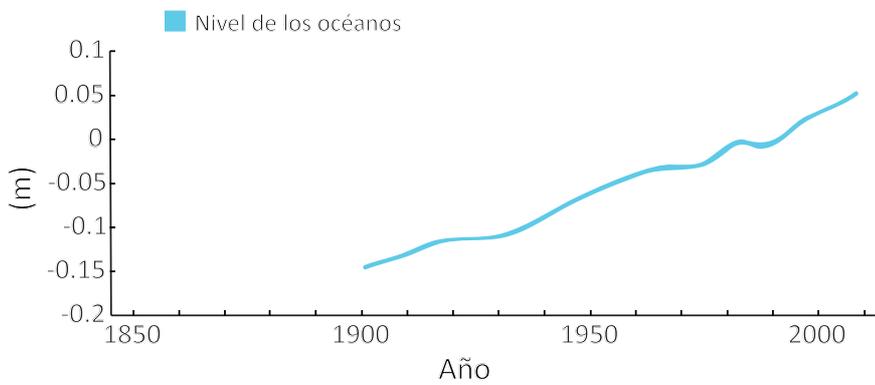
A continuación se muestra de modo gráfico los valores de los principales parámetros que representan la parte más visible del cambio climático y sus efectos:

En primer lugar se muestra la gráfica que representa la curva de temperatura media anual fruto de la combinación de continentes y océanos.



Gráfica 001: Calentamiento global medio anual. Periodo 186 – 2005

En segundo lugar se aporta la representación del aumento del nivel de los océanos en los últimos 100 años.



Gráfica 002: Evolución global nivel de los océanos. Periodo 186 – 2005

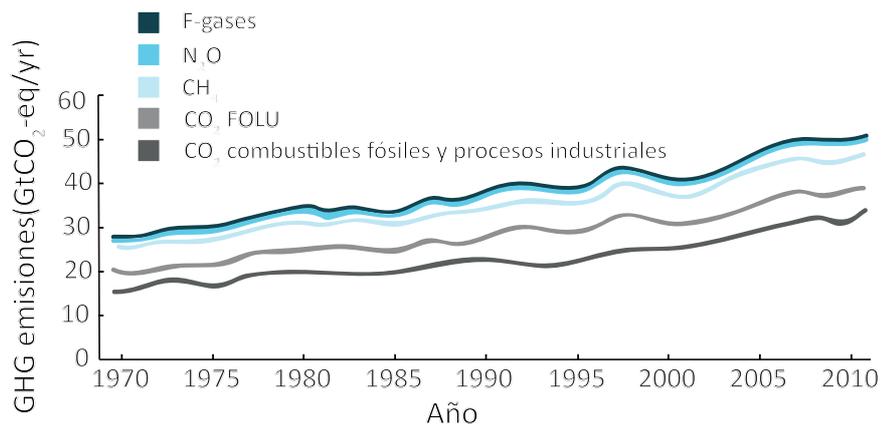
A continuación se aporta gráfico de la evolución de las emisiones de los gases de efecto invernadero



Gráfica 003: Evolución concentración gases efecto invernadero

Existe un factor común en los tres valores representados y es la alarmante evolución de la aceleración de los mismos. En los últimos 50 años la emisión de gases de efecto invernadero ha arrastrado consigo el aumento de las temperaturas del planeta y con ello el aumento del nivel de los océanos.

Profundizando en la evolución de las concentraciones de los gases de efecto invernadero en los últimos años, se puede confirmar en la siguiente gráfica el importante aumento absoluto registrado entre el año 2000 y el año 2010 a pesar de las políticas internacionales que tratan de favorecer su reducción, incluyendo el Protocolo de Kyoto [2] firmado en el año 1998, lo cual es bastante desconcertante al tiempo que alarmante.



Gráfica 004: Emisión total anual de gases de efecto invernadero descompuesta. Periodo 1970 - 2010

En la gráfica se muestra como un alto porcentaje de la aportación de los gases de efecto invernadero provienen de la emisión de CO₂ de combustibles fósiles y procesos industriales.

Los impactos del cambio climático se muestran con evidencias en los sistemas naturales de todo el planeta. Son muchas las regiones en las que están cambiando las formas de expresión de las precipitaciones, la nieve y el hielo. Sufriendo todas ellas variaciones severas que a su vez afectan a los sistemas hidrológicos mundiales.

Son muchas las especies animales, terrestres y marinas, que se han visto obligadas a variar sus hábitos geográficos y sus actividades estacionales y esquemas migratorios.

También son muchos los episodios extremos que se han observado desde 1950 en la superficie terrestre. Algunos de estos episodios extremos se han vinculado a las actividades humanas sobre la tierra, entre ellos la disminución de las temperaturas extremas en las zonas frías y el aumento en las zonas

calientes del globo, al igual que el aumento de precipitaciones severas en distintas regiones.

A escala global, el número de días y noches fríos han disminuido aumentando con ello el número de días y noches calurosos, habiéndose registrado un aumento de olas de calor en gran parte de Europa, Asia y Australia.

El panel gráfico resumen de la situación inducida por el cambio climático [1] desarrollado por la IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) muestra de forma visual la situación descrita en los párrafos anteriores.

Se aporta a continuación una versión simplificada para el caso de Europa:



Gráfica 005: Panel gráfico resumen de las afecciones del cambio climático para Europa.

En referencia al cambio climático el G20 determina para su agenda en 2015 que este es uno de los más urgentes y mas severos fenómenos que sufre la especie humana. Un problema sin fronteras nacionales y por tanto global que requiere soluciones globales.

En este contexto es responsabilidad de todos el actuar en consecuencia y aportar ayuda y medios a todas las escalas para amplificar la comprensión global de la situación y la necesidad de cambios de comportamiento severos en todos los ámbitos de actuación humana: internacional, regional, estatal, municipal, empresarial e incluso familiar [3].

Debido a la revolución industrial prácticamente la mitad de la población mundial en la actualidad habita en ciudades, lo cual ha supuesto una transformación medioambiental drástica para el planeta y por supuesto para el género humano, aunque normalmente es referenciada como una transformación de ámbito económico. Los estudios y análisis demuestran que las ciudades son importantes nodos de consumo de materiales y energía, lo cual las convierte en parte fundamental de la aceleración que sufre el ritmo de deterioro del medio ambiente. Esto las convierte en elementos no auto sostenibles. Al mismo tiempo, sin embargo, las ciudades y sus habitantes juegan un papel fundamental en conseguir la sostenibilidad global tal y como se desprende del estudio de Rees sobre la incapacidad de las ciudades para desarrollar una actividad sostenible [4].

Existen estudios de gran interés en referencia al desarrollo sostenible y en concreto al estudio nación por nación [5], donde han sido combinados los conceptos de huella ecológica y el índice de desarrollo humano (HDI), obrando incluso estimaciones sobre la capacidad máxima de carga del planeta [6].

Igualmente es interesante destacar un parámetro determinante en la sostenibilidad que en definitiva se podría definir como la "velocidad" de consumo de una referida población que compite directamente con la "velocidad" de regeneración de los recursos naturales [7].

Ante esta arrolladora situación se debe pensar y actuar en la línea de realizar transformaciones encaminadas a la mitigación de las causas y efectos del cambio climático. La posibilidad de aplicar soluciones efectivas depende de la implicación de políticas comunes y de cooperación a todas las escalas, que han de ser capaces de provocar los cambios necesarios para la mitigación de las afecciones climáticas con objetivos de ámbito social.

En definitiva las posibilidades de éxito dependen de la aplicación de estrategias a través de múltiples escalas: internacional, regional, nacional y local. Estas estrategias deberán estar soportadas con medios tecnológicos, herramientas de difusión y transferencia así como recursos económicos que

permitan luchar de forma efectiva contra las causas y efectos del arrollador cambio climático.

En este contexto surge el concepto huella ecológica como una potente herramienta de análisis ambiental con grandes capacidades comunicativas y educativas.

1.2. Introducción conceptual.

El concepto de huella ecológica nace de sus creadores Wackernagel y Rees en el ejercicio de invertir el estándar de capacidad de carga de un territorio. En lugar de preguntarse que cantidad de población es capaz de soportar una región particular de forma sostenible, transformaron la pregunta en: ¿Qué cantidad de superficie productiva de territorio será necesaria para soportar a una población definida de forma estable y sostenible? [4]

Ante esta nueva óptica para abordar el problema de la sostenibilidad surge el concepto de huella ecológica [8].

La huella ecológica es un indicador biofísico de sostenibilidad que integra el conjunto de impactos que ejerce una cierta comunidad (país, región, ciudad) sobre su entorno[9]. Se expresa como el total de superficie ecológicamente productiva necesaria para producir los recursos consumidos por un habitante medio de la sociedad analizada, así como la necesaria para absorber los residuos que genera [10].

En un modo más sencillo fue también definida por Rees como una medida de la demanda de bienes y servicios de una población basada en superficies.

Por último en 2014 los mismos autores aportaban otra forma de definir el concepto como la forma de evaluar el cumplimiento de los dos principios de sostenibilidad definidos por Daly (1990) [11], en definitiva que las cosechas no deben de superar la capacidad de regeneración de los terrenos de cultivo y que las emisiones de residuos no deben superar la capacidad de asimilación de los ecosistemas que los emiten, cuestiones que se tratan en profundidad en estudios específicos [12].

El ejercicio propuesto por los autores originarios del concepto huella ecológica (en adelante también HE), fue suponer una ciudad o población cerrada bajo una cápsula de cristal imaginaria, sin posibilidad de flujo de entrada y salida de energía, bienes, servicios y residuos. Es fácil deducir que esta situación derivaría en la muerte del sistema por falta de recursos. Este simple ejercicio muestra de forma directa el desequilibrio ecológico existente entre carga y capacidad de un sistema por si mismo en el caso de territorios ocupados por la actividad humana.

La huella ecológica está adquiriendo un importante grado de consolidación como indicador de sostenibilidad a nivel internacional. Hasta la actualidad las diferentes sociedades se han comparado con indicadores como es el consolidado y mundialmente reconocido "Producto Interior Bruto (PIB)". Sin embargo, los retos del siglo XXI exigen complementar la información proveniente del PIB con otras medidas que permitan reflejar de forma directa lo referente a sostenibilidad ambiental y bienestar social.

Es importante destacar la relativa juventud del concepto que se hace público de la mano de Rees & Wackernagel en la década comprendida entre 1990 y el año 2000 [13] con su publicación "Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth" en 1996 [10], lo cual despierta aún más el interés sobre la investigación y sus posibilidades. Es destacable que en la actualidad el indicador HE es un tema de interés científico según se refleja en una significativa colección de publicaciones en medios de reconocido prestigio donde se sigue evolucionando en torno a su conceptualización [14] y sus diversas aplicaciones.

La población de Canarias según el Instituto Nacional de Estadística en 2014 asciende a 2.104.815 habitantes mientras que en ese mismo año el número de visitantes a las islas publicado por Frontur asciende a 12.991.012, prácticamente 6 veces la población del archipiélago [15].

Según los datos disponibles en el Instituto Canario de Estadística de las denominadas "Cuenta Satélite del Turismo de Canarias" los efectos directos sobre el Producto Interior Bruto de Canarias ascienden al 33,55% [16].

Los datos anteriores concluyen por tanto en admitir que el territorio de Canarias está fuertemente condicionado por la afección del turismo en el mismo lo que conlleva una importante responsabilidad en el control de las afecciones territoriales y medio ambientales, aspectos que el concepto de "Huella Ecológica" contempla en su concepción primigenia, pero no dispone hasta el momento de un desarrollo específico para el ámbito empresarial en el sector hotelero.

Es obvia por tanto la necesidad de herramientas concebidas para establecer relaciones numéricas simples que ayuden primero a entender la situación de desequilibrio ambiental existente y posteriormente a establecer la estrategia que acerque a las empresas canarias (y a las del mundo) al denominado desarrollo sostenible, tanto en su vertiente ambiental como económica.

A su vez valga insistir en el hecho de que los tejidos urbanos correspondientes con las ciudades son considerados según Wackernagel y Rees agujeros negros, que absorben los recursos de bastos territorios a su alrededor para lograr abastecer sus necesidades [4], si bien ha quedado demostrado que la actividad humana también aporta factores positivos a las variables medioambientales aunque en una menor proporción [17, 18]. A esa conceptualización se suma desde este trabajo el hecho de que la mayor parte de los consumos vinculados a los habitantes de las ciudades pasan por las empresas, bien como prestadoras de servicios o bien como aportadoras de bienes de consumo. Ello hace muy atractiva la idea de poder monitorizar e interactuar con una población a través de la monitorización de las empresas que las asisten.

1.3. Objetivos y estructura de la tesis.

Tras varios años de estudio del sector turístico en las Islas Canarias y conviviendo con una fuerte preocupación por las afecciones medioambientales que de él derivan, el principal objetivo de esta tesis es el diseño de una solución metodológica particular para la aplicación y cálculo del concepto de huella ecológica en el ámbito del sector turístico, lo cual requiere del desarrollo de una nueva concepción metodológica y el cálculo de nuevos

coeficientes y esquemas de solución que permitan una aplicación exitosa.

Es objetivo también de la tesis la aplicación práctica de la metodología a desarrollar en las dos principales agrupaciones que componen el sector turístico en Canarias, los establecimientos hoteleros y los establecimientos extra-hoteleros para conocer los aspectos que comparten y aquellos en los que difieren respecto de sus afecciones ambientales.

Otro de los principales objetivos de este trabajo es desarrollar una metodología práctica, que en su aplicación no sufra de frenos que la marginen al ámbito teórico. Es por esto que se debe conseguir una solución matemática de muy fácil uso y entendimiento, para que pueda ser aplicada con libertad sin la necesidad de dominar complejos conceptos.

Por último, y en la línea del anterior expositivo, con este estudio se persigue también garantizar la privacidad de los datos empresariales en el procedimiento de cálculo de la huella ecológica empresarial, cuestión fundamental para establecer una relación de confianza entre quienes gestionan los establecimientos turísticos y quienes se preocupan de sus afecciones ambientales.

Diseñar una propuesta metodológica para el cálculo de la huella ecológica en el ámbito del sector turístico en el territorio de la Comunidad de Canarias cobra sentido ante los arrolladores datos de significancia económica y poblacional del turismo en las islas.

La presente tesis se ha estructurado en 9 capítulos organizados en dos partes. La primera parte se ha dedicado al estudio del indicador, sus orígenes y su conceptualización. Se han analizado igualmente sus diversas aplicaciones en el ámbito territorial y algunos casos aislados de aplicación en el ámbito de las empresas.

La segunda parte ha sido dedicada al desarrollo metodológico que desde esta tesis se defiende como solución óptima para la aplicación del indicador al ámbito del sector turístico hotelero. Finalmente se ha realizado la aplicación

práctica de la referida metodología al estudio de la huella ecológica de dos establecimientos turísticos, uno hotelero y el otro extrahotelero, concluyendo con el contraste de los datos obtenidos.

CAPÍTULO 2. RESUMEN METODOLOGÍAS ACTUALES.

En las siguientes líneas se procede a revisar los procedimientos metodológicos obrantes en la actualidad para afrontar el cálculo de la huella ecológica, cuya concepción se refiere principalmente al cálculo en ámbitos territoriales (países, ciudades, etc.), si bien se considera desde un origen la aplicación en el ámbito de las empresas o centros de producción. Antes de proceder al abordaje de una nueva propuestas para el sector hotelero, es condición necesaria el estudio del estado del arte en referencia al citado indicador ambiental.

2.1. Secuencia metodológica.

La huella ecológica permite conocer cuanta capacidad biológica del planeta es requerida por una determinada población humana, en relación a sus consumos de recursos, producción de bienes y provisión de servicios. Es por esto que el método desarrollado en la actualidad consiste en esencia en determinar la cantidad de terreno biológicamente productivo que es requerido para producir lo que la referida población consume y para absorber los residuos que la misma genera.

Este dato tiene la capacidad de ser contrastado con el concepto de biocapacidad que en definitiva es una medida de la productividad biológica disponible para el uso humano. En el cálculo de la biocapacidad quedan excluidos terrenos como los desiertos, los glaciares y el océano profundo por considerarse improductivos de forma directa para los fines de consumo de las comunidades humanas.

La metodología de cálculo original de la huella ecológica permite determinar su valor para una persona, una población o incluso un país. En el caso de una persona el cálculo se realiza considerando todos los materiales de origen biológicos consumidos y todos los residuos biológicos generados. Tanto los materiales como los residuos requieren de áreas ecológicamente productivas para los materiales y absorbentes para las emisiones de dióxido de carbono producidas en las actividades humanas. De esta forma el método aborda la transformación de todos estos materiales y residuos en un valor de hectáreas globales requeridas, lo cual permite una lectura directa y comprensible de los

valores dado que se refieren a unidades de algo tangible, territorio.

Para ello, la cantidad de material consumido (toneladas por año) debe ser dividida por la productividad del terreno específico (terrestre o marino) en donde será producido o absorbido.

El número de hectáreas que resultan de este cálculo serán seguidamente convertidas en hectáreas globales mediante factores de equivalencia [19].

El método de cálculo permite por tanto determinar la HE de un grupo de personas mediante la simple suma de la HE de todos sus componentes, como puede ser el caso de un colectivo [20], una ciudad [21] o una nación. Igualmente es posible calcular una HE de la producción de un bien, como un avión, o la provisión de un servicio y se podría abordar de la misma forma como la suma de las huellas ecológicas de todos los elementos y residuos que los componen.

En el caso de cálculo de la HE aplicado a un negocio u organización, es fundamental definir las actividades que serán incluidas dentro de la propia organización para ser computadas en el cálculo [22]. Es por ello que la definición de la actividad hotelera y sus límites a los efectos de la concreción de una propuesta metodológica de cálculo de la HE es de gran importancia de cara a la estandarización del procedimiento. Un caso explicativo es el cómputo del combustible de un avión, que pudiera formar parte de la HE de la aerolínea como explotadora de los aviones, como de la entidad financiera encargada de la financiación del avión, según donde se decida establecer los límites en la definición de una actividad económica objeto de análisis ambiental.

La cuestión de mayor importancia es la aplicación estandarizada de la metodología puesto que una de las claves del indicador es su capacidad y podríamos decir necesidad comparativa, para establecer referencias entre casos y con ello objetivos medio ambientales sectoriales y globales.

Es importante destacar que en la concepción metodológica de la huella ecológica el concepto de "residuo" incluye tres categorías de materiales, y cada una de ellas es tratada de forma diferente en la contabilización de la HE.

En primer lugar los residuos biológicos, como los de productos animales o el dióxido de carbono de los combustibles orgánicos, están todos incluidos en la contabilización de la HE de forma implícita dado que la producción de todas estas materias y recursos biológicos se les considera en procesos cíclicos.

En segundo lugar los residuos de materiales destinados a vertederos, los cuales se contabilizan directamente en relación a la huella ecológica de las infraestructuras propias del vertedero destino.

En tercer lugar, los residuos que se refieren a materiales tóxicos propios de la polución que no pueden ser absorbidos mediante procesos biológicos, como los residuos plásticos. Dado que el indicador HE mide el área biológica productiva requerida para producir o absorber un material, estos materiales no poseen HE por definición y se considera que existen seguimientos más rigurosos a este respecto en otros estudios [23].

Otra cuestión que posee carácter estructurante es la forma en que la HE aborda el uso del agua. Por definición la HE de un recurso material está representada por la cantidad de superficie terrestre o de agua requerida para producir este recurso material. Contradictoriamente el agua es un recurso natural de vida cíclica a través de la biosfera, y no es producido en origen por un área de producción biológica. Los ecosistemas no producen agua como puede ocurrir con la proteína animal o la materia vegetal, sin embargo, el agua es un factor necesario en la producción de recursos biológicos para el uso humano. Por lo tanto la HE de un consumo determinado de agua no puede ser calculado de la misma forma en la que se procede con los consumos de cosechas o madera. Existe el planteamiento de cálculo de la HE del agua basándose en el área necesaria para captar o recargar una determinada cantidad de agua [24]. En cualquier caso el área obtenida por este método no puede ser agregada a las áreas de cálculo de la metodología expuesta de la HE, puesto que cualquier área considerada como de captación de agua pudiera ser contabilizada de forma doble, dado que algún uso propio

tendrá.

A continuación se resume la secuencia metodológica explicada para la aplicación del procedimiento de cálculo en una población.

- Paso 1: En primer lugar se estima el consumo medio anual por persona c_i , partiendo de los datos disponibles de una población y dividiéndolo entre el número de personas de la población. Gran cantidad de datos necesarios para las estimaciones están disponibles en los recursos nacionales de estadística (energía, alimentos, producción, consumos, etc.)

- $c_i = \text{producción} + \text{importación} - \text{exportación}$

- Paso 2: estimación de la superficie de territorio equivalente apropiada por persona (para la producción de cada uno de los principales consumos estimados, representados por el índice (i)), donde p_i representa la productividad en kg/ha del territorio.

- $aa_i = c_i/p_i$

- Paso 3: si se suman todos los términos aa_i se obtendrá la superficie de territorio equivalente por persona correspondiente con el consumo total por habitante, o de otra forma la *huella ecológica por habitante* (he).

- $he = \sum_{i=1}^n aa_i$

- Paso 4: finalmente se obtiene la huella ecológica (HE) de la población de tamaño N como resultado del producto:

- $HE = N * (he)$

Este método de cálculo, en lo referido a los datos, está soportado en gran medida gracias a la existencia de institutos nacionales de estadística, ministerios y organizaciones que facilitan la masa de datos necesaria.

Uno de los valores destacables de este cálculo tan estandarizado (incluso en sus fuentes de datos) es que permite la fácil comparación entre diversas poblaciones (países, ciudades, etc.) de forma directa y por tanto establecer análisis globales de resultados a nivel mundial. No debemos obviar que la metodología original está en continuo desarrollo de mano de sus autores y la comunidad científica [25].

2.2. Categorización de los consumos.

Este método de cálculo facilita la recolección de datos adaptándose a las clasificaciones utilizadas por los institutos nacionales de estadística. Basados en este principio se estructuran los consumos en cinco categorías principales.

CATEGORÍA	TIPO DE CONSUMO
A	ALIMENTO
B	VIVIENDA
C	TRANSPORTE
D	BIENES CONSUMIBLES
E	SERVICIOS

Tabla 1: Categorización de los consumos para el cálculo de la HE.

Para un análisis más detallado, estas categorías podrían ser subdivididas tanto como se requiera. Por ejemplo el transporte se podría dividir en público y privado. En todo caso las subdivisiones deberían responder a la necesidad de detalle que se desee en una categoría determinada.

2.3. Clasificación del territorio y sus usos para la estimación de la HE.

Las principales categorías de territorio definidas, así como sus usos, según el

presente método para la estimación de la HE, son las que a continuación se describen.

El hecho de que el indicador huella ecológica se exprese en unidades de superficie de territorio, mediante hectáreas equivalentes, conlleva la necesidad de clasificar la superficie terrestre en diferentes categorías a los efectos de cálculo de la HE.

Son muchos los documentos y publicaciones que hacen referencia al método y la clasificación del territorio para acercar al lector a este todavía joven concepto [26, 27, 28]. Se procede a una explicación somera con el fin de aclarar la referida clasificación.

Como se indicó con anterioridad, el ejercicio propuesto por los autores del concepto HE [4] consiste en suponer una ciudad, en este caso rodeada de los diversos recursos naturales (terrestres y marinos) necesarios para abastecer sus necesidades. De esta forma los consumos propios de una comunidad se traducen de forma simplificada en las siguientes tipologías de territorio propuesto por los autores del método:

CLASIFICACIÓN	USOS Y CAPACIDADES
CULTIVOS	Superficies con actividad agrícola y por tanto representan la porción de la tierra destinada a la mayor producción desde la perspectiva ecológica
PASTOS	Superficies utilizadas para el pastoreo de ganado y consideradas menos productivas que las superficies de cultivo
BOSQUES	Superficies forestales de importante densidad
MAR PRODUCTIVO	Superficies de mar productivas biológicamente para el aprovechamiento de la humanidad.
SUPERFICIE ARTIFICIALIZADA	Superficie que se corresponde con áreas urbanas e infraestructuras.
SUPERFICIE DE ABSORCIÓN CO ₂	Superficies de bosques asignadas a la absorción de las emisiones de CO ₂ derivadas del consumo de combustibles fósiles.

Tabla 2: Clasificación teórica del territorio según sus usos o capacidades.

De esta forma, cualquier bien que forma parte de los consumos de la población de estudio deberá tener una relación directa con alguna de las

clasificaciones de territorio expuesto en lo referente al origen de su producción.

2.4. Método de cálculo de ratios de energía vs suelo.

Una vez quedan definidos los principales consumos y categorías de terreno propuestos por el método, se debe establecer la conexión entre cada categoría de consumo y sus requerimientos en superficies de terreno, lo cual se realiza con el procedimiento que sigue.

Los datos se disponen de forma matricial donde las filas alojan los consumos y las columnas los terrenos utilizados en la se denominaría matriz de cálculo de la HE.

Las filas están divididas en las 5 categorías de consumos; alimentos, vivienda, transportes, bienes de consumo, y servicios.

Los datos de cada una de estas filas no sólo representan la ocupación de terreno de cada uno de los consumos, también incorporan el terreno necesario para la producción y mantenimiento de los referidos consumos.

De esta forma las columnas de la tabla que sigue representan los siguientes conceptos definidos por sus autores [2]:

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
A	Terreno equivalente de energía fósil para cada ítem de consumo usando un ratio de 1 hectárea para 100 gigajulios por año.
B	Cantidad de terreno construido y/o degradado
C	Terreno de cultivo de frutas y vegetales
D	Otros cultivos.
E	Terrenos de pastos utilizados por los principales animales productores de carne.
F	Terrenos de bosques.

Tabla 3: Clasificación del territorio según Rees y Wackernagel.

Finalmente la matriz de cálculo de la HE se expresaría de la siguiente forma

	CULTIV.					TERRENO FORESTAL	TOTAL
	TERRENO ENERGÍA	TERRENO DEGRA.	FRUTA. VERD.	OTROS CULTIV.	PASTOS		
1. ALIMENTO	0,33		0,02	0,60	0,33	0,02	1,300
1.1 Fruta, Vegetales, Grano.	0,14		0,02	0,18		0,01	
1.2 Productos animales	0,19			0,42	0,33	0,01	
2. VIVIENDA	0,41	0,08	0,00			0,40	0,892
2.1. Construcción	0,06					0,35	
2.2 Costes operacionales.	0,35					0,05	
3. TRANSPORTE	0,79	0,10					0,890
3.1. Transporte privado.	0,60						
3.2. Transporte público.	0,07						
3.3. Mercancías	0,12						
4. BIENES DE CONSUMO	0,52	0,01		0,06	0,13		0,720
4.1. Empaquetado.	0,10					0,04	
4.2. Ropa	0,11			0,02	0,13		
4.3. Mobiliario y aplicaciones	0,06					0,03	
4.4. Libros y revistas	0,06					0,10	
4.5. Tabaco y alcohol	0,06			0,04			
4.6. Cuidado personal	0,03						
4.7. Objetos recreativos	0,10						
4.8. Otros bienes	0						
5.1 SERVICIOS	0,29	0,01					0,003
5.1. Governam. y militares	0,06						
5.2. Educación	0,08						
5.3. Salud	0,08						
5.4. Servicios sociales	0						
5.5. Turismo	0,01						
5.6. Entretenimiento	0,01						
5.6. Financieras	0						
5.7. Otros servicios	0,05						
TOTAL	4,68	0,2	0,042	1,32	0,92	1,01	3,805

Tabla 4: Matriz de cálculo (ha/habitante) de la HE según Rees y Wackernagel.

Los datos aportados en la tabla se refieren a valores promedio de las productividades ecológicas expresados en hectáreas por habitante, para el caso de Canadá.

Estos datos proveen una aproximación razonable y alumbradora sobre la situación en la que se encuentran las comunidades poblacionales, en concreto

de la dependencia que tienen las zonas urbanas e industriales de la productividad de terceros.

2.5. Análisis crítico del indicador.

El indicador huella ecológica está vinculado al hecho de que la demanda de los humanos compite por un ámbito biológico finito. La sostenibilidad ambiental pasaría por no requerir a este ámbito más de lo que es capaz de producir. En definitiva los recursos no deberían ser consumidos a mayor velocidad de lo que son regenerados [29], por lo que resulta de gran relevancia conocer los consumo de recursos vinculados a la biocapacidad y aquellos vinculados a reservas naturales [86].

En palabras de sus creadores, la mayor fortaleza del indicador HE es su simplicidad [1]. El método facilita una intuitiva y visual herramienta de comunicación para explicar uno de los principales problemas del desarrollo sostenible. Una de sus fortalezas es sin duda la habilidad de comunicar de forma simple y gráfica la naturaleza y magnitud de la conexión biofísica entre la humanidad y el medio ambiente.

Es cierto que el indicador adolece también de estatismo no pudiendo ser un elemento dinámico y continuo, tal y como es la naturaleza de los sistemas que estudia (naturaleza y economía). Todo ello implica que es un indicador que no incluye la capacidad de predecir, si bien los datos que arroja conducen a las claves para reaccionar ante determinadas situaciones con sencillas interpretaciones [30].

Existen ciertas simplificaciones, que a continuación se relacionan, inherentes al concepto de HE que se deben hacer explícitas para mayor comprensión de las capacidades y limitaciones del mismo:

1. En el concepto de HE no quedan contabilizados diversos impactos, como son la contaminación del agua, del suelo, la erosión, la contaminación atmosférica (a excepción del CO₂), etc.
2. Como simplificación se da por cierto que las prácticas en los sectores productivos agrícola, ganadero y forestal son sostenibles, obviando la necesidad de periodos de descanso.

3. En la HE no se consideran los impactos asociados al uso del agua, únicamente los que corresponden con la ocupación de suelo por infraestructuras hidráulicas.
4. Aquellos aspectos cuyo procedimiento de cálculo sea dudoso se excluyen y en su caso se escogen siempre las opciones de menor valor, manteniendo siempre un espíritu conservador.
5. El cálculo de la HE evita la aplicación doble en terrenos capaces de producir más de un bien (por ejemplo cosechas y agua).

En definitiva, las anteriores aclaraciones manifiestan que la metodología en sus consideraciones básicas es muy optimista y contenida, a pesar de la dureza de los resultados que arrojan los cálculos en los casos de aplicación práctica.

También se debe recoger en la primera parte expositiva del presente documento la disconformidad [87] por parte de algunos en la interpretación del concepto de HE y su capacidad de síntesis [88]. En la opinión de quien escribe la profundidad de las contradicciones reside en el deseo oculto de convertir la química en matemáticas. Las ciencias no han de ser todas exactas y no por utilizar el aparato numérico se debe ansiar la exactitud matemática de todos los datos.

En concreto existen cuestiones en relación al concepto de HE [31] de cierto fundamento que pretenden cuestionar su validez, si bien obra documentación que en cierta medida avala la utilidad y autoridad del indicador [32], contradiciendo a las anteriores. A continuación se relacionan las principales cuestiones que a este respecto forman parte de la bibliografía consultada:

1. Obra una crítica a considerar que cuestiona la HE como una representación poco concreta o incluso de carácter virtual. Se cuestiona el concepto de hectáreas equivalentes por no existir tal expresión territorial en el planeta tierra de forma natural. Sin embargo todos los flujos de datos registrados para los cálculos proceden de valores obtenidos en territorios reales. Por lo que su combinación no debiera considerarse una virtualización sino el resultado de cálculo, y en todo caso una interpretación válida de la realidad.

2. Otra cuestión crítica recogida en la bibliografía consultada es que en el cálculo de la HE no se recogen todas las variables de presión medio ambiental que afectan a una población estudiada. Ante este hecho habría que cuestionar que el carácter global (desde la perspectiva territorial), no debe implicar necesariamente que el análisis recoja absolutamente todos los datos del entorno a estudiar. De hecho esta pretensión haría inabordable casi cualquier estudio de ámbito territorial por su densidad.
3. Se produce una confusión lógica ante la existencia del concepto huella de carbono, que aparentemente compite con el concepto de huella ecológica, donde además este último incluye un componente de huella de carbono.

Al respecto de esta tercera y última cuestión, cabe destacar el hecho de que son muchas las organizaciones que utilizan el término "huella de carbono" para referir las cantidades de dióxido de carbono emitido asociado con una actividad, proceso o producto [33], tal y como obra en diversas publicaciones de interés [34, 35]. La huella de carbono normalmente se mide en toneladas de dióxido de carbono equivalente, y desde la perspectiva de la huella ecológica es tan solo una parte del análisis completo de "Huella". Dentro del cálculo de la HE los datos de emisiones de dióxido de carbono son traducidos a hectáreas equivalentes globales requeridas para absorber estas emisiones. Estas hectáreas globales de huella de carbono son añadidas al resto de componentes de la HE obteniéndose así un valor total y no parcial de la HE de una población.

Por lo tanto se puede considerar que la componente de carbono de la huella ecológica, denominada también huella de carbono, en contraprestación al concepto "Huella de Carbono" a secas, aporta una mejor comprensión de la situación descrita al utilizar unidades físicas de hectáreas equivalentes frente a las referidas unidades de toneladas de un material en estado gaseoso. Esto último de muy difícil comprensión para los seres humanos. No obstante, una interesante discusión al respecto de estos dos conceptos fue desarrollada por la universidad de Santiago de Compostela en su documento sobre la utilidad de la huella ecológica y la de carbono [36].

CAPÍTULO 3. LA HUELLA ECOLÓGICA EN CIFRAS.

3.1. Introducción.

Con el fin de adquirir la capacidad de evaluar los resultados de aplicación de la presente propuesta metodológica, es preceptivo incluir algunos datos de referencia de carácter absoluto que ayuden a comprender con facilidad la utilidad del indicador HE y sus escalas.

Se ha planteado profundizar en los datos a escala global (internacional), nacional y en concreto para la comunidad autónoma de Canarias.

Se aprovechará también para contrastar los valores de los tres ámbitos para así disponer de capacidad de evaluación ante los resultados de la aplicación de la propuesta metodológica objeto de este documento.

3.2. La huella ecológica mundial.

La huella ecológica de la demanda de la humanidad a nivel mundial en el año 1961 fue estimada en 0,7 planetas y su cálculo actualizado al año 2008 dio como resultado el valor de 1,5 planetas. Es decir, en menos de 50 años el valor se ha duplicado y además ha superado la barrera de lo sostenible. Esta situación se ve agravada por la eclosión de nuevas industrializaciones en países emergentes [37].

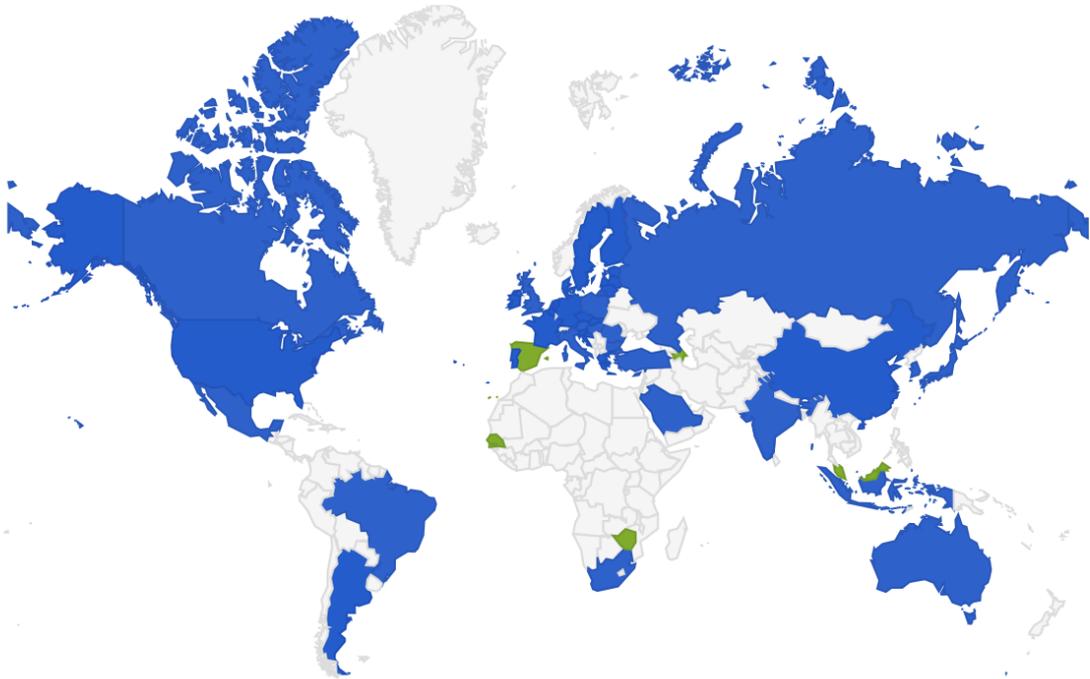
En este contexto los países del G20 para el año 2015 (Argentina, Australia, Brasil, Canadá, China, Francia, Alemania, India, Indonesia, Italia, Japón, República de Corea, México, Rusia, Arabia Saudí, Sudáfrica, Turquía, Reino Unido, Estados Unidos y la Unión Europea*) que ocupan una superficie muy significativa del globo terrestre y se definen como la plataforma premier para los retos de la economía y finanzas globales, presididos por Turquía, en su agenda de 2015 han presentado entre sus tres pilares de actuación el denominado "Buttressing Sustainability", [38] cuya explicación reza literalmente como sigue:

* Resulta contradictorio que en su definición la organización G20 consideren a la Unión Europea como un "país" miembro. A su vez es contradictorio que países de la Unión Europea no formen

parte del G20, por ejemplo España, que resulta estar únicamente "invitado".

"To buttress sustainability in the global economy, we will be focusing on the issues of development, energy and climate change finance. Our central focus will be lifting prosperity across the globe, with a particular focus on supporting efforts to eradicate poverty and ensure sustainable development in LIDCs"

A continuación se incluyen gráficas y datos referentes a una selección significativa de países del G-20 (Organización que estudia, examina y promueve la discusión entre los principales países industriales y de mercados emergentes sobre aspectos de política vinculados con la promoción de la estabilidad financiera internacional) y que además representa a un porcentaje muy significativo del planeta como queda manifiesto en el mapa a continuación.

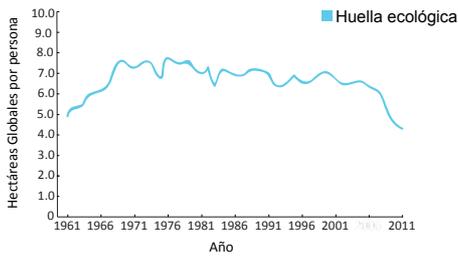


Gráfica 006: Mapa político que muestra los países partícipes del G-20 en azul. En verde los países denominados invitados entre los que se encuentra España.
Fuente: www.g20.org/about-g20/g20-member-map/ (año 2015).

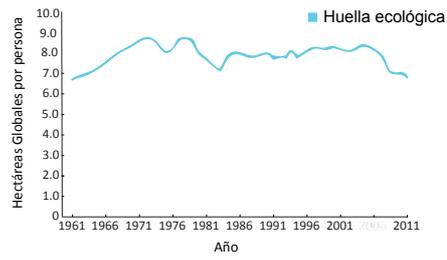
A continuación se incluye la representación gráfica de la HE de los principales países del G20 en la última revisión realizada a nivel mundial. La fuente de datos utilizadas para la elaboración de las gráficas es la página web de la organización Footprint Network, recurso en el cual se hace seguimiento a la evolución de la HE de las naciones [39]:

<http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/trends/>

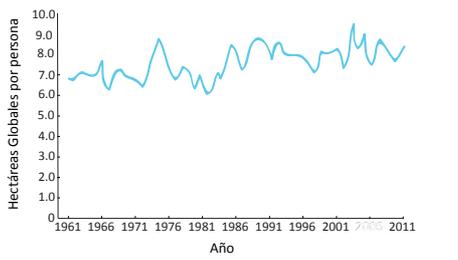
Dinamarca



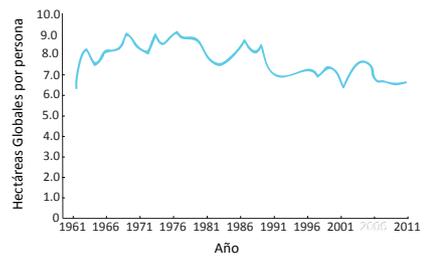
Estados Unidos



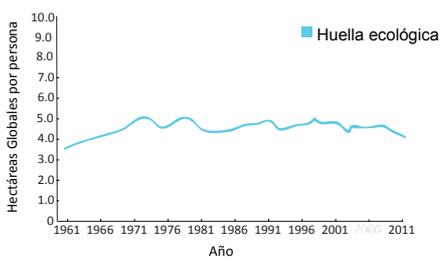
Australia



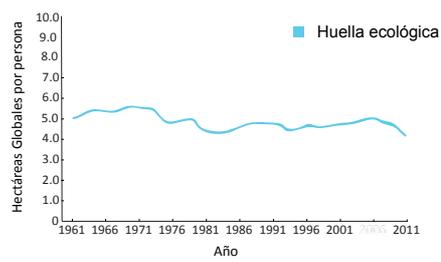
Canadá



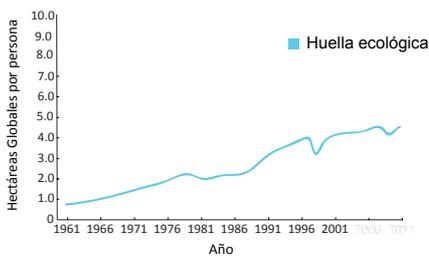
Francia



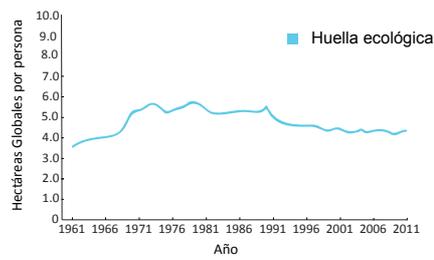
Reino Unido



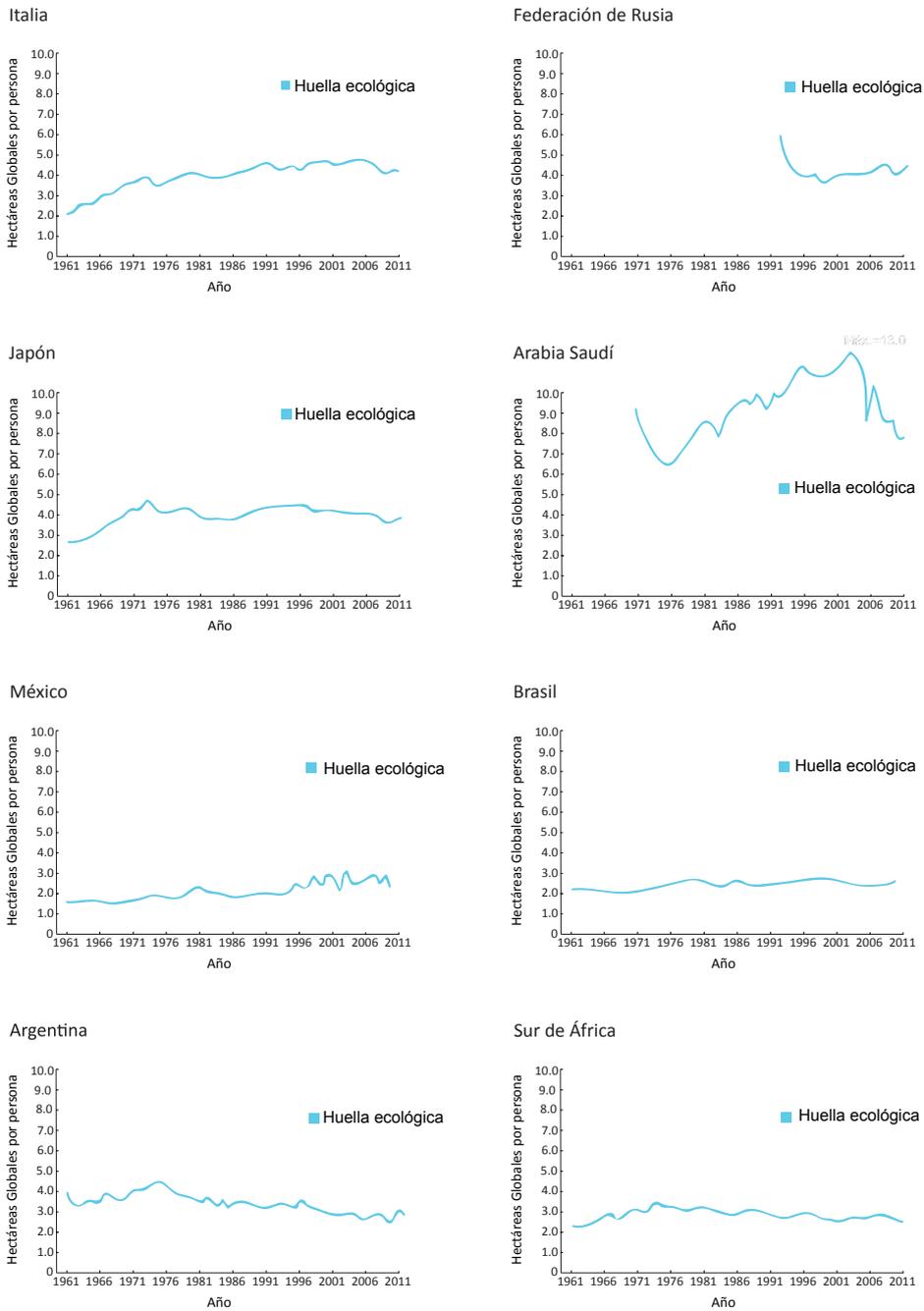
República de Corea



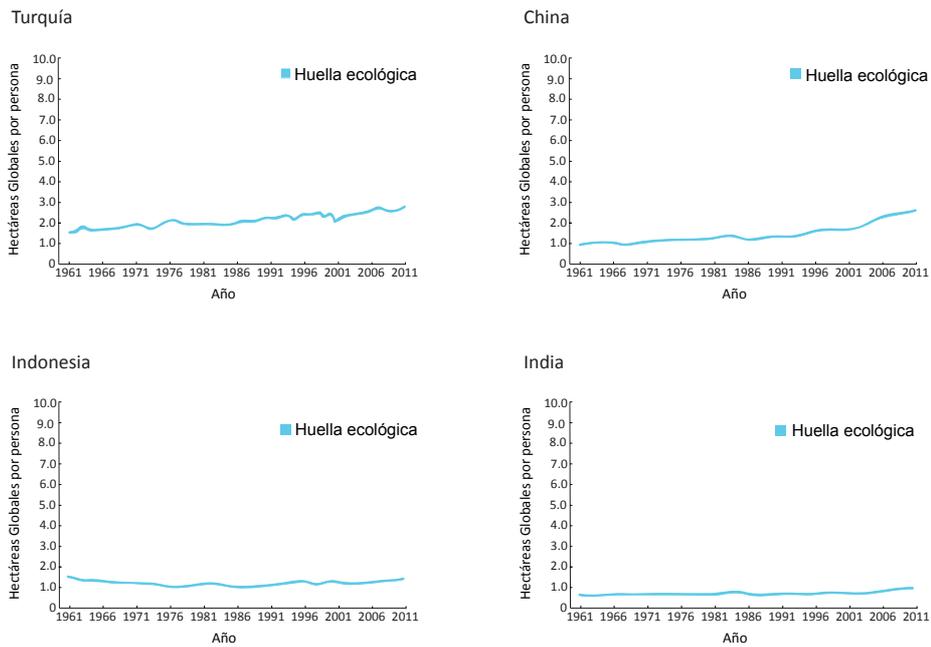
Alemania



Gráfica 007: HE de principales países del G20 (parte 1).



Gráfica 007: HE de principales países del G20 (parte 2).

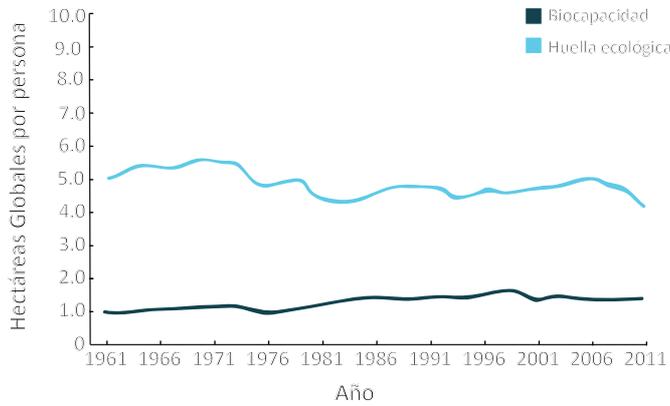


Gráfica 007: HE de principales países del G20 (parte 3).

De las gráficas anteriores debemos destacar varias cuestiones principales. En primer lugar tomamos el pulso de los valores actuales del indicador HE para diferentes naciones. Observamos como los denominados países con mayor desarrollo poseen un valor de HE que oscila entre 4 y 9 hectáreas globales por habitantes.

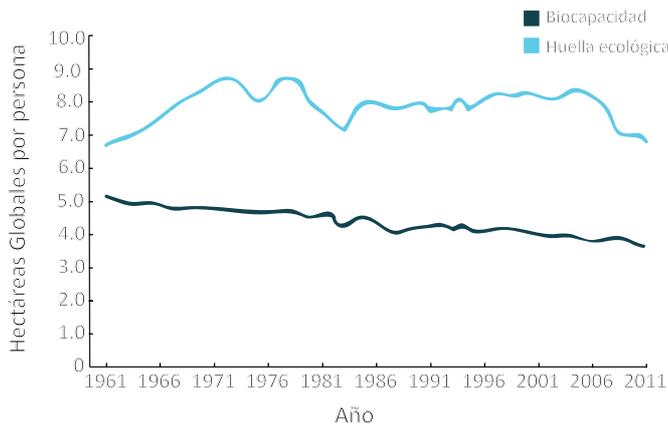
Si observamos para alguno de estos países el contraste existente entre huella ecológica y biocapacidad resultaría la siguiente gráfica.

Reino Unido



Gráfica 008: HE versus biocapacidad Reino Unido

Estados Unidos



Gráfica 009: HE versus biocapacidad Estados Unidos

Destaca el hecho de que en estos mismos países la HE supera de forma alarmante la biocapacidad del referido territorio.

Sin embargo, son pocos los países en los que sucede lo contrario, siendo la

biocapacidad muy superior a la HE.

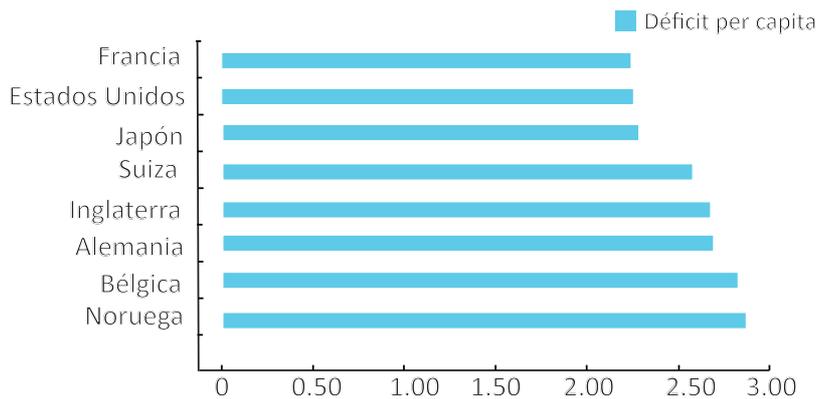
De los datos anteriores se deducen tres afirmaciones sencillas y contundentes.

1. Los países desarrolladas consumen el doble o triple de la biocapacidad que disponen.
2. Son pocos los países que consumen menos de la biocapacidad que disponen.
3. Por tanto los países desarrollados sostienen su desequilibrio gracias a la biocapacidad de los países menos desarrollados, situación claramente insostenible a medio plazo.

Esta situación es típica en las regiones con altos niveles de ingresos y en ocasiones en países enteros, como se deduce de los datos mostrados. Como hemos comprobado la mayoría de los países intensamente industrializados tienen un déficit ecológico de un orden de magnitud superior a la capacidad de los terrenos productivos de su propio territorio. En la tabla se muestra una estimación conservadora del déficit por habitante de una muestra de países [1].

PAÍS	DEFICIT ECOLÓGICO POR HABITANTE
NORUEGA	2,85
BÉLGICA	2,80
ALEMANIA	2,66
INGLATERRA	2,65
SUIZA	2,56
JAPÓN	2,26
ESTADOS UNIDOS	2,23
FRANCIA	2,22

Tabla 5: Déficit ecológico por habitante - muestra de países del G20.



Gráfica 010: Déficit por habitante diversos países G20

Cabría destacar un dato no menos relevante, y es que la biocapacidad del planeta tierra es aproximadamente 2,18 ha/persona [40].

Estos datos de escala internacional arrojan una nueva perspectiva a la interpretación de los modelos económicos existentes y su valía. Por ejemplo, Japón y Noruega son países que disponen de un balance económico positivo y se consideran economías prosperas en terminología monetaria, hasta el punto que de ser usada comúnmente en Europa la referencia de los países del norte de Europa como modelos a seguir. Sin embargo desde las perspectiva de sostenibilidad medio ambiental para Noruega se estima que la HE asciende a 3,3 hectáreas/habitante de valor, lo cual supone que la nación tiene una expresión territorial de HE aproximadamente 15 veces superior a la superficie de su territorio.

Este contraste entre éxito económico y fracaso en sostenibilidad ambiental provoca una dura contradicción en tiempos en los que el principal parámetro de medición, y quizás único considerado, es el denominado crecimiento económico.

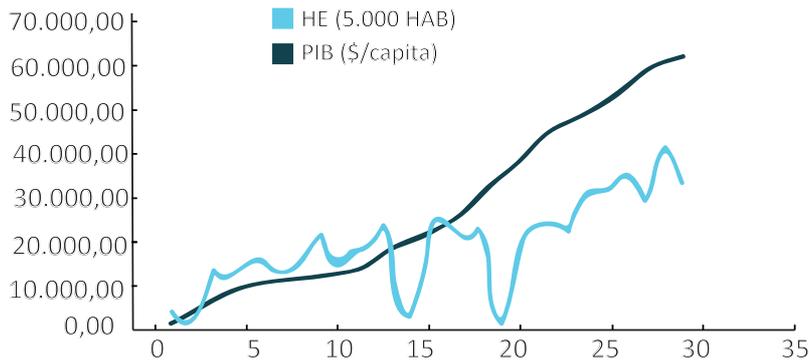
A continuación se ha realizado el ejercicio de combinar para la serie correspondientes a los países del G20, como subconjunto representativo de la economía mundial y gran parte del territorio del planeta tierra, los datos de PIB (Producto interior bruto) [41] y los datos expuestos de HE para el año

2014.

PAÍS	PiB(\$/Cápita)	HE (5.000 hab)
India	1.630,80	4.350,00
Indonesia	3.514,60	5.650,00
Sudáfrica	6.477,90	12.950,00
China	7.593,90	10.650,00
Rumanía	9.996,70	14.200,00
México	10.361,30	16.500,00
Turquía	10.542,80	12.750,00
Brasil	11.612,50	14.650,00
Rusia	12.735,90	22.000,00
Argentina	12.922,40	13.550,00
Hungría	13.902,70	17.950,00
Polonia	14.422,80	19.700,00
Eslovaquia	18.416,50	23.300,00
República Checa	19.553,90	26.350,00
Grecia	21.682,60	24.600,00
Eslovenia	23.962,60	26.050,00
Arabia Saudí	25.409,00	19.950,00
República de Corea	27.970,50	23.100,00
Italia	34.960,30	22.600,00
Japón	36.194,40	20.850,00
Francia	42.736,20	24.550,00
Reino Unido	45.603,30	23.550,00
Alemania	47.627,40	22.850,00
Canada	50.271,10	32.150,00
Países Bajos	51.590,00	31.700,00
Estados Unidos	54.629,50	35.950,00
Suecia	58.887,30	28.550,00
Dinamarca	60.634,40	41.250,00
Australia	61.887,00	33.400,00

Tabla 6: Déficit ecológico per cápita - muestra de países del G20.

Es importante destacar que se ha realizado una adaptación de escala al multiplicar los datos de HE por cada 5.000 habitantes, para que ello nos permita realizar una gráfica donde poder contrastar la evolución de ambos indicadores, el indicador económico internacional por antonomasia, con el que pudiera ser el indicador ambiental con mayor capacidad de comunicación.



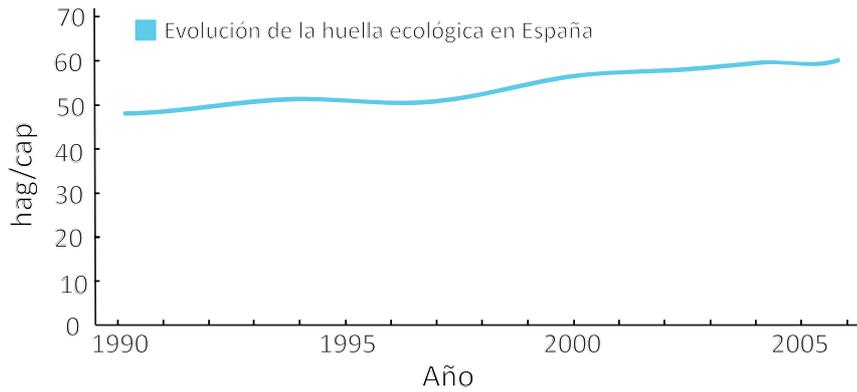
Gráfica 011: HE versus biocapacidad Estados Unidos

Esta representación gráfica transmite con claridad una cierta correspondencia directa o proporcionalidad entre crecimiento económico y aumento de presión sobre el medio biótico por parte del ser humano, lo cual despierta serias dudas sobre la viabilidad o realidad del quizás malentendido crecimiento.

3.3. La huella ecológica de España.

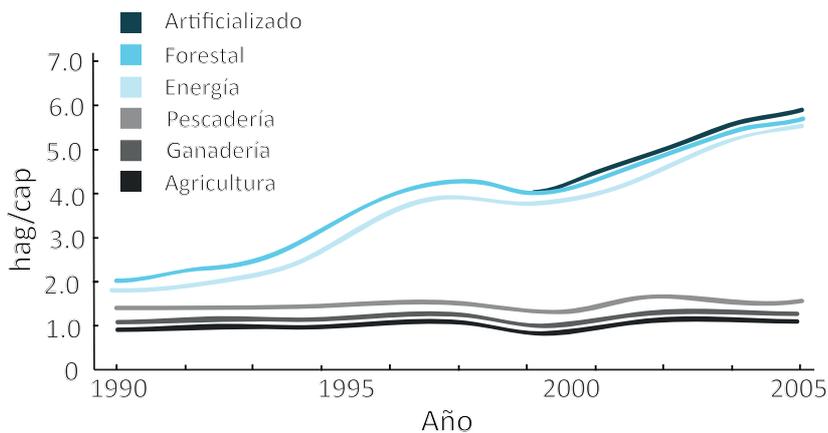
Son varias, aunque no muchas, las referencias que existen relacionadas con el cálculo de la huella ecológica en territorio español o sus comunidades [42, 43], si bien la principal fue promovida por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino del Gobierno de España en el año 2008 [27] donde se aborda el cálculo para todo el territorio español organizado por comunidades. Como se explica en el caso de la HE de Andalucía [44], uno de los principales retos para el correcto abordaje del cálculo estriba en la calidad de los datos existentes. Normalmente los grandes ámbitos territoriales (p.ej: países) disponen de cantidad y calidad de datos mientras que los casos de ámbitos más pequeños, como ciudades o poblaciones, disponen de menos recursos a este respecto.

En referencia al referido estudio para España, se obtiene que la huella ecológica por habitante en el año 2005 se sitúa en 6,4 hectáreas globales de territorio productivo anual. Entre los años 1995 y 2005 ha existido un aumento del 19% con un ritmo de aumento de 0,1 hectáreas al año.



Gráfica 012: Evolución huella ecológica española. Periodo 1990 – 2005

Los datos históricos representados gráficamente en el intervalo comprendido entre 1955 y 2005 confirman la tendencia constante del último medio siglo al alza. Si se analiza la huella ecológica por componentes, resulta la gráfica que se acompaña, en la cual se detecta los principales aumentos referidos a las actividades vinculadas directamente a la población:

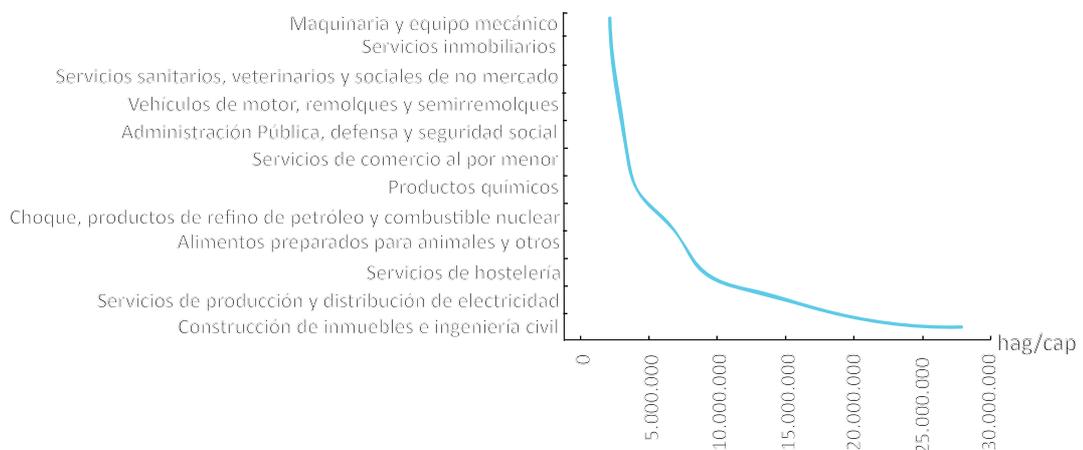


Gráfica 013: Evolución huella ecológica española por componentes. Periodo 1955 - 2005

De los datos anteriores se deduce que los componentes de la huella con mayor peso son los debidos a consumos energéticos, los cuales han supuesto el 68% de la huella en el año 2005.

Igualmente las componentes de la pesca y los pastos representan en suma el 33,3% de la huella del mismo año.

Otro dato de gran interés resulta de la descomposición de la huella ecológica del consumo energético de las categorías de bienes y servicio con mayor impacto, cuyos datos se corresponden al año 2000 [27].



Gráfica 014: Huella ecológica del consumo energético de España descompuesto

3.4. La huella ecológica de Canarias.

Es el propio Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino del Gobierno de España [27] quien también aborda el cálculo de la huella ecológica para la comunidad autónoma de Canarias.

Los resultados concluyen que Canarias contribuye a la HE nacional con 4,7 ha/habitante, manifestando un déficit ecológico de 7.446.096 ha equivalentes dada su baja biocapacidad.

CAPÍTULO 4. MARCO TEÓRICO ACTUAL.

4.1. Introducción.

La HE es un indicador que nace con vocación territorial si bien desde su concepción se contempla su aplicación a cualquier ámbito. Desde su aparición en 1996 han sido múltiples sus aplicaciones presentes en un importante número de publicaciones científicas de reconocido prestigio. A estas nos referimos a continuación diferenciando dos abordajes principales. En primer lugar una breve representación de aquellas que aplican en ámbitos de tipo territorial y en segundo lugar revisaremos las experiencias consideradas como más relevantes en el ámbito empresarial el cual es objeto del presente estudio, para su particularización en el ámbito del sector hotelero.

Cabe destacar que el concepto HE continúa en evolución y también existen experiencias de aplicación del mismo encaminadas a la contabilización del capital natural [45] de la mano de Wackernagel.

4.2. Aplicación de la HE en ámbitos territoriales.

El principal referente de la HE a nivel mundial en lo que respecta a cálculos territoriales es sin duda alguna es el recurso online www.footprintnetwork.org

Footprint Network se presenta como un comité de expertos que proveen servicios para la determinación de la huella ecológica con el fin de facilitar herramientas para las decisiones políticas en el ámbito internacional.

El primer cálculo sistemático existente en la documentación consultada, con el que se incició la HE y la biocapacidad de las naciones, comienza en 1997 [46]. Posteriormente en 2003 la organización Global Footprint Network comienza con las denominadas NFA (National Footprint Accounts) que en la actualidad han sido aplicadas a más de 200 países con datos desde 1961 hasta 2008.

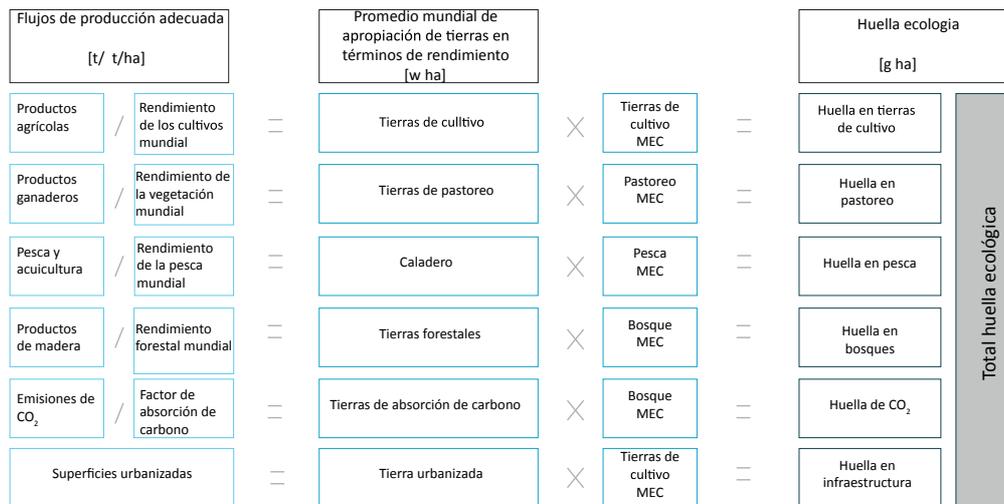
La metodología aplicada por esta organización es en esencia la metodología originaria, la cual ha sufrido un significativo proceso evolutivo que queda recogido en publicaciones científicas [47] y a su vez ha sido utilizado en las denominadas National Footprint Accounts (NFA) aplicadas a más de 200

países alrededor del mundo.

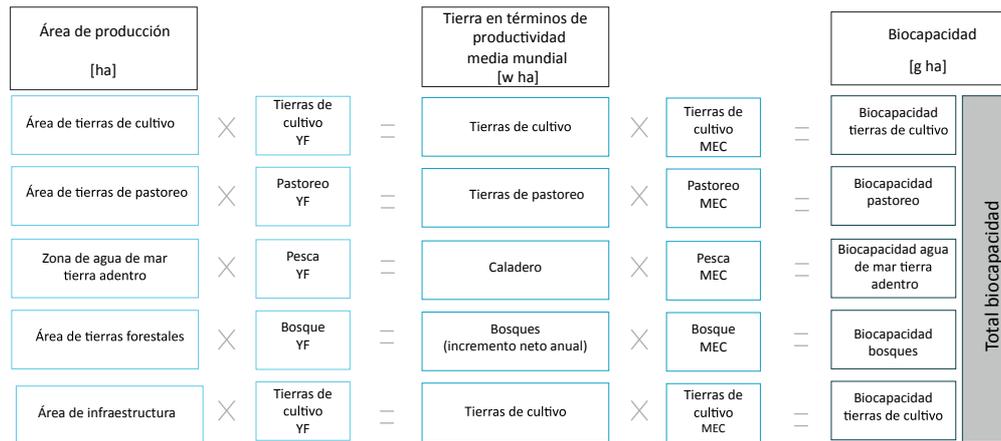
Las fuentes de datos utilizadas en la generación de las NFA provienen principalmente de agencias nacionales y también de organizaciones afiliadas como la FAO (Food and Agriculture Organization) de las Naciones Unidas (FAOSTAT 2001), o la división estadística de Naciones Unidas (UN Commodity Trade Statistics Database – UN Comtrade, 2011), y la agencia internacional de la energía (IEA, 2011).

Existen también planteamientos complementarios como el método de input-output que complementa a las NFA en la obtención de datos de HE a partir de los datos obrantes de naciones [48] y avances significativos en el análisis de la HE [49]

El esquema de trabajo utilizado en la NFA [50] queda reflejado de forma sintética en el esquema adjunto, tanto para la huella ecológica como para la biocapacidad.



Gráfica 15: Esquema de trabajo para el cálculo de la Huella Ecológica



Gráfica 16: Esquema de trabajo para el cálculo de la biocapacidad

Se observa una discrepancia entre el cálculo de HE y biocapacidad en el número de categorías de suelo entre uno y el otro. La razón para esta discrepancia es que existen dos categorías, absorción de CO₂ y productos forestales, en las demandas (HE) que compiten por la misma categorías de biocapacidad: terreno de bosques.

A continuación se acompaña una síntesis de la formulación utilizada para los cálculos referidos a contextos territoriales nacionales en las NFA.

$$EF_P = \sum \frac{P_i}{Y_{N,i}} \cdot YF_{N,i} \cdot EQF_i = \sum \frac{P_i}{Y_{W,i}} \cdot EQF_i$$

P: Cantidad de cada producto primario cosechado (o dióxido de carbono emitido) en la nación

$Y_{N,i}$: Producción media anual de cada producto i (o su capacidad de absorción en caso de que P sea dióxido de carbono)

$YF_{N,i}$: Factor de rendimiento de la producción de cada producto i

$Y_{W,i}$: Producción media mundial de un producto i

EQF: Factor de equivalencia del tipo de terreno

$$Y_{W,D} = Y_{W,P} \cdot EXTR_D$$

$Y_{W,D}$ y $Y_{W,P}$: Representan la media de producción anual de producto derivado y el primario respectivamente

$$BC = \sum A_{N,i} \cdot YF_{N,i} \cdot EQF_i$$

$\sum A_{N,i}$: Área bioproductiva disponible para producir el producto i

$$YF_i = \frac{\sum_{iEU} A_{W,i}}{\sum_{iEU} A_{N,i}}$$

YF_i : Ratio de una producción nacional respecto de la mundial

$A_{W,i}$ y $A_{N,i}$: Área necesaria para producir la producción nacional y mundial de un producto

U: Conjunto de productos primarios que una tipología de terreno es capaz de producir

Donde:

$$A_{N,i} = \frac{P_i}{Y_{N,i}} \quad A_{W,i} = \frac{P_i}{Y_{W,i}}$$

Otro aspecto fundamental del cálculo de las NFA reside en el valor de los factores de equivalencia EQF. La asignación de pesos a las distintas tipologías de terreno no se hace por la producción real de cada uno en el año en curso, sino por la capacidad productiva de cada tipo de terreno.

En el modelo GAEZ se divide el territorio del planeta en cinco categorías basadas en el cálculo de la potencial productividad en cosechas asumiendo el uso agrícola del territorio. A cada terreno se le asigna un "índice de adecuación":

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	VALOR
VS	MUY ADECUADO	0,9
S	ADECUADO	0,7
MS	MODERADAMENTE ADECUADO	0,5
mS	ADECUACIÓN MARGINAL	0,3
NS	NO ADECUADO	0,1

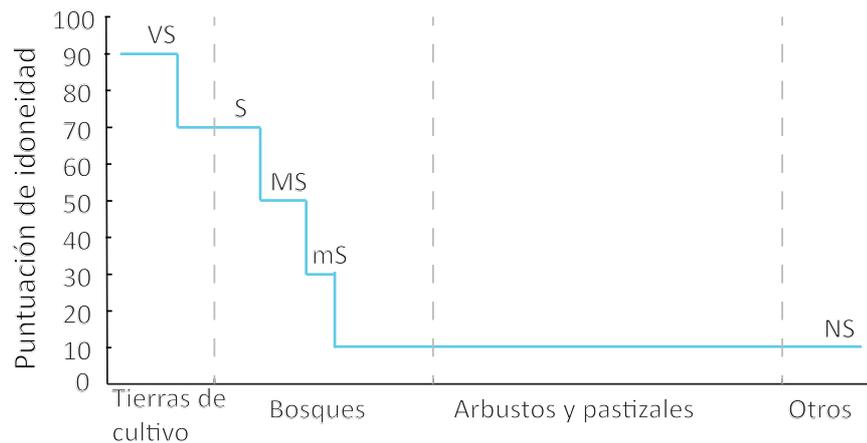
Tabla 7: Índices de adecuación método GAEZ.

El modelo de cálculo utilizado por las NFA se basa en suponer que en un país los terrenos de mayor nivel de adecuación se destinan a la campos de cultivo.

Los restantes terrenos con cierto nivel de adecuación serían terrenos destinado a bosques. Y por último los terrenos de menor nivel de adecuación sería destinados a pastos.

Todos los años se actualiza el cálculo de los coeficientes de equivalencia como el ratio del índice medio de adecuación mundial de un tipo de terreno entre la media del índice de adecuación de todos los tipos de terreno mundial.

De forma esquemática se representa este cálculo en la gráfica adjunta:



Gráfica 017: Representación esquemática del cálculo de los factores de equivalencia.

En esta gráfica la superficie total de área productiva de un país queda representada por la longitud del eje x. En la dirección del eje y, se representan tres divisiones que separan tres tipologías de terreno propuestas por el método GAEZ para las cuales se determinará el factor de equivalencia:

TIPOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
1	TERRENO DE CULTIVOS
2	TERRENO DE BOSQUES
3	TERRENO DE PASTOS

Tabla 8: Tipologías de terreno - método GAEZ.

Nuevamente la longitud de las barras horizontales muestran la superficie disponible para cada tipo de terreno y su valor en el eje refleja el valor de adecuación entre 10 y 90.

Se observa como esta evolución metodológica asimila los terrenos antropizados (Edificaciones, urbanizaciones, etc) a los pastos, y los terrenos de absorción de CO₂ a los terrenos destinados a bosques.

El tratamiento de las superficies de acuíferos y costeras se tratan de la siguiente forma:

El factor de equivalencia de las reservas hidroeléctricas se designa 1 asumiendo que ocupan un territorio mixto compuesto por todos los anteriores.

En el caso de las zonas marinas se asemejan a las hectáreas de pastos, siendo calculado suponiendo las calorías de salmón que pueden ser producidas por una hectárea costera como las equivalentes a las producidas de proteína animal por una hectárea de pastos. Esto se basa en el hecho de asignar el mismo valor a la proteína procedente del ganado y a la de las especies marinas. Y de la misma forma se extrapola a los recursos acuíferos de superficie del país.

4.3. Aplicación de la HE a organizaciones empresariales.

Es de gran interés a los efectos del presente estudio el conocer los orígenes del concepto huella ecológica y los de su metodología de cálculo, tal y como han sido expuestos y analizados hasta el momento, siendo mayor el interés en conocer su aplicación en el ámbito de las organizaciones empresariales. Son varias las publicaciones que obran en relación con la aplicación de la huella ecológica en organizaciones de carácter empresarial.

Previo al abordaje de la metodología propuesta en este estudio para la aplicación del indicador al sector hotelero de Canarias, resulta obligatorio el análisis en profundidad de los avances existentes en este terreno aun cuando la aplicación sea sobre sectores diferentes al de estudio, puesto que el concepto de organización empresarial respeta ciertos elementos organizativos y procedimentales que permiten el cruzamiento de datos y conclusiones.

A continuación se ha decidido mostrar algunas de las más significativas referencias que obran en la literatura científica consultada con un orden

temporal, que sirve como hilo conductor del desarrollo del estado del arte en este campo.

Cabe destacar que los presentes casos de estudio no son todos los que existen, pero bien es cierto que no abundan en la literatura muchos más estudios de características similares.

Continuamos por tanto exponiendo un breve resumen de los referidos estudios de HE para organizaciones de carácter empresarial. También cabe destacar la existencia de estudios, en lugar de para organizaciones en particular, para sectores empresariales completos como es el caso de la construcción de viviendas en España en esta última década [51] o fórmulas de aplicación como es el caso del sector portuario [52, 53], sector ferroviario [54], el sector de la industria cerámica [55] o el sector universitario [56]. Obran incluso propuestas de aplicación para el ámbito familiar [57].

A continuación procedemos a describir de forma breve las que han sido consideradas como principales aplicaciones al ámbito empresarial del indicador HE en su periodo de vida en el ámbito científico.

4.3.1. Año 2001 – Lions Gate Hospital.

4.3.1.1. Introducción.

Con alta probabilidad la Dra. Susan Germain en el año 2001 [58] abordó con éxito uno de los primeros estudios de aplicación de la HE a una corporación (o empresa). En su caso redactó un artículo sobre el estudio de la huella ecológica del Lions Gate Hospital en Vancouver. En el momento de estudio el referido hospital era considerado el número uno en servicios sanitarios de Canadá.

4.3.1.2. Método utilizado.

El método utilizado para abordar el cálculo de la huella ecológica del hospital se fundamentó en agrupar la información de los consumos en tres categorías:

CATEGORÍA	CONSUMOS
1	ENERGÍA CONSUMIDA
2	BIENES Y SERVICIOS RECIBIDOS + RESIDUOS MÉDICOS INCINERADOS
3	MATERIALES REQUERIDOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

Tabla 9: Categorías de consumos – HE Lions Gate Hospital

El estudio también realizó un esfuerzo por recoger e incluir en el cálculo de la HE los residuos médicos que son incinerados en los procesos de asistencia sanitaria.

Según reza el estudio, los datos disponibles de energía consumida eran datos de calidad y bien estructurados. Se cuestionó entre dos modelos de aplicación para transformar esta energía a hectáreas equivalentes:

- a) Equiparar a la superficie necesaria para generar la misma energía por medio de energía renovables.
- b) Equiparar a la superficie de bosque necesaria para asimilar el CO₂ producido.

Lo más habitual en los estudios existentes es utilizar la segunda de las opciones, y de hecho se puede considerar una alternativa bastante conservadora y además de fácil estandarización puesto que la primera depende entre otros, del rendimiento de los sistemas de generación y sus ratios de ocupación de suelo, que sin duda están evolucionando de forma significativa en los últimos tiempos.

Para determinar la componente referida a los materiales utilizados (también denominados bienes de consumo), se realizó una clasificación en seis categorías:

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
1	PAPEL
2	PLÁSTICO Y SINTÉTICOS
3	LÁTEX
4	METAL
5	CRISTAL
6	ALGODÓN

Tabla 10: Clasificación de materiales consumidos – HE Lions Gate Hospital

En este caso el estudio utilizó los valores de transformación obrantes en la literatura para designar el terreno de cultivo necesario para la producción de los referidos materiales orgánicos y el terreno de bosques necesario para la asimilación del CO₂ resultante de la fabricación de los materiales sintéticos.

Igualmente se actuó con la transformación de los resultados del cálculo del CO₂ proveniente de la construcción del edificio mediante las equivalencias existentes en la literatura y amortizada en los 30 años de vida estimados para el edificio [59] unido al área de terreno ocupado por la edificación y sus instalaciones.

El CO₂ emitido por la incineración de los residuos médicos se realizó en base a mediciones del peso de las referidas materias y la formulación molecular de las mismas.

4.3.1.3. *Resultados de los cálculos.*

La huella ecológica resultante de la suma de las referidas a la energía, los bienes de consumo, los residuos incinerados y la edificación arrojó un dato de 2.841 ha, o 4,9 ha/paciente-año.

4.3.2. Año 2006 – Guía metodológica para el cálculo de la huella corporativa.

4.3.2.1. Introducción.

Obra en la bibliografía del año 2006, en los terceros encuentros internacionales sobre “Desarrollo sostenible y población”, un documento guía metodológica para el cálculo de la huella ecológica corporativa redactado por Juan Luís Doménech [28].

Se debe tener presente el esfuerzo llevado a cabo por el autor al sintetizar su modelo en una plantilla de hoja de cálculo de libre acceso.

En este caso los consumos se agrupan en 4 categorías:

CLASIFICACIÓN	CONSUMO
1	CONSUMO ENERGÉTICO
2	USO DE SUELO
3	RECURSOS AGROPECUARIOS
4	RECURSOS FORESTALES

Tabla 11: Agrupación de consumos - metodología HE Domenéch 2006.

En síntesis el cálculo se basa en la división de consumos de las diferentes materias entre la productividad. La productividad, para los recursos bióticos, se obtiene conociendo los ratios de productividad de los terrenos de cultivo de forma directa. Para el caso de materiales como maquinarias o material de oficina el planteamiento estriba en transformarlos a energía (la que se requirió en fabricarlos) para después dividirla entre la productividad energética de la tierra (cantidad de energía que puede producir o asimilar un hectárea de terreno) obteniendo así igualmente un valor en hectáreas.

4.3.2.2. Método de cálculo.

El autor describe en su metodología cada una de las columnas (o pasos) del método propuesto, pudiendo resumirlo de forma sintética en los siguientes.

4.3.2.2.1. Cálculos de la huella asociada a los distintos consumos.

El método propuesto prosigue con el cálculo de las huellas ecológicas parciales referidas a los diversos tipos de consumo:

CLASIFICACIÓN	HE DE CONSUMOS
1	HE CONSUMOS ENERGÉTICOS
a	DE LOS CONSUMOS ELÉCTRICOS
b	DE LOS CONSUMOS DE COMBUSTIBLES
2	HE DE LOS CONSUMOS MATERIALES
a	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
b	MATERIALES AMORTIZABLES
3	HE DE LOS SERVICIOS
a	OFICINAS
b	TELÉFONOS
c	TRANSPORTE
d	ETC
4	HE DE LOS RESIDUOS
5	HE DE LOS RECURSOS AGROPECUARIOS
6	HE DE LOS RECURSOS FORESTALES Y AGUA
7	HE DEL SUELO OCUPADO

Tabla 12: Clasificación de los bloques de cálculo asociados a la Huella Ecológica corporativa.

Y finalmente su agrupación mediante los coeficientes de aplicación.

4.3.2.3. Factores de equivalencia.

Los factores de equivalencia utilizados por el autor son directamente recogidos de las publicaciones de Wackernagel.

CATEGORÍA SUPERFICIE	FACTOR DE EQUIVALENCIA
ENERGÍA FÓSIL	1,13868813
TIERRA CULTIVABLE	2,82187458
PASTOS	0,54109723
BOSQUES	1,13868813
TERRENO CONSTRUIDO	2,82187458
MAR	0,21719207

Tabla 13: Factores de equivalencia Wackernagel
Huella ecológica de Chile 1998.

4.3.2.4. Resultados.

Los resultados obtenidos para la huella ecológica de la Autoridad Portuaria de Gijón por tipos de recursos se acompañan en la siguiente tabla:

CONSUMO DE RECURSOS	HUELLA		CONTRA-HUELLA	
	ha	t CO ₂	ha	t CO ₂
Electricidad	968,1	5040,3		
Combustibles	129,9	676,1		
Materiales	775,2	4036,2		
Materiales de construcción	3127	16280,7		
Servicios	150,9	785,7		
Desechos	219,5	1142,9		
Suelo	70,2	0	1185,1	58,8
Agropecuarios y pesqueros	636,4	409,9		
Forestales y agua	405,9	2113,2		
TOTAL	6483,1	30485	1185,1	58,8

Tabla 14: Resultados de cálculo huella ecológica autoridad portuaria Gijón.

TIPO DE HUELLA O SUPERFICIE	HUELLA		CONTRA-HUELLA	
	ha	t CO2	ha	t CO2
Energía fósil	5.389,0	28.062,3		
Tierra cultivable	228,1		0,3	
Pastos	165,0		4,1	
Bosque	465,3	2.422,7	11,3	
Terreno construido	70,2			58,8
Mar	164,7		1,169,3	
TOTAL	6.482,3	30.485,0	15,7	58,8

Tabla 15: Resultados Huella Ecológica autoridad portuaria Gijón.

Estos resultados son expresados también en valores de toneladas de CO₂ basándose en la metodología utilizada por Rees y Wackernagel [4] cuando estimaron el factor de absorción de 1,42 toneladas de carbono por hectárea año (lo que supone 5,21 tCO₂/ha/año teniendo en cuenta la relación de peso entre carbono y oxígeno 12/44) y un tiempo de maduración forestal de 40 años. En este cálculo se obvian la absorción de los cultivos, pastos y mar, considerándose únicamente la absorción del CO₂ de los terrenos destinados a bosques.

4.3.3. Año 2007 – Aproximación de la aplicación de la HE como indicador medioambiental en el sector textil.

4.3.3.1. Introducción.

La universidad de Santiago de Compostela junto con el grupo Inditex y consultores externos desarrollan este trabajo motivados por el peso que supone la industria textil en la economía española con más de 6.000 empresas y más de 200.000 trabajadores. El referido trabajo aborda el estudio de la HE de una planta de confección de ropa cuyo producto son las chaquetas de algodón para hombres y mujeres, empaquetadas en envoltorio plástico [60].

Destacamos también que en el año 2015 fue realizado un estudio similar para el sector textil en Rumanía [61] con un planteamiento metodológico similar.

4.3.3.2. Método de cálculo.

La metodología utilizada considera la clasificación de los datos de partida en tres categorías:

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
1	ENERGÍA CONSUMIDA
2	BIENES CONSUMIDOS
3	RESIDUOS GENERADOS

Tabla 16: Clasificación datos de partida – HE sector textil

En el caso de la energía consumida se destaca que la electricidad en si misma no es una fuente de energía que pueda ser obtenida de la tierra por lo que debe ser descompuesta en diversos factores dependiendo de los ratios propios de las compañías eléctricas.

La descomposición de la clasificación anterior quedaría como sigue:

CATEGORÍA	UNIDADES
1. ENERGÍA	
Carbón	kWh
Fuel líquido	kWh
Fuel gas	kWh
Nuclear	kWh
Hidroeléctrica	kWh
Aerogeneración	kWh
Energía solar	kWh
Biomasa	kWh
2. BIENES	
Plástico	t
Papel y cartón	t
Textiles de algodón	t
Costuras sintéticas	t
Fibras sintéticas	t
Lana	t
Metal	t
Agua	m3
3. RESIDUOS	
Papel y cartón	t
Plástico	t
Textiles	t
Residuos urbanos	t

Tabla 17: Subclasificación datos de partida – HE sector textil

Si bien los autores reconocen la clasificación de tipologías de terreno tal y como se expone en la tabla 2 del presente documento, en los cálculos realizados sólo tienen en cuenta 4 de las referidas tipologías, remarcadas en la tabla que sigue con sombreado.

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
CULTIVOS	Superficies con actividad agrícola y por tanto representan la porción de la tierra destinada a la mayor producción desde la perspectiva ecológica
PASTOS	Superficies utilizadas para el pastoreo de ganado y consideradas menos productivas que las superficies de cultivo
BOSQUES	Superficies forestales de importante densidad
MAR PRODUCTIVO	Superficies de mar productivas biológicamente para el aprovechamiento de la humanidad.
SUPERFICIE ARTIFICIALIZADA	Superficie que se corresponde con áreas urbanas e infraestructuras.
SUPERFICIE DE ABSORCIÓN CO ₂	Superficies de bosques asignadas a la absorción de las emisiones de CO ₂ derivadas del consumo de combustibles fósiles.

Tabla 18: Tipologías de terreno consideradas para el cálculo HE sector textil

Los cálculos realizados se pueden sintetizar en la formulación que se aporta, la cual en definitiva consiste en una transformación de los datos de partida en hectáreas equivalentes tras utilizar los ratios de intensidad energética y los factores de equivalencia.

$$EV_i = V_i^* \cdot EI_i$$

EV_i : Cantidad de energía asociada al recurso estudiado perteneciente a una categoría.

V_i : Cantidad de recurso o consumo de un bien durante el año.

EI_i : Ratio de energía asociada a cada recurso

$$A_{ik} = \sum_j \frac{V_i}{NP_i} \cdot F_j + \sum_j \frac{EV_i}{EP_i} \cdot F_j$$

A_{ik} : Huella Ecológica expresada en área (hectáreas) de un recurso consumido durante el año.

NP_i : Productividad natural del recurso o consumo estudiado.

EP_i : Productividad energética natural del recurso o consumo estudiado.

F_j : Factor de equivalencia.

$$A_k = \sum A_{ik}$$

A_k : Huella Ecológica de todos los recursos consumidos a lo largo del año de una misma categoría.

$$EF = \sum_k A_k$$

EF : Huella Ecológica de todas las categorías de consumo de un punto de estudio (corporación).

$$C_{ik} = \left(\frac{A_{ik}}{EF} \right) \cdot 100$$

C_{ik} : Porcentaje de contribución a la Huella Ecológica de cada recurso consumido.

$$EF_r = \frac{EF}{P_{year}}$$

EF_r : Índice relativo expresado en ha/bien de los productos manufacturados.

P_{year} : Número de productos manufacturados por la corporación..

4.3.3.3. Resultados.

Los valores que resultan de los cálculos realizados se acompañan en la tabla que sigue, estructurados en la forma expuesta en la tabla 017.

CATEGORÍA	Contribución (%)
1. ENERGÍA	4,0385
Carbón	0,9859
Fuel líquido	2,3214
Fuel gas	0,4759
Nuclear	0,1604
Hidroeléctrica	0,0001
Aerogeneración	0,0000
Energía solar	0,0000
Biomasa	0,0948
2. BIENES	93,4167
Plástico	9,3461
Papel y cartón	0,3948
Textiles de algodón	58,7804
Costuras sintéticas	0,0000
Fibras sintéticas	24,8922
Lana	0,0000
Metal	0,0000
Agua	0,0032
3. RESIDUOS	2,5447
Papel y cartón	0,2169
Plástico	0,0178
Textiles	2,3100
Residuos urbanos	0,0000

Tabla 19: Contribución porcentual de cada consumo a la HE. Sector textil

En los datos anteriores queda patente que para la industria textil objeto de estudio, la contribución a la huella ecológica de los denominados bienes de consumo suponen la parte principal del valor resultante. El valor de la HE para el año 2005 de la industria analizada fue de aproximadamente 2.700 ha.

4.3.4. Año 2007 – Aplicación del método de la HE a un campus universitario en China.

4.3.4.1. Introducción.

El “Resources and Ecological Economics Research Center, Northeastern University” en Shangai (China) realizó el cálculo del impacto medio ambiental del campus universitario utilizando el análisis de la huella ecológica (EFA) [62].

4.3.4.2. Método de cálculo.

Para la realización del cálculo de la HE se estructuraron los datos de la siguiente forma:

CATEGORÍA	UNIDADES
1. ENERGÍA	
Electricidad	kWh
Carbón	t
Gas natural	ft3
2. AGUA	ft3
3. RESIDUOS	
Papel y texties	t
Residuos de parques y jardines	t
Residuos de comida	t
Residuos de cristal	t
Residuos de plástico	t
4. TRANSPORTE	
Coches	km
Camiones	km
5. COMIDA	kg
Carnes (no vacuna, no bovino)	kg
Cereales	kg
Fruta	kg
Azucar	kg
Vegetales	kg
Huevos	kg
Legumbres	kg
Vacuno y bovino	kg
Leche	kg
Pescado (origen marino)	kg
6. PAPEL	t
7. CAMPUS ÁREA	ha

Tabla 20: Estructuración de la fuente de datos

Los datos correspondientes a consumos eléctricos, de carbón, gas natural, agua, y comida consumida fueron obtenidos directamente de la oficina de logística y gestión del campus. Por otra parte los datos de transportes, consumo de papel, y diversos componentes de los residuos fueron obtenidos mediante cuestionarios a los usuarios.

4.3.4.3. Resultados.

Los datos recabados en el campus se acompañan a continuación:

CATEGORÍA	TOTAL	UNIDADES
1. ENERGÍA		
Electricidad	18.400.000.000,00	kWh
Carbón	32.925,00	t
Gas natural	129.000,00	ft3
2. AGUA	3.300.000,00	ft3
3. RESIDUOS		
Papel y textíes	713,84	t
Residuos de parques y jardines	1.500,00	t
Residuos de comida	1.581,65	t
Residuos de cristal	18,66	t
Residuos de plástico	685,85	t
4. TRANSPORTE		
Coches	349.197,00	km
Camiones	40.137,00	km
5. COMIDA		kg
Carnes (no vacuna, no bovino)	111.606,00	kg
Cereales	1.288.487,00	kg
Fruta	276.901,00	kg
Azúcar	37.541,00	kg
Vegetales	1.690.542,00	kg
Huevos	207.016,00	kg
Legumbres	162.713,00	kg
Vacuno y bovino	55.913,00	kg
Leche	7.075,00	kg
Pescado (origen marino)	45.483,00	kg
6. PAPEL	244,00	t
7. CAMPUS ÁREA	110,00	ha

Tabla 21: Datos recabados

Los resultados obtenidos en hectáreas equivalentes para los referidos datos fueron:

CATEGORÍA	HE (ha)
1. ENERGÍA	16.849,20
Electricidad	3.343,60
Carbón	13.477,70
Gas natural	27,90
2. AGUA	489,40
3. RESIDUOS	1.422,90
Papel y texties	195,80
Residuos de parques y jardines	175,30
Residuos de comida	162,90
Residuos de cristal	35,50
Residuos de plástico	853,40
4. TRANSPORTE	33,10
Coches	19,30
Camiones	13,80
5. COMIDA	5.405,70
Carnes (no vacuna, no bovino)	1.508,20
Cereales	418,70
Fruta	29,00
Azucar	2,10
Vegetales	100,40
Huevos	517,50
Legumbres	87,70
Vacuno y bovino	1.694,30
Leche	14,10
Pescado (origen marino)	1.033,70
6. PAPEL	490,50
7. CAMPUS ÁREA	110,00

Tabla 22: Resultados huella ecológica

De estos resultados se extrae que el 67,97% de la huella ecológica esta compuesto por la componente energética. En segundo lugar aparece la componente referida a la comida. El transporte supone la componente menos significativa de la huella ecológica del campus.

Con los datos de la población de estudiantes, en este caso 23.345 estudiantes matriculados y la huella ecológica total 24.786,9 ha se deduce que la huella ecológica por "habitante" resulta 1,06 ha.

CAPÍTULO 5. EL SECTOR HOTELERO EN CANARIAS. ESPECIFICIDADES DEL ÁMBITO DE APLICACIÓN.

5.1. El sector hotelero en cifras.

El siguiente epígrafe manifiesta la importancia y relevancia del sector hotelero en las Islas Canarias expresado con unas pocas magnitudes.

Tal y como se indicaba en la introducción del documento el número de visitantes a las Islas Canarias publicado por Frontur asciende a 12.991.012, prácticamente 6 veces la población del archipiélago en el año 2014 [9].

Según los datos disponibles en el Instituto Canario de Estadística de las denominadas "Cuentas Satélite del Turismo de Canarias" los efectos directos sobre el Producto Interior Bruto de Canarias ascienden al 33,55% [10] y los efectos sobre la creación de puestos de trabajo se traducen en cerca de un millón de personas activas vinculadas al sector en 2014, que igualmente suponen en torno al 30% de los puestos de trabajo del archipiélago.

En las Islas Canarias se encuentran registrados 1.790 establecimientos turísticos con una capacidad de 425.538 plazas en el año 2014 y la ocupación media de las referidas plazas turísticas para ese mismo periodo ascendió al 63,7% (Fuente ISTAC).

El sector turístico del archipiélago canario reconoce dos agrupaciones diferenciadas de establecimientos, incluso reflejadas en dos asociaciones, que son los establecimientos hoteleros y los establecimiento extrahoteleros. El decreto 142/2010, de 4 de octubre, por el que se aprobó el Reglamento de la Actividad Turística de Alojamiento y se modificó el Decreto 10/2001, de 22 de enero, por el que se regulan los estándares turísticos incorporaba las definiciones de:

- A) Establecimiento hotelero: el establecimiento turístico de alojamiento que ofrece los servicios de alojamiento y alimentación.
- B) Establecimiento extrahotelero: el establecimiento turístico de alojamiento que ofrece servicio de alojamiento acompañado o no de

otros servicios complementarios.

Los datos que arroja el ISTAC para estas dos categorías son que 630 de los establecimientos ofertados y registrados son hoteleros con 245.271 plazas hoteleras disponibles frente a 1.160 establecimientos extrahoteleros con 180.267 plazas extrahoteleras ofertadas.

Es importante establecer la comparación de pesos entre ambos sectores basándonos en las plazas hoteleras en lugar del número de establecimientos, resultando un reparto de plazas para las islas canarias de 57,6% de plazas hoteleras frente al 42,4% de las plazas extrahoteleras, lo que sitúa a ambos sectores en una situación de cierto equilibrio.

5.2. Sistemas de gestión de la información.

Uno de los aspectos clave para la aplicación de cualquier sistema de monitorización en un sistema son las metodologías y herramientas utilizadas para la gestión diaria de los flujos de información.

En el caso del sector de los alojamientos turísticos prácticamente todos disponen de un PMS (Property Management Software), un software de contabilidad y en menor medida un ERP (Enterprise Resource Planing) .

El primero (PMS), registra entre otras cuestiones los flujos de “población equivalente” que en definitiva son las entradas y salidas de clientes en el establecimiento, reuniendo los valores totales en el parámetro denominado ocupación.

El segundo de ellos (Contabilidad) es el responsable del registro de todos los ingresos y gastos del centro de trabajo, los cuales son contabilizados con riguroso orden mediante herramientas software que permiten un muy fácil acceso a la información.

Por último, son pocos los establecimientos que disponen de un ERP que permite mayor control sobre los flujos y procesos dentro de los centros de

explotación turística, que en cualquier caso no son necesarios para el cálculo de la HE si bien facilitan mayor información.

A los efectos del cálculo de la HE aplicada al sector hotelero centraremos como fuente de datos los provenientes del PMS y del software de contabilidad. Ambas soluciones software disponen de diferentes marcas comerciales pero todas ellas responden a unos estándares en la forma en que estructuran la información.

Esta decisión en relación a las fuentes de información propuestas en esta metodología tiene carácter estratégico y definitivo por varias razones.

1. En primer lugar los datos que de ellas se obtienen son datos totalmente normalizados y que conservan para cualquier centro turístico un formato estándar. Este hecho facilita en gran medida el establecimiento de una metodología válida para todo el conjunto de establecimientos hoteleros y extrahoteleros. Se ha comprobado en una muestra suficientemente significativa que todos los establecimientos turísticos cumplen con la estandarización de su gestión en la medida explicada en los párrafos anteriores.
2. En segundo lugar los referidos datos están disponibles a través de un solo agente que pudiera ser el denominado jefe de administración en las estructuras empresariales turísticas. Este hecho facilita que el procedimiento de solicitud y obtención de los datos de partida para el estudio de la HE sea un procedimiento con grandes probabilidades de éxito. A este respecto debemos tener en cuenta que la principal dificultad para la proliferación de los estudios de HE se encuentra en la obtención de datos válidos para la realización de los mismos.

PARTE II

PROPUESTA METODOLÓGICA

CAPÍTULO 6. CARACTERIZACIÓN DE UNA EMPRESA O CENTRO DE TRABAJO COMO SISTEMA.

Una vez se ha profundizado en el estado del arte habiéndose estudiado diversas aplicaciones del indicador huella ecológica, se está en disposición de presentar lo que se considera una nueva propuesta metodológica para el cálculo de la HE en el ámbito empresarial habiéndose concretado este trabajo en el sector hotelero. Realmente resulta necesario escoger un sector empresarial para el desarrollo y aplicación de esta propuesta metodológica si bien ello no la convierte en exclusiva del referido sector. De esta forma en las siguientes líneas comenzamos la explicación del proceso de cálculo propuesto para la solución del cálculo de la HE en el ámbito empresarial concretado para el marco del estado español y particularizado para el caso del sector hotelero en las Islas Canarias. Expresado de otra forma, es necesaria la utilización de un caso particular para expresar la metodología y su proceder, pudiéndose con posterioridad extrapolar para el caso de otras naciones y otros sectores empresariales.

En primer lugar, toda empresa debe de ser caracterizada con la finalidad de concretar los límites y actividades de la misma como sistema y así poder definir cuales son las variables que forman parte del problema de cálculo, al igual que dar a conocer los datos disponibles. En este contexto se debe definir que actividades de la empresa forman parte de las cargas medioambientales, es decir, que actividades forman parte del proceso empresarial y por tanto deberán ser monitorizadas con el fin de ser incluidas en el modelo de cálculo. En este punto es importante definir que la huella ecológica empresarial concebida en este trabajo, será aquella que corresponda de forma directa con la actividad empresarial y no se imputarán aquellas cargas que provengan de procesos externos de proveedores o materias. Con ello se consigue aislar al máximo el proceso empresarial y las huellas ecológicas parciales que le corresponden, permitiendo este hecho que se establezcan comparaciones justas entre centros turísticos. Este esfuerzo por concretar el ámbito de acción de la empresa y estandarizar su definición permitirá sin duda la realización de futuros estudios comparativos como se ha dado para el caso territorial en la comparación de países o ciudades [64].

6.1. Definición del sistema.

En este paso previo se debe actuar de forma ordenada estructurada y concreta para conseguir un esquema que permita ordenar los procedimientos de cálculo. Son diversas las ópticas que se pueden utilizar para abordar la definición de un establecimiento turístico como sistema.

A los efectos del presente trabajo distinguimos dos vías principales de entender el referido sistema:

- Conceptualización en base a su estructura de departamentos.
- Conceptualización en base a las actividades realizadas y servicios utilizados por sus usuarios.

6.1.1. Conceptualización en base a su estructura de departamentos.

La estructura normal de una empresa, y en el caso de un hotel, está dividida en departamentos que a su vez reflejan fielmente la organización y la composición de la actividad. Los principales departamentos que conforman la actividad hotelera los podríamos agrupar, en una conceptualización no excesivamente rigurosa a los efectos de definir el sistema, como sigue:



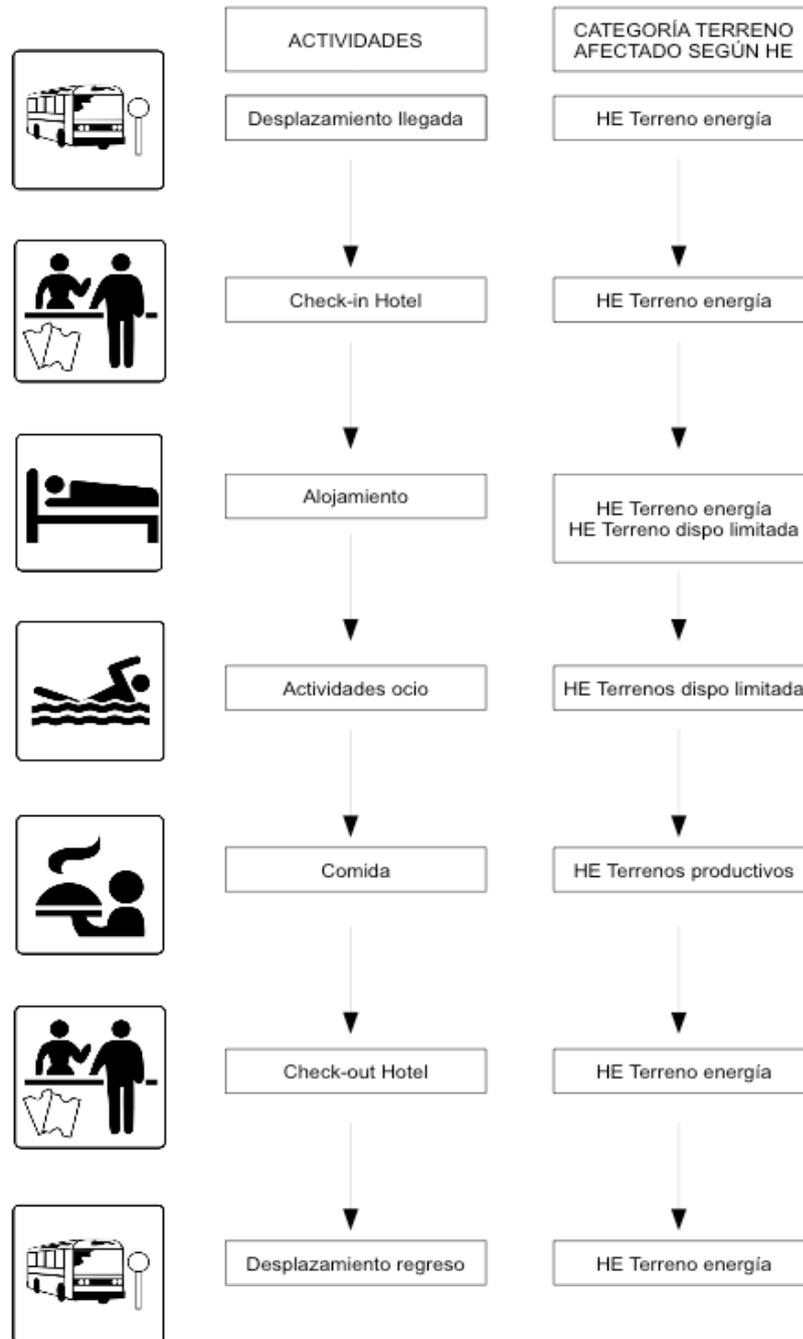
Gráfica 018: Estructura de departamentos establecimiento hotelero

- Dirección: este departamento asume la coordinación general del establecimiento. Desde la perspectiva de cálculo de la HE consume recursos asimilables a la actividad de una oficina.
- Recepción: este departamento asume la relación directa con el cliente. Desde la perspectiva de cálculo de la HE consume principalmente recursos asimilables a la actividad de una oficina.
- Administración: este departamento es el responsable del área económica. Al igual que el anterior a los efectos de cálculo de la HE consume principalmente recursos asimilables a la actividad de una oficina.
- Mantenimiento: este departamento se relaciona con todas las infraestructuras e instalaciones del establecimiento turístico. Desde la perspectiva de la HE destacamos que los principales consumos energéticos devienen de las actividades supervisadas por este departamento.
- Economato: el economato es el área del establecimiento dedicado a la gestión de mercancías (alimentos, repuestos, etc.) dentro del establecimiento, encargándose de la realización de compras de materias y su distribución y asignación a los respectivos departamentos. Desde la perspectiva de cálculo de la HE es un departamento de gran significancia por los importantes consumos de materias que canaliza.
- Lencería y limpieza: la gestión de la limpieza del establecimiento así como la gestión de los textiles (toallas, colchas, cortinas, etc.) es realizada por este departamento.
- Alimentación y bebida: este departamento incluye las cocinas, restaurantes y bares de los establecimientos turísticos. El consumidor final acude a ellos y es donde se ejecuta finalmente el consumo en si mismo.
- Comercialización y marketing: las ventas y la promoción del establecimiento están dirigidas por el departamento comercial y de marketing. Desde la perspectiva de cálculo de la HE consume principalmente recursos asimilables a la actividad de oficina.

6.1.2. Conceptualización en base a las actividades de los usuarios.

Quizás este análisis del sistema utiliza una vía menos formal desde el punto de vista morfológico, sin embargo esta perspectiva puede dibujar un diagrama de flujo muy potente para la identificación de los consumos (normalmente derivados de las actividades propias de los usuarios y los servicios utilizados). Es importante recordar que por definición la huella ecológica es un indicador biofísico de sostenibilidad que integra el conjunto de impactos que ejerce una cierta comunidad (país, región, ciudad) sobre su entorno, por lo que se deduce que la monitorización de la propia actividad de los usuarios dentro del sistema será la mejor de las formas de identificar los referidos impactos.

Tras analizar de forma pormenorizada las actividades de los usuarios de un establecimiento turístico imputables a su estancia y los consumos que de estas devienen, proponemos sintetizar a los efectos de cálculo de la HE el siguiente flujo de actividades generadoras de impactos a los cuales se le asigna de forma meramente orientativa los terrenos que pudieran imputársele desde la perspectiva de cálculo de la HE y que son descritos a continuación acompañados de un gráfico:



Gráfica 019: Flujo de principales actividades de un usuario

- Desplazamientos: a los efectos de cálculo de la HE generada por un usuario de un establecimiento turístico, es coherente vincular los consumos propios del desplazamiento necesario para llegar al establecimiento al comienzo de la estancia y su equivalente a la finalización. Obviamente hay que establecer un límite a partir del cual se considera el desplazamiento como parte relacionada con la actividad propia de la estancia en el establecimiento turístico. Es por ello que a los efectos de cálculo se considerará únicamente los desplazamientos realizados a partir de lo que denominaremos lanzaderas (aeropuerto, puerto y núcleos urbanos de origen dentro del ámbito insular). Computarán por tanto los desplazamientos en vehículos (privados o colectivos) dentro del ámbito insular, o expresado de otra forma, a partir del aeropuerto, puerto o núcleo urbano de origen (para el caso de trayecto puerta a puerta).
- Check-in Check-out: la entrada y salida del establecimiento al comienzo y finalización de las vacaciones se denominan check-in y check-out respectivamente. Estos dos momentos principalmente, son los hitos en los que los clientes/usuarios se relacionan con el aparato administrativo del establecimiento provocando las actividades propias de oficina con sus consumos relacionados (papelería, electricidad, etc.)
- Estancia: la estancia propiamente dicha en lenguaje hotelero se refiere a cada noche pasada por un usuario en una habitación. El uso de la habitación desde la perspectiva de cálculo de la HE corresponde al momento en que el usuario se relaciona con consumos de energía, agua y recursos similares a los propios de una vivienda.
- Comidas: las actividades relacionadas con las actividades de alimentación de los usuarios producen dos tipos de consumos. Los consumos directos de alimentos y bebidas, y un conjunto de consumos indirectos de recursos como combustibles, energía eléctrica, materiales de limpieza, etc.
- Actividades de ocio: las principales actividades de ocio dentro de un establecimiento turístico suelen estar relacionadas con piscinas y solariums, canchas o espacios deportivos, etc. Estas actividades para

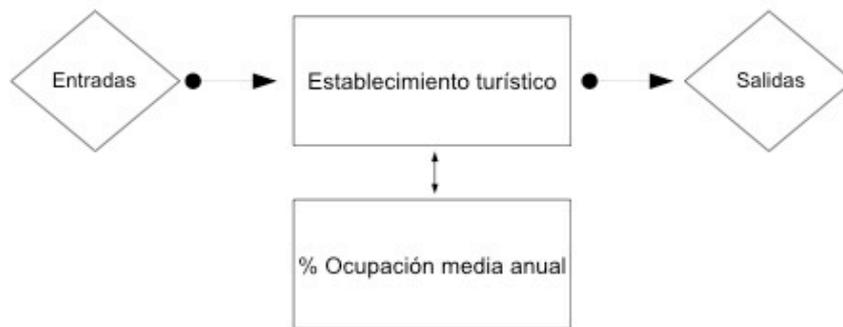
sostenerse provocan importantes consumos energéticos y de recursos naturales (como el agua).

6.2. Identificación y selección de fuentes de datos.

6.2.1. Obtención de datos de la población

Como ya se ha indicado con anterioridad en el presente documento la huella ecológica es un indicador referido a una cierta comunidad (país, región, ciudad) sobre su entorno y como tal su valor se indica en [hectáreas equivalente/año] o [hectáreas equivalente/habitante-año].

En el caso de un establecimiento hotelero nos encontramos por definición ante una comunidad cuyo tamaño diario no es constante con el paso de los días. Ante esta situación de dinamismo se propone como mejor solución el cálculo de huella ecológica por habitante, siendo el número de habitantes un dato que deriva del cálculo.



Gráfica 020: Flujo de población equivalente anual

Nos encontramos ante un sistema abierto donde su población no es en absoluto estable, siendo en realidad un continuo entrar y salir de personas.

Ante esta situación se propone como solución de cálculo de la población anual al resultado de multiplicar la capacidad total del establecimiento por el

porcentaje de ocupación anual.

Cuando nos referimos a capacidad total, debemos hacer referencia al total de pernотaciones y no al total de habitaciones. Es decir, en una habitación pueden pernотar hasta dos o tres personas por noche. En terminología del sector hotelero estos conceptos se conocen como *BedNights* (pernотaciones realizadas) y *RoomNights* (habitaciones ocupadas).

Dependiendo de las fuentes de datos disponibles se podrá calcular la población anual de un establecimiento según la siguiente formulación:

- Estimación directa: en caso de disponer de los datos directamente se simplifica a, $N = n^{\circ} \text{ de pernотaciones} / 365$ donde N representa población anual. Para ello será necesario realizar la toma de datos en una ventana temporal de un año.
- Estimación por cálculo: es más habitual que estén accesibles las bases de datos de ocupación media anual de los establecimientos turísticos. Es por esto que el segundo método de cálculo propuesto sería la obtención de la población en base a la siguiente formulación
$$N = \%ocupación_{media_anual} \times n^{\circ}Habitaciones \times Pax_{media_anual}$$

6.2.2. Obtención de datos de los consumos.

Una vez aclarada la fuente de datos existente para la estimación del tamaño de la población de estudio medida en habitantes por año, se debe proceder estimando los datos de consumos de la referida población.

No debemos perder de vista que existe por definición en el concepto de huella ecológica una clasificación preestablecida de las categorías de consumo, si bien no existe en el modelo de negocio turístico una representación de dichas categorías de forma consolidada en ninguno de los recursos de monitorización de consumos.

A los efectos de obtener los datos de consumo que puedan representar el conjunto de impactos que ejerce la población del establecimiento hotelero

sobre su entorno en el análisis del flujo de información se propone la utilización de dos vías excluyentes o complementarias según se considere.

- A – Implantación de sistemas de medición en todas las fuentes de consumo.
- B – Análisis del conjunto de gastos representado por el conjunto de datos técnico-económicos (vinculados a los consumos).

6.2.2.1. *Obtención de datos mediante sistemas de medición directa.*

Entendemos “sistema de medición directa” como aquellos elementos que nos permiten conocer los consumos de determinados recursos, como pueden ser:

- Contadores de agua
- Contadores de luz
- Registros de consumos
- Etc.

A los efectos oportunos se han visitado y analizado una muestra de establecimientos turísticos de diversas categorías con el fin de analizar y comprobar la existencia en mayor o menor medida de sistemas de medición directa de los consumos implicados en el cálculo de la huella ecológica.

De forma resumida y en formato tabla se aporta a continuación los resultados conseguidos. Se han valorado los resultados con tres niveles de integración (alto – medio – bajo) en función de la mayor o menor presencia de sistemas de control directo de los consumos y estructurados en categorías de terreno afines con la metodología original de cálculo de la HE.

HOTEL	CONSUMOS EMERGÍA, MATERIAS Y SERVICIOS	CONSUMOS TERRENOS OCUPADOS	CONSUMO TERRENOS PRODUCTIVOS	CONSUMOS RECURSOS FORESTALES
HOTEL 01	medio	alto	bajo	medio
HOTEL 02	bajo	alto	bajo	bajo
HOTEL 03	medio	alto	bajo	medio
HOTEL 04	bajo	alto	bajo	bajo
RESULTADO	medio/bajo	alto	bajo	medio/bajo

Tabla 23: Medidor de presencia de sistemas de control directo de consumos en hoteles.

Donde se ha considerado el siguiente significado de los valores aplicados:

- Alto: describe una presencia suficiente de datos en los sistemas existentes capaz de determinar de forma directa el referido consumo.
- Medio: describe una situación mixta en la cual algunos de los consumos disponen de sistemas de medición y otros carecen de ellos.
- Bajo: es aplicado a los casos de carencia severa de sistemas de medición de los consumos referidos.

La conclusión obtenida de los datos de la tabla anterior es que no todos los establecimientos hoteleros disponen de sistemas de medición directa para todos los consumos implicados en el cálculo de la huella ecológica.

6.2.2.2. *Obtención de datos mediante sistema indirecto.*

Una alternativa a los sistemas de medición directa se fundamenta en el estudio y análisis de las cuentas de gasto pertenecientes a la estructura contable del establecimiento. El conjunto de gastos representa de forma unívoca a los consumos ejecutados con la particularidad de que lo hacen en una unidad de medida (euros) que no puede ser utilizada de forma directa para el cálculo de la huella ecológica. Esta última circunstancia no impide que se desarrolle el método de transducción entre los parámetros económicos y los propios de la huella ecológica.

6.2.2.3. Conclusión sobre la elección del sistema de toma de datos de consumos.

En los epígrafes anteriores se ha afrontado la adquisición de datos de consumos de una población adscrita a un establecimiento turístico desde dos perspectivas, la de los sistemas directos (mediante sistemas de medida) o los indirectos (mediante transducción de los sistemas contables).

En la búsqueda de una estandarización metodológica en el presente documento se persigue debatir la anterior dualidad hasta la conclusión en la elección de uno de ambos sistemas, descartando por ende el restante a los efectos de este desarrollo metodológico.

Para no extendernos en el razonamiento aplicado, adjuntamos una tabla de estudio y análisis de ambas alternativas que concluye de forma directa en el que se considera el sistema más apropiado para ser incluido en la metodología que resulte del presente estudio.

CARACTERÍSTICAS	SISTEMA DIRECTO	SISTEMA INDIRECTO
Menos coste de implantación	0	1
Calidad de datos	1	1
Posible aplicación inmediata	0	1
Independencia para el cálculo del hotel	0	1
Disponibilidad de datos históricos	0	1
RESULTADO	1	5

Tabla 24: Características de los sistemas directo e indirecto.

La clara conclusión es que la obtención de datos de consumos desde sistemas indirectos resulta la más conveniente a los efectos de aumentar la probabilidad de éxito de aplicación del método propuesto.

La argumentación principal de este hecho es la búsqueda de viabilidad práctica a la hora de afrontar el cálculo de la huella ecológica en un establecimiento hotelero. La experiencia reza que en los casos en los que es necesaria realizar una inversión o simplemente trabajos de preparación

(instalación de medidores, afección a procedimientos, etc.) por parte del establecimiento objeto de estudio, se produce un freno severo e incluso determinante en la autorización e incluso el interés por parte de las pertinentes propiedades o sus representantes.

Es decir, no podemos esperar con éxito la aplicación del estudio de la huella ecológica a establecimientos hoteleros si ello requiere de una inversión significativa por parte del sector. Por lo tanto es capital que todos los pasos del método que se describa respeten en todo momento al menos los siguientes aspectos clave:

- No necesidad de inversión económica por parte del hotel.
- No necesidad de recursos humanos por parte del hotel.
- Respeto total a la privacidad de los datos.

Con los sistemas de medición indirecta basados en los registros contables del hotel se puede dar solución inmediata a los dos primeros aspectos, si bien se entra en colisión con el tercero, la privacidad. A este respecto pueden existir dos soluciones que combinadas pudieran ser suficientes.

- La primera y más obvia es la suscripción de acuerdos de confidencialidad, lo cual resuelve en gran medida la situación de indefensión ante una información que probablemente no quiera aportar de forma voluntaria cualquier establecimiento turística.
- La segunda es la utilización de coeficientes de distorsión que permitan distorsionar los datos para que no contengan información legible. Cuestión que se desarrolla más adelante.

6.3. Análisis de los datos provenientes de la contabilidad.

En España la contabilidad está estructurada por el Plan General Contable definido en Real Decreto 1514/2007, de 16 de noviembre, por el que se aprueba el Plan General de Contabilidad [86], y su estructura de cuentas se corresponde con la siguiente:

1. Financiación básica
2. Inmovilizado
3. Existencias
4. Acreedores y deudores
5. Cuentas financieras
6. Compras y gastos
7. Ventas e ingresos
8. Gastos del patrimonio neto
9. Ingresos del patrimonio neto

Del estudio de la contabilidad y su estructura se deduce que a los efectos del estudio de la HE y en concreto para establecer la metodología indirecta de toma de datos debemos centrarnos en la cuenta "6 compras y gastos".

En esta agrupación se reúnen las cuentas que son utilizadas para reflejar las operaciones de compra y gasto realizadas por la empresa en el devenir de sus actividades comerciales entre otras.

En estos asientos contables están registrados de forma sistemática todos los consumos necesarios para el cálculo de la HE de un centro turístico como pueden ser los gastos de energía, agua, alimentación, etc.

6.4. La protección de la privacidad y los datos.

Como se explicaba en el epígrafe anterior, el respeto a la privacidad total de los datos de una empresa, es un aspecto capital a la hora de tratar de aplicar el cálculo de la huella ecológica a establecimientos hoteleros basados en sistemas indirectos (datos contables).

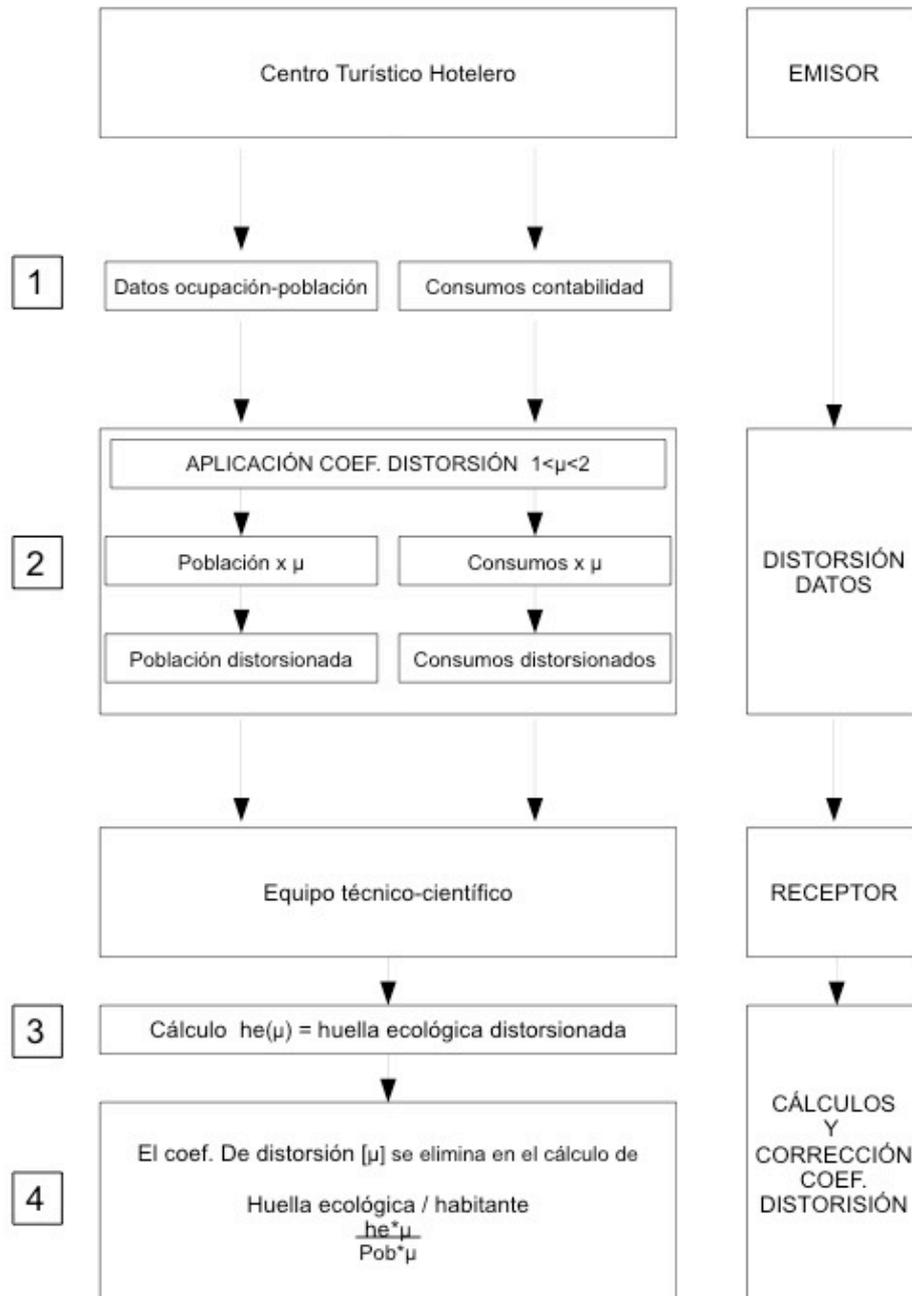
Tengamos en cuenta que todas las empresas publican sus cuentas de resultados anuales en el registro mercantil a los efectos de control y máxima transparencia societaria. Este hecho libera ciertas tensiones a la hora de solicitar los datos contables necesarios a una empresa, si bien también es cierto que el nivel de detalle necesario dista mucho de las simplificaciones presentadas en los registros mercantiles con carácter anual.

Por todo lo anterior se propone la utilización de coeficientes de distorsión de

aplicación a los datos de gastos solicitados para de esta forma desaparecer todo rastro posible de "información sensible" puesto que no tendría correspondencia alguna con la realidad.

Obviamente este hecho podría invalidar totalmente los cálculos si no existiera una corrección de los mismos con aplicación inversa del referido coeficiente de distorsión.

Es por esto que a continuación explicamos como a los efectos de cálculo de la "huella ecológica por habitante" la eliminación de la distorsión es intrínseca como se muestra a continuación en el diagrama de flujo adjunto.



Gráfica 021: Esquema aplicación coeficiente de distorsión

Por todo lo anterior queda justificado como la aplicación de un coeficiente de distorsión a los datos de origen queda anulada en el último paso del cálculo en el cual se dividen dos miembros afectados por el mismo coeficiente de distorsión " μ " en el momento de determinar el valor de la he/hab (huella ecológica por habitante del centro turístico hotelero).

Con todo lo anterior, en este epígrafe se ha definido la estrategia de captación de datos de los sistemas a estudiar (establecimientos turísticos) por medio de sus contabilidades distorsionadas, lo cual garantiza un primer paso en la estandarización del procedimiento de cálculo de la HE en establecimientos hoteleros.

CAPÍTULO 7. CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE CO₂ DEL PLANETA.

7.1. INTRODUCCIÓN.

En el abordaje metodológico propuesto consideramos la capacidad de absorción de CO₂ del planeta como una cuestión estructurante y que nos permite establecer las relaciones entre los datos obtenidos (energía, materias y residuos) y el territorio planetario. El reto estriba en cuantificar cuanto territorio ha sido requerido para poder disponer de cualquiera de los bienes (energía, materias y residuos) que forman parte de la actividad de un centro de producción empresarial. De alguna forma se debe de medir cuanto territorio hizo falta para posibilitar a la empresa disponer de todos aquellos consumos que forman parte de sus asientos contables (alimentos, electricidad, combustibles, etc).

Para abordar este reto la presente metodología considera una solución en dos movimientos.

1. Caracterización de la superficie del planeta en cuatro grandes grupos:
 - a. Superficie de bosques.
 - b. Superficie de cultivos agrícolas.
 - c. Superficie de prados y pastos.
 - d. Superficie de mares, lagos, pantanos y manglares.
2. Cálculo y determinación de la cantidad de CO₂ capaz de asimilar cada una de las agrupaciones de territorio anteriores.

Una vez obtenidos y calculados los datos anteriores se podrá determinar que cantidad de superficie de territorio requiere cada uno de los consumos mediante la realización de una contabilidad del CO₂ como moneda de cambio entre consumos contables y superficies de territorios.

El reto de realizar un análisis planetario, aun siendo de extrema ambición, se presenta posible gracias a la gran cantidad de datos oficiales que obran en relación a estudios de nivel planetario, bien realizados de forma parcial por cada una de las naciones y territorios implicados o gracias a organismos como

la Food and Agriculture Organization de las Naciones Unidas (FAO).

En los siguientes epígrafes se procederá al cálculo de la cantidad de CO₂ que pueden ser asimilados por las distintas superficies de territorio del planeta.

7.2. Superficie bosques.

Uno de los principales responsables de la absorción del CO₂ en el planeta son los bosques con su masa vegetal.

A continuación se exponen los resultados de los cálculos realizados y los orígenes de datos que han servido de base para reunir la información necesaria para los objetivos de este apartado:

7.2.1. Distribución de tipos de bosques sobre el planeta.

El área total de bosques en el planeta en 2010 fue contabilizada en 3,89 billones de hectáreas [65], lo cual supone aproximadamente un 30% de la superficie terrestre del planeta. Entre 1990 y 2010 se detectó una reducción en la masa global de bosques de 5,3 millones ha/año. Los últimos valores de cálculo de la deforestación mundial arroja un valor de deforestación neta de 7,3 millones ha/año [66].

Los bosques se agrupan en las categorías de tropical, subtropical, boreal y templados. La distribución de superficie de los mismos se acompaña a continuación:

CATEGORÍA DE BOSQUES	SUPERFICIE EN 2010 (millones ha)
Tropical	1.730,00
Subtropical	330,00
Boreal	1.190,00
Templado	630,00
Total superficie	3.880,00

Tabla 25: distribución superficie de los bosques.

Conociendo el ritmo de disminución de los bosques en el planeta se puede estimar cual es la superficie resultante en el año 2013, para el cual no se dispone de una medición específica en la actualidad, procediendo mediante una estimación lineal:

CATEGORÍA DE BOSQUES	SUPERFICIE EN 2010		DISMINUCIÓN ANUAL	SUPERFICIE EN 2013 (millones ha)
	(millones ha)	%		
Tropical	1.730,00	45%	3,25	1.720,24
Subtropical	330,00	9%	0,62	328,14
Boreal	1.190,00	31%	2,24	1.183,28
Templado	630,00	16%	1,19	626,44
Total superficie	3.880,00		7,30	3.858,10

Tabla 26: distribución superficie resultante de los bosques en 2013.

7.2.2. Distribución de superficie planetaria por tipologías de terreno.

En el FAO Statistical Year Book [67] se realiza un concienzudo trabajo de inventario por continente y por países de las superficies existentes de cada una de las tipologías de terreno:

1. Terreno de agricultura
2. Terreno de bosques
3. Otros terrenos

La superficie total terrestre del planeta asciende a 13.003 millones de hectáreas de las cuales se ha determinado que un 37,6% se corresponde con terrenos de agricultura, un 31,1% con terrenos de bosques y un 31,7% con otros terrenos.

7.2.3. Capacidad de absorción de los distintos tipos de bosques del planeta.

La absorción del carbono por cada tipo de bosque es analizada y difundida por el Departamento de Montes FAO en su documento "Situación de los bosques del mundo" [68]. Este documento expone los índices normales de

absorción en toneladas de carbono por hectárea:

ABSORCIÓN DE CARBONO	ABSORCIÓN (tC/ha/año)	ABSORCIÓN (tCO ₂ /ha/año)
Tropicales	3,2 - 10	11,74 - 36,68
Boreal	0,8 - 2,4	2,93 - 8,8
Templado	0,7 - 7,5	2,57 - 27,51

Tabla 27: absorción de toneladas de carbono por tipo de bosque.

Conociendo la oscilación normal de absorción de carbono, y siendo 1 tC equivalente a 3,668 tCO₂, y las superficies de cada tipo de bosque se puede estimar:

1. Las toneladas de CO₂ que absorbe cada tipo de bosque.
2. Las toneladas de CO₂ que absorbe el total de la superficie forestal planetaria.
3. El valor medio de toneladas de CO₂ que es capaz de absorber una **hectárea equivalente** de bosque.

CATEGORÍA DE BOSQUES	ABS. MEDIA (tCO ₂ /ha/año)	SUP. EN 2013 (millones ha)	%	ABS. HECTÁREA EQUIVALENTE (tCO ₂ /ha/año)
Tropical	30,45	1.720,24	44,59	13,58
Subtropical	17,97	328,14	8,51	1,53
Boreal	5,87	1.183,28	30,67	1,80
Templado	15,04	626,44	16,24	2,44
Total superficie		3.858,10		19,35

Tabla 28: absorción media y equivalente de CO₂ /ha de tipo de bosque.

En la tabla anterior quedan por tanto representados los resultados del cálculo de la capacidad de absorción de las distintas tipologías de bosques del planeta tierra.

7.3. Superficie cultivos agrícolas.

Los cultivos agrícolas también participan de forma significativa en el proceso de absorción del CO₂ planetario. A continuación se exponen los resultados, y

las bases de datos y directorios que han servido para reunir la información necesaria para los objetivos de este apartado.

7.3.1. Superficie de los diversos tipos de cultivos en el planeta.

Las superficies totales destinadas a uno u otro cultivo fueron determinadas por el tercer subdocumento del FAO Statistical Yearbook 2013, Feeding the World [67], suponiendo un total de 1.958,32 millones de ha en 2013. Se estima que alrededor del 15% de la superficie terrestre se destina a este tipo de superficie. Según la misma fuente, primer subdocumento "The Setting" esta cantidad era del 12% en el 2009.

A continuación se muestra en forma de tabla las hectáreas existentes de las diversas categorías de cultivos agrícolas contabilizados en el planeta, incluyendo sus pesos porcentuales.

CATEGORÍA DE CULTIVOS AGRÍCOLAS	SUPERFICIE EN 2013	
	(millones ha)	%
Cereales	693,70	35,42
Arroz	161,76	8,26
Grano grueso	314,63	16,07
Trigo	217,31	11,10
Cultivos de fibra	35,12	1,79
Cultivos oleaginosos	269,68	13,77
Legumbres	78,31	4,00
Tubérculos y raíces	53,58	2,74
Vegetales	55,60	2,84
Azúcar	4,70	0,24
Frutos secos	9,32	0,48
Frutas	55,86	2,85
Frutos cítricos	8,75	0,45
Total superficie	1.958,32	

Tabla 29: distribución de las superficies agrícolas en 2013.

Cabe destacar que la suma de cereales y granos superan el 50% de la referida superficie.

7.3.2. Capacidad de absorción de CO₂ de cultivos agrícolas genéricos.

Partiendo de los estudios del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC [69], y del documento FAO Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo [70], se ha obtenido la capacidad absorber CO₂ por hectárea y año de las distintas especies de cultivo agrícola del planeta. Información que se representa de forma resumida en la tabla adjunta.

ABSORCIÓN ANUAL DE CO ₂ ASIMILADO POR CULTIVOS	ABSORCIÓN (tC/ha/año)	ABSORCIÓN (tCO ₂ /ha/año)
Cereales	3,60	13,20
<i>Avena</i>	3,80	13,94
<i>Cebada</i>	3,20	11,74
<i>Trigo</i>	3,80	13,94
Arroz	0,10	0,37
Grano grueso	0,34	1,25
Cultivos de fibra	0,34	1,25
Cultivos oleaginosos	0,34	1,25
Legumbres	0,34	1,25
Tubérculos y raíces	0,34	1,25
Vegetales	6,57	24,10
<i>Cogollo</i>	6,80	24,94
<i>Lechuga</i>	6,90	25,31
<i>Brocoli-Parthenon</i>	6,10	22,37
<i>Brocoli-Naxos</i>	6,80	24,94
<i>Coliflor</i>	9,90	36,31
<i>Alcachofa</i>	3,50	12,84
<i>Pimiento</i>	6,00	22,01
Azúcar	0,34	1,25
Frutos secos	0,34	1,25
Frutas	5,40	19,81
<i>Albaricoques</i>	4,70	17,24
<i>Ciruelas</i>	6,30	23,11
<i>Melocotones</i>	7,70	28,24
<i>Nectarinas</i>	7,00	25,68
<i>Uvas</i>	5,20	19,07
<i>Tomates</i>	8,70	31,91
<i>Sandías</i>	1,60	5,87
<i>Melones</i>	2,00	7,34
Frutos cítricos	5,80	21,27
<i>Limonas</i>	8,30	30,44
<i>Naranjas</i>	5,60	20,54
<i>Mandarinas</i>	3,50	12,84

Tabla 30: capacidad de absorción tCO₂/ha/año de cultivos agrícolas.

Algunos de los cultivos no disponen de estudios específicos para el cálculo de sus ratios de absorción de carbono. Por ello, se ha optado en esos casos por su valor estandarizado, 0,34 tC/ha/año, propuesto por FAO en su documento “Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo” [70].

Para las agrupaciones de cereales, vegetales, frutas y frutos cítricos se ha realizado el promedio de los datos difundidos por los distintos tipos de cultivos estudiados por el CSIC.

Conociendo la capacidad de absorción de los distintos tipos de cultivos así como la superficie que ocupa cada uno de ellos, se está en disposición de calcular la cantidad de CO₂ absorbida al año por cada tipo de cultivo, así como de su absorción por ha/año equivalente. Los datos resultantes de este cálculo se muestran de forma resumida en la tabla que sigue:

CATEGORÍA DE CULTIVO AGRÍCOLA	ABS. MEDIA (tCO ₂ /ha/año)	SUP. EN 2013 (millones ha)	VALOR DEL TOTAL	ABS. HECTÁREA EQUIVALENTE (tCO ₂ /ha/año)
Cereales	13,20	693,70	3542,3%	4,68
Arroz	0,37	161,76	826,0%	0,03
Grano grueso	1,25	314,63	1606,6%	0,20
Trigo	13,94	217,31	1109,7%	1,55
Cultivos de fibra	1,25	35,12	179,3%	0,02
Cultivos oleaginosos	1,25	269,68	1377,1%	0,17
Legumbres	1,25	78,31	399,9%	0,05
Tubérculos y raíces	1,25	53,58	273,6%	0,03
Vegetales	24,10	55,60	283,9%	0,68
Azúcar	1,25	4,70	24,0%	0,00
Frutos secos	1,25	9,32	47,6%	0,01
Frutas	19,81	55,86	285,2%	0,56
Frutos cítricos	21,27	8,75	44,7%	0,10
Total superficie		1.958,32		8,09

Tabla 31: absorción media y equivalente de CO₂/ha de tipo de cultivo agrícola.

7.4. Superficie de prados y pastos.

Nuevamente, los terrenos dedicados a prados y pastos suponen también una cuota importante de absorción del CO₂ producido en el planeta. A continuación se exponen los resultados y el origen de datos que ha servido de base para reunir la información necesaria para los objetivos de este apartado:

7.4.1. Distribución de superficies de prados y pastos en el planeta.

En el FAO Statistical Year Book [67] se cataloga por continente y por países las superficies existentes destinadas a prados y pastos en el año 2013. Sintetizando los cálculos que resultan de la aplicación de los datos de sus estudios, se puede concluir en la siguiente tabla:

SUPERFICIE PRADOS Y PASTOS	SUPERFICIE EN 2013 (millones ha)
Total superficie	3.363,72

Tabla 32: superficie total destinada a prados y pastos 2013.

7.4.2. Capacidad de absorción de CO₂ de prados y pastos.

Para la superficie calculada en el epígrafe anterior y partiendo del documento "FAO Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo" [70], se obtienen las capacidades de absorción de CO₂ por hectárea y año de los terrenos destinados a pastoreo y prados, los cuales se resumen en la siguiente tabla.

SUPERFICIE PRADOS Y PASTOS	ABSORCIÓN (tC/ha/año)	ABSORCIÓN (tCO ₂ /ha/año)
Total superficie	0,67	2,44

Tabla 33: absorción tCO₂/ha/año de la superficie destinada a prados y pastos 2013.

Conociendo la capacidad de absorción y superficie destinada a prados y pastos, se puede estimar la cantidad de CO₂ absorbida al año, así como su absorción por ha/año equivalente, cálculo que se resume en la siguiente tabla:

SUPERFICIE PRADOS Y PASTOS	ABS. MEDIA (tCO ₂ /ha/año)	SUP. EN 2013 (millones ha)	ABS. POR HECTÁREA EQUIVALENTE (tCO ₂ /ha/año)
Total superficie	2,44	3.363,72	2,44

Tabla 34: absorción media y equivalente de CO₂ por hectárea de prados y pastos.

7.5. Superficie de océanos, mares, lagos, pantanos y manglares.

Los océanos, mares, lagos, pantanos y manglares juegan un papel principal en la vida en nuestro planeta. Con ello lógicamente participan también en la absorción del CO₂ planetario.

A continuación se exponen los resultados y datos que han servido de base para reunir la información necesaria para los objetivos de este apartado:

7.5.1. Distribución de superficies de océanos, mares, lagos, pantanos y vegetación.

En el documento "Blue Carbon- The role of healthy oceans in binding carbon" [71], realizado por el CSIC en colaboración con la FAO, UNESCO y UNEP, se realiza en 2009 una distribución de los distintos agentes y superficies que actúan como captadores de carbono, en donde se representan los océanos, mares, lagos, pantanos y manglares de la siguiente manera:

CATEGORÍA SUPERFICIE	SUPERFICIE EN 2009 (millones ha)	%
Manglares	30,00	0,08
Pantanos	80,00	0,22
Algas	60,00	0,17
Estuarios	180,00	0,50
Aguas superficiales	2.660,00	7,39
Aguas profunds	33.000,00	91,64
Total superficie	36.010,00	

Tabla 35: distribución de vegetación y superficies de los océanos, mares, lagos, pantanos 2009.

7.5.2. Capacidad de absorción de CO₂ de superficies y vegetación de océanos, mares, lagos, pantanos.

A continuación se obtienen las capacidades de absorción de CO₂ por hectárea y año de los terrenos referidos en el apartado anterior, los cuales se aportan de forma resumida en la siguiente tabla:

CATEGORÍA SUPERFICIE	ABSORCIÓN (tC/ha/año)	ABSORCIÓN (tCO ₂ /ha/año)
Manglares	1,89	6,93
Pantanos	2,37	8,69
Algas	1,37	5,03
Estuarios	0,50	1,83
Aguas superficiales	0,20	0,73
Aguas profundas	0,00	0,00
Total superficie		

Tabla 36: absorción tCO₂/ha/año de la superficies de océanos, mares, lagos, pantanos y vegetación 2009.

Conociendo la capacidad de absorción y superficie destinada a cada uno, se puede calcular la cantidad de CO₂ absorbida al año, así como su absorción por ha/año equivalente. Los datos resultantes del cálculo se acompañan de forma resumida en la tabla siguiente:

CATEGORÍA SUPERFICIE	ABS. MEDIA (tCO ₂ /ha/año)	SUP. EN 2009 (millones ha)	%	ABS. HECTÁREA EQUIVALENTE (tCO ₂ /ha/año)
Manglares	6,93	30,00	0,08	0,01
Pantanos	8,69	80,00	0,22	0,02
Algas	5,03	60,00	0,17	0,01
Estuarios	1,83	180,00	0,50	0,01
Aguas superficiales	0,73	2660,00	7,39	0,05
Aguas profundas	0,00	33000,00	91,64	0,00
Total superficie		36010,00		0,10

Tabla 37: absorción media y equivalente de CO₂ por hectárea de los vegetales y superficies de los océanos, mares, lagos, pantanos 2009.

7.6. Constitución de superficies y factores de equivalencia.

Una vez determinada las cantidades de CO₂ que pueden llegar a absorber los distintos tipos de superficie, se tendrá que determinar, conocidas las distribuciones de las mismas en el marco planetario, la cantidad de CO₂ que puede absorber una hectárea equivalente.

Utilizando la relación de tablas anteriores se puede proceder al cálculo del cual se muestran los resultados a continuación en la tabla siguiente:

CATEGORÍA SUPERFICIE	ABS. MEDIA (tCO ₂ /ha/año)	SUPERFICIE (millones ha)	%	ABS. HECTÁREA EQUIVALENTE (tCO ₂ /ha/año)	FACTOR DE EQUIVALENCIA (fi)
Bosques	19,35	3858,10	7,56	1,46	9,66
Cultivos agrícolas	8,09	1958,32	3,84	0,31	4,04
Prados y pastos	2,44	3363,72	6,59	0,16	1,22
Océanos, mares, etc.	0,10	36010,00	70,60	0,07	0,05
Desiertos	0,00	3600,00	7,06	0,00	0,00
Otros	0,00	2217,06	4,35	0,00	0,00
Total superficie		51007,20		2,00	1,00

Tabla 38: absorción media y equivalente de CO₂ por hectárea de las distintas superficies del planeta Tierra. Factores de equivalencia de las superficies.

Se determina así que una hectárea equivalente del planeta Tierra es capaz de absorber de media 2 toneladas de CO₂ al año, entendiendo el concepto de hectárea equivalente como aquella que reúne en la proporción descrita a todas las tipologías de terreno que componen el planeta y que se han resumido en bosques, cultivos agrícolas, prados, pastos, océanos, mares, desiertos y otros.

Sabemos que la dispersión del CO₂, gas definido dentro de la tipología de los gases de efecto invernadero, es heterogénea y global si bien los focos de producción son más intensos en buena parte de las zonas terrestres colonizadas por los núcleos de población humana.

Surge un nuevo concepto en referencia a la absorción del CO₂ y es lo que denominamos superficie útil del planeta, que es aquella formada por bosques, cultivos agrícolas, ganaderos, aguas superficiales y vegetación marina y costera (se excluye por tanto aguas profundas, desiertos [72] y otros tipos de

superficie no catalogados), que son aquellas que consideramos contribuyen principalmente a la absorción de carbono.

Si tasamos la población mundial en 7.200 millones de personas, y atendiendo que la superficie útil es de unos 12.190,14 millones de ha, suponiendo que en la actualidad existe una situación poblacional admisible para el planeta, al distribuir de forma uniforme la población sobre la tierra obtendríamos el terreno disponible para cada individuo, que es de 1,69 ha/persona/año.

Recordando el dato anterior de absorción de una hectárea equivalente ($2\text{tCO}_2/\text{ha/año}$) y cruzando estos dos últimos valores se pueden calcular las emisiones admisibles de CO_2 por habitante/año en $3,39 \text{ tCO}_2/\text{persona/año}$. Los valores se vuelcan en la siguiente tabla:

CATEGORÍA SUPERFICIE	ABS. HECTÁREA EQUIVALENTE		HUELLA ECOLÓGICA	EMISIÓN
	($\text{tCO}_2/\text{ha/año}$)	SUPERFICIE (millones ha)	SOSTENIBLE (ha/persona/año)	SOSTENIBLE CO_2 ($\text{tCO}_2/\text{persona/año}$)
Bosques	1,46	3858,10	0,54	0,79
Cultivos Agrícolas	0,31	1958,32	0,27	0,09
Prados y pastos	0,16	3363,72	0,47	0,08
Vegetación marina y costera	0,02	90,00	0,01	0,00
Aguas superficiales y costeras	0,56	2920,00	0,41	0,23
Superficie útil	2,50	12190,14	1,69	3,39
Superficie terrestre	1,93	14997,20		
Superficie planeta	2,00	51007,20		

Tabla 39: superficie útil, Huella Ecológica sostenible y emisión sostenible de CO_2

Estos valores cobran interés al poder servir de referencia a la hora de establecer comparaciones y valoraciones de la Huella Ecológica de las empresas.

7.7. Conversión de datos en huella ecológica.

En los epígrafes anteriores se ha calculado la capacidad de absorción de CO_2 de las diferentes tipologías de territorio definidos para la metodología de la HE, para las cuales se conoce el valor de sus superficies en el planeta. A

continuación, la metodología propuesta requiere de la transformación de los valores recabados en la contabilidad del establecimiento turístico en valores de CO₂ equivalente, cuestión para la cual no existe un desarrollo metodológico satisfactorio por lo que a continuación se define el mismo para cada uno de los capítulos de gastos relacionados con la actividad hotelera, al igual que los residuos que de ella derivan.

7.8. Conversión de consumos de energía en huella ecológica.

Una vez se tomó la decisión de obtener los datos de consumos de forma indirecta, es decir, desde el registro existente en la contabilidad de las empresas se reconoce que el valor recogido vendrá representado en unidades de euros.

En el caso de los consumos energéticos se deberán recabar todos los asientos contables correspondientes con consumos de energía eléctrica, gas, combustibles, etc.

Para realizar una conversión lo más justa posible en los consumos de energía debemos ser capaces de discernir que parte de la factura se corresponde con los costes reales de generación de las energías y combustibles, y que parte se corresponde con impuestos, márgenes comerciales, etc. No sería justo aplicarle a un centro turístico una huella ecológica derivada del beneficio industrial de un proceso. Es por ello que para realizar una conversión de los valores contables hasta los valores netos del coste de las energías tendremos que descontar todos aquellos factores de la factura energética que no sean inherentes a la producción del bien utilizado. Esto son, impuestos, beneficios industriales, peajes, coste de desvíos, etc. Debemos de calcular el coste de producción frente a el valor de mercado de la energía consumida.

A continuación, y en base a lo expuesto, se muestra la solución metodológica del cálculo de la huella ecológica para distintas fuentes de energías propias de los establecimientos turísticos.

7.8.1. Conversión del consumo de energía eléctrica en huella ecológica.

Como se ha indicado con anterioridad, para la conversión de la energía

eléctrica en unidades de HE necesitamos en primer lugar la sumatoria de asientos contables, es decir, de consumos de energía eléctrica durante el año en el establecimiento hotelero.

Una vez obtenido este primer dato en euros se deben hacer los descuentos necesarios para calcular con la máxima exactitud posible al coste neto de producción de la referida energía previo a su transformación a HE.

Si se transformara directamente el valor recogido en la contabilidad en HE estaríamos imputándole al centro hotelero impuestos y beneficios de terceros como parte de sus consumos, lo cual no sería un procedimiento válido. Por eso es necesario discernir, de todo aquello que se consume, que parte corresponde a recursos naturales y materiales, y por el contrario que parte son impuestos o márgenes comerciales de quien nos provee del bien o servicio.

Para el caso de la energía eléctrica se han establecido los siguientes pasos para la estimación del coste de producción en función de la estructura del mercado eléctrico en España, dado que esta información no es transparente al consumidor.

7.8.1.1. PASO 1: Estimación del precio de la energía en el mercado.

Para la estimación del coste de producción de la energía eléctrica consumida, tenemos que entender los sujetos que intervienen en el mercado eléctrico en la actualidad, y que son:

TIPOS DE AGENTE DEL MERCADO ELÉCTRICO
Generación
Distribución
Comercializadores/ Consumidores Directos
Consumidor final de la energía

Tabla 40: tipos de agentes del mercado eléctrico.

En la actualidad el mercado eléctrico en España está estructurado de forma que se genera la energía, se tasa y se pone en venta en el Mercado Diario e intradiario a disposición de los comerciales y consumidores directos del mercado. Al precio de tasación estipulado se tendrá que incorporar los siguientes escalones designados por el mercado y sus procesos:

SEGMENTOS DEL PRECIO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA
Mercado Diario
Restricciones Técnicas de PBF
Restricciones Técnicas de TR
Mercado Intradiario
Restricciones del mercado Intradiario
Reserva de Potencia Adicional Subir
Banda Secundaria
Coste de desvíos
Saldo de desvíos
Control de factor de potencia
Pago de capacidad
Servicio de Interrumpibilidad
Saldo OP 14.6 y nominación OPG

Tabla 41: segmentos del precio de la energía eléctrica de Comercializadores y Consumidores Directos.

Analizando el valor de los precios medios ponderados de estos factores a lo largo de los últimos 4 años obtenemos la siguiente tabla resumen [73, 74]:

PRECIOS MEDIOS PONDERADOS	MERCADO DIARIO (€/MWh)	RESTRICCIONES TÉCNICAS (€/MWh)	COSTES PROCESOS OPERACIÓN (€/MWh)	COSTE POR CAPACIDAD (€/MWh)	PRECIO MEDIO FINAL (€/MWh)
2012	49,50	2,66	1,65	9,08	61,47
2013	46,79	3,23	1,81	9,06	61,47
2014	42,68	3,74	1,43	8,60	57,54
2015	51,25	3,03	1,34	9,04	66,37
Promedio	47,56	3,17	1,56	8,95	61,71

Tabla 42: precios medios ponderados de los segmentos del mercado diario de la energía eléctrica.

Con el estudio realizado se puede determinar que el peso promedio interanual del precio de la energía eléctrica para un comercial o consumidor directo del mercado es del **77,07%** del precio final. Esto ya nos permite descontar un 22,93% del importe registrado en la contabilidad del centro turístico antes de proceder a su imputación en unidades de HE, dado que no se han requerido recursos ambientales de forma directa ni intensiva para la aplicación de este aumento del 22,93% referido.

7.8.1.2. PASO 2: Determinación del aumento de precio por márgenes comerciales.

Cuando la energía llega a manos de las empresas comercializadoras, como no podría ser de otra manera, aparecen los márgenes comerciales establecidos en mayor o menor medida para el soporte de los costes de estructura de estas oficinas comerciales y su beneficio industrial. Ambos serán imputados al precio final de la energía eléctrica facturada al consumidor final.

Para poder estimar el margen impuesto por las comercializadoras, se ha realizado un estudio de la facturación eléctrica entre los años 2013 y 2015 de un conjunto representativo de hoteles canarios. Del análisis de los referidos datos se ha obtenido la siguiente tabla de resultados:

TARIFA FACTURAS	PERIODO 1 (€/MWh)	PERIODO 2 (€/MWh)	PERIODO 3 (€/MWh)	MEDIA		PRECIO FINAL (€/MWh)
				PONDERADA (€/MWh)	DESCUENTO (%)	
Promedios	156,50	124,50	87,10	117,37	17,00	97,41

Tabla 43: precios medios de las tarifas y condiciones de las facturas eléctricas para conjunto de hoteles entre 2013-2015 (impuestos no incluidos).

Comparando los datos de esta tabla resumen con los del epígrafe anterior se puede deducir que el incremento que sufre el precio de la energía desde que es comprada por la comercializadora en el mercado diario hasta que la vende al consumidor final es del 36,6%.

A este precio de venta, se le aplica después los impuestos (impuestos sobre la Energía Eléctrica, IEE, y el I.G.I.C. o I.V.A. según la autonomía en la que se produzca el consumo). En este estudio se han descontado estos valores.

7.8.1.3. PASO 3: Determinación del precio de producción de la energía eléctrica.

Para determinar el precio neto de la producción de la energía debiéramos ser capaces de restar los gastos generales y el beneficio industrial en la cuenta de resultados anual como primera aproximación al valor.

Analizando las cuentas anuales de diversas empresas de generación eléctrica se ha tomado como valor medio el 8% referido al beneficio industrial aplicable a las generadoras [75].

Este será el último margen que descontaremos sobre el valor de la factura eléctrica recibida por el consumidor para acercarnos con el mayor ajuste posible al valor real del coste de generación de la energía consumida.

7.8.1.4. PASO 4: Determinación del coste neto de generación de la energía a partir de la factura eléctrica recibida.

Una vez estimados los márgenes existentes entre el precio de la facturación eléctrica recibida por el consumidor y los costes del productor de la energía, se puede determinar un precio más cercano a la realidad de lo que ha supuesto el consumo energético de un centro hotelero (o empresa) para poder aplicar este valor a la contabilidad de la HE, exento de impuestos y márgenes comerciales, siguiendo la aplicación de los descuentos que a continuación se resumen en la siguiente tabla resultará la fórmula de cálculo:

DESCOMPOSICIÓN DEL PRECIO PVP DE FACTURA ELÉCTRICA		%
Factor de potencia, equipos e impuestos		25,00
Margen comercial en el término de energía		27,50
Margen distribución		11,00
Margen producción		2,90
Coste neto de la energía eléctrica		33,60

Tabla 44: porcentaje medio del coste neto de la energía de la factura eléctrica.

$$\text{€}_{\text{Energía}} = \text{€}_{\text{Contabilidad factura eléctrica}} * 0,336$$

7.8.1.5. PASO 5: Factor de conversión $\text{€}_{\text{energía}} / \text{kWh}$

Una vez se ha determinado la ecuación de transformación de los euros facturados de energía eléctrica a euros de consumo neto de energía eléctrica, estaremos en disposición de transformar esta cantidad de euros a kWh. Para ello, y de acuerdo con el planteamiento anterior, se ha hecho un análisis de los últimos 4 años de los valores estudiados del precio medio intra-anual del mercado diario, resultando los valores que a continuación se aportan en la siguiente tabla:

FACTOR CONVERSIÓN	€/MWh	€/kWh
Precio medio intraanual del Mercado Diario	47,560	0,04756
Margen producción (8%)	3,805	0,00380
Coste producción energía eléctrica	43,755	0,04376

Tabla 45: factor de conversión $\text{€}_{\text{energía}}/\text{kWh}$.

Aplicando el coste de producción de la energía eléctrica calculado según los estudios de los últimos cuatro años, la ecuación anterior quedaría afectada de la siguiente manera:

$$\text{kWh} = \text{€}_{\text{Contabilidad factura eléctrica}} * 0,336/0,04376$$

$$\text{kWh} = \text{€}_{\text{Contabilidad factura eléctrica}} * 7,678$$

De esta forma se ha desarrollado en una sencilla fórmula la transformación de euros de facturación eléctrica en kWh netos generados para el establecimiento turístico de estudio.

7.8.1.6. PASO 6: Origen de la electricidad. Clasificación del kWh.

Cuando se habla de energía eléctrica, se hace referencia a una forma de energía cuyo formato y características son únicas para el sistema eléctrico pero su origen es diverso. La energía eléctrica transportada por las redes españolas se compone de una mezcla de tecnologías de producción que conforman el sistema de producción eléctrico español. El origen de la electricidad y sus porcentajes, quedan reflejados en todas las facturas eléctricas emitidas por las compañías comercializadoras. La segmentación de la producción en el sistema eléctrico español desde el año 2012 se clasifica de la siguiente forma:

ORIGEN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA	CUOTAS PORCENTUALES
Fuel/gas	4,1%
Carbón	18,5%
CC Gas Natural	14,8%
Cogeneración	7,7%
Cogeneración de Alta Eficiencia	3,3%
Renovable	29,7%
Nuclear	20,7%
Otros	1,2%
Total	100,0%

Tabla 46: % de los orígenes de la energía eléctrica en el sector eléctrico español.

7.8.1.7. PASO 7: Factor de conversión kg CO₂/ kWh

Como se ha indicado en la primera parte de la exposición metodológica del presente trabajo, se ha escogido como paso intermedio o moneda de cambio el CO₂, tanto en su versión emitida por los procesos como en su expresión como capacidad de absorción por las diversas tipologías de terreno. Por tanto será necesario calcular la cantidad de carbono equivalente emitido a la atmósfera por el respectivo bien, combustible o servicio estudiado. Se ha utilizado para la realización de las transformaciones el documento "Factores de Emisión de CO₂ y Coeficientes de paso a Energía Primaria de diferentes Fuentes de Energía Final Consumidas en el Sector Edificios España, del Instituto de Diversificación y Ahorro de la Energía, IDAE, del Ministerio de Industria, Energía y Turismo" [76]:

ORIGEN DE LA ENERGÍA	Factor kg CO ₂ /kWh
Carbón y derivados*	0,347
Derivados del carbón**	0,472
Petróleo (Fuel-Oil y Gas-Oil)**	0,745
Gas Natural*	0,204
Eléctrica extrapeninsular*	0,981
Gasóleo calefacción*	0,287
GLP*	0,244
Biomasa*	0
Nuclear**	0
Hidroeléctrica**	0
Otros renovable**	0
Otros**	0,012

Tabla 47: factores de conversión kg CO₂/kWh de las distintas energías finales de consumo.

*Valores utilizados actualmente en CALENER, CE3 y CEX según el documento "Escala de calificación energética para edificios existentes".

**Cálculos del IDAE ara 2011.

7.8.1.8. PASO 8: Clasificación del CO₂. Factor de conversión tCO₂/ha

Una vez se dispone de un procedimiento metodológico para el cálculo de la cantidad de CO₂ equivalente a un importe específico de consumo de energía eléctrica, debemos ahora establecer que superficies de territorio serán las encargadas de la absorción del referido gas emitido. Desde esta solución metodológica se ha decidido asignar la absorción del CO₂ equivalente a aquellos terrenos de los que provenga el bien consumido. En el caso de la energía se designa que el CO₂ se asignará a aquellos terrenos donde fue originada la referida energía.

Recordando las categorías de superficies de terreno definidas en la tabla 38 del presente documento, procedemos a continuación a definir los factores de conversión entre toneladas de CO₂ y hectáreas de territorio para cada uno de ellos.

Estos datos nos permitirán realizar los cálculos de conversión distinguiendo a que tipo de territorio se asignará la absorción del CO₂ dependiendo de su origen.

CATEGORÍA SUPERFICIE	ABS. MEDIA (tCO ₂ /ha/año)	SUPERFICIE (millones ha)	PESOS	FACTOR SUPERFICIE	FACTOR HUELLA
				EQUIVALENTE [f (i)]	EQUIVALENTE [F (i)] (ha/tCO ₂)
Bosques	19,35	3858,10	8%	9,66	4,82
Cultivos agrícolas	8,09	1958,32	4%	4,04	2,01
Pastos y prados	2,44	3363,72	7%	1,22	0,61
Océanos (mares, etc.)	0,10	36010,00	71%	0,05	0,02
Desiertos	0,00	3600,00	7%	0,00	0,00
Otros	0,00	2217,06	4%	0,00	0,00
Total superficie	2,00	51007,20	100,0%	1,00	0,50
Agrupaciones					0,00
<i>Bosques y océanos</i>	1,96	39868,10	78,2%	0,98	0,49
<i>Cultivos agrícolas, prados y pastos y océanos</i>	0,67	41332,04	81,0%	0,33	0,17
<i>Cultivos agrícolas y pastos y prados</i>	4,52	5322,04	10,4%	2,25	1,13

Tabla 48: factores de conversión TCO₂/ha de las distintas superficies encargadas de absorber el CO₂ emitido. Factores de equivalencia de la superficie y huellas de cada tipo de superficie.

Con esta tabla se concluye el procedimiento de cálculo necesario para la transformación de la energía representada en euros en la contabilidad del establecimiento turístico a huella ecológica representada en hectáreas equivalentes de planeta.

7.8.2. Conversión de consumo de energía de derivados del petróleo en huella ecológica.

La solución metodológica para el cálculo de la huella ecológica de consumos energéticos ha sido definida en el apartado anterior para la energía eléctrica.

Para el caso de los consumos energéticos de productos derivados del petróleo en el complejo turístico, se tendrá que efectuar el procedimiento análogo siguiendo los pasos establecidos para el caso de la energía eléctrica.

El valor del precio de mercado del combustible, tendrá que ser descompuesto para calcular con la máxima exactitud posible al coste de producción, para con ello evitar imputar huella ecológica a los centros turísticos provenientes de agentes externos como beneficios industriales, impuestos, etc.

7.8.2.1. PASO 1: Estimación del precio de la energía en el mercado

Conocido el importe que reza la contabilidad para el epígrafe de combustibles, toca comenzar la descomposición de precios descontando la parte referida al margen comercial imputado por la compañía comercializadora. Sabiendo, tras realizar un estudio del mercado, que el margen medio comercial de los distintos agentes que intervienen en la compra-venta de los diferentes combustibles derivados del petróleo promedia los 12,89%, se calculará cuánta energía se ha tenido que invertir para su producción.

Para la obtención de estos parámetro tendremos que filtrar los impuestos que se le asocian a los distintos combustibles, para ello, acudimos a los boletines mensuales publicados por el IDAE [77] en donde se pueden adquirir los siguientes datos resumidos en la siguiente tabla:

ORIGEN DE LA ENERGÍA	FACTOR CONVERSIÓN ($\epsilon_{\text{energético}}/\text{kWh}$)
Petróleo (Fuel-Oil y Gas-Oil)	0,030900
Otros derivados del petróleo	0,034713
Gasolina	0,051700
Gasóleo	0,045450
Gasóleo A	0,050900
Gasóleo C	0,040000
Gas Licuado Petróleo, GLP	0,006990
Gas Natural	0,026673
Gas Licuado Petróleo Envasado	0,091200
Butano	0,091200
Propano	0,091200
Gas Licuado Petróleo Canalizado	0,041600

Tabla 49: Factor de conversión $\epsilon_{\text{energético}}/\text{kWh}$ de consumos energéticos derivados del petróleo.

7.8.2.2. PASO 2: Factor de conversión $\text{kg CO}_2/\text{kWh}$

Para el cálculo de la cantidad de carbono equivalente emitido a la atmósfera por el respectivo combustible se ha utilizado para la realización de las transformaciones el documento "Factores de Emisión de CO_2 y Coeficientes de paso a Energía Primaria de diferentes Fuentes de Energía Final Consumidas

en el Sector Edificios España, del Instituto de Diversificación y Ahorro de la Energía, IDAE, del Ministerio de Industria, Energía y Turismo” [76]. Siguiendo la metodología descrita en el epígrafe análogo para energía eléctrica procedemos a realizar los cálculos resultando la siguiente tabla resumen:

ORIGEN DE LA ENERGÍA	Factor kg CO ₂ /kWh
Carbón y derivados*	0,347
Derivados del carbón**	0,472
Petróleo (Fuel-Oil y Gas-Oil)**	0,745
Gas Natural*	0,204
Eléctrica extrapeninsular*	0,981
Gasóleo calefacción*	0,287
GLP*	0,244
Biomasa*	0
Nuclear**	0
Hidroeléctrica**	0
Otros renovable**	0
Otros**	0,012

Tabla 47: factores de conversión kg CO₂/kWh de las distintas energías finales de consumo.

*Valores utilizados actualmente en CALENER, CE3 y CEX según el documento “Escala de calificación energética para edificios existentes”.

**Cálculos del IDAE para 2011.

7.8.2.3. PASO 3: Clasificación del CO₂. Factor de conversión tCO₂/ha

Una vez se dispone de un procedimiento metodológico para el cálculo de la cantidad de CO₂ equivalente a un importe específico de consumo de combustibles derivados del petróleo, debemos establecer que superficies de territorio serán las encargadas de la absorción del gas resultante del uso del referido combustible. Como se comentó para el caso de la energía eléctrica, desde esta solución metodológica se ha decidido asignar la absorción del CO₂ equivalente a aquellos terrenos de los que provenga el bien consumido. En el caso de la energía se designa que el CO₂ se asignará a aquellos terrenos donde fue originada la referida energía.

Recordando las categorías de superficies de terreno definidas en la tabla 38 del presente documento, procedemos a continuación a definir los factores de conversión entre toneladas de CO₂ y hectáreas de territorio para cada uno de

ellos.

Estos datos nos permitirán realizar los cálculos de conversión distinguiendo a que tipo de territorio se asignará la absorción del CO₂ dependiendo de su origen.

CATEGORÍA SUPERFICIE	ABS. MEDIA (tCO ₂ /ha/año)	SUPERFICIE (millones ha)	PESOS	FACTOR SUPERFICIE EQUIVALENTE [f (i)]	FACTOR HUELLA EQUIVALENTE [F (i)] (ha/tCO ₂)
Bosques	19,35	3858,10	8%	9,66	4,82
Cultivos agrícolas	8,09	1958,32	4%	4,04	2,01
Pastos y prados	2,44	3363,72	7%	1,22	0,61
Océanos (mares, etc.)	0,10	36010,00	71%	0,05	0,02
Desiertos	0,00	3600,00	7%	0,00	0,00
Otros	0,00	2217,06	4%	0,00	0,00
Total superficie	2,00	51007,20	100,0%	1,00	0,50
Agrupaciones					0,00
<i>Bosques y océanos</i>	1,96	39868,10	78,2%	0,98	0,49
<i>Cultivos agrícolas, prados y pastos y océanos</i>	0,67	41332,04	81,0%	0,33	0,17
<i>Cultivos agrícolas y pastos y prados</i>	4,52	5322,04	10,4%	2,25	1,13

Tabla 48: factores de conversión TCO₂/ha de las distintas superficies encargadas de absorber el CO₂ emitido. Factores de equivalencia de la superficie y huellas de cada tipo de superficie.

7.9. Conversión de consumos de bienes en huella ecológica.

El consumo de los distintos bienes y servicios de una empresa, viene determinado en su contabilidad como todos los anteriores. El valor obtenido nuevamente vendrá expresado en euros por lo que se requiere de diversas transformaciones para alcanzar su expresión en valores de huella ecológica empresarial.

7.9.1. PASO 1: Obtención del coste energético de fabricación. Factor de conversión $\text{€}_{\text{bien}} / \text{€}_{\text{energético}}$, $\text{€}_{\text{bien}} / \text{t}$ y $\text{€}_{\text{energético}}/\text{t}$

Conocidas las cantidades que ha invertido la empresa en un producto se procede a definir el método de cálculo propuesto para determinar cuánta energía se ha requerido en la producción del referido producto.

Para ello analizamos la base de datos de la Encuesta Industrial de Productos (PRODCOM) del Instituto Nacional de Estadística [78], que aporta información precisa y fiable sobre el conjunto de los productos que cubre el sector industrial español. Los datos se calculan sobre la base del precio de venta neto en fábrica. En estos valores se encuentran incluidos los costes de envases y embalajes, pero igualmente quedarán excluidos los impuestos repercutidos en clientes y los gastos de transporte.

De esta base de datos obtendremos las cantidades (toneladas, kg, m, m², m³, litros, unidades, etc.) de las distintas denominaciones de bienes y su valor (en miles de €). Además, la subdivisión de las categorías y clasificaciones de esta fuente es exquisita, pudiendo obtener producciones por código PRODCOM (p.ej: *carne de vacuno en piezas fresca*), por capítulo arancelario (p.ej: *industria cárnica*) o por agrupación (p.ej: *alimentación, bebidas y tabaco*). Esto permite abordar el problema con tres niveles de definición, que se amoldarán con mayor facilidad a los distintos formatos de contabilización que se hayan realizado en las diferentes empresas. A continuación se muestra una tabla ejemplo de la información disponible dentro de la industria cárnica - carnes frescas o refrigeradas para permitir al lector una mayor comprensión de la información a la que se hace referencia:

DENOMINACIÓN	CÓDIGO PRODCOM	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR (miles de €)
Carnes				
Frescas o refrigeradas				
de bovino				
<i>Canales, medias y cuartos</i>	1.011.114.003	Toneladas	433428,00	595399,00
<i>Despiezada</i>	1.011.119.002	Toneladas	182104,00	943807,00
de porcino				
<i>Canales, medias y cuartos</i>	1.011.123.004	Toneladas	1260517,00	469570,00
<i>Jamones, paletas y sus trozos sin desguesar</i>	1.011.125.009	Toneladas	752750,00	1553412,00
<i>Otras piezas</i>	1.011.129.001	Toneladas	1382864,00	3050905,00
de ovino	1.011.130.009	Toneladas	109959,00	312497,00
de caprino	1.011.140.008	Toneladas	4364,00	16029,00
de equino	1.011.150.007	Toneladas	9278,00	3711,00
Despojos comestibles	1.011.200.007	Toneladas	259750,00	132068,00

Tabla 50: Extracto de Encuesta Industrial de Productos año 2014.
Industria Cárnica. Carnes frescas o refrigeradas.

Como ejemplo se hace una sumatoria de todos los productos de la industria cárnica para obtener:

DENOMINACIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR (miles de €)
Insudria cárnica	Toneladas	9.462.920	18.174.420

Tabla 51: Extracto de Encuesta Industrial de Productos año 2014.
Sumatoria de la industria Cárnica.

Una vez se dispone de la producción industrial, se cruzan dichas tablas con la encuesta de consumos energéticos del INE [79], para calcular cuánta y qué clase de energía (en miles de €) se ha invertido en los distintos productos, actividades y agrupaciones de la industria, como se muestra en el ejemplo que sigue:

CONSUMO ENERGÉTICO					
POR CAPÍTULO			PRODUCTOS		
ARANCELARIOS	ELECTRICIDAD	GAS	PETROLÍFEROS	RENOVABLES	TOTAL
Industria cárnica	226.203,00	64.109,00	79.946,00	6.957,00	377.215,00
Industria del pescado	31.732,00	5.850,00	29.095,00	4.288,00	70.964,00
Verduras y hortalizas	94.897,00	74.426,00	31.503,00	1.423,00	202.249,00
Aceites y grasas	52.197,00	55.766,00	39.891,00	11.680,00	159.534,00

Tabla 52: Extracto de Encuesta de consumos energéticos, año 2013. Industria cárnica, pescado, aceites y grasas y verduras y hortalizas.

Cruzando ambas encuestas del INE, se procede con el cálculo de una serie de factores de conversión que pueden ser utilizados según convenga, tal y como se refleja en este pequeño ejemplo ilustrativo de la metodología utilizada:

CAPÍTULO	CANTIDAD	VALOR	ENERGÍA	
			CONSUMIDA	FACTOR CONVERSIÓN
ARANCELARIO	(Toneladas)	(miles €)	(miles €)	(€bien/€energético)
Industria cárnica	9.462.920	18.174.420	377.215	48,18

Tabla 53: Factor de conversión $\text{€}_{\text{bien}}/\text{€}_{\text{energético}}$.

Es importante hacer notar que no se incluyen en este documento las miles de líneas tratadas en el desarrollo metodológico que se expone, dado que harían muy densa la lectura y se ha considerado suficiente la aportación de un ejemplo.

7.9.2. PASO 2: Factor de conversión $\text{€}_{\text{energía}}/\text{kWh}$.

En el paso anterior ya se comprobó que en el INE se dispone de información del consumo energético de las distintas fuentes de energía utilizadas por cada capítulo industrial. Por lo tanto, realizando los cálculos según los pesos descritos con anterioridad para el sector energético español, se puede calcular el % de las distintas fuentes energéticas utilizadas, quedando para el ejemplo de la industria cárnica los siguientes resultados:

CONSUMO ENERGÉTICO POR CAPÍTULOS ARANCELARIOS	PRODUCTOS			
	ELECTRICIDAD (%)	GAS (%)	PETROLÍFEROS (%)	RENOVABLES (%)
Industria cárnica	60,0%	17,0%	21,2%	1,8%

Tabla 54: % de consumo de las distintas fuentes de energías encargadas de producir la industria cárnica.

Una vez obtenido el precio de producción del bien en cuestión, tendremos que convertir esa cantidad monetaria expresada en euros, a su equivalente en energía en unidades de kWh. Para ello, nuevamente se han analizado en profundidad y combinado las fuentes de datos públicas que obran con los valores de conversión $\text{€}_{\text{energético}}/\text{kWh}$ destacando en este caso los recursos del MINETUR así como de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, CNMC, [77, 78, 79], obteniéndose como resultado el conjunto de valores que a continuación se aportan resumidos en la tabla que sigue:

ORIGEN DE LA ENERGÍA	FACTOR CONVERSIÓN ($\text{€}_{\text{energético}}/\text{kWh}$)
Carbón y derivados	0,014170
Petróleo (Fuel-Oil y Gas-Oil)	0,030900
Otros derivados del petróleo	0,034713
Gasolina	0,051700
Gasóleo	0,045450
Gasóleo A	0,050900
Gasóleo C	0,040000
Gas Licuado Petróleo, GLP	0,006990
Gas Natural	0,026673
Eléctrica	0,043760
Renovables	0,160000
Eólica	0,082770
Hidráulica	0,083600
Biomasa	0,125920
Solar FV	0,427040
Solar TE	0,296710
Residuos	0,070360
Tratamientos residuos	0,154250
Otras	0,070360

Tabla 55: Factor de conversión $\text{€}_{\text{energético}}/\text{kWh}$

7.9.3. PASO 3: Factor de conversión kg CO₂/ kWh

Al igual que en epígrafes anteriores procedemos a realizar los cálculos de forma análoga, resultando:

ORIGEN DE LA ENERGÍA	Factor kg CO ₂ /kWh
Carbón y derivados*	0,347
Derivados del carbón**	0,472
Petróleo (Fuel-Oil y Gas-Oil)**	0,745
Gas Natural*	0,204
Electrica extrapeninsular*	0,981
Gasóleo calefacción*	0,287
GLP*	0,244
Biomasa*	0
Nuclear**	0
Hidroeléctrica**	0
Otros renovable**	0
Otros**	0,012

Tabla 47: factores de conversión kg CO₂/kWh de las distintas energías finales de consumo.

*Valores utilizados actualmente en CALENER, CE3 y CEX según el documento "Escala de calificación energética para edificios existentes".

**Cálculos del IDAE para 2011.

7.9.4. PASO 4: Clasificación del CO₂. Factor de conversión tCO₂/ha

Nuevamente, repitiendo el procedimiento metodológico de cálculo expresado en el epígrafe equivalente referido a la energía eléctrica, tendremos:

CATEGORÍA SUPERFICIE	ABS. MEDIA (tCO ₂ /ha/año)	SUPERFICIE (millones ha)	PESOS	FACTOR SUPERFICIE EQUIVALENTE [f (i)]	FACTOR HUELLA EQUIVALENTE [F (i)] (ha/tCO ₂)
Bosques	19,35	3858,10	8%	9,66	4,82
Cultivos agrícolas	8,09	1958,32	4%	4,04	2,01
Pastos y prados	2,44	3363,72	7%	1,22	0,61
Océanos (mares, etc.)	0,10	36010,00	71%	0,05	0,02
Desiertos	0,00	3600,00	7%	0,00	0,00
Otros	0,00	2217,06	4%	0,00	0,00
Total superficie	2,00	51007,20	100,0%	1,00	0,50
Agrupaciones					0,00
<i>Bosques y océanos</i>	1,96	39868,10	78,2%	0,98	0,49
<i>Cultivos agrícolas, prados y pastos y océanos</i>	0,67	41332,04	81,0%	0,33	0,17
<i>Cultivos agrícolas y pastos y prados</i>	4,52	5322,04	10,4%	2,25	1,13

Tabla 48: factores de conversión TCO₂/ha de las distintas superficies encargadas de absorber el CO₂ emitido. Factores de equivalencia de la superficie y huellas de cada tipo de superficie.

7.10. Conversión de residuos en huella ecológica.

Para calcular la huella ecológica referida a los residuos que genera un centro de alojamiento turístico, tendremos que analizar la contabilidad de los residuos líquidos y los sólidos que se producen en el referido centro.

En el caso de los residuos existe cierta divergencia con los epígrafes anteriores puesto que no existe el rigor contable referido a este capítulo.

Normalmente los residuos líquidos y sólidos no son contabilizados, y menos aún en el Plan General Contable, por lo que se requiere de un desarrollo metodológico que sea de aplicación directa con los datos disponibles.

7.10.1. Conversión de residuos líquidos en huella ecológica.

En primer lugar definimos residuos líquidos como todos aquellos vertidos que realice el complejo turístico a la red de saneamiento. La forma práctica de poder apoyarnos en la contabilidad para la determinación de los residuos líquidos es basarnos en la contabilidad del agua. Partimos de la base de los

consumos de agua registrados como gastos contables, ya que el flujo inexorable de la misma la conduce a la red saneamiento del establecimiento y finalmente debiera llegar a una E.D.A.R. o lo que se haya definido como cauce receptor en el caso de cada infraestructura.

7.10.1.1. PASO 1: Obtención del volumen consumido. Factor de conversión €/m³

El precio del agua para aplicaciones turísticas según el Boletín Oficial de Canarias, BOC [80], se establece según el municipio donde se encuentre ubicado el establecimiento turístico. Pongamos como ejemplo la isla de Gran Canaria y se obtiene el siguiente listado de precios por metro cúbico de agua:

MUNICIPIO DE CONSUMO	TARIFA (€/m ³)
Agaete	4,86
Agüimes	2,56
Arucas	2,27
Galdar	4,39
Ingenio	2,43
Las Palmas de Gran Canaria	3,17
Mogán	2,13
Moya	0,90
San Bartolomé de Tirajana	2,42
San Nicolás de Tolentino	2,40
Santa Brígida	2,96
Santa Lucía	2,49
Santa María de Guía	3,59
Tejeda	2,40
Telde	2,10
Teror	1,79
Valleseco	2,50
Valsequillo	2,67
Vega de San Mateo	2,11
Promedio	2,64

Tabla 56: Factor de conversión €/m³ de agua de consumo.

Con este dato ya se dispone de una relación entre euros y volumen para el caso del agua, lo cual será fácilmente extrapolable a los residuos líquidos.

7.10.1.2. PASO 2: Obtención de la energía de depuración. Factor de conversión m³/kWh

La transformación de volumen en kWh para el caso de los residuos líquidos,

pasa por descubrir la relación existente entre ambos factores en el momento de la depuración.

En este caso, las industrias encargadas del procesado de este subproducto son las concesionarias de la gestión de residuos municipales, o el propio municipio en su defecto.

Para la obtención de un ratio de conversión entre m³ de agua residual y kWh necesarios para su procesado recurrimos a la experiencia documentada de procesos de depuración. En este caso aplicando la información obtenida de la Entidad de Saneamiento y Depuración, ESAMUR, [81] la energía empleada en el tratamiento de aguas residuales es de 0,55 kWh/m³. Se considera por tanto este valor como el coeficiente de equivalencia entre volumen y energía para el caso de los residuos líquidos.

7.10.1.3. PASO 3: Factor de conversión kg CO₂/ kWh

Aplicando el procedimiento metodológico escrito en epígrafes anteriores se procede a mostrar los resultados obtenidos:

ORIGEN DE LA ENERGÍA	Factor kg CO ₂ /kWh
Carbón y derivados*	0,347
Derivados del carbón**	0,472
Petróleo (Fuel-Oil y Gas-Oil)**	0,745
Gas Natural*	0,204
Electrica extrapenínsular*	0,981
Gasóleo calefacción*	0,287
GLP*	0,244
Biomasa*	0
Nuclear**	0
Hidroeléctrica**	0
Otros renovable**	0
Otros**	0,012

Tabla 47: factores de conversión kg CO₂/kWh de las distintas energías finales de consumo.

*Valores utilizados actualmente en CALENER, CE3 y CEX según el documento "Escala de calificación energética para edificios existentes".

**Cálculos del IDAE para 2011.

7.10.1.4. PASO 4: Clasificación del CO₂. Factor de conversión tCO₂/ha

De la misma forma procedemos con la conversión de tCO₂ a ha.

CATEGORÍA SUPERFICIE	ABS. MEDIA (tCO ₂ /ha/año)	SUPERFICIE (millones ha)	PESOS	FACTOR SUPERFICIE EQUIVALENTE [f (i)]	FACTOR HUELLA EQUIVALENTE [F (i)] (ha/tCO ₂)
Bosques	19,35	3858,10	8%	9,66	4,82
Cultivos agrícolas	8,09	1958,32	4%	4,04	2,01
Pastos y prados	2,44	3363,72	7%	1,22	0,61
Océanos (mares, etc.)	0,10	36010,00	71%	0,05	0,02
Desiertos	0,00	3600,00	7%	0,00	0,00
Otros	0,00	2217,06	4%	0,00	0,00
Total superficie	2,00	51007,20	100,0%	1,00	0,50
Agrupaciones					
Bosques y océanos	1,96	39868,10	78,2%	0,98	0,49
Cultivos agrícolas, prados y pastos y océanos	0,67	41332,04	81,0%	0,33	0,17
Cultivos agrícolas y pastos y prados	4,52	5322,04	10,4%	2,25	1,13

Tabla 48: factores de conversión TCO₂/ha de las distintas superficies encargadas de absorber el CO₂ emitido. Factores de equivalencia de la superficie y huellas de cada tipo de superficie.

7.10.2. Conversión de residuos sólidos en huella ecológica

Con los residuos sólidos nos encontramos nuevamente con un reto procedimental referido a todos aquellos vertidos que se transportan hasta un vertedero o centro de procesado (reciclaje). Una vez más huimos de difíciles e improbables sistemas de monitorización y se trata de establecer un procedimiento de cálculo que no dependa de intervenir y afectar procesos cotidianos del centro turístico.

7.10.2.1. PASO 1: Obtención del volumen de residuos sólidos. Factor de conversión kg residuo/cliente/noche

Según el estudio realizado para el sector turístico hotelero [82], en los establecimiento turísticos los clientes generan una media de **3 kg** de residuo sólidos por noche pernoctada.

Este dato nos permite construir la contabilidad de los residuos sólidos disponiendo de la ocupación media anual del establecimiento turístico.

7.10.2.2. PASO 2: Repercusión de los residuos sólidos en vertedero.

Acudimos al Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, quien nos aporta las características de todos los vertederos de ámbito nacional. Para el estudio y la toma de datos nos centramos en el caso de un vertedero tipo [83]:

COMPLEJO AMBIENTAL	UNIDADES	VALOR
Capacidad de producción	Toneladas	189.789,00
Densidad	Toneladas/m ³	0,80
Consumo de agua	m ³ /año	15.638,00
Consumo gasóleo	Gj/año	187.662,00
Consumo eléctrico	Gj/año	1.433,28
Emisiones de CO ₂	tCO ₂ /año	9.100,60

Tabla 57: datos del complejo ambiental tipo.

Generando los siguientes factores de conversión:

COMPLEJO AMBIENTAL	FACTOR DE CONVERSIÓN	UNIDADES
Consumo de agua	0,082397	m ³ /t/año
Consumo gasóleo	0,003560	kWh/t/año
Consumo eléctrico	0,000027	kWh/t/año
Emisiones de CO ₂	0,047951	tCO ₂ /t/año

Tabla 58: factores de conversión por tonelada de residuo sólido generado por un complejo hotelero.

7.10.2.3. PASO 3: Factor de conversión consumo de agua, m^3/kWh .

A diferencia del cálculo que se estableció en el epígrafe 3.3.1.2., en este caso, no se trata de averiguar el coste energético que conlleva el tratamiento de los m^3 de agua residual, sino de la cantidad energética necesaria para producirlos.

Según el documento Estudio de Prospectiva, Consumo Energético en el sector del agua del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía [84]:

CONSUMO ENERGÉTICO DESALACIÓN	FACTOR DE CONVERSIÓN (kWh/m ³)
Consumo energía eléctrica	2,9

Tabla 59: factores de conversión kWh/m³ de agua desalada. Valor medio estimado para 2010.

7.10.2.4. PASO 4: Factor de conversión kg CO₂/ kWh

Aplicaremos los cálculos de la misma forma que el epígrafe 3.1.1.8. obteniéndose los siguientes resultados:

ORIGEN DE LA ENERGÍA	Factor kg CO ₂ /kWh
Carbón y derivados*	0,347
Derivados del carbón**	0,472
Petróleo (Fuel-Oil y Gas-Oil)**	0,745
Gas Natural*	0,204
Eléctrica extrapeninsular*	0,981
Gasóleo calefacción*	0,287
GLP*	0,244
Biomasa*	0
Nuclear**	0
Hidroeléctrica**	0
Otros renovable**	0
Otros**	0,012

Tabla 47: factores de conversión kg CO₂/kWh de las distintas energías finales de consumo.

*Valores utilizados actualmente en CALENER, CE3 y CEX según el documento "Escala de calificación energética para edificios existentes".

**Cálculos del IDAE para 2011.

7.10.2.5. PASO 5: Clasificación del CO₂. Factor de conversión tCO₂/ha

De forma análoga a los cálculos del epígrafe 3.1.1.9 se obtienen los factores de conversión de toneladas de CO₂ a hectáreas:

CATEGORÍA SUPERFICIE	ABS. MEDIA (tCO ₂ /ha/año)	SUPERFICIE (millones ha)	PESOS	FACTOR SUPERFICIE EQUIVALENTE [f (i)]	FACTOR HUELLA EQUIVALENTE [F (i)] (ha/tCO ₂)
Bosques	19,35	3858,10	8%	9,66	4,82
Cultivos agrícolas	8,09	1958,32	4%	4,04	2,01
Pastos y prados	2,44	3363,72	7%	1,22	0,61
Océanos (mares, etc.)	0,10	36010,00	71%	0,05	0,02
Desiertos	0,00	3600,00	7%	0,00	0,00
Otros	0,00	2217,06	4%	0,00	0,00
Total superficie	2,00	51007,20	100,0%	1,00	0,50
Agrupaciones					0,00
<i>Bosques y océanos</i>	1,96	39868,10	78,2%	0,98	0,49
<i>Cultivos agrícolas, prados y pastos y océanos</i>	0,67	41332,04	81,0%	0,33	0,17
<i>Cultivos agrícolas y pastos y prados</i>	4,52	5322,04	10,4%	2,25	1,13

Tabla 48: factores de conversión TCO₂/ha de las distintas superficies encargadas de absorber el CO₂ emitido. Factores de equivalencia de la superficie y huellas de cada tipo de superficie.

7.10.3. Conversión de transporte en carretera en huella ecológica.

En este apartado se desarrolla el método de cálculo que se ha considerado para la huella ecológica correspondiente a las emisiones de carbono debido a los desplazamientos de los usuarios del establecimiento turístico (los turistas), únicamente en su trayecto de llegada y su trayecto de salida.

Con el fin de establecer un método de aplicación general y válido para cualquier establecimiento se ha escogido imputar el mínimo desplazamiento a la huella ecológica del establecimiento turístico. Este recorrido será el que une el aeropuerto con el punto de estudio. Se considera que estos dos trayectos son los únicos imputables al hotel, puesto que son estrictamente necesarios para la prestación de los servicios y además existe cierta responsabilidad sobre ellos en cuanto a la ubicación del referido hotel.

Con el fin de respetar la filosofía del método original, consistente en cálculos más bien conservadores y de mínimos, el medio de transporte seleccionado para los desplazamientos de llegada y salida será el público, dado que en la actualidad es aquel que genera menores impactos. Con estas consideraciones, tomaremos como fuente de datos para los cálculos el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE) [85].

7.10.3.1. PASO 1: Obtención de la capacidad media de transporte y consumo medio a los 100km.

Los estudios realizados por el IDEA reflejan ciertas dificultades en los cálculos que realizan para el sector del transporte, dado el carácter heterogéneo que tienen las flotas de vehículos y los trayectos, donde cada uno tiene unas características de movilidad particulares, dependientes incluso de la orografía, del terreno por el que usualmente circule (carreteras llanas, puertos de montaña, autopistas, etc.). Por lo tanto la estrategia a seguir será obtener unos estándares de referencia de consumo, lo cual nos permite aplicar de forma estándar para todos los establecimientos una carga mínima correspondiente a los efectos que el transporte de pasajeros por carretera ocasiona a la huella ecológica del establecimiento.

La siguiente tabla muestra para el transporte público predominante en las Islas Canarias sus valores medios de capacidad de carga de pasajeros, potencia y consumo:

VEHÍCULO	CARGA (Nº de plazas)	POTENCIA (CV)	CONSUMIO (l/km)
Autobús	55	460	26
Autobús	55	400	24
Autobús	55	320	23
Microbus	35	230	19
Promedio	50	353	23

Tabla 60: Consumo promedio de flota de vehículos de transporte público

7.10.3.2. PASO 2: Obtención del CO₂ emitido. Factor de conversión litros gasoil/kg CO₂

En este caso no se puede proceder de forma análoga a los puntos anteriores,

debido a que la contabilidad del establecimiento turístico no refleja el gasto en combustible imputado por el trayecto de cada turista hasta el hotel, dado que estos serán datos de empresas externas.

A continuación se define el procedimiento de cálculo para obtener la cantidad de CO₂ emitida por el combustible requerido por trayecto y por usuario. En la "Guía de gestión de combustible en las flotas de transporte por carretera" del IDAE [85] se puede obtener que la combustión del carburante en el motor emite a la atmósfera 2,6 kgCO₂/litro gasoil.

Con los datos anteriores se puede definir la siguiente fórmula que contempla la emisión total de CO₂ para el conjunto de clientes del hotel en su dos recorridos (ida y vuelta) entre el aeropuerto y el hotel:

$$\text{kg CO}_2 \text{ transporte} = \text{N}^{\circ} \text{ clientes} \cdot \frac{2 \cdot \text{Recorrido}(\text{km}) \cdot 23 \left(\frac{\text{litro}}{\text{km}}\right) \cdot 2,6 \left(\frac{\text{kgCO}_2}{\text{litro}}\right)}{50}$$

La decisión de tomar como referencia de distancia el aeropuerto para todos los clientes de los establecimientos turísticos es una cuestión de estandarización aunque arrastre alguna inexactitud de rango menor.

Como se ha comentado con anterioridad el concepto HE admite el no contabilizar absolutamente todos los impactos con el fin de garantizar que el método es conservador y no exagerado en sus cálculos y resultados, si bien los datos obtenidos para HE son siempre alarmantes. Con este criterio se ha designado obviar todos aquellos desplazamientos que se realizan en automóvil (público o privado) los cuales agravan los resultados y como contraprestación y simplificación no se ha afectado el cálculo aplicando coeficientes derivados de los estudios de movilidad en referencia al origen de los trayectos de quienes van a los hoteles. En referencia a los estudios de movilidad debemos aclarar que más del 98% de los clientes de los hoteles realizan un trayecto de longitud similar o superior al definido para los cálculos de la HE de la presente metodología, con lo cual se reafirma que se está procediendo con un cálculo garantista a los efectos de no imputar mayores impactos a los establecimientos turísticos y siempre en un política de mínimos.

7.10.3.3. PASO 3: Clasificación del CO₂. Factor de conversión tCO₂/ha

En analogía al planteamiento del epígrafe 3.1.1.9 del presente documento se obtiene:

CATEGORÍA SUPERFICIE	ABS. MEDIA (tCO ₂ /ha/año)	SUPERFICIE (millones ha)	PESOS	FACTOR SUPERFICIE EQUIVALENTE [f (i)]	FACTOR HUELLA EQUIVALENTE [F (i)] (ha/tCO ₂)
Bosques	19,35	3858,10	8%	9,66	4,82
Cultivos agrícolas	8,09	1958,32	4%	4,04	2,01
Pastos y prados	2,44	3363,72	7%	1,22	0,61
Océanos (mares, etc.)	0,10	36010,00	71%	0,05	0,02
Desiertos	0,00	3600,00	7%	0,00	0,00
Otros	0,00	2217,06	4%	0,00	0,00
Total superficie	2,00	51007,20	100,0%	1,00	0,50
Agrupaciones					0,00
<i>Bosques y océanos</i>	1,96	39868,10	78,2%	0,98	0,49
<i>Cultivos agrícolas, prados y pastos y océanos</i>	0,67	41332,04	81,0%	0,33	0,17
<i>Cultivos agrícolas y pastos y prados</i>	4,52	5322,04	10,4%	2,25	1,13

Tabla 48: factores de conversión TCO₂/ha de las distintas superficies encargadas de absorber el CO₂ emitido. Factores de equivalencia de la superficie y huellas de cada tipo de superficie.

7.11. Resumen de tablas para la conversión de datos económicos (€) a Huella Ecológica.

Como resultado de los anteriores estudios y cálculos se muestra en el presente apartado una relación de datos y factores de conversión que forman parte del desarrollo metodológico y con los que se puede proceder a la transformación de datos recogidos en las contabilidades a datos de huella ecológica.

Conviene recordar que toda esta relación de datos y factores provienen de fuentes fidedignas y oficiales que se han documentado bibliográficamente, con las cuales se han realizado los cálculos necesarios para garantizar unas transformaciones coherentes.

A continuación se aporta un resumen en formato tablas de los referidos

resultados para mejor comprensión de la metodología propuesta.

7.11.1. Tablas de conversión energética.

Para el caso de la energía consumida en el establecimiento turístico, la siguiente tabla muestra el resumen de factores de conversión que habrá que aplicar a los datos económicos de los consumos provenientes de la contabilidad, para convertir euros de energía en hectáreas equivalentes de huella ecológica.

CONSUMIBLES	CONTABILIDAD (€ contabilidad)	EQUIVALENTE ENERGÉTICO (€energético)	CONVERSIÓN ENERGÉTICA (kWh/€energético)	CONVERSIÓN EMISIONES (kgCO ₂ /kWh)	CONVERSIÓN A HE (ha/kgCO ₂)	HUELLA ECOLÓGICA (ha)
Electricidad	A	A · 36,6%	22,8519	0,981	0,00048837	HE _A
Gas Natural	B	B · 87,11%	37,4914	0,204	0,00048837	HE _B
Gasoil	C	C · 87,11%	22,0022	0,287	0,00048837	HE _C
Fuel-Oil	D	D · 87,11%	32,3625	0,745	0,00048837	HE _D
GLP .Butano	E	E · 87,11%	10,9649	0,244	0,00048837	HE _E
GLP. Propano	F	F · 87,11%	10,9649	0,244	0,00048837	HE _F
Total						HE_{TOTAL}

Tabla 61: factores de conversión de distintos consumibles energéticos a Huella Ecológica.

Admitiendo los valores anteriores, se podrán consolidar en un solo coeficiente para mayor simplificación de los cálculos si cabe, de forma que su aplicación produciría de forma directa la transformación de euros de energía a hectáreas equivalentes de huella ecológica. A continuación se muestra la tabla con el referido factor de conversión consolidado para cada tipo de fuente energética:

CONCEPTO	FACTOR CONVERSIÓN		HUELLA ECOLÓGICA (ha)
	CONTABILIDAD (€ contabilidad)	A HE (ha/€albarán)	
Electricidad	A	0,004007	HE _A
Gas Natural	B	0,003254	HE _B
Gasoil	C	0,002686	HE _C
Fuel-Oil	D	0,010257	HE _D
GLP .Butano	E	0,001138	HE _E
GLP. Propano	F	0,001138	HE _F
Total			HE_{TOTAL}

Tabla 62: factor de conversión global de distintos consumibles energéticos a Huella Ecológica.

7.11.2. Tablas de conversión de los distintos bienes de consumo.

Para el caso de los bienes consumidos en los establecimientos turísticos, se aporta a continuación la clasificación realizada para los mismos en familias de fácil asimilación con los conceptos contabilizados según el plan general contable. Se han realizado numerosas comprobaciones a este efecto con diversas contabilidades hoteleras para garantizar su idoneidad.

Para cada una de las agrupaciones de consumibles se han calculado los factores de conversión que se requiere aplicar al valor contable de un determinado consumo para obtener en primer lugar el gasto energético necesario para su producción, quedando los valores que a continuación siguen:

CONCEPTO	CONTABILIDAD (€ contabilidad)	EQUIVALENTE		CONSUMO ENERGÍA (€energético)
		PRODUCCIÓN (%)	FACTOR CONVERSIÓN (€energético/€albarán)	
Alimentación, bebidas y tabaco	F	87,21	0,0273	E _G
Textil, confección, cuero y calzado	G	87,21	0,0253	E _H
Madera, corcho, papel y artes gráficas	H	87,21	0,0629	E _I
Industria química y farmacéutica	I	87,21	0,0638	E _J
Caucho y materias plásticas	J	87,21	0,0435	E _K
Productos minerales no metálicos diversos	K	87,21	0,1500	E _L
Metalurgia y fabricación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipos	L	87,21	0,0663	E _M
Material y equipo electrónico y óptico	M	87,21	0,0130	E _N
Maquinaria y equipo mecánico	N	87,21	0,0120	E _O
Material de transporte	O	87,21	0,0127	E _P
Industrias manufactureras diversas, reparación e instalación de maquinaria y equipos	P	87,21	0,0102	E _Q

Tabla 63: factores de conversión del gasto de los distintos capítulos de la contabilidad a consumo energético.

A continuación se aporta una tabla resumen que estructura los orígenes de la energía utilizada para las distintas agrupaciones de bienes de consumo y sus industrias. Esta clasificación permite calcular el reparto del gasto energético

que proviene de cada fuente de energía en la obtención de un bien de consumo.

CONCEPTO	CONSUMO ENERGÍA (€energético)	Carbón, coque y derivados	Gasóleo	Fuel		Otros productos		
				Oil	Gas	Petroliferos	Electricidad	Renovables
Alimentación, bebidas y tabaco	Eg	0,19%	11,81%	4,29%	29,15%	1,16%	50,77%	2,63%
Textil, confección, cuero y calzado	EH	0,00%	6,69%	1,63%	30,19%	0,64%	59,87%	0,98%
Madera, corcho, papel y artes gráficas	Ei	0,06%	5,69%	3,12%	30,60%	0,29%	53,10%	7,14%
Industria química y farmacéutica	Ej	1,13%	2,79%	1,21%	41,09%	2,43%	41,89%	9,46%
Caucho y materias plásticas	Ek	0,00%	4,24%	0,64%	19,07%	0,38%	75,00%	0,65%
Productos minerales no metálicos diversos	EL	7,85%	8,67%	1,19%	47,75%	0,50%	32,62%	1,42%
Metalurgia y fabricación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipos	EM	1,88%	2,92%	7,39%	22,71%	0,69%	62,81%	1,59%
Material y equipo electrónico y óptico	EN	0,36%	6,69%	0,67%	13,29%	1,41%	76,84%	0,73%
Maquinaria y equipo mecánico	Eo	0,00%	16,19%	0,18%	17,50%	3,19%	62,56%	0,38%
Material de transporte	Ep	0,00%	4,51%	0,06%	23,42%	1,50%	69,98%	0,52%
Industrias manufactureras diversas, reparación e instalación de maquinaria y equipos	Eq	0,04%	29,22%	0,46%	8,07%	4,08%	57,92%	0,20%

Tabla 64: factores de conversión del consumo energético total a los distintos consumos energéticos implicados en la producción de los bienes del albarán.

De la misma forma se aporta a continuación para las distintas fuentes de energía los factores de conversión que permiten conectar los valores de euros energéticos, energía y emisiones de CO₂ correspondientes a las referidas fuentes de energía:

COMBUSTIBLE	FACTOR CONVERSIÓN (kWh/€energético)	FACTOR CONVERSIÓN (kgCO ₂ /kWh)
Carbón, coque y derivados	70,572	0,472
Gasóleo	22,002	0,287
Fuel Oil	32,362	0,745
Gas	37,491	0,204
Otros productos petrolíferos	28,807	0,244
Electricidad	22,852	0,981
Renovables	6,250	0

Tabla 65: factores de conversión kWh/€_{energético} y kgCO₂/kWh de cada tipo de combustible utilizado.

En la siguiente tabla se muestra el factor de conversión de kgCO₂ a hectárea equivalente, o lo que es lo mismo, cuántas ha de cada tipo de superficie es necesaria para absorber el consumo de una determinada fuente de energía:

CONCEPTO	TOTAL EMISIONES (kg CO ₂)	CATEGORÍA SUPERFICIE	FACTOR HUELLA EQUIVALENTE [F (i)] (ha/tCO ₂)	HECTARÉAS EQUIVALENTES (ha/año)
Alimentación, bebidas y tabaco	$\sum emisiones$	Cultivos agrícolas, pastos y prados y océanos	0,17	$\sum emisiones / 1000 / 0,17$
Textil, confección, cuero y calzado	$\sum emisiones$	Cultivos agrícolas y pastos y prados	1,13	$\sum emisiones / 1000 / 1,13$
Madera, corcho, papel y artes gráficas	$\sum emisiones$	Bosques	4,82	$\sum emisiones / 1000 / 4,82$
Industria química y farmacéutica	$\sum emisiones$	Bosques y océanos	0,49	$\sum emisiones / 1000 / 0,49$
Caucho y materias plásticas	$\sum emisiones$	Bosques y océanos	0,49	$\sum emisiones / 1000 / 0,49$
Productos minerales no metálicos diversos	$\sum emisiones$	Bosques	4,82	$\sum emisiones / 1000 / 4,82$
Metalurgia y fabricación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipos	$\sum emisiones$	Bosques	4,82	$\sum emisiones / 1000 / 4,82$
Material y equipo electrónico y óptico	$\sum emisiones$	Bosques	4,82	$\sum emisiones / 1000 / 4,82$
Maquinaria y equipo mecánico	$\sum emisiones$	Bosques	4,82	$\sum emisiones / 1000 / 4,82$
Material de transporte	$\sum emisiones$	Bosques y océanos	0,49	$\sum emisiones / 1000 / 0,49$
Industrias manufactureras diversas, reparación e instalación de maquinaria y equipos	$\sum emisiones$	Bosques	4,82	$\sum emisiones / 1000 / 4,82$

Tabla 66: factores de conversión \sum kgCO₂ de cada consumible a Huella Ecológica.

La siguiente tabla muestra el factor de conversión global, aglutina los anteriores factores de conversión en uno sólo, para obtener directamente la huella ecológica desde los distintos bienes consumibles aportados por el albarán y así simplificar al máximo la aplicación del método de cálculo:

CONCEPTO	CONTABILIDAD (€contabilidad)	FACTOR CONVERSIÓN (Ha Huella Ecológica/miles €/año)	HUELLA ECOLÓGICA (Ha/año)
Alimentación, bebidas y tabaco	G	0,00006289634500	HE _G
Textil, confección, cuero y calzado	H	0,00041407323317	HE _H
Madera, corcho, papel y artes gráficas	I	0,00407004278786	HE _I
Industria química y farmacéutica	J	0,00036942393220	HE _J
Caucho y materias plásticas	K	0,00034771005857	HE _K
Productos minerales no metálicos diversos	L	0,00910789109997	HE _L
Metalurgia y fabricación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipos	M	0,00514219332720	HE _M
Material y equipo electrónico y óptico	N	0,00103827504347	HE _N
Maquinaria y equipo mecánico	O	0,00084100471015	HE _O
Material de transporte	P	0,00009716087367	HE _P
Industrias manufactureras diversas, reparación e instalación de maquinaria y equipos	Q	0,00067795153691	HE _Q
Total	TOTAL		HE_{TOTAL}

Tabla 67: factor de conversión global €/albarán/Huella ecológica.

7.11.3. Tablas de conversión de los consumo de agua.

La siguiente tabla muestra los factores de conversión necesarios para obtener las hectáreas equivalentes de los consumos de agua registrados en la contabilidad del establecimiento turístico:

CONCEPTO	CONTABILIDAD (€contabilidad)	CONVERSIÓN A VOLUMEN (m ³ /€)	CONVERSIÓN A ENERGÍA (kWh/m ³)	CONVERSIÓN EMISIONES (kgCO ₂ /kWh)	FACTOR HUELLA EQUIVALENTE [F (i)] (ha/tCO ₂)
Agua	R	0,38	2,9	0,981	<i>Bosques y océanos</i> 0,49

Tabla 68: factores de conversión de la huella ecológica del agua.

La siguiente tabla muestra el factor de conversión global, aglutina los anteriores factores de conversión en uno sólo, para obtener directamente la huella ecológica desde la cantidad consumida de agua reflejada en euros en la contabilidad:

CONCEPTO	CONTABILIDAD (€contabilidad)	FACTOR CONVERSIÓN A HE (ha/año/€albarán)	HUELLA ECOLÓGICA (ha/año)
Agua	R	0,00052803	H _R

Tabla 69: factor de conversión global del agua a Huella Ecológica.

7.11.4. Tablas de conversión de residuos sólidos.

La siguiente tabla muestra los factores de conversión necesarios para obtener las hectáreas equivalentes relativas a los residuos sólidos generados por el establecimiento turístico:

CONCEPTO	CONSUMO ENERGÉTICO (kWh/pernocta/año)	EMISIÓN CO ₂ (kgCO ₂ /kWh/año)	FACTOR HUELLA EQUIVALENTE [F (i)] (ha/tCO ₂)	HUELLA ECOLÓGICA (ha/año)
Agua	0,71685390	0,981	0,49	H _s
Gasóleo	0,01067896	0,287	0,49	H _r
Electricidad	0,00008156	0,981	0,49	H _u
Emisiones	-	0,00004795	0,49	H _v

Tabla 70: factores de conversión de la Huella Ecológica inherente a residuos sólidos por pernocta.

Nuevamente, simplificamos los valores anteriores en un solo factor de conversión global, que aglutina los anteriores en uno, para obtener directamente la huella ecológica a partir de las pernoctas que en él se realizan:

CONCEPTO	FACTOR CONVERSIÓN A HE (ha/año/pernoctas)	HUELLA ECOLÓGICA (ha/año)
Agua	0,000344584501	H _s
Gasóleo	0,000001501782	H _τ
Electricidad	0,000000039206	H _u
Emisiones	0,000000023496	H _v

Tabla 71: factor de conversión global a Huella Ecológica inherente a residuos sólidos por pernocta.

7.11.5. Tablas de conversión de residuos líquidos.

La siguiente tabla muestra los factores de conversión necesarios para obtener las hectáreas equivalentes relativas a los residuos líquidos generados por el establecimiento turístico:

CONCEPTO	CONTABILIDAD (€contabilidad)	CONVERSIÓN	CONVERSIÓN	CONVERSIÓN	CATEGORÍA SUPERFICIE	FACTOR HUELLA
		A VOLUMEN (m ³ /€)	A ENERGÍA (kWh/m ³)	EMISIONES (kgCO ₂ /kWh)		EQUIVALENTE [F (i)] (ha/tCO ₂)
Agua	R	0,38	0,55	0,981	<i>Bosques y océanos</i>	0,49

Tabla 72: factores de conversión de la huella ecológica inherente a residuos líquidos.

La siguiente tabla muestra el factor de conversión global, que aglutina los anteriores factores de conversión en uno sólo, para obtener directamente la huella ecológica a partir del consumo de agua registrado en euros en la contabilidad:

CONCEPTO	CONTABILIDAD (€contabilidad)	FACTOR CONVERSIÓN A HE (ha/año/€albarán)	HUELLA ECOLÓGICA (ha/año)
Agua	R	0,000100144	HE _w

Tabla 73: factor de conversión global a Huella Ecológica inherente a residuos líquidos.

7.11.6. Tablas de conversión de transporte en carretera

La siguiente tabla muestra los factores de conversión necesarios para obtener las hectáreas equivalentes relativas al transporte que utilizan los clientes para su trayecto de llegada y salida del establecimiento turístico:

RECORRIDO (km)	CONVERSIÓN EMISIONES (tCO ₂ /cliente/km)	CATEGORÍA SUPERFICIE	FACTOR HUELLA EQUIVALENTE [F (i)] (ha/tCO ₂)	HUELLA ECOLÓGICA (ha/cliente/año)
Km ida-vuelta	0,001196	<i>Bosques y océanos</i>	0,49	HE _{IV}

Tabla 74: factores de conversión de la Huella Ecológica de transportes públicos en carretera.

La siguiente tabla muestra el factor de conversión global, aglutina los anteriores factores de conversión en uno sólo, para obtener directamente la huella ecológica a partir de la distancia que une el establecimiento con el aeropuerto más cercano y el número total de clientes que lo visita:

RECORRIDO (km)	FACTOR CONVERSIÓN A HE (ha/km/cliente/año)	HUELLA ECOLÓGICA (ha/cliente/año)
Km ida-vuelta	0,000586	HE _X

Tabla 75: factor de conversión global de la Huella Ecológica de transportes públicos en carretera.

7.11.7. Tabla resumen conversión consumos de los hoteles a Huella Ecológica

Todo el trabajo metodológico del presente estudio, en un esfuerzo de simplificación, se podría sintetizar en una sola tabla que aglutine las categorías de consumo propias de un establecimiento turístico y los factores de conversión que permiten el cálculo de la huella ecológica de todos los consumos desde su valor en euros hasta su valor a hectáreas equivalentes.

A continuación se aporta la tabla resumen del conjunto de coeficientes calculados en epígrafes anteriores.

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	CONSUMIDO	UNIDADES	FACTOR CONVERSIÓN	HUELLA ECOLÓGICA (ha/año)
Energía					
	Electricidad	A	€ contabilidad	0,00400700	HE _A
	Gas Natural	B	€ contabilidad	0,00325400	HE _B
	Gasoil	C	€ contabilidad	0,00268600	HE _C
	Fuel-Oil	D	€ contabilidad	0,01025693	HE _D
	GLP .Butano	E	€ contabilidad	0,00113819	HE _E
	GLP. Propano	F	€ contabilidad	0,00113819	HE _F
Bienes					
	Alimentación, bebidas y tabaco	F	€ contabilidad	0,00006290	HE _G
	Textil, confección, cuero y calzado	G	€ contabilidad	0,00041407	HE _H
	Madera, corcho, papel y artes gráficas	H	€ contabilidad	0,00407004	HE _I
	Industria química y farmacéutica	I	€ contabilidad	0,00036942	HE _J
	Caucho y materias plásticas	J	€ contabilidad	0,00034771	HE _K
	Productos minerales no metálicos diversos	K	€ contabilidad	0,00910789	HE _L
	Metalurgia y fabricación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipos	L	€ contabilidad	0,00514219	HE _M
	Material y equipo electrónico y óptico	M	€ contabilidad	0,00103828	HE _N
	Maquinaria y equipo mecánico	N	€ contabilidad	0,00084100	HE _O
	Material de transporte	O	€ contabilidad	0,00009716	HE _P
	Industrias manufactureras diversas, reparación e instalación de maquinaria y equipos	P	€ contabilidad	0,00067795	HE _Q
Agua					
	Consumo de agua	Q	€ contabilidad	0,00052803	HE _R
Residuos					
	Nº pernactaciones año	R	ud	0,00034615	HE _S
	Consumo de agua	Q	€ contabilidad	0,00010014	HE _T
Transporte					
	(Trayectoria ida vuelta del complejo al aeropuerto) x (nº clientes año)	S	km · cliente	0,00058604	HE _U
Superficie					
	Superficie ocupada por el complejo	T	km · cliente	0,00058604	HE _V
Total					H_{TOTAL}

Tabla 76: factor de conversión a Huella Ecológica de los consumos de un complejo hotelero.

CAPÍTULO 8. APLICACIÓN PRÁCTICA.

A continuación procedemos a poner en práctica toda la metodología desarrollada en los epígrafes anteriores. Recordemos que las Islas Canarias presentan un cierto equilibrio en relación a la cantidad de camas hoteleras y camas extrahoteleras legalizadas en su territorio. Esto invita a prestar mucha atención a ambos sectores desde la perspectiva de la vigilancia de la influencia que estos presentan sobre el sistema medio ambiental.

Por ello hemos realizado una selección de dos establecimientos modelo, uno hotelero y otro extrahotelero, con dimensiones similares y superiores a las 200 plazas para poner a prueba la metodología expuesta y reflexionar sobre los resultados.

Debemos recordar que los datos mostrados en la aplicación práctica son datos distorsionados (afectados por el coeficiente de distorsión), tal y como se explicó en el comienzo del desarrollo metodológico, para con ello proteger la privacidad de los establecimientos y promover la aplicación de esta metodología sin freno por el espíritu de protección del secreto industrial. No por ello, los resultados estarán distorsionados puesto que la matemática está prevista para la corrección de las distorsiones aplicadas en el último proceso de cálculo de la HE, obteniéndose valores reales de la HE.

8.1. Aplicación al sector hotelero – Islas Canarias.

La grandeza del método desarrollado es su sencillez de aplicación de forma casi directa. Así procedemos a realizar los cálculos para el establecimiento hotelero escogido.

8.1.1. Datos de partida.

Los datos de partida se recogen en dos tablas. Ambas, son facilitadas por los establecimientos turísticos previa aplicación de un coeficiente de distorsión para evitar la fuga de datos de carácter privado y sensible. La primera tabla aporta el nº de habitaciones físicas, nº de camas, tasa de ocupación media anual y, por tanto, las tasas medias anuales de habitaciones ocupadas y

pernoctas:

Nº Habitaciones físicas	Nº Camas	Tasa Ocupación media anual (%)		Nº Clientes equivalentes
		Nº Pernoctas	Nº Clientes	
462	952	90,43%	381.230	50.831

Tabla 77: N° de habitaciones, camas, tasa de ocupación media del complejo hotelero, así como de habitaciones y camas anuales.

La segunda tabla, recopila los consumos en euros, a lo largo del año, registrados en la cuenta número 6 "Compras y Gastos" de la contabilidad del establecimiento turístico hotelero:

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	CONSUMIDO	UNIDADES
Energía			
	Electricidad	725.760,01	€ albarán
	Gas Natural	58.160,97	€ albarán
	Gasoil	157.820,27	€ albarán
	Fuel-Oil	32.027,66	€ albarán
	GLP .Butano	22.248,03	€ albarán
	GLP. Propano	0,00	€ albarán
Bienes			
	Alimentación, bebidas y tabaco	1.841.473,06	€ albarán
	Textil, confección, cuero y calzado	24.450,58	€ albarán
	Madera, corcho, papel y artes gráficas	354.562,88	€ albarán
	Industria química y farmacéutica	258.894,99	€ albarán
	Caucho y materias plásticas	0,00	€ albarán
	Productos minerales no metálicos diversos	48.040,23	€ albarán
	Metalurgia y fabricación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipos	238,00	€ albarán
	Material y equipo electrónico y óptico	0,00	€ albarán
	Maquinaria y equipo mecánico	75.101,43	€ albarán
	Material de transporte	0,00	€ albarán
	Industrias manufactureras diversas, reparación e instalación de maquinaria y equipos	163.444,26	€ albarán
Agua			
	Consumo de agua	289.525,37	€ albarán
Residuos			
	Nº pernoctaciones año	381.230,27	ud
	Consumo de agua	289.525,37	€ albarán
Transporte			
	(Trayectoria ida vuelta del complejo al aeropuerto) x (nº clientes año)	5.479.549,78	km · cliente
Superficie			
	Superficie ocupada por el complejo	2,35	ha

Tabla 78: Consumibles de energía, bienes, aguas, residuos, transporte y superficie del complejo hotelero.

8.1.2. Resultados obtenidos de los cálculos.

Utilizando los datos reportados por la contabilidad distorsionada del establecimiento turístico hotelero y aplicándole los factores de conversión

calculados para cada categoría se obtienen los siguientes resultados:

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	CONSUMIDO	UNIDADES	FACTOR CONVERSIÓN	HUELLA ECOLÓGICA (ha/año)
Energía					
	Electricidad	725.760,01	€ contabilidad	0,00400700	2.908,12
	Gas Natural	58.160,97	€ contabilidad	0,00325400	189,26
	Gasoil	157.820,27	€ contabilidad	0,00268600	423,91
	Fuel-Oil	32.027,66	€ contabilidad	0,01025693	328,51
	GLP .Butano	22.248,03	€ contabilidad	0,00113819	25,32
	GLP. Propano	0,00	€ contabilidad	0,00113819	0,00
Bienes					
	Alimentación, bebidas y tabaco	1.841.473,06	€ contabilidad	0,00006290	115,82
	Textil, confección, cuero y calzado	24.450,58	€ contabilidad	0,00041407	10,12
	Madera, corcho, papel y artes gráficas	354.562,88	€ contabilidad	0,00407004	1.443,09
	Industria química y farmacéutica	258.894,99	€ contabilidad	0,00036942	95,64
	Caucho y materias plásticas	0,00	€ contabilidad	0,00034771	0,00
	Productos minerales no metálicos diversos	48.040,23	€ contabilidad	0,00910789	437,55
	Metalurgia y fabricación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipos	238,00	€ contabilidad	0,00514219	1,22
	Material y equipo electrónico y óptico	0,00	€ contabilidad	0,00103828	0,00
	Maquinaria y equipo mecánico	75.101,43	€ contabilidad	0,00084100	63,16
	Material de transporte	0,00	€ contabilidad	0,00009716	0,00
	Industrias manufactureras diversas, reparación e instalación de maquinaria y equipos	163.444,26	€ contabilidad	0,00067795	110,81
Agua					
	Consumo de agua	289.525,37	€ contabilidad	0,00052803	152,88
Residuos					
	Nº pernoctaciones año	381.230,27	ud	0,00034615	131,96
	Consumo de agua	289.525,37	€ contabilidad	0,00010014	28,99
Trasporte					
	(Trayectoria ida vuelta del complejo al aeropuerto) x (nº clientes año)	5.479.549,78	km · cliente	0,00058604	3.211,24
Superficie					
	Superficie ocupada por el complejo	2,35	ha	1	2,35

Tabla 79: Huella ecológica del complejo hotelero distorsionada.

Es importante remarcar que los resultados obtenidos son resultados distorsionados, sin ninguna validez hasta aplicar de forma inversa el factor de

distorsión cuyo valor es desconocido en el cálculo, para con ello garantizar la privacidad de los datos.

La única forma de revertir la distorsión es aplicar el cálculo de la HE por habitante equivalente, operación en la cual se anulan ambas distorsiones y se obtiene un valor real de HE para los clientes del establecimiento turístico.

De la Huella Ecológica total puede desgranarse la HE por cliente equivalente, por número de camas o habitaciones del hotel o incluso por la superficie que ocupa quedando los siguientes resultados:

Huella Ecológica (ha)	Huella Ecológica por habitaciones (ha/habitación)	Huella Ecológica por camas (ha/cama)	Huella Ecológica por clientes equivalentes (ha/cliente)	Huella Ecológica por superficie ocupada (ha/ha)
9.680	20,95	10,17	9,27	4.121,75

Tabla 80: Huella Ecológica por habitación, camas, clientes y superficie de complejo hotelero.

8.2. Aplicación al sector extrahotelero – Islas Canarias.

8.2.1. Datos de partida.

Como en el caso anterior los datos de partida se recogen en dos tablas. Ambas, son facilitadas por los establecimientos turísticos previa aplicación de un coeficiente de distorsión para evitar la fuga de datos de carácter privado y sensible. La primera tabla aporta el nº de habitaciones físicas, nº de camas, tasa de ocupación media anual y, por tanto, las tasas medias anuales de habitaciones ocupadas y pernoctas:

Nº Habitaciones físicas	Nº Camas	Tasa Ocupación media anual (%)		Nº Clientes equivalentes
		Nº Pernoctas	Nº Clientes	
636	1.385	474.271	59.284	1.299

Tabla 81: Nº de habitaciones, camas, tasa de ocupación media del complejo extrahotelero ,así como de habitaciones y camas anuales.

La segunda tabla, recopila los consumos en euros, a lo largo del año, registrados en la cuenta número 6 "Compras y Gastos" de la contabilidad del establecimiento turístico extrahotelero:

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	CONSUMIDO	UNIDADES
Energía	Electricidad	692.811,85	€ contabilidad
	Gas Natural	0,00	€ contabilidad
	Gasoil	224.985,61	€ contabilidad
	Fuel-Oil	81.856,39	€ contabilidad
	GLP .Butano	0,00	€ contabilidad
	GLP. Propano	0,00	€ contabilidad
Bienes	Alimentación, bebidas y tabaco	1.139.479,38	€ contabilidad
	Textil, confección, cuero y calzado	77.656,78	€ contabilidad
	Madera, corcho, papel y artes gráficas	197.341,24	€ contabilidad
	Industria química y farmacéutica	232.058,87	€ contabilidad
	Caucho y materias plásticas	0,00	€ contabilidad
	Productos minerales no metálicos diversos	0,00	€ contabilidad
	Metalurgia y fabricación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipos	0,00	€ contabilidad
	Material y equipo electrónico y óptico	30.617,54	€ contabilidad
	Maquinaria y equipo mecánico	10.210,73	€ contabilidad
	Material de transporte	0,00	€ contabilidad
	Industrias manufactureras diversas, reparación e instalación de maquinaria y equipos	648.382,46	€ contabilidad
Agua	Consumo de agua	411.411,83	€ contabilidad
Residuos	Nº pernoctaciones año	474.271,48	ud
	Consumo de agua	411.411,83	€ contabilidad
Trasporte	(Trayectoria ida vuelta del complejo al aeropuerto) x (nº clientes año)	569.125,78	km · cliente
Superficie	Superficie ocupada por el complejo	8,35	ha

Tabla 82: Consumibles de energía, bienes, aguas, residuos, transporte y superficie del establecimiento turístico extrahotelero.

8.2.2. Resultados obtenidos de los cálculos.

Como en el caso anterior, utilizando los datos reportados por la contabilidad distorsionada del establecimiento turístico extrahotelero y aplicándole los factores de conversión calculados para cada categoría se obtienen los siguientes resultados:

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	CONSUMIDO	UNIDADES	FACTOR CONVERSIÓN	HUELLA ECOLÓGICA (ha/año)
Energía					
	Electricidad	692.811,85	€ contabilidad	0,00400700	2.776,10
	Gas Natural	0,00	€ contabilidad	0,00325400	0,00
	Gasoil	224.985,61	€ contabilidad	0,00268600	604,31
	Fuel-Oil	81.856,39	€ contabilidad	0,01025693	839,60
	GLP .Butano	0,00	€ contabilidad	0,00113819	0,00
	GLP. Propano	0,00	€ contabilidad	0,00113819	0,00
Bienes					
	Alimentación, bebidas y tabaco	1.139.479,38	€ contabilidad	0,00006290	71,67
	Textil, confección, cuero y calzado	77.656,78	€ contabilidad	0,00041407	32,16
	Madera, corcho, papel y artes gráficas	197.341,24	€ contabilidad	0,00407004	803,19
	Industria química y farmacéutica	232.058,87	€ contabilidad	0,00036942	85,73
	Caucho y materias plásticas	0,00	€ contabilidad	0,00034771	0,00
	Productos minerales no metálicos diversos	0,00	€ contabilidad	0,00910789	0,00
	Metalurgia y fabricación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipos	0,00	€ contabilidad	0,00514219	0,00
	Material y equipo electrónico y óptico	30.617,54	€ contabilidad	0,00103828	31,79
	Maquinaria y equipo mecánico	10.210,73	€ contabilidad	0,00084100	8,59
	Material de transporte	0,00	€ contabilidad	0,00009716	0,00
	Industrias manufactureras diversas, reparación e instalación de maquinaria y equipos	648.382,46	€ contabilidad	0,00067795	439,57
Agua					
	Consumo de agua	411.411,83	€ contabilidad	0,00052803	217,24
Residuos					
	Nº pernoctaciones año	474.271,48	ud	0,00034615	164,17
	Consumo de agua	411.411,83	€ contabilidad	0,00010014	41,20
Trasnporte					
	(Trayectoria ida vuelta del complejo al aeropuerto) x (nº clientes año)	569.125,78	km · cliente	0,00058604	333,53
Superficie					
	Superficie ocupada por el complejo	8,35	ha	1	8,35
Total					6.457,18

Tabla 83: Huella ecológica del complejo extrahotelero distorsionada.

Como en el caso práctico anterior, los resultados obtenidos son también resultados distorsionados, sin ninguna validez hasta aplicar de forma inversa el factor de distorsión cuyo valor es desconocido en el cálculo, para con ello garantizar la privacidad de los datos.

La única forma de revertir la distorsión es aplicar el cálculo de la HE por habitante equivalente, operación en la cual se anulan ambas distorsiones y se obtiene un valor real de HE para los clientes del establecimiento turístico extrahotelero.

De la Huella Ecológica total puede obtenerse entonces la HE por cliente equivalente, por número de camas o habitaciones del hotel o incluso por la superficie que ocupa quedando los siguientes resultados:

Huella Ecológica (ha)	Huella Ecológica por habitaciones (ha/habitaciones)	Huella Ecológica por camas (ha/camas)	Huella Ecológica por clientes equivalentes (ha/clientes)	Huella Ecológica por superficie ocupada (ha/ha)
6,457	10,15	4,66	4,97	773,40

Tabla 84: Huella Ecológica por habitación, camas, clientes y superficie de complejo extrahotelero.

8.3. Contraste de resultados.

8.3.1. Racionalidad de los resultados.

En primer lugar se debe comenzar cuestionando la racionalidad de los resultados obtenidos y para ellos se dispone en este documento de datos suficientes para contrastar los valores y comprobar su validez.

De mayor a menor escala se pueden repasar los valores de la huella ecológica por habitante equivalente para los siguientes casos.

En primer lugar, a escala continental recordemos que para los países del G20 existía una HE por habitante año que oscilaba entre los valores de 2 a 9 hectáreas equivalentes, dependiendo del país al que se hiciese referencia.

Para el caso de España, la huella ecológica en 2008 se estableció en 6,4 hectáreas equivalentes por habitante y año, y en 4,2 para el caso de la comunidad autónoma de Canarias.

Si se hace referencia a HE referida a empresas, para el caso del hospital Lion Gate en Canadá, se calculó que su huella ecológica por habitante equivalente y año ascendía a 4,9 hectáreas equivalentes.

Los anteriores valores establecen un marco que permite contrastar los obtenidos para el caso de establecimientos turísticos hoteleros y extrahoteleros en Canarias.

El primer caso, la muestra perteneciente al grupo de los establecimientos hoteleros, han arrojado un valor de 9,27 hectáreas equivalentes por habitante y año.

La muestra perteneciente al grupo de los establecimientos extrahoteleros resultó en un valor de 4,97 hectáreas equivalentes por habitante y año.

Se puede concluir por tanto que ambos valores resultan coherentes en el marco global y en el marco nacional, dado que su escala es muy razonable, con lo que se reafirma con estos resultados la validez de la metodología diseñada.

8.3.2. Origen de la HE en establecimientos turísticos.

Respecto a los pesos de los diferentes consumos en el cálculo de la huella ecológica, se aporta a continuación una tabla resumen comparativa entre ambos casos prácticos.

CATEGORÍA	PESO EN LA HE DEL ESTABLECIMIENTO HOTELERO (%)	PESO EN LA HE DEL ESTABLECIMIENTO EXTRA-HOTELERO (%)
Energía	40,03	11,06
Bienes	23,53	25,83
Agua	1,58	4,55
Residuos	1,66	29,10
Trasnporte	33,17	29,46
Superficie	0,02	0,00

Tabla 85: Comparativa de pesos (%) de las distintas categorías sobre la HE.

Y profundizando un poco más se procede a representar la tabla anterior con nivel de detalle de subcategoría con el fin de poder analizar los datos y en definitiva los consumos de las actividades que provocan la HE.

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	% HOTELERO	% EXTRA - HOTELERO
Energía	Electricidad	30,04	13,32
	Gas Natural	1,96	-
	Gasoil	4,38	4,33
	Fuel-Oil	3,39	1,57
	GLP .Butano	0,26	-
	GLP. Propano	-	-
Bienes	Alimentación, bebidas y tabaco	1,20	21,91
	Textil, confección, cuero y calzado	0,10	1,49
	Madera, corcho, papel y artes gráficas	14,91	3,79
	Industria química y farmacéutica	0,99	4,46
	Caucho y materias plásticas	-	-
	Productos minerales no metálicos diversos	4,52	-
	Metalurgia y fabricación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipos	0,01	-
	Material y equipo electrónico y óptico	-	0,59
	Maquinaria y equipo mecánico	0,65	0,20
	Material de transporte	-	-
	Industrias manufactureras diversas, reparación e instalación de maquinaria y equipos	1,14	12,46
Agua	Consumo de agua	1,58	7,91
Residuos	Nº pernoctaciones año	1,36	9,12
	Consumo de agua	0,30	7,91
Trasnporte	(Trayectoria ida vuelta del complejo al aeropuerto) x (nº clientes año)	33,17	10,94
Superficie	Superficie ocupada por el complejo	0,02	0,00

Tabla 86: Comparativa de pesos (%) de las distintas subcategorías sobre la HE.

De los datos anteriores se debe destacar en primer lugar el fuerte vínculo que existe en las instalaciones hoteleras y extrahoteleras con la energía eléctrica como fuente energética y también como causa de uno de los mayores capítulos de afección al medio ambiente, tal y como reflejan los datos anteriores. Este hecho tiene una doble lectura, por una parte existe responsabilidad en los hábitos de los consumidores considerándose excesiva la energía que se consume en estos centros, pero también existe una responsabilidad institucional al ser las instituciones quienes designan a través de su aparato legal de que forma se genera la energía en los países. Sin duda ambos factores pesan sobre los resultados tan significativos referidos a la

energía eléctrica y su huella ecológica.

Otro factor de gran peso en el resultado de la HE de los establecimientos turísticos resulta su HE relacionada con el transporte de los clientes en su recorrido de llegada y en su recorrido de partida. En este caso, como en el caso anterior, las responsabilidades sobre esta HE se reparten entre quienes escogen la ubicación de los establecimientos hoteleros y quienes designan el modelo de transporte público en este caso insular. Los primeros condicionan la distancia a recorrer por quienes desean llegar a su destino vacacional y los segundos condicionan el nivel de emisiones y afecciones que generará el transporte público implantado en el destino turístico.

Hay que recordar que son muchas las variables que afectan a cada una de las líneas de las tablas anteriores y es relevante conocer las morfologías y características de las instalaciones a las que se refieren así como los hábitos funcionales de los usuarios de las mismas.

8.3.3. Comparativa entre establecimientos hoteleros y extrahoteleros.

A continuación procedemos a comentar los resultados obtenidos en cada una de las categorías, recordando al lector previamente que los establecimientos que se están comparando tienen dimensiones similares en cuanto a capacidad de alojamiento para poder realizar esta labor comparativa de forma coherente, pero lógicamente sus infraestructuras difieren por el tipo de servicio que realizan y es ahí donde estriban las diferenciaciones de relevancia para este estudio. Sirva por tanto esta comparación para establecer las similitudes y diferencias existentes entre los denominados establecimientos hoteleros y los extrahoteleros en relación a los pesos de las distintas categorías en la conformación de su HE.

1. En relación con la energía destaca que el caso hotelero triplica en peso al caso extrahotelero. Este dato no es sorprendente cuando se conoce que los hoteles como el analizado, disponen de importantes consumos vinculados a maquinaria de gran porte dedicada a labores de tratamiento térmico de las instalaciones y también cocinas industriales

con equipos como hornos de resistencias que provocan grandes consumos. Así mismo los hábitos de consumo en los establecimientos hoteleros son más intensivos en relación con la energía. Vemos sin embargo que en los establecimientos extrahoteleros la HE por consumos energéticos es mucho menor, hecho relacionado con la menor presencia de instalaciones y unos hábitos de consumos más contenidos.

2. De los bienes de consumo se debe aclarar en primer lugar que la mayor parte de la HE viene determinada por el consumo de alimentación y bebida en ambos casos. Por esta razón no llama la atención el hecho de que ambos casos reflejen el mismo porcentaje de participación en las respectivas HE.
3. La participación del consumo de agua en la HE de ambos casos prácticos se puede estimar similar, siendo pesos poco significativos.
4. En el caso de los residuos se deben interpretar los datos de ambos establecimientos, puesto que si comparamos los valores de HE de ambos establecimientos son sensiblemente similares, pero no lo son sin embargo el peso que significan dentro de la HE de los respectivos establecimientos turísticos. Este hecho explica la diferencia sustancial de pesos.
5. En el transporte debemos aclarar que el principal factor que afecta a las diferencias entre los establecimientos estudiados es su ubicación respecto del aeropuerto. Este hecho es así debido a que ambos establecimientos turísticos poseen poblaciones equivalentes sensiblemente similares.
6. En el caso de las superficies ocupadas por las edificaciones e instalaciones de ambos casos prácticos, podemos comprobar que coinciden en sus pesos respecto de la totalidad de HE.

CAPÍTULO 9. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS.

A continuación se relacionan las conclusiones del presente estudio enumeradas como sigue:

1. En términos de productividad el indicador huella ecológica demuestra una gran eficiencia en la transmisión de la información necesaria para la comprensión del estado de una actividad o centro de trabajo en referencia a sus requerimiento o afecciones medioambientales. Se debe admitir que es un parámetro con ciertos márgenes de tolerancia que quedan perfectamente justificados en su forma de aplicación y uso.
2. Una conclusión destacada resultante de las combinaciones de datos de diversas fuentes es la fuerte relación existente entre tres parámetros de gran calado planetario como son el producto interior bruto, la emisión de gases de efecto invernadero y la huella ecológica, que además muestran aceleraciones similares. El producto interior bruto está directamente afectado por la cantidad de activos que produce un país, sus costes y su valor, pero no tanto por la forma en que se producen o consumen. Sin embargo, los gases de efecto invernadero y también la huella ecológica son indicadores medioambientales y por tanto sensibles a la forma de consumo y producción de bienes y servicios.
3. En referencia al uso de la HE para estudios de ámbitos territoriales, se reconoce la existencia de un uso intensivo y de una metodología detallada para el cálculo del indicador unido al de la biocapacidad de los países, existiendo también actualizaciones anuales de los datos, parámetros y resultados. Sin embargo, no se ha registrado ninguna actividad significativa referida al cálculo de la HE de las empresas, ni tampoco la consolidación de una metodología específica más allá de la aplicación repetida de la propuesta de Rees y Wackernagel en diversos estudios al respecto, basados en los coeficientes y principales parámetros establecidos por la solución metodológica original. ¿Acaso no será compleja la aplicación de la actual metodología al ámbito empresarial?
4. Tras la aplicación del desarrollo metodológico propuesto en este documento se concluye en la validez del método definido para el

cálculo de la HE de establecimientos turísticos hoteleros y extrahoteleros en base a los datos recabados de sus registros contables, y que difiere de forma significativa de los anteriores procedimientos metodológicos que obran en la bibliografía, si bien respeta de forma suficiente los principios básicos del indicador HE y las metodologías preexistentes las cuales son un escalón más de esta escalera interminable que representa la investigación.

5. Toda la complejidad de cálculo se ha reservado a la definición de los coeficientes de aplicación para las distintas categorías de consumos, cuestión resuelta en el desarrollo de la metodología, y el usuario final únicamente deberá aplicarlos de forma simple y ordenada para obtener los resultados de la huella ecológica de los establecimientos hoteleros y extrahoteleros.
6. Otra de las importantes conclusiones a las que se ha llegado en este estudio es que el reto al que se enfrenta la humanidad y el planeta tierra quizás no requiera tanto del desarrollo de soluciones técnicas, puesto que éstas en gran parte ya están inventadas, como de soluciones educativas y comunicativas al respecto.
7. Los resultados obtenidos tras la aplicación práctica concluyen en una fuerte dependencia entre los consumos de energía y la HE de los establecimientos turísticos hoteleros.
8. El modelo de transporte insular condiciona de forma significativa la huella ecológica de los turistas en el territorio canario.
9. La huella ecológica de los “habitantes equivalentes” de los establecimientos turísticos en el caso de los establecimientos extra-hoteleros es sensiblemente igual a la HE de los habitantes de las Islas Canarias.
10. La huella ecológica de los “habitantes equivalentes” de los establecimientos hoteleros duplican el valor de la HE de los habitantes de las Islas Canarias.
11. La metodología desarrollada supone una oportunidad para la libre aplicación del concepto de HE a los establecimientos del sector turístico gracias a la superación de dos grandes barreras: la privacidad de los datos, y la interlocución con un solo agente.

Se enumeran tras las conclusiones una relación de futuras líneas de actuación y retos que se proponen a partir del presente estudio, vinculados a la huella ecológica de las empresas:

1. El éxito en la aplicación práctica de la metodología despierta cierto entusiasmo en referencia a las posibilidades que a partir de este punto pueden surgir en la aplicación masiva de este planteamiento metodológico, el cual ha sido diseñado para no tropezar con los frenos de la privacidad, el celo industrial o las dificultades técnicas de aplicación, dado que cuenta con estrategias de "encriptación" de la información sensible para facilitar la participación empresarial en los estudios.
2. Como líneas futuras de actuación surgen diversas ramas de investigación o aplicación, como la posibilidad de utilizar la huella ecológica como herramienta de asesoramiento ambiental a los establecimientos turísticos. El hecho de conocer los factores que afectan a la composición de la huella ecológica y la forma en que estos participan de la misma, se convierte en una herramienta de gran utilidad para trabajar de forma conjunta con los aparatos de gestión hotelera en el establecimiento de estrategias y retos de mejora de su eficiencia medioambiental, que por seguro redundará en mejoras sustanciales de sus servicios.
3. Otra de las cuestiones de futuro abordaje consiste en la aplicación del cálculo de la HE a otros sectores empresariales, para los cuales el camino queda bastante allanado puesto que la estructura de la solución desarrollada en este documento ha de ser compatible. No por ello están exentos de estudios y nuevos cálculos para ajustar el desarrollo metodológico a las diferentes tipologías empresariales que componen el tejido productivo.
4. Sin duda, construir una base de datos con los resultados de aplicación de la HE en tantos establecimientos hoteleros y extrahoteleros como se pueda alcanzar, permitiría la apertura de nuevas líneas de análisis con herramientas software y por tanto nuevas conclusiones, pudiendo aportar valiosa información a un sector empresarial que supone mucho en la economía de las Islas Canarias, y en la economía española.

5. Basados en la línea anterior debieran incluirse en los recursos de los institutos de estadística los valores de la HE de los sectores empresariales, estructurados y clasificados, para dotar a las administraciones y los legisladores de información de gran utilidad para la toma de decisiones estratégicas. Son muchas las decisiones en el ámbito público tomadas en base a valoraciones y justificaciones económicas, y sin embargo pocas las que se ejecutan en base a valoraciones de tipo medioambiental. La HE es un parámetro que pudiera trascender al plano estratégico y vincularse a la toma de decisiones.

BIBLIOGRAFÍA.

- [1] PACHAURI, R. K.; MEYER, L. Climate change 2014 Synthesis Report-Summary for Policymakers. 2014.
- [2] Naciones Unidas, Protocolo de Kyoto de la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático, 1998, GE.05-61702
- [3] Elena Alexandra Mamouni Limnios, Anas Ghadouani, Steven G.M. Schilizzi, Tim Mazzarol, Giving the consumer the choice: A methodology for Product Ecological Footprint calculation, *Ecological Economics*, Volume 68, Issue 10, 15 August 2009, Pages 2525-2534, ISSN 0921-8009
- [4] William Rees, Mathis Wackernagel, Urban ecological footprints: Why cities cannot be sustainable—And why they are a key to sustainability, *Environmental Impact Assessment Review*, Volume 16, Issues 4–6, July–November 1996, Pages 223-248, ISSN 0195-9255
- [5] Daniel D. Moran, Mathis Wackernagel, Justin A. Kitzes, Steven H. Goldfinger, Aurélien Boutaud, Measuring sustainable development — Nation by nation, *Ecological Economics*, Volume 64, Issue 3, 15 January 2008, Pages 470-474, ISSN 0921-8009
- [6] Mathis. Wackernagel, How Many People Can the Earth Support? Ed. Joel E. Cohen. W.W. Norton and Co., New York, 1995. 532 pp. ISBN: 0-393-03862-9, *Ecological Economics*, Volume 29, Issue 3, June 1999, Pages 485-488, ISSN 0921-8009
- [7] Hatice Doğan Südaş, Eda Yaşa Özeltürkay, Analyzing the Thoughts of Ecological Footprints of University Students: A Preliminary Research on Turkish Students, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 175, 12 February 2015, Pages 176-184, ISSN 1877-0428
- [8] M. Wackernagel and J. Kitzes, Ecological Footprint, In *Encyclopedia of Ecology*, edited by Sven Erik Jørgensen Brian D. Fath, Academic

Press, Oxford, 2008, Pages 1031-1037, ISBN 9780080454054

- [9] William E. Rees, Ecological Footprint, Concept of, In Encyclopedia of Biodiversity (Second Edition), edited by Simon A Levin, Academic Press, Waltham, 2013, Pages 701-713, ISBN 9780123847201
- [10] Wackernagel, M., & Rees, W. (1998). Our ecological footprint: reducing human impact on the earth (No. 9). New Society Publishers. 1998
- [11] Herman E. Daly, Toward some operational principles of sustainable development, Ecological Economics, Volume 2, Issue 1, April 1990, Pages 1-6, ISSN 0921-8009
- [12] C. Monfreda, M. Wackernagel, D. Deumling, Establishing national natural capital accounts based on detailed Ecological Footprint and biological capacity assessments, Land Use Policy, Volume 21, Issue 3, July 2004, Pages 231-246, ISSN 0264-8377
- [13] Rees, W., 1992. Ecological footprint and appropriated carrying capacity; what urban economics leaves out.
- [14] V. Niccolucci, A. Galli, A. Reed, E. Neri, M. Wackernagel, S. Bastianoni, Towards a 3D National Ecological Footprint Geography, Ecological Modelling, Volume 222, Issue 16, 24 August 2011, Pages 2939-2944, ISSN 0304-3800
- [15] Instituto Nacional de Estadística (INE), Estadísticas poblacionales, censo de la comunidad autónoma de Canarias. 2014 www.ine.es
- [16] Instituto Canario de Estadística (ISTAC), Cuentas satélites del turismo de Canarias. http://www.gobiernodecanarias.org/istac/temas_estadisticos/economiageneral/cuentaseconomicas/cuentassectores/C00020A.html

- [17] Liu Huimin, The impact of human behavior on ecological threshold: Positive or negative?—Grey relational analysis of ecological footprint, energy consumption and environmental protection, *Energy Policy*, Volume 56, May 2013, Pages 711-719, ISSN 0301-4215
- [18] Xin Zhou, Hidefumi Imura, How does consumer behavior influence regional ecological footprints? An empirical analysis for Chinese regions based on the multi-region input-output model, *Ecological Economics*, Volume 71, 15 November 2011, Pages 171-179, ISSN 0921-8009
- [19] Galli, A., Kitzes, J., Wermer, P., Wackernagel, M., Niccolucci, V., Tiezzi, E., 2007. An exploration of the mathematics behind the Ecological Footprint. *International Journal of Ecodynamics* 2, 250–257.
- [20] Cynthia Klein-Banai, Thomas L. Theis, Urban university's ecological footprint and the effect of climate change, 2010.
- [21] Andrea Collins, Andrew Flynn, *Measuring Sustainability: the Role of Ecological Footprint in Wales, UK*, 2004
- [22] Justin Kitzes, Mathis Wackernagel, Answers to common questions in Ecological Footprint accounting, *Ecological Indicators*, Volume 9, Issue 4, July 2009, Pages 812-817, ISSN 1470-160X
- [23] Justin Kitzes, Alessandro Galli, Marco Bagliani, John Barrett, Gorm Dige, Sharon Ede, Karlheinz Erb, Stefan Giljum, Helmut Haberl, Chris Hails, Laurent Jolia-Ferrier, Sally Jungwirth, Manfred Lenzen, Kevin Lewis, Jonathan Loh, Nadia Marchettini, Hans Messinger, Krista Milne, Richard Moles, Chad Monfreda, Dan Moran, Katsura Nakano, Aili Pyhälä, William Rees, Craig Simmons, Mathis Wackernagel, Yoshihiko Wada, Connor Walsh, Thomas Wiedmann, A research agenda for improving national Ecological Footprint accounts, *Ecological Economics*, Volume 68, Issue 7, 15 May 2009, Pages 1991-2007, ISSN 0921-8009

- [24] Manfred Lenzen, Shauna A. Murray, Britta Korte, Christopher J. Dey, Environmental impact assessment including indirect effects—a case study using input–output analysis, *Environmental Impact Assessment Review*, Volume 23, Issue 3, May 2003, Pages 263-282, ISSN 0195-9255
- [25] Mathis Wackernagel and Chad Monfreda, Ecological Footprints and Energy, In *Encyclopedia of Energy*, edited by Cutler J. Cleveland, Elsevier, New York, 2004, Pages 1-11, ISBN 9780121764807
- [26] Global footprint network standards committee, *Ecological Footprint standards 2009*, 2009
- [27] Ministerio de medio ambiente medio rural y marino, *Análisis de la huella ecológica de España*, 2008
- [28] J.L. Doménech, Methodology guide for calculating the enterprise ecological footprint, *Third International Meeting over Sustainable Development and Villages.*, Málaga University, Spain, 2006
- [29] Michael Borucke, David Moore, Gemma Cranston, Kyle Gracey, Katsunori Iha, Joy Larson, Elias Lazarus, Juan Carlos Morales, Mathis Wackernagel, Alessandro Galli, Accounting for demand and supply of the biosphere's regenerative capacity: The National Footprint Accounts' underlying methodology and framework, *Ecological Indicators*, Volume 24, January 2013, Pages 518-533, ISSN 1470-160X
- [30] Justin Kitzes, Daniel Moran, Alessandro Galli, Yoshihiko Wada, Mathis Wackernagel, Interpretation and application of the Ecological Footprint: A reply to Fiala (2008), *Ecological Economics*, Volume 68, Issue 4, 15 February 2009, Pages 929-930, ISSN 0921-8009
- [31] Jeroen C.J.M. van den Bergh, Fabio Grazi, Reply to the first systematic response by the Global Footprint Network to criticism: A

- real debate finally?, *Ecological Indicators*, Available online 5 June 2015, ISSN 1470-160X
- [32] David Lin, Mathis Wackernagel, Alessandro Galli, Ronna Kelly, *Ecological Footprint: Informative and evolving – A response to van den Bergh and Grazi (2014)*, *Ecological Indicators*, Available online 6 June 2015, ISSN 1470-160X
- [33] Wiedmann, T., Minx, J., 2008. A Definition of 'Carbon Footprint', ISA UK Research and Consulting, Durham, United Kingdom, WWF, 2006. Living Planet Report 2006, Gland, Switzerland.
- [34] Juan Cagiao, Breixo Gómez, Juan Luis Doménech, Salvador Gutiérrez Mainar, Hortensia Gutiérrez Lanza, Calculation of the corporate carbon footprint of the cement industry by the application of MC3 methodology, *Ecological Indicators*, Volume 11, Issue 6, November 2011, Pages 1526-1540, ISSN 1470-160X
- [35] Quesada, J. L. D., & Luís, J. Estándares 2010 de Huella de Carbono MC3., 2010
- [36] Adolfo Carballo Penela, Utilidad de la huella ecológica y del carbono en el ámbito de la responsabilidad social corporativa (RSC) y el ecoetiquetado de bienes y servicios, Año 2009, <http://www.eumed.net/rev/delos/08>
- [37] Alessandro Galli, Justin Kitzes, Valentina Niccolucci, Mathis Wackernagel, Yoshihiko Wada, Nadia Marchettini, Assessing the global environmental consequences of economic growth through the Ecological Footprint: A focus on China and India, *Ecological Indicators*, Volume 17, June 2012, Pages 99-107, ISSN 1470-160X
- [38] Turkish G20 presidency priorities for 201, Año 2015, <https://g20.org/wp-content/uploads/2014/12/2015-TURKEY-G-20-PRESIDENCY-FINAL.pdf>
- [39] Justin Kitzes, Alessandro Galli, Marco Bagliani, John Barrett, Gorm

Dige, Sharon Ede, Karlheinz Erb, Stefan Giljum, Helmut Haberl, Chris Hails, Laurent Jolia-Ferrier, Sally Jungwirth, Manfred Lenzen, Kevin Lewis, Jonathan Loh, Nadia Marchettini, Hans Messinger, Krista Milne, Richard Moles, Chad Monfreda, Dan Moran, Katsura Nakano, Aili Pyhälä, William Rees, Craig Simmons, Mathis Wackernagel, Yoshihiko Wada, Connor Walsh, Thomas Wiedmann, A research agenda for improving national Ecological Footprint accounts, *Ecological Economics*, Volume 68, Issue 7, 15 May 2009, Pages 1991-2007, ISSN 0921-8009

- [40] World Wide Fund For Nature (WWF), Living planet report 2000. www.panda.org
- [41] Banco mundial, PIB per cápita. 2014 www.bancomundial.org/es
- [42] Antonio Caro Orellana, Territorio y sostenibilidad. Aproximación a la huella ecológica de Andalucía, 2007
- [43] Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, La huella ecológica de andalucía, una herramienta para medir la sostenibilidad.
- [44] Antonio Cano-Orellana, Manuel Delgado-Cabeza, Local ecological footprint using Principal Component Analysis: A case study of localities in Andalusia (Spain), *Ecological Indicators*, Volume 57, October 2015, Pages 573-579, ISSN 1470-160X
- [45] Mathis Wackernagel, Larry Onisto, Patricia Bello, Alejandro Callejas Linares, Ina Susana López Falfán, Jesus Méndez García, Ana Isabel Suárez Guerrero, Ma Guadalupe Suárez Guerrero, National natural capital accounting with the ecological footprint concept, *Ecological Economics*, Volume 29, Issue 3, June 1999, Pages 375-390, ISSN 0921-8009
- [46] Mathis Wackernagel, William E. Rees, Perceptual and structural barriers to investing in natural capital: Economics from an ecological

footprint perspective, *Ecological Economics*, Volume 20, Issue 1, January 1997, Pages 3-24, ISSN 0921-8009

- [47] Michael Borucke, David Moore, Gemma Cranston, Kyle Gracey, Katsunori Iha, Joy Larson, Elias Lazarus, Juan Carlos Morales, Mathis Wackernagel, Alessandro Galli, Accounting for demand and supply of the Biosphere's regenerative capacity: the National Footprint Accounts' underlying methodology and framework, Año2012.
- [48] Thomas Wiedmann, Jan Minx, John Barrett, Mathis Wackernagel, Allocating ecological footprints to final consumption categories with input-output analysis, *Ecological Economics*, Volume 56, Issue 1, 1 January 2006, Pages 28-48, ISSN 0921-8009
- [49] Mathis Wackernagel, Methodological advancements in footprint analysis, *Ecological Economics*, Volume 68, Issue 7, 15 May 2009, Pages 1925-1927, ISSN 0921-8009
- [50] Alessandro Galli, Mathis Wackernagel, Katsunori Iha, Elias Lazarus, Ecological Footprint: Implications for biodiversity, *Biological Conservation*, Volume 173, May 2014, Pages 121-132, ISSN 0006-3207
- [51] Patricia González-Vallejo, Madelyn Marrero, Jaime Solís-Guzmán, The ecological footprint of dwelling construction in Spain, *Ecological Indicators*, Volume 52, May 2015, Pages 75-84, ISSN 1470-160X
- [52] C. Erdas, P.A. Fokaides, C. Charalambous, Ecological footprint analysis based awareness creation for energy efficiency and climate change mitigation measures enhancing the environmental management system of Limassol port, *Journal of Cleaner Production*, Available online 21 July 2015, ISSN 0959-6526
- [53] Doménech, J. L., & González-Arenales, M. (2008). La huella ecológica de las empresas: 4 años de seguimiento en el Puerto de Gijón. *Revista OIDLES*, 1, 1-23.

- [54] Marco Bagliani, Fiorenzo Martini, A joint implementation of ecological footprint methodology and cost accounting techniques for measuring environmental pressures at the company level, *Ecological Indicators*, Volume 16, May 2012, Pages 148-156, ISSN 1470-160X
- [55] Marta Herva, Carlos García-Diéguez, Amaya Franco-Uría, Enrique Roca, New insights on ecological footprinting as environmental indicator for production processes, *Ecological Indicators*, Volume 16, May 2012, Pages 84-90, ISSN 1470-160X
- [56] Wim Lambrechts, Luc Van Liedekerke, Using ecological footprint analysis in higher education: Campus operations, policy development and educational purposes, *Ecological Indicators*, Volume 45, October 2014, Pages 402-406, ISSN 1470-160X
- [57] Alessandro Galli, Thomas Wiedmann, Ertug Ercin, Doris Knoblauch, Brad Ewing, Stefan Giljum, Integrating Ecological, Carbon and Water footprint into a "Footprint Family" of indicators: Definition and role in tracking human pressure on the planet, *Ecological Indicators*, Volume 16, May 2012, Pages 100-112, ISSN 1470-160X
- [58] Germain, S. (2000). The ecological footprint of Lions Gate Hospital. *Hospital quarterly*, 5(2), 61-66., 2002.
- [59] Raymond J Cole, Energy and greenhouse gas emissions associated with the construction of alternative structural systems, *Building and Environment*, Volume 34, Issue 3, 1 May 1998, Pages 335-348, ISSN 0360-1323
- [60] M. Herva, A. Franco, S. Ferreiro, A. Álvarez, E. Roca, An approach for the application of the Ecological Footprint as environmental indicator in the textile sector, *Journal of Hazardous Materials*, Volume 156, Issues 1-3, 15 August 2008, Pages 478-487, ISSN 0304-3894

- [61] Anca Butnariu, Silvia Avasilcai, Research on the Possibility to Apply Ecological Footprint as Environmental Performance Indicator for the Textile Industry, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 124, 20 March 2014, Pages 344-350, ISSN 1877-0428
- [62] G.J. Li, Q. Wang, X.W. Gu, J.X. Liu, Y. Ding, G.Y. Liang, Application of the componential method for ecological footprint calculation of a Chinese university campus, *Ecological Indicators*, Volume 8, Issue 1, January 2008, Pages 75-78, ISSN 1470-160X
- [63] Adolfo Carballo Penela & Juan Luis Doménech Quesada & María do Carme García Negro & Carlos Sebastián Villasante & Gonzalo Rodríguez Rodríguez & Mónica González-Arenales, 2008.
- "Análisis Comparativo De La Huella Ecológica De Dos Empresas Del Sector Pesquero Gallego," *Observatorio Iberoamericano del Desarrollo Local y la Economía Social*, Grupo Eumed.net (Universidad de Málaga), issue 4, June.
- [64] Yong Geng, Liming Zhang, Xudong Chen, Bing Xue, Tsuyoshi Fujita, Huijuan Dong, Urban ecological footprint analysis: a comparative study between Shenyang in China and Kawasaki in Japan, *Journal of Cleaner Production*, Volume 75, 15 July 2014, Pages 130-142, ISSN 0959-6526
- [65] FAO & JRC.2012.Global forest land-use change 1990–2005, by E.J.Lindquist, R. D'Annunzio, A. Gerrand, K. MacDicken, F. Achard, R. Beuchle, A. Brink, .D. Eva, P. Mayaux, J. San-Miguel-Ayanz & H-J. Stibig. FAO Forestry Paper No. 169. Food and Agriculture Organization of the United Nations and European Commission Joint Research Centre. Rome, FAO
- [66] Food and Agriculture Organización of the United Nations, *Situación de los bosques en el mundo*, 2007.
- [67] Food and Agriculture Organización of the United Nations, *Fao*

Statistical Yearbook 2013, World food and agriculture, 2013.

- [68] Food and Agriculture Organization of the United Nations, Situación de los bosques en el mundo, 2011.
- [69] Carvajal, Micaela, Departamento de Nutrición Vegetal Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Investigación sobre la absorción de CO₂ por los cultivos más representativos, 2008
- [70] Departamento de desarrollo sostenible - Food and Agriculture Organization of United Nations, Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo, 2011
- [71] UNEP, FAO and IOC/UNESCO, Blue carbon - The role of healthy oceans in binding carbon, 2009
- [72] Naciones Unidas, Los desiertos ocupan el 25% de la masa terrestre, Año 2010, <http://www.un.org/spanish/News/story.asp?NewsID=18595#.VgkcVnsrOMA>
- [73] REE, Mercados-Mibel, Precio de la energía y precio final, años 2012-2015, <http://www.esios.ree.es/web-publica/>
- [74] Operador del Mercado Ibérico de Energía, Polo Español, OMIE, Años 2012-2015, <http://www.omie.es/files/flash/ResultadosMercado.swf>
- [75] Endesa, Informe de resultados 9M año 2015, <http://www.endesa.com/es/accionistas/infoeconomica/ResultadosFinancieros>
- [76] Ministerio de Industria, Energía y Turismo, Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía, Factores de emisión de CO₂ y coeficientes de paso de energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector de edificios en España, Año 2014,

http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RI TE/propuestas/Documents/2014_03_03_Factores_de_emision_CO2_y _Factores_de_paso_Efinal_Eprimaria_V.pdf

- [77] Ministerio de Industria, Energía y Turismo, Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía, Informe de precios energéticos: combustibles y carburantes 2015, http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Combustibles _y_carburantes_enero_2015_52c84392.pdf
- [78] Instituto Nacional de Estadística, Encuesta industrial productos (PRODCOM), <http://www.ine.es/jaxi/menu.do?type=pcaxis&path=%2Ft05%2Fp049 &file=inebase&L=0>
- [79] Instituto Nacional de Estadística, Encuesta consumos energéticos de los distintos combustibles utilizados por la industria, <http://www.ine.es/jaxi/menu.do?type=pcaxis&path=%2Ft04%2Fp01& file=inebase&L=0>
- [80] Boletín Oficial de Canarias, Tarifas de abastecimiento de agua para Gran Canaria, <http://www.gobiernodecanarias.org/cicnt/ temas/comercio/precios/agua/gc.html>
- [81] Pedro Simón Andreu, Carlos Lardín Mifsut y Manuel Abellán Soller, Optimización Energética en EDAR de la región de Murcia, http://hispagua.cedex.es/sites/default/files/hispagua_articulo/Ingcivil/ P-093-112.pdf
- [82] NH Hoteles, Iniciativas implantadas para reducción de residuos de la cadena, Año 2012, <https://corporate.nh- hoteles.es/es/responsabilidad-corporativa-y-sostenibilidad/gestion /medio-ambiente/gestion-medioambiental/residuos>
- [83] Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Complejo ambiental Salto del Negro, Año 2014, <http://www.prtr->

es.es/informes/fichacomplejo.aspx?id_complejo=1779

- [84] Ministerio de Industria, Energía y Turismo, Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía, Estudio de perspectiva, consumo energético en el sector del agua, Año 2010, http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Estudio_de_prospectiva_Consumo_Energetico_en_el_sector_del_agua_2010_020f8db6.pdf

- [85] Ministerio de Industria, Energía y Turismo, Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía, Guía para la gestión del combustible en las flotas de transporte por carretera, Año 2006, http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10232_Guia_gestion_combustible_flotas_carretera_06_32bad0b7.pdf

- [86] V. Niccolucci, S. Bastianoni, E.B.P. Tiezzi, M. Wackernagel, N. Marchettini, How deep is the footprint? A 3D representation, *Ecological Modelling*, Volume 220, Issue 20, 24 October 2009, Pages 2819-2823, ISSN 0304-3800

- [87] Steve Goldfinger, Mathis Wackernagel, Alessandro Galli, Elias Lazarus, David Lin, Footprint facts and fallacies: A response to Giampietro and Saltelli (2014) "Footprints to Nowhere", *Ecological Indicators*, Volume 46, November 2014, Pages 622-632, ISSN 1470-160X

- [88] Mario Giampietro, Andrea Saltelli, Footprints to nowhere, *Ecological Indicators*, Volume 46, November 2014, Pages 610-621, ISSN 1470-160X