



2015

HUELLA ECOLÓGICA DE LA UNIVERSIDAD DE MÁLAGA



VICERRECTORADO DE CAMPUS Y
SOSTENIBILIDAD

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN	3
1.1. Huella ecológica	3
1.2. Huella ecológica en las universidades	4
2. METODOLOGÍA DE CÁLCULO	6
2.1. Cálculo de emisiones de CO ₂	9
2.1.1. Cálculo directo	9
2.1.2. Cálculo indirecto	11
2.1.3. Cálculo de la Superficie el Campus	13
3. RESULTADOS	13
3.1. Emisiones de CO ₂	13
3.2. Huella ecológica	15
4. CONCLUSIONES	17
BIBLIOGRAFÍA	18

1 INTRODUCCIÓN

Los miembros de la sociedad que desarrollan sus tareas diarias en la universidad generan un impacto en su entorno asociado al desarrollo de las actividades de docencia, investigación y gestión que realizan: desplazamientos a los edificios, consumo de recursos, generación de residuos... Las universidades, por otro lado, ejercen un fuerte impacto sobre los entornos sociales en que se ubican. De modo que los compromisos ambientales que asumen son exportados como modelo en dichos entornos.

Cada vez son más las universidades que se comprometen a introducir criterios de sostenibilidad en los ámbitos de docencia, investigación y gestión. La Universidad de Málaga (UMA), asume el compromiso de incorporar medidas que consigan una actividad docente e investigadora desarrollada bajo criterios de sostenibilidad, fomentando entre todos los miembros de la comunidad universitaria el sentido de la responsabilidad sobre el medio ambiente y la protección del mismo.

La implantación de un Sistema de Gestión Ambiental en la UMA, se basa en la determinación de una batería de indicadores que permitan elaborar un diagnóstico sobre la situación ambiental de la universidad. La importancia de este proyecto radica en el establecimiento de unas pautas de evaluación ambiental que pueden ser reproducidas en años posteriores, para averiguar el grado de avance de la universidad hacia la sostenibilidad, así como la fijación de objetivos y metas medioambientales que contribuyan a la prevención de la contaminación. Por su gran potencial pedagógico y de seguimiento de la actividad de cualquiera organización, la UMA ha decidido calcular la *huella ecológica* de las actividades que realiza. Este indicador permite comparar el consumo de un determinado sector de población con la limitada productividad ecológica de la Tierra.

1.1. Huella ecológica

Desde que en el año 1996 los investigadores Mathis Wackernagel y William Rees definieran el término *huella ecológica*, este índice de sostenibilidad se ha ido consolidando como uno de los más aplicados y, en palabras de reconocidos autores (Ernst Ulrich o Norman Myers por ejemplo), se ha convertido en la herramienta más útil para evaluar los avances en este terreno.

El concepto se fundamenta en dos simples hechos. En primer lugar, podemos medir la mayoría de los recursos que consumimos y los desechos que generamos. En segundo lugar, este consumo y generación de residuos se pueden traducir a las correspondientes áreas o territorios de los ecosistemas que cuentan con la capacidad de productividad biológica y de absorción de impactos humanos.

La idea de Huella Ecológica parte, realmente, de un término que aporta la ecología de poblaciones: la capacidad de carga. La capacidad de carga se define como: "el máximo número de individuos de una especie concreta que es capaz de soportar de forma indefinida un hábitat específico sin alterar la productividad de éste".

Esta definición supone poblaciones aisladas y una eficiencia de uso de los recursos no variable a lo largo del tiempo lo que no se puede presuponer para el hombre, que es capaz de aumentar las capacidades de carga del medio desarrollando posibilidades comerciales y tecnológicas. Por lo tanto, este concepto ecológico resultaba muy controvertido en su aplicación a la especie humana y algunos autores como Vitousek lo consideraban irrelevante y difícil de aplicar.

Ante esta situación y en un intento por encontrar un método que recogiera los impactos de las poblaciones humanas, Rees, partiendo del concepto de capacidad de carga, lo formuló al revés, es decir, ¿cuál sería la superficie necesaria para mantener un número de individuos determinado?

La idea, no era nueva, puesto que en el año 1967 Arvill había calculado que cada habitante de la Tierra necesitaba aproximadamente 1 Ha. para su mantenimiento, mientras que P. y A. Ehrlich en 1993 afirmaban que una ciudad de un millón de habitantes, según cálculos optimistas, necesitaba 1.000 Km² para captar la suficiente luz solar capaz de proporcionar a sus ciudadanos una dieta básicamente vegetariana.

La contribución de Rees y Wackernagel fue, por lo tanto, el establecimiento de una metodología muy específica de cálculo que permite la evaluación numérica y que convierte el concepto en un verdadero índice biofísico que expresa a nivel global el impacto de las actividades humanas en términos de superficies productivas de los ecosistemas.

Los autores lo definieron como "el área de territorio productivo o ecosistema acuático necesario para producir los recursos utilizados y para asimilar los residuos producidos por una población definida con un nivel de vida específico, donde sea que se encuentre esta área" y desarrollaron, a su vez, una metodología estándar, que permite la comparación. No obstante, los cálculos han debido ser adaptados, en muchos casos, a las realidades de cada área de estudio.

1.2. Huella ecológica en las universidades

La Huella Ecológica se definió, inicialmente, para establecer una medida de la sostenibilidad a nivel global. Sin embargo, ha quedado latente que la sostenibilidad se debe abordar desde diferentes perspectivas y que, ante todo, resultan fundamentales los niveles local y regional, por lo que los cálculos se han ido sucediendo para niveles de concreción cada vez mayores.

En este contexto, los cálculos de Huella Ecológica se han venido adaptando a las realidades locales y a las necesidades más específicas. De esta forma, su definición ha cobrado fuerza en el ámbito municipal y se pretende llevarla a la práctica hasta donde los límites de su propia definición lo permitan. Por ello, algunas instituciones universitarias, al igual que sucede con otros indicadores del desarrollo sostenible, han creído conveniente su aplicación al marco

concreto de sus políticas de actuación ambiental.

Las iniciativas de cálculo de este índice a nivel de Universidades son limitadas, puesto que existen un gran número de inconvenientes y debilidades (algunos presentes en la propia definición del indicador y otras derivadas de su aplicabilidad) que limitan su implantación como herramienta útil para lograr cuantificar avances de cara a la sostenibilidad.

La **huella ecológica** se define como el “*área de territorio ecológicamente productiva (cultivos, pastos, bosques o ecosistemas acuáticos) necesaria para producir los recursos utilizados y para asimilar los residuos producidos por una población determinada con un nivel de vida específico de forma indefinida, sea donde sea que se encuentre ese área*”¹.

La huella ecológica evalúa un determinado modelo de vida. Se expresa en hectáreas por persona y año (aunque actualmente se tiende a expresar en hectáreas globales/persona.año), representando la superficie de Planeta necesaria para asimilar el impacto de las actividades del modelo de vida analizado. La huella de una población está determinada por su número de miembros, el volumen de consumo y el la intensidad en el uso de los recursos para proveerla de bienes y servicios.

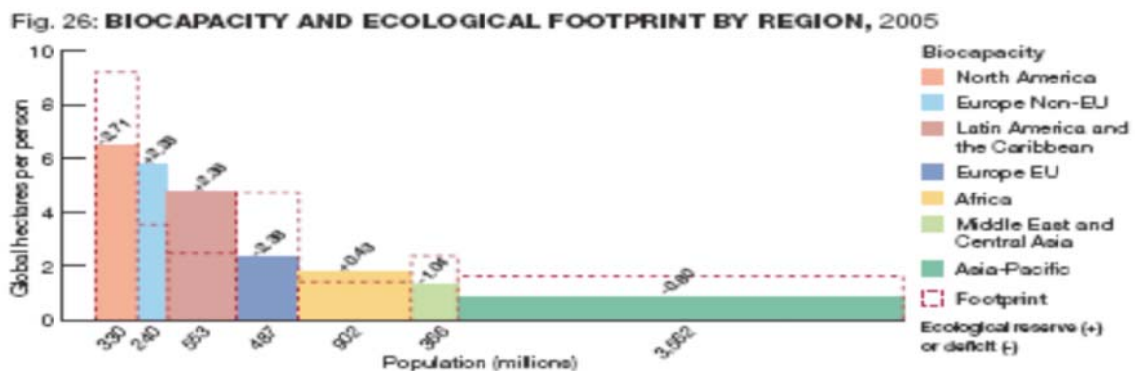


Figura 1. Huella ecológica en diferentes países (2005)

Fuente: WWF, *Informe Planeta Vivo 2008*

A la vista de la gráfica anterior se puede observar las grandes diferencias existentes entre los países desarrollados y los países en vías de desarrollo. En la mayor parte de los países desarrollados los ciudadanos no son conscientes de los graves impactos que tienen en el ambiente sus acciones cotidianas y su modo de vida (tamaño de la vivienda en que se habita, desplazamientos a los lugares de trabajo, compra diaria en supermercados...). La huella ecológica es un indicador que facilita dar a conocer estos impactos de forma clara y sencilla, motivo por el cual se considera una herramienta de educación ambiental.

La metodología de cálculo de la huella tiene en consideración que los sistemas ecológicos son necesarios para la obtención de flujos de materiales y energía requeridos para la producción de cualquier tipo de producto, para la absorción de los residuos de los procesos de producción y del uso final de los productos y para la creación de infraestructuras.

¹ Rees, W., Wackernagel, M., *Our ecological footprint. Reducing human impact on Earth*, New Society Publisher, Canadá, 1996.

En último lugar, indicar que si bien la huella ecológica se popularizó rápidamente en los últimos años como referente de los indicadores de sostenibilidad, es necesario destacar que también presenta una serie de limitaciones que reducen su eficacia, ya que no tienen en consideración el impacto ambiental de algunas situaciones como la existencia de suelos contaminados, erosión, afectación del paisaje... ni el impacto asociado al uso del agua. Además, es un indicador que no evalúa las dimensiones sociales ni económicas de la sostenibilidad.

² Actualmente se conoce también el concepto de huella del agua, introducido por Hoekstra y Chapagain. Estos autores definen la huella del agua como el volumen de agua necesario para producir los bienes y servicios consumidos por los habitantes de dicho país.

2. METODOLOGÍA DE CÁLCULO

Desde el punto de vista del impacto ambiental, una universidad se puede considerar como un sistema integrado dentro de su entorno, con entradas asociadas al consumo de recursos naturales: agua, materiales (construcción de edificios), combustibles fósiles (energía eléctrica, y movilidad) y salidas (producción de residuos):

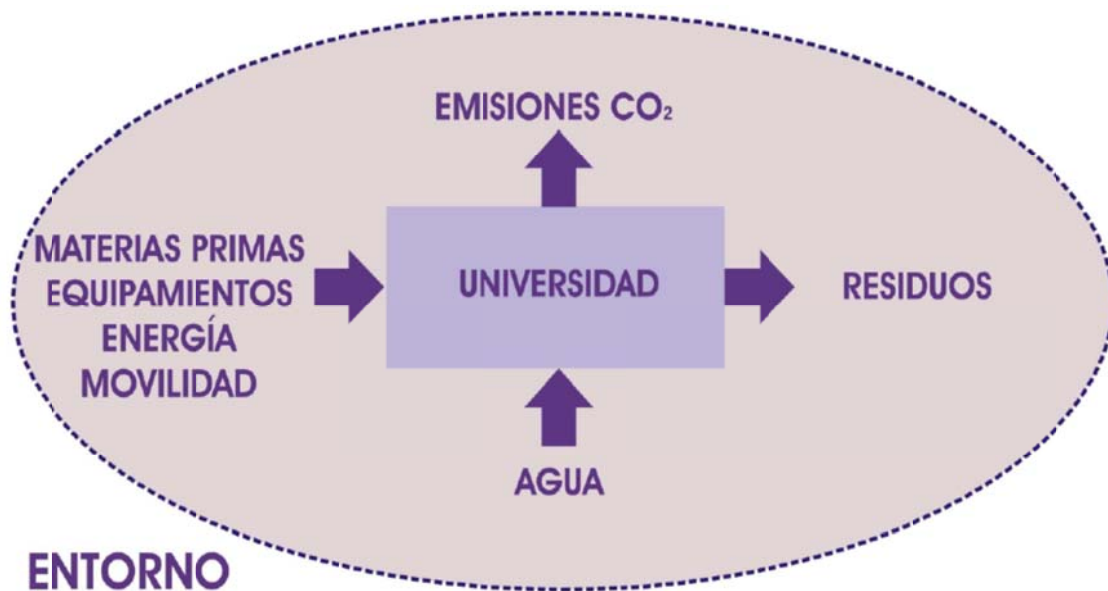


Figura 2. Análisis del sistema

El impacto asociado al consumo de recursos naturales y a la producción de residuos (que aparecen detallados por tipos en la siguiente tabla) se determina a partir de las emisiones de CO₂ relativas a cada consumo o tipo de residuo producido. Estas emisiones serán posteriormente traducidas a superficie necesaria para asimilarlas.

CONSUMO DE RECURSOS NATURALES	PRODUCCIÓN DE RESIDUOS
Agua Energía Eléctrica Energía Térmica Construcción de Edificios Papel Movilidad	Peligrosos No Peligrosos Urbanos

Tabla 1. Tipos de recursos y de residuos que hemos considerado en el cálculo de la huella

Para la evaluación de la huella ecológica de la UMA nos enfrentábamos a la problemática que presentan todos los estudios a nivel local: la limitación de datos. Se ha intentado solucionar este problema, como en otros casos, acomodándonos a la realidad de la situación estadística y a las posibilidades de estimación fundada.

La solución ha sido realizar los cálculos que resulten asequibles, basándonos en la realidad estadística concreta de la UMA y empleando las ventajas que ofrece la metodología de la Huella Ecológica, es decir, los indicadores parciales.

Como se ha visto, para el cálculo definitivo de la Huella es necesario un cálculo de indicadores parciales por categorías de consumo, que conduzca al cálculo total. Éste será el recurso que empleemos, puesto que supone una ventaja que les permite actuar a cada uno de ellos como verdaderos indicadores de sostenibilidad, con una consistencia y grado de fiabilidad muy elevados.

Para el cálculo de las emisiones de CO₂ se emplean factores de emisión, obtenidos de diversas fuentes, que se irán detallando a lo largo de este documento. Estos factores se aplican teniendo en cuenta que existen dos situaciones en cuanto al cálculo de los impactos ambientales:

- a) *Cálculo directo a partir de los consumos.* En algunos casos las emisiones se obtienen multiplicando los consumos por los factores de emisión. Esto sucede para los siguientes consumos: agua, consumos asociados a la construcción de edificios, energía eléctrica y producción de residuos urbanos y peligrosos.
- b) *Determinación indirecta de los estudios previos.* En estos casos no existen registros de cifras de consumo y producción de residuos, por lo que los datos se han obtenido a partir de encuestas. Esto sucede en concreto para el análisis de movilidad (hábitos de transporte) de toda la comunidad universitaria.

En este estudio se calcula el área de bosque mediterráneo requerida para absorber el CO₂ producido por el consumo de recursos y la producción de residuos mencionados anteriormente. A partir de la cantidad de CO₂ emitida a la atmósfera, dividiendo por la *capacidad de fijación* de la masa forestal malagueña, se obtiene la superficie de bosque requerida. A esta cantidad de bosque se sumará directamente también el espacio ocupado por los edificios universitarios.

La fijación media de carbono para un terreno forestal, que se acumula en biomasa (viva y muerta) y suelo (tierra vegetal y suelo mineral), se estima en **1,71 tonC/ha.año**; que traducido a fijación de CO₂ equivale a **6,27 tonCO₂/ha.año**⁴. Este es el valor que se utilizará como capacidad de fijación en nuestros cálculos.

⁴ *Gestion durable des forêts: un réseau européen de zones pilotes pour le mise en œuvre opérationnelle (FORSEE). Proyecto europeo en fase de terminación. Investigadores principales del grupo de la USC: R. Rodríguez y A. Merino. Entidad financiadora: UE-FEDER (Programa INTERREG IIIB Espace Atlantique). Merino, A.; Producción de gases con efecto invernadero derivados de la actividad agroforestal. Secuestro de carbono; VII Avances en Ciencia y Tecnología: Objetivos Energéticos del la UE y el Protocolo de Kyoto; Noviembre, 2005.*

Teniendo en cuenta lo indicado anteriormente, la huella ecológica se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$Huella \left(\frac{ha}{año} \right) = \frac{Emisiones (tonCO_2)}{C. fijación \left(\frac{tonCO_2}{ha} \right)} + SuperficieCampus \left(\frac{ha}{año} \right)$$

Para poder comparar resultados de huella ecológica obtenidos a partir de áreas con diferentes características, se deben expresar siguiendo una única medida común: *hectárea global (hag)*, que se define como una hectárea con la capacidad mundial promedio de producir recursos y absorber residuos.

Los *factores de equivalencia* traducen un tipo específico de terreno (prados, bosques...) en la unidad universal para el área productiva (hag). Estos factores de equivalencia están basados en medidas de la productividad del terreno en función de sus usos y de los años.

En la siguiente tabla aparecen reflejados diferentes factores de equivalencia, en el caso de la UMA se empleará el correspondiente a los bosques, ya que en el estudio se asume que las emisiones producidas por la universidad son asimilados por este tipo de superficie.

TIPO DE ÁREA	FACTOR DE EQUIVALENCIA (hag/ha)
Agricultura (tierras principales)	2,21
Agricultura (tierras marginales)	1,79
Bosques	1,34
Ganadería	0,49
Pesca (aguas marinas)	0,36
Pesca (aguas continentales)	0,36
Artificializado	2,21

Tabla 2. Factores de Equivalencia
Fuente: WWF, *Informe Planeta Vivo 2008*

2.1. Cálculo de emisiones de CO₂

2.1.1. Cálculo directo

Para el caso de disponer de datos de consumos del año 2014, se aplica directamente el factor de emisión, y se obtienen las emisiones de CO₂, tal y como se muestra en la siguiente fórmula, donde se indican las unidades en las que se computa cada consumo considerado:

$$Tn CO_2 = \text{Cantidad recurso considerado (Ud)} \times \text{Factor de emisión (KgCO}_2\text{/Ud)} / 1.000$$

A la hora de determinar los factores de emisión se ha dado prioridad a los factores locales frente a los globales, siguiendo los criterios establecidos por Rees y Wackernagel.

En algunos casos los factores de emisión, tal y como se encuentran en las fuentes consultadas, no están expresados en las mismas unidades que los consumos a los que deben aplicarse; por lo que es necesario una transformación posterior, teniendo en cuenta las diferentes equivalencias entre unidades.

Este es el caso de los coeficientes de conversión asociados al gas natural, gasóleo, electricidad, papel, residuos urbanos y residuos peligrosos. En la tabla de la página siguiente se muestra la relación de los diferentes coeficientes de conversión empleados para el cálculo de las emisiones de CO₂ en el estudio de la UMA, una vez realizada la transformación de unidades y especificando las fuentes consultadas.

Recursos considerados		Factor emisión	Unidades	Fuente
Agua		0,50	KgCO ₂ /m ³	Ayuntamiento de Málaga
Construcción Edificios		520	KgCO ₂ /m ²	Informe MIES, 1999
Energía eléctrica		0,57	KgCO ₂ /kWh	Perfil ambiental de España, 2008
Gas Natural		2,15	KgCO ₂ /Nm ³	IDAE, Ministerio de Industria
GLP		2,94	KgCO ₂ /kg	IDAE, Ministerio de Industria
Gasóleo		2,68	KgCO ₂ /litro	IDAE, Ministerio de Industria
Papel	Reciclado	0,61	KgCO ₂ /Kg _{papel}	Elaboración propia
	Normal	1,84	KgCO ₂ /Kg _{papel}	Elaboración propia
Residuos Urbanos (no peligrosos)		0,3486	KgCO ₂ /Kg _{RSU}	IPCC, 2006
Residuos Peligrosos	Aceite mineral usado	5,54.10 ⁻²	KgCO ₂ /Kg _{residuo}	REDIAM (Red de Información Ambiental de Andalucía)
	Ácidos y álcalis	1,08.10 ⁻²		
	Absorbentes usados	3,00.10 ⁻³		
	Biosanitarios	8,00.10 ⁻²		
	Disolventes orgánicos	1,58.10 ⁻²		
	Baterías	2,14.10 ⁻³		
	Envases contaminados	4,18.10 ⁻³		
	Pilas	5,35.10 ⁻⁵		

Tabla 3. Factores de emisión

Una vez que se conocen los factores de emisión y se dispone de los datos de consumo, únicamente hay que multiplicar por el correspondiente factor de emisión para conocer las emisiones asociadas.

2.1.2. Cálculo indirecto

Como comentamos anteriormente, para obtener datos relacionados con transporte los consumos se evalúan a partir de encuestas, es lo que llamamos *cálculo indirecto*. Una vez obtenidos los datos se aplican directamente los factores de emisión.

Para el estudio de huella es necesario de disponer de datos relativos a la totalidad de la universidad, para lo que se han utilizado los resultados obtenidos en la encuesta realizada Andalucía EcoCampus, elaborado en octubre de 2014 a partir de encuestas realizadas a una cantidad estadísticamente representativa de miembros de la universidad, en el campus de Teatinos.

Para evaluar las emisiones de CO₂ debidas a los medios de transporte empleados por los estudiantes, PDI y PAS de cada uno de los centros, se elaboró una encuesta donde se preguntó entre otras cosas, el medio de transporte empleado en los desplazamientos entre el lugar de residencia y el centro, el número semanal de desplazamientos y la distancia media por trayecto. A partir de estos datos se han obtenido los siguientes datos relativos a las emisiones atmosféricas por medio de transporte medias en grCO₂/desplazamiento.km:

EMISIONES	VEHICULO PRIVADO	BUS
CO ₂	240	70

Tabla 4. Emisiones de CO₂

Fuente: *Plan de Transporte de Centros Públicos de Actividad, 2008*

Según la fuente consultada, los modos de desplazamiento al campus se pueden clasificar en motorizados y no motorizados, diferenciando dentro de los primeros entre transporte público y privado.

EMISIONES	MOTORIZADOS		NO MOTORIZADOS	
	VEHICULO PRIVADO	VEHICULO PÚBLICO	BICICLETA	PEATONAL
% UTILIZACIÓN	53,26%	33,97%	0%	0%

Tabla 5. Porcentaje de utilización de los medios de desplazamiento

Fuente: *Encuesta de Andalucía EcoCampus, 2014*
Secretaría Técnica La Algaba de Ronda

Como se ha comentado anteriormente, estos datos están referidos a los estudiantes y plantilla del Personal Docente y de Investigación (PDI) y Personal de Administración y Servicios (PAS) de los Campus universitarios del Ejido y Teatinos, y Centros Periféricos, que se distribuyen entre 36.698, 2.371 y 1.796, respectivamente, con un total de: 40.865 personas, de las que usan este tipo de transporte un total de 31.309 personas.

Se ha realizado a través de Andalucía EcoCampus encuestas sobre una muestra de la población de interés de tamaño: 368 personas, sobre movilidad en el ámbito universitario, de la que se ha extraído los siguientes resultados:

a) Muestra

Vinculación UMA	Nº encuestados
Alumnos	260
PDI	44
PAS	64
Totales	368

b) Alternativas movilidad

Vehículo particular		Vehículo Público	Bicicleta	Peatonal
Automóvil	Motocicleta			
184	12	125	11	36

c) Compartir vehículo

Vehículo utilizado por:			
1 persona	2 personas	3 o más personas	Total vehículos
87	55	42	184

De los datos obtenidos, extendidos al tamaño real de la población, con un nivel de confianza establecido del 95%, una varianza de la población del 0,25, y un error del 3,6%, y considerando un desplazamiento medio entre la ida y la vuelta de 5 km/desplazamiento, durante un periodo lectivo de 200 días/año, con un factor de asistencia diaria del 75%. Se obtiene:

Tipo transporte	Porcentaje utilización	Factor Compartir	Factor Asistencia	Total desplaz/día	Total km/año
Vehículo particular	53,26%	0,5851	0,75	11.147	11.147.000
Vehículo público	33,97%	1	0,75	11.599	11.599.000
Bicicleta	2,99%	1	0,75	1.021	1.021.000
Peatonal	9,78%	1	0,75	3.339	3.339.000
Total desplazamientos				27.106	27.106.000

Para evaluar las emisiones CO₂ debidas a la utilización del papel empleado por los estudiantes y la plantilla de Personal Docente y de Investigación (PDI) y del Personal de Administración y Servicios (PAS), se ha recurrido a realizar una encuesta a través de Andalucía EcoCampus sobre una muestra de población de interés de tamaño: 368 personas, de la que se han obtenido los siguientes resultados:

Tipo de papel	Consumo anual equivalente de hojas tamaño A4		
	Menos de 500	Entre 500 y 1.000	Entre 1.000 y 1.500
Ordinario	115	192	61

Reciclado	131	70	40
-----------	-----	----	----

Se calcula en función de los resultados de la encuesta los siguientes consumos:

Tipo de papel	Nº personas	Media de Consumo hojas A4	Total Consumo hojas A4	Peso equivalente kg
Ordinario	45.524	676,63	30.802.904	153.697,52
Reciclado	45.524	561,20	25.548.069	127.477,42

El paquete estándar empleado de 500 hojas tamaño A4, con un gramaje de 80 gr/m², obteniéndose los siguientes valores:

- Tamaño hojas A4: 297x210 mm
- Nº hojas/m² = 1/ 0,297x0,210 = 16,033 hojas/m²
- Peso equivalente papel = 0,08 kg/m² x Nºhojas/16,033 hojas/m²

2.1.3. Cálculo de la Superficie el Campus

Para conocer la repercusión de la edificación, se incluye en este apartado la superficie construida de la Universidad de Málaga en uso, teniendo en cuenta una vida útil de los edificios de 50 años, que es el tiempo estimado por diseño, y que durante 35 años, no será necesario realizar obras de restauración o acondicionamiento de envergadura, que implicaría la modificación del factor considerado.

La superficie construida de la Universidad de Málaga en 2014 es de: 396.928 m², que teniendo en cuenta un periodo sin obras de relevancia de 35 años, representa una repercusión de:

$$Scampus=396.928/35=11.340,80 \text{ m}^2/\text{año}$$

3. RESULTADOS

3.1. Emisiones de CO₂

Las emisiones de CO₂ comenzaron a ser medidas en las universidades españolas a partir de la existencia del Protocolo de Kyoto, que entró en vigor en el año 2005 y que marca una serie de objetivos con respecto a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Las emisiones de CO₂ en la UMA en el año 2014 aparecen recogidas en la siguiente tabla:

CONCEPTO	CANTIDAD	Ud	COEFICIENTE	Ud	IMPACTO tonCO ₂ /año
Agua	213.489,00	m ³	0,5000	kgCO ₂ /m ³	106,74
Construcción Edificios	11.340,80	m ²	520,0000	kgCO ₂ /m ²	5.897,22
Consumo eléctrico	26.441.560,00	kWh	0,5700	kgCO ₂ /kWh	15.071,69
Consumo gas natural	132.632,00	Nm ³	2,1500	kgCO ₂ /Nm ³	285,16
Consumo GLP	1.530,00	kg	2,9400	kgCO ₂ /kg	4,50
Consumo gasóleo	63.816,00	l	2,6800	kgCO ₂ /l	171,03
Consumo papel Ordinario	153.697,52	kg	1,8400	kgCO ₂ /kg	282,80
Consumo papel Reciclado	127.477,42	kg	0,6100	kgCO ₂ /kg	77,76
Resíduos Urbanos	532.101,00	kg	0,3486	kgCO ₂ /kg	185,49
Resíduos Peligrosos	8.796,50	kg	0,0234	kgCO ₂ /kg	0,21
Movilidad (veh.partic.)	11.147.000,00	km	0,2400	kgCO ₂ /km	2.675,28
Movilidad (veh.públicos)	11.599.000,00	km	0,0700	kgCO ₂ /km	811,93
TOTAL:					25.569,80

Tabla 6. Resumen de las emisiones de CO₂

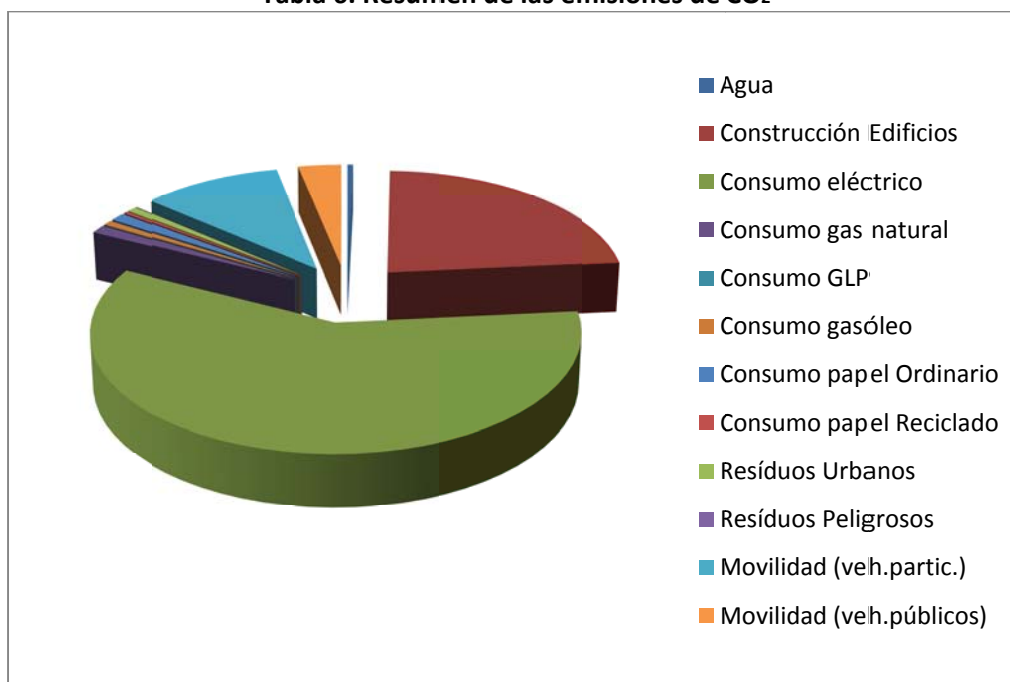


Figura 3. Distribución modal de las emisiones de CO₂

A la vista de la tabla anterior, se puede afirmar que el consumo de electricidad significa un porcentaje del 58,94 % sobre el total de las emisiones, seguido de la construcción de edificios que representa el 23,06 % y de la movilidad que representa el 13,64%. Estos tres factores han sido los principales responsables de las emisiones de CO₂ en la universidad, con un 96,02% de las emisiones totales. Estos datos son un firme reflejo de la situación actual de la UMA, ya que se encuentra inmersa en un proceso de ampliación del Campus de Teatinos, para ir dejando progresivamente las instalaciones del Campus de El Ejido. Por otro lado, el resto de consumos están en consonancia con lo producido en nuestro país ya que, segundo datos del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, en el año 2005 el sector energético español es el responsable del 78,4% del total de emisiones de CO₂.

3.2. Huella ecológica

Una vez que se conocen las emisiones de CO₂ y la extensión de terreno ocupada por las instalaciones universitarias, la huella ecológica se calcula aplicando directamente la fórmula:

$$Huella \left(\frac{ha}{año} \right) = \frac{Emisiones (tonCO_2)}{C. fijación \left(\frac{tonCO_2}{ha} \right)} + SuperficieCampus \left(\frac{ha}{año} \right)$$

Posteriormente, se considera el factor de equivalencia para transformar los valores en hag/año. Los resultados, que se muestran en la tabla 9 de este documento, muestran que la UMA necesitaría una extensión de **4.078,12 ha** de bosque para asimilar las emisiones de CO₂ producidas en el 2014.

CONCEPTO	%	HUELLA ECOLÓGICA (ha/año)	HUELLA ECOLÓGICA (hag/año)
Agua	0,42%	17,02	22,81
Construcción Edificios	23,06%	940,54	1.260,33
Consumo eléctrico	58,94%	2.403,78	3.221,06
Consumo gas natural	1,12%	45,48	60,94
Consumo GLP	0,02%	0,72	0,96
Consumo gasóleo	0,67%	27,28	36,55
Consumo papel ordinario	1,11%	45,10	60,44
Consumo papel reciclado	0,30%	12,40	16,62
Resíduos Urbanos	0,73%	29,58	39,64
Resíduos Peligrosos	0,00%	0,03	0,04
Movilidad (veh.partic.)	10,46%	426,68	571,75
Movilidad (veh. Públicos)	3,18%	129,49	173,52
TOTALES:		4.078,12	5.464,68

Tabla 9. Huella ecológica: resultados por categoría

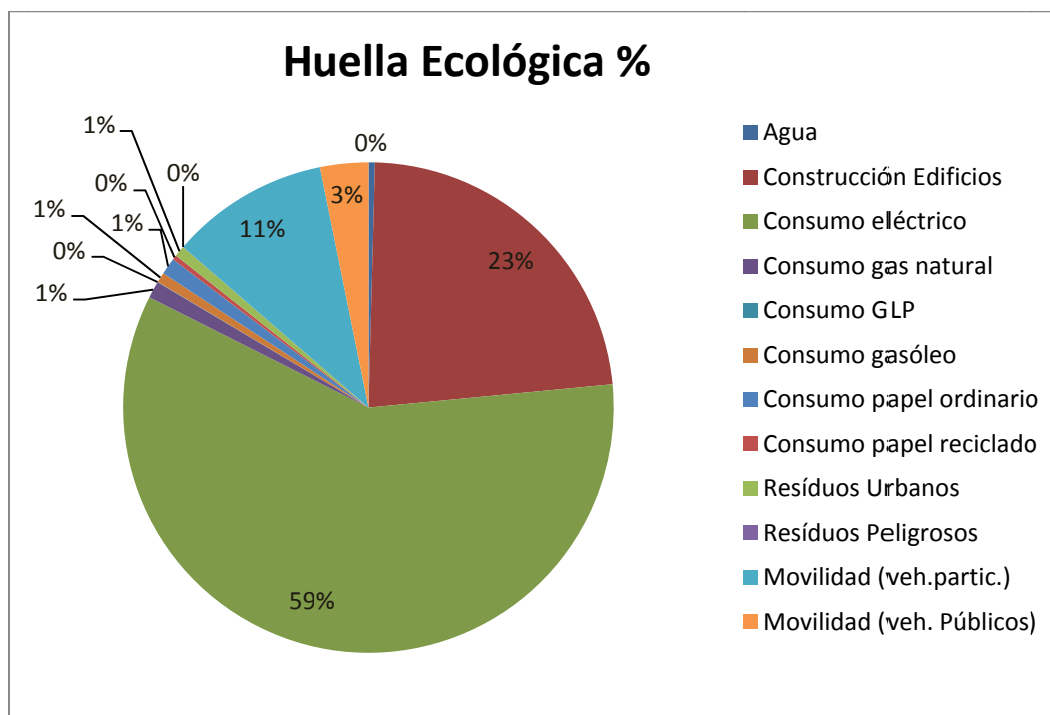


Figura 4. Distribución porcentual de la huella ecológica

Para finalizar, hay que considerar el tamaño de la población objeto del estudio. En el caso de la UMA, la comunidad universitaria (estudiantes, personal docente e investigador y personal de administración y servicios) está constituida por 40.865 personas. Por tanto, la huella ecológica de la UMA es de **0,100 ha/persona.año** ó **0,134 hag/persona.año**.

En España, la huella ecológica en el año 2005 fue de 5,55 ha/persona.año ⁽¹⁰⁾. Teniendo en cuenta que en 1995 este valor era de 4,61 ha/persona.año, el incremento del impacto ambiental del modelo de vida ambiental fue, aproximadamente, de un 22%.

¹⁰ Ministerio de Medio Ambiente, *Análisis preliminar de la huella ecológica en España. Informe de síntesis, 2007*. ¹¹ Martín Palmero, F.; *Desarrollo sostenible y huella ecológica*, ed. Netbiblo, A Coruña, 2004.

Con respecto a las universidades, son pocas todavía las que se deciden a emplear el indicador de huella ecológica y las que lo hacen suele ser referidas a menos categorías de impacto (normalmente asociado a consumo energético). Esta situación se da en la Universidad de Barcelona, en donde este indicador se viene calculando desde 2003 ⁽¹²⁾. Sin embargo, en el año 2002 y en colaboración con el Ayuntamiento de Barcelona, la UB realizó una exposición titulada *Un planeta per compartir. La petjada ecològica*, en donde se calculaba la huella de la universidad asociada a consumo energético, consumo de agua, construcción de edificios y espacio ocupado, movilidad, residuos urbanos, tratamiento aguas residuales, ordenadores (materiales de fabricación y reciclaje componentes) y fotocopiadoras (materiales de fabricación, consumo de papel y reciclaje de componentes). La huella ecológica de la UB en el 2002 fue de 0,22 ha/persona.año.

4. CONCLUSIONES

En este trabajo se propone una metodología para realizar el cálculo de la huella ecológica asociada a una universidad. Este estudio se aplica a la UMA para el período anual de 2014. Los resultados del estudio muestran que la Universidad de Málaga necesitaría una extensión de **4.078,12 ha** de bosque mediterráneo para asimilar las emisiones de CO₂ producidas.

La huella ecológica de la UMA es de **0,100 ha/persona.año**.

Cabe destacar que con los datos de que disponemos, el principal impacto ambiental identificado es el asociado al consumo de electricidad, seguido de la ocupación en superficie de la UMA y de la movilidad, y de forma más alejada de éstos, el consumo de agua, y el resto de los ítem considerados. No resulta sorprendente que uno de los principales impactos sea debido al gasto eléctrico, ya que la mayor parte de las actividades universitarias están acompañadas de un elevado consumo de electricidad: iluminación de los edificios y sus dependencias, empleo de equipos informáticos, alimentación de equipos especiales en los laboratorios de investigación...

Las medidas dirigidas a la contención del gasto energético deben incidir en tres aspectos principales: mejora de la eficiencia energética en los sistemas de iluminación, mejora de la eficiencia energética en los sistemas de calefacción y adquisición de equipos eléctricos eficientes (etiquetado energético clase A o superior). Estos criterios deberán ser considerados no sólo en la construcción de los nuevos edificios sino en las reformas de los actuales.

El impacto ambiental asociado a los desplazamientos de los miembros de la comunidad universitaria a los centros de estudio y trabajo constituye otra de las fuentes de emisión de CO₂. Este impacto es un claro reflejo de la problemática actual existente en torno al transporte.

La promoción de medidas para mejorar la movilidad debe pasar por la elaboración de un modelo de movilidad sostenible en la universidad que incluya propuestas como favorecer el transporte público, el acceso a pie o en bicicleta.

Por último, comentar que el diseño de una batería de indicadores para evaluar la sostenibilidad ambiental en la UMA es una herramienta de gran utilidad ya que permite, por un lado conocer la evolución de la institución respecto a los impactos que produce en su entorno y por otro, poner en valor los avances logrados y tomar medidas para corregir los retrocesos. Además, puede servir como documento base para la toma de decisiones que aporten medidas eficaces y eficientes para la mejora de la gestión universitaria.

BIBLIOGRAFÍA

- Carpintero, O.; *El metabolismo de la economía española. Recursos naturales y huella ecológica (1955-2000)*, Fundación César Manrique, Lanzarote, 2005.
- Cuchí, A., López, I., *Informe MIES. Una aproximació a l'impacte ambiental de l'Escola d'Arquitectura del Vallès. Bases per a una política ambiental a l'ETSAV*, Universidad Politécnica de Cataluña con el apoyo del Departamento de Medio Ambiente de la Generalitat de Cataluña, 1999.
- European Environment Agency; *Climate for a transport change*, 2008.
- Hoekstra, A. Y.; Chapagain, A. K.; *Water footprint of nations: Water used by people as a function of their consumption pattern*; Water Resour Manage; 2006.
- Iregui, G.; Marañón, E.; *Propuesta de índices de conversión de residuos para la huella ecológica*; Universidad de Oviedo, 2008
- Martín Palmero, F.; *Desarrollo sostenible y huella ecológica*, ed. Netbiblo, A Coruña, 2004.
- Merino, A.; *Producción de gases con efecto invernadero derivados de la actividad agroforestal. Secuestro de carbono*; VII Avances en Ciencia y Tecnología: Objetivos Energéticos de la UE y el Protocolo de Kyoto; noviembre 2005.
- Ministerio de Medio Ambiente, *Análisis preliminar de la huella ecológica en España. Informe de síntesis*, 2007.
- Ministerio de Medio Ambiente; *Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero*. Edición 2007 (Serie 1990-2005); Madrid, 2007.
- Olalla Tárraga, M. A; *Indicadores de sostenibilidad y huella ecológica. Aplicación a la UAM*; 2003.
- Rees, W.; Wackernagel, M.; *Our ecological footprint. Reducing human impact on Earth*, New Society Publisher, Canadá, 1996.
- WWF, *Informe Planeta Vivo 2008*, 2008.