



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Facultad de Ciencias Experimentales

Trabajo Fin de Grado

ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN DE LA HUELLA ECOLÓGICA DE LA UNIVERSIDAD DE JAÉN

Alumno: Sergio Catena Mateos

Julio, 2019



UNIVERSIDAD DE JAÉN
FACULTAD CIENCIAS EXPERIMENTALES

GRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES
Trabajo de fin de grado

ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN DE LA HUELLA ECOLÓGICA DE LA UNIVERSIDAD DE JAÉN

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'S. Catena', with a long horizontal flourish extending to the right.

Sergio Catena Mateos

Jaén, Julio de 2019

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, porque han luchado una y mil veces, por no rendirse, por darme un futuro, por despertar mis sentidos y enseñarme a vivir, por su apoyo sin condiciones en las victorias y en los fracasos. Sin ellos no habría llegado a ser quien soy y no se imaginan lo agradecido que les estoy y lo mucho que los quiero. Bendigo la suerte de tenerlos por padres.

A mis tutores del trabajo por darme la oportunidad de realizar un estudio que sirva a nuestra Universidad, y por su profesionalidad, cariño y buen hacer en la ayuda que me han brindado.

A Carmen Rosario Mesa Barrionuevo, por su amistad y ayuda en todo el tiempo que he trabajado con ella, a la Unidad Técnica y al resto de participantes que han hecho posible este trabajo.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1	La huella ecológica.....	4
1.2	Estudios de la huella ecológica en Universidades	5
1.3	Instrumentos de evaluación de la sostenibilidad	7
1.3.1	CRUE-Sostenibilidad	7
1.3.2	Greenmetric	10
1.4	Evaluaciones en la Universidad de Jaén.....	11
1.5	Hipótesis	12
1.6	Objetivos	12
2.	MATERIAL Y MÉTODOS.....	13
2.1	Variables	15
2.1.1.	Electricidad.....	15
2.1.2.	Agua.....	16
2.1.3.	Gas.....	16
2.1.4.	Residuos	16
2.1.5.	Papel.....	17
2.1.6.	Construcción de edificios	18
2.1.7.	Movilidad	18
3.	RESULTADOS.....	22
3.1	Cálculo de la Huella Ecológica	22
3.2	Comparación Evolución Huella Ecológica de la Universidad de Jaén...29	
4.	DISCUSIÓN	32
5.	CONCLUSIONES	40
6.	BIBLIOGRAFÍA	41
7.	ANEXOS	43
7.1	Declaración política sostenibilidad ambiental Universidad de Jaén. ...	43
7.2	Resultados para el cálculo de la huella ecológica en el Campus de las Lagunillas.....	44
7.3	Resultados para el cálculo de la huella ecológica en el Campus Científico-Tecnológico de Linares.....	45

RESUMEN

La sociedad de hoy se enfrenta a la degradación del planeta a una velocidad vertiginosa a consecuencia de las actuaciones del ser humano. Es de vital importancia implementar cambios hacia comportamientos más sostenibles para conseguir mitigar y reparar los daños causados. El indicador de la huella ecológica posibilita conocer el impacto de las actividades del ser humano. En este trabajo se determina la huella ecológica de la Universidad de Jaén (UJA) durante los años 2015 a 2018 y se evalúa su evolución respecto a estudios anteriores. Los resultados obtenidos muestran un valor medio de huella de 9200,05 ha/año, lo que indica que serían necesarias 0,62 ha/persona/año para paliar las emisiones producidas por las actividades que se desarrollan en la UJA. Comparativamente con los cálculos realizados en el periodo 2012-2014, la huella ecológica se ha reducido un 23%. Aun así, la UJA muestra unos valores altos de consumo y emisión de CO₂ respecto a otras universidades españolas. Para reducir la huella ecológica de la UJA y para conseguir que esta sea más respetuosa con el medio ambiente serán necesarias más políticas e iniciativas de educación y gestión universitaria eficiente.

ABSTRACT

Nowadays Society faces environmental degradation as a result of the human actions. In response to this, more sustainable behaviors to mitigate and repair the damage are extremely important. Ecological footprint (EF) allows us to know the impact of the activities of the human being. The University of Jaén EF during 2015 to 2018 has been calculated. The results show that EF shown a mean value around 9200.05 ha/year, which means 0.62 ha/person/year to mitigate the emissions produced for the university activities. Comparatively, the ecological footprint has been reduced by 23%. The university of Jaén shown higher EF values comparing to other Spanish universities. New policies, educational initiatives and efficient university management are necessities to reduce the ecological footprint of the University of Jaén.

1. INTRODUCCIÓN

La elevada velocidad a la que el planeta está cambiando se presenta en nuestros días como una amenaza creciente, y es consecuencia, fundamentalmente, de la actividad humana (EEM, 2011). Se puede considerar que el cambio global es una consecuencia clara de la economía de mercado en la que se debe producir mucho y consumir mucho, lo que provoca el agotamiento de los recursos de la Tierra y produce una gran cantidad de residuos (Stern, 2007). Los ritmos de explotación y uso a los que se someten los recursos y servicios naturales han sido cada vez más intensos para conseguir dar satisfacción a las necesidades crecientes de la población mundial. El inicio de una nueva etapa en las relaciones hombre-medio, que están llevando a la humanidad a una crisis ecológico-social de magnitudes globales, es el desafío más importante al que se ha enfrentado el ser humano (Hernández del Águila, 1995).

El término de sostenibilidad apareció en 1987, con la publicación del Informe Bruntland, que lo define como *“el desarrollo que satisface las necesidades presentes sin comprometer las capacidades de las generaciones futuras”* (Rodríguez, 2010). El crecimiento de la sensibilidad por parte de diferentes organizaciones hacia la problemática relacionada con la sostenibilidad viene fomentada por cuestiones asociadas a los valores sociales y a la necesidad de preservación del medio ambiente. Sin embargo, es preocupante los insuficientes avances que en materia medioambiental se han logrado, tras décadas de intensos debates, partiendo de la convención de 1987, del Informe Brundtland y de numerosas experiencias en el desarrollo sostenible. Así, se continúa por unas vías de acusada ambigüedad, tanto de forma teórica como en la planificación de instrumentos y programas que inicien sus principios y objetivos. Como señala Naredo (1996) la falta de resultados es inherente a esta ambigüedad. Siguiendo esta línea de futuro, Gallopín (2003) expresa la sostenibilidad mediante una función, en la que el valor neto del producto obtenido no disminuye en el tiempo. En este sentido, la sostenibilidad económica ha de converger con una sostenibilidad social y ecológica, teniendo en cuenta tres principios básicos y generales como son la conservación de la naturaleza, la capacidad de carga y la resiliencia (Jiménez Herrero, 2000).

Frente al escenario que se nos esboza, se hace patente la necesidad de conseguir un desarrollo sostenible económico y social. Evaluar y medir la sostenibilidad de la apropiación humana de los ecosistemas se ha transformado en un reto medioambiental a escala global. La comunidad internacional no cesa en el empeño de buscar alternativas al cambio global y climático. Durante estos años se han formado distintos grupos de expertos como el Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), que llevan a cabo estudios e informes para dar a conocer causas y efectos de estos cambios y qué soluciones se pueden llevar a cabo. Los informes que se realizan se destinan a políticos, científicos y otros expertos. En este sentido, en 1992 surgió la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático para controlar los efectos y prevenir alteraciones en la Tierra y durante la cual se elaboró el protocolo de Kioto en 1997 y que se implantó en 2005 buscando reducir las emisiones cada año (Catalá, 2014). Como revelan los diferentes estudios realizados hasta la actualidad la situación no ha mejorado. Testigo de esto son el incremento de las concentraciones de gases invernadero. Según la Organización Meteorológica Mundial (OMM), dependiente de la ONU, la concentración atmosférica de CO₂ ha alcanzado las 403,3 partes por millón (ppm), superando de nuevo la barrera de los 400, que se rebasó por primera vez en 2015, el año en el que se firmó el Acuerdo de París. A este hecho se le añade la destrucción de la capa de ozono, los cambios meteorológicos y las catástrofes que se originan cada vez de forma más habitual, así como la creciente pérdida de bosques y selvas, los deshielos de los glaciares y la extinción de especies que conlleva la pérdida de biodiversidad (Rodríguez, 2010).

El último informe de 2017 del Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, World Wide Foundation) indica que para dotar las necesidades mundiales necesitaríamos 1,6 planetas como el nuestro en recursos para seguir manteniendo el mismo estilo de vida actual. Sin embargo, el pronóstico que dan diversos organismos calcula un aumento de población para el año 2050 y que la cifra de recursos a consumir sería de 2,5 planetas si las condiciones se mantienen como las actuales (*"Business as usual"*). En la búsqueda de soluciones, la ONU ha desarrollado una serie de objetivos concretos, universales y aplicables a todos los países (Objetivos de Desarrollo Sostenible, ODS). Estos

respetarán las prioridades nacionales y sin diferencia de regímenes políticos, serán aplicados en una nueva Agenda 2030, que toma el relevo a la Agenda 21 (véase Figura 1).



Figura 1. Cartel de los 17 objetivos de desarrollo sostenible de la ONU. Foto: UNESCO (<https://onu.org.gt/objetivos-de-desarrollo/>).

Así la sociedad posee un papel realmente importante en la solución de la problemática ambiental actual. Los responsables políticos comienzan a tomar medidas para minimizar los efectos de la crisis global en los ecosistemas, pero serán necesarias herramientas que ayuden a actuar eficazmente (Duarte et al., 2006).

Para la implantación de soluciones se necesita la puesta en práctica de un sistema de indicadores que sirva para evaluar la gestión y evolución de la sostenibilidad. Según Rodríguez (2010) existen indicadores socioeconómicos, ambientales y de la efectividad de la gestión ambiental. Haciendo referencia a la sostenibilidad, existe los indicadores ambientales sostenibles, estos son descritos por Quiroga (2001) como *“un signo, típicamente medible, que puede reflejar una característica cuantitativa o cualitativa y que es relevante para hacer juicios sobre condiciones del sistema actual, pasado o hacia el futuro”*. De la diversidad de indicadores que se evalúan en un estudio de desarrollo sostenible, destaca *la huella ecológica*, por su potencial pedagógico y de seguimiento de la actividad de cualquier organización. Este indicador posibilita equiparar el

consumo de un determinado sector de población con la limitada producción ecológica de la Tierra (Rees, 1996).

1.1 La huella ecológica

Es un indicador de sostenibilidad (véase Figura 2). Fue desarrollado y publicado por Rees y Wackernagel (1996) y mide todos los impactos que produce una población, expresados en hectáreas de ecosistemas (GFN, 2008). Es utilizada para regiones o países, pero se constata como un indicador útil para empresas o para cualquier tipo de organización (Domenech, 2007). Acorde a los citados autores Rees y Wackernagel, la huella ecológica *“es un conocido indicador relacionado con el desarrollo sostenible, diseñado para mostrar el consumo de recursos biológicos y la generación de residuos en términos de la superficie de ecosistema apropiado”*. Para el cálculo de la huella ecológica, estos autores propusieron la siguiente fórmula:

$$EF_P = \sum \frac{P_i}{Y_{n,i}} \times YF_{n,i} \times EQFi = \sum \frac{P_i}{Y_{w,i}} \times EQFi$$

donde:

- P_i : cantidad de dióxido de carbono de cada productor primario que se emite en la institución.
- $Y_{n,i}$: rendimiento de la institución que hay cada año de la producción de productos básicos o su capacidad de absorción de carbono cuando P es CO_2 .
- $Y_{w,i}$: rendimiento promedio a nivel mundial de productos básicos.
- $YF_{n,i}$: relación entre $Y_{n,i}$ y $Y_{w,i}$. Determina el factor de rendimiento específico de cada país para la producción de cada producto.
- $EQFi$: factor de equivalencia para el tipo de uso de la tierra que produce los productos.

HUELLA ECOLÓGICA



Figura 2. Componentes de la huella ecológica (superficies que se necesitan para producir recursos y asimilar residuos). Fuente: <https://recursosgeografiabi.weebly.com/la-huella-ecoloacutegica>.

Móndejar y colaboradores (2011) describa a la huella ecológica como *“un indicador de sostenibilidad de índice único, que mide todos los impactos que produce una población, expresados en hectáreas de ecosistemas o naturaleza”*. Junto a huella ecológica se asocian los conceptos de huella de carbono y biocapacidad. Encontramos la definición de huella de carbono como *“la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero producidas por individuos en las actividades que llevan a cabo en la vida y que conllevan a un calentamiento global”* (Móndejar et al., 2011). Por otro lado, la biocapacidad determina *“la superficie biológica productiva de la tierra y mar que hay para proporcionar lo que la sociedad consume en diversos ecosistemas”* (Borucke et al., 2003).

1.2 Estudios de la huella ecológica en Universidades

El mundo contemporáneo se enfrenta a una crisis que irradia a los diferentes ámbitos sociales y disciplinas científicas. Ante esta realidad, surge la necesidad de pensar en el papel de las Universidades (Boron, 2018), cuyos retos son inigualables para cumplir con su misión de participación en el desarrollo. En el ámbito universitario, son cada vez más las instituciones que orientan sus

esfuerzos en implantar iniciativas con la finalidad de minimizar las emisiones en el marco de docencia, investigación y gestión (CRUE-Sostenibilidad, 2018). La comunidad de usuarios que llevan a cabo sus tareas diarias en la Universidad produce un impacto en el medio, asociado al desarrollo de las labores de docencia, investigación, gestión que realizan: sus desplazamientos, la utilización de recursos, la producción de residuos... Las universidades producen también un gran impacto en los ámbitos sociales donde se sitúan, de tal manera que el compromiso medioambiental que aceptan es extensible como modelo en los entornos donde se ubican.

Autores como Vallaey (2014) y Sissa (2015) afirman que la responsabilidad social se desarrolla cuando una organización es consciente de sí misma, su entorno y su papel en relación con este. Con este planteamiento, la Universidad tiene el deber de convertirse en la institución docente y científica capaz de forjar vínculos entre el conocimiento y la sociedad, asumiendo la responsabilidad que le corresponde en el tejido social contemporáneo, capaz de dinamizar el desarrollo a través de sus diferentes procesos de gestión universitaria (Valencia, 2017). Para conseguir tales efectos se debe impulsar un proceso largo y lento (Vallaey, 2014; López, 2017) que implica nuevas políticas universitarias hacia la mejora de la gestión institucional cambiando su relación con la sociedad, conocimiento y medioambiente. Así, el deber de las universidades sería el compromiso de minimizar los negativos y a maximizar los positivos, trabajando para dar un servicio cada vez mejor y más sostenible (Gaete, 2015).

Para desarrollar planes de actuación será indispensable conocer cuáles son los impactos que generan las universidades (López, 2017). *“En este contexto el compromiso de la universidad exige su habilidad y efectividad para responder a las necesidades de transformación de la sociedad dónde está inmersa, mediante el ejercicio de sus funciones básicas: docencia, investigación y gestión”* (Beltrán; 2014). A través de la Comisión Sectorial CRUE Sostenibilidad (2010) junto con el impulso de varias universidades, tuvieron como objetivo analizar en materia de gestión ambiental y fomentar avances en la ambientalización de la comunidad universitaria. Con este planteamiento se lleva a cabo en las instituciones la realización de un Plan de Desarrollo Sostenible, donde se asumirá el compromiso de adoptar medidas que promuevan una actividad universitaria para

que sea desarrollada acorde a criterios de sostenibilidad, impulsando entre los miembros de la comunidad el sentido de responsabilidad sobre el medio ambiente y su protección.

Pese a que cada universidad lleva a cabo diferentes metodologías, todas buscan un objetivo común al cálculo de la huella ecológica, encontrar una mejora en la gestión que las convierta en más sostenibles. Este compromiso tiene carácter internacional y se han creado diferentes programas y redes para poder evaluar, hacer un seguimiento y promover la sostenibilidad en la educación superior, como la *Sustainable Development Solutions Network*, promovida desde las Naciones Unidas y otras como la llegada de la Agenda 2030 que compromete a los estados miembros de la ONU, que abarca también a las universidades, pues no son ajenas a estos programas.

1.3 Instrumentos de evaluación de la sostenibilidad

1.3.1 CRUE-Sostenibilidad

En las últimas décadas ha proliferado la publicación de un gran número de herramientas y rankings destinados a la evaluación de la sostenibilidad en distintos contextos. Entre ellos podemos destacar:

- STARS: Sustainability Tracking, Assessment & Rating System, promovido por la Association for the Advancement of Sustainability in Higher Education (AASHE) para EE.UU. y Canadá.
- Green Gowns Awards promovido inicialmente por la Environmental Association of Universities and Colleges (EAUC) para Reino Unido, pero que poco a poco ha ampliado su área de acción incluyendo convocatorias para Irlanda, Francia, Australia y este año ha lanzado una convocatoria internacional.
- UI Green-Metric, ranking internacional desarrollado por la Universidad de Indonesia, de gran aceptación en numerosos países como España,

Argelia, Argentina, Australia, Austria, China, Reino Unido, Suiza, Turquía o EE.UU., entre otros.

- Times Higher Education University Impact Ranking, que se puso en marcha durante el 2018, y está orientado específicamente a la evaluación de los ODS (GESU-CRUE-Sostenibilidad, 2019).

La creciente integración de la sostenibilidad en las universidades pasa por la necesidad de crear herramientas que sirvan a la institución para evaluar su contribución a la sostenibilidad ambiental, y que puedan utilizarse para la mejora continua en este sentido (GESU-CRUE, 2019). El comité Ejecutivo de CRUE-Sostenibilidad tomó en consideración diseñar un instrumento de evaluación personalizado al contexto universitario español, para llevar a cabo la evaluación y seguimiento, surgió el grupo de trabajo de “Evaluación de la Sostenibilidad Universitaria” (GESU), con intención de desarrollar una herramienta orientada en indicadores para analizar la contribución a la sostenibilidad ambiental de la Universidad y como sistema de mejora de calidad ambiental. Con esta herramienta se evalúa el cumplimiento de un porcentaje de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

En la elaboración de estos informes participaron las siguientes universidades integrantes del Grupo de Evaluación de la Sostenibilidad Universitaria (Tabla 1):

Universidad Autónoma de Madrid
Universidad Carlos III de Madrid
Universidad de Castilla-La Mancha
Universidad de Córdoba
Universidad de Jaén
Universidad de Málaga
Universidad Internacional de Andalucía
Universidad Miguel Hernández
Universidad Politécnica de Madrid
Universidad Rey Juan Carlos de Madrid
Universidad San Jorge
Universidad Autònomo de Barcelona
Universidad de Valencia
Universidad Internacional de Cataluña
Universidad Politécnica de Valencia

Tabla 1. Tomada del informe GESU-CRUE-Sostenibilidad (2019).

A través de esta herramienta se recopilan los criterios enfocados a la calidad ambiental de las universidades teniendo en cuenta las siguientes áreas y ámbitos (Tabla 2):

ÁREAS	ÁMBITOS
Organización	1. Política de sostenibilidad ambiental 2. Implicación y sensibilización de la comunidad universitaria
Docencia e investigación	3. Docencia 4. Investigación y transferencia de conocimiento
Gestión ambiental	5. Urbanismo y biodiversidad 6. Energía 7. Agua 8. Movilidad 9. Residuos 10. Compra verde 11. Evaluación del impacto ambiental de las actividades universitarias

Tabla 2. Tomada de Informe GESU-CRUE-Sostenibilidad (2019).

El informe recoge los resultados de 39 universidades (véase Tabla 3).

Universidad Autónoma de Madrid	Universidad de Oviedo
Universidad Carlos III de Madrid	Universidad de Salamanca
Universidad Católica de Ávila	Universidad de Zaragoza
Universidad CEU San Pablo	Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea
Universidad Complutense de Madrid	Universidad Internacional de Andalucía
Universidad Europea	Universidad Las Palmas de Gran Canaria
Universidad de Alcalá de Henares	Universidad Miguel Hernández
Universidad de Alicante	Universidad Politécnica de Cartagena
Universidad de Barcelona	Universidad Politécnica de Madrid
Universidad de Burgos	Universidad Rey Juan Carlos
Universidad de Cádiz	Universidad San Jorge
Universidad de Cantabria	Universidade de A Coruña
Universidad de Castilla-La Mancha	Universidade de Vigo
Universidad de Córdoba	Universitat Autònoma de Barcelona
Universidad de Granada	Universitat de Girona
Universidad de Jaén	Universitat de les Illes Balears
Universidad de La Laguna	Universitat de València
Universidad de La Rioja	Universitat Oberta de Catalunya
Universidad de León	Universitat Politècnica de València
Universidad de Málaga	

Tabla 3. Tomada del Informe GESU-CRUE-Sostenibilidad (2019).

1.3.2 Greenmetric

University Rankings IU GreenMetric Mundial es una publicación anual de clasificación de universidades en términos de sostenibilidad. Este Programa que fue iniciado por la Universidad de Indonesia en 2009 clasifica las universidades por su compromiso y acción hacia la sostenibilidad. En 2010 se formó un equipo para crear un cuestionario y una interfaz de clasificación a escala global. Durante 2011 se añadieron los indicadores y categorías. En 2015 se produjo una amplia mejora del sistema con la inclusión de la huella de carbono y recolección de datos de un modo más sistemático para enfocar la evaluación. Entre 2016 y 2017 se adoptó la política de acción y la asociación mundial para alcanzar y coordinar más universidades. Hasta la fecha 515 universidades de 75 países participan en el ranking.

Su metodología pasa por recoger datos a través de cuestionarios en línea, en los que toda Universidad participante responde a las mismas preguntas. Los

miembros expertos de la interfaz validan las respuestas de cada Universidad participante basadas en la evidencia que proporcionan.

Las categorías y la ponderación de los puntos se muestran a continuación (Tabla 4).

No	Category	Percentage of Total Points (%)
1	Setting and Infrastructure (SI)	15
2	Energy and Climate Change (EC)	21
3	Waste (WS)	18
4	Water (WR)	10
5	Transportation (TR)	18
6	Education (ED)	18
	TOTAL	100

Tabla 4. Categorías utilizadas Ranking Greenmetric (tomada de Informe GreenMetric World Univesity Rankings).

1.4 Evaluaciones en la Universidad de Jaén

Las actividades que se llevan a cabo en la Universidad de Jaén repercuten en el medio ambiente. En el año 2012 la Universidad de Jaén llevó a cabo un diagnóstico del estado de la institución en materia de sostenibilidad ambiental, generando un informe con dos partes diferenciadas: (i) un diagnostico técnico, obtenido a partir de indicadores contemplados en evaluaciones externas como Greenmetric, la herramienta del grupo de trabajo GESU de la CRUE, o el cuestionario de partida del proyecto Ecocampus; y (ii) un diagnostico cualitativo, obtenido a partir de encuestas *ad hoc* a la comunidad universitaria.

Adicionalmente, en 2015 se llevó a cabo un estudio para determinar la huella ecológica de la universidad en el transcurso de los años 2013, 2014 y 2015, con el fin de realizar una evaluación del impacto al medio ambiente que genera la actividad universitaria y de este modo ayudar en la propuesta de medidas correctoras con el objetivo de mejorar el entorno, intentando conseguir un comportamiento más sostenible de esta organización (Checa, 2015; Parra et al., 2018). Desde hace años la Universidad de Jaén está comprometida en la conservación del medio ambiente, y dispone de una política de sostenibilidad ambiental (véase Anexo I).

1.5 Hipótesis

La implementación de nuevas políticas de sostenibilidad desarrolladas por la Universidad de Jaén en los últimos cuatro años han derivado en la reducción de su huella ecológica desde 2015.

1.6 Objetivos

- Objetivo general:
 - Evaluar la huella ecológica de la Universidad de Jaén en el periodo 2015-2018.
- Objetivos específicos:
 - Obtener información para el cálculo de la huella ecológica.
 - Cálculo de la huella ecológica para los años comprendidos entre 2015 y 2018.
 - Análisis de la evolución de la huella ecológica respecto a años anteriores.
 - En función de los resultados plantear recomendaciones para reducir la huella ecológica.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Para poder realizar la evaluación y seguimiento de la huella ecológica de la Universidad de Jaén, se utilizará la misma metodología del estudio realizado por Checa (2015) y Parra et al. (2018). De este modo se cotejarán los datos actuales con la información recabada en el estudio previo. La metodología utilizada será la propuesta por López (2008).

Acorde a este enfoque, se precisa información sobre las emisiones de CO₂ de los consumos y las actividades que originan emisiones que se llevan a cabo en una institución. Entre estos resaltan el consumo de electricidad, el consumo de gas, el consumo de agua, la producción de residuos, el consumo de papel, la construcción de edificios y la movilidad. A diferencia del estudio previo, en este trabajo se han tomado en consideración los datos de los dos campus principales que posee la Universidad de Jaén, el Campus de las Lagunillas (Figura 3) ubicado en Jaén y el Campus Científico-Tecnológico emplazado en Linares (Figura 4).

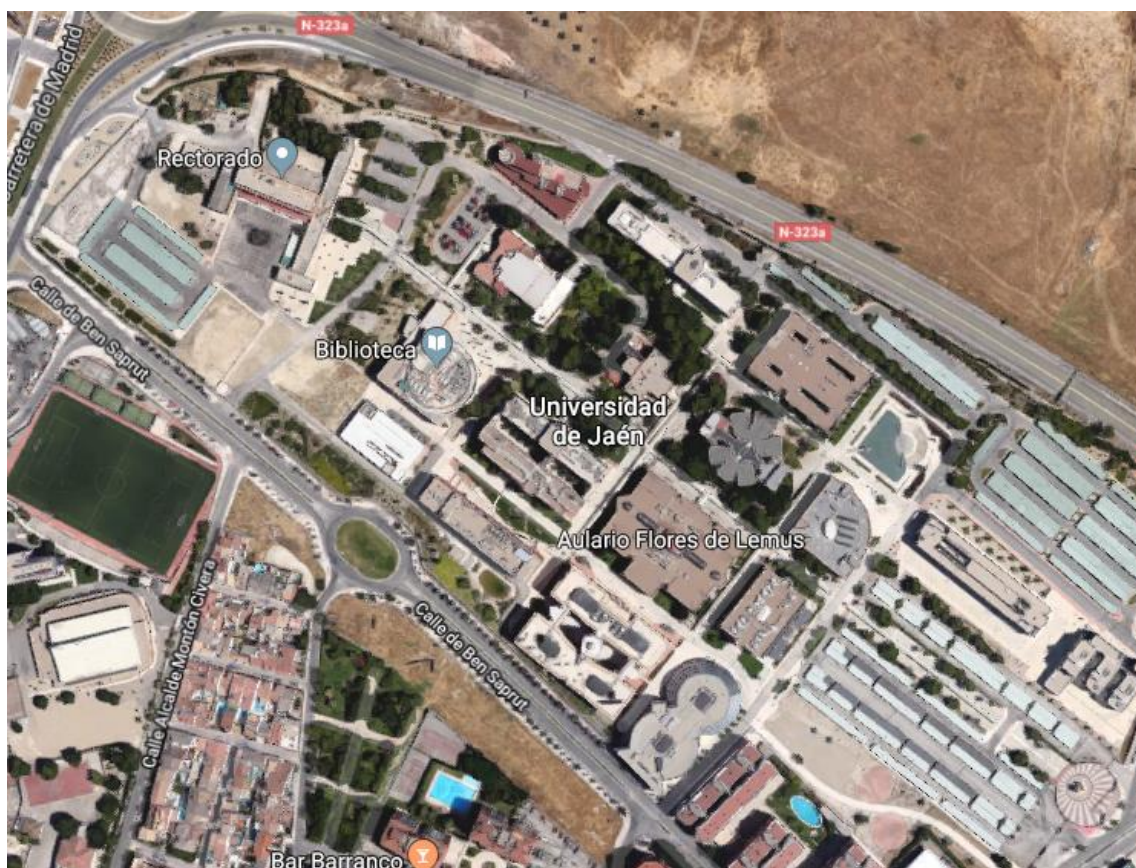


Figura 3. Imagen Campus de las Lagunillas ubicado en Jaén. (Fuente: Google Earth).



Figura 4. Imagen Campus Científico-Tecnológico ubicado en Linares Fuente: Memoria EFQM UJA.

La tabla 5 muestra los alumnos y trabajadores de la Universidad de Jaén durante los años 2015-2018.

	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018
ALUMNOS	14.138	13.153	13.054	12.948
PDI	874	910	922	963
PAS	496	498	464	476
TOTAL	15.508	14.561	14.440	14.387

Tabla 5. Número alumnos, personal de administración y servicios (PAS) y personal docente e investigador (PDI) de la Universidad de Jaén durante los cursos académicos 2014-2015 a 2017-2018 (Fuente: Anuario estadístico de la Universidad de Jaén).

Continuando con la metodología del estudio realizado en 2015, para llevar a cabo el cálculo de la huella ecológica se aplicará la modificación sobre la fórmula original propuesta por Rees y Wackernagel (1996):

$$Huella\left(\frac{ha}{año}\right) = \frac{Emisiones(t\ CO_2)}{Fijación\ de\ Carbono\left(\frac{t\ CO_2}{\frac{ha}{año}}\right)}$$

Los datos necesarios para realizar esta formula serán los siguientes:

- Emisiones (t CO₂): este dato será calculado con otras fórmulas que aparecerán más adelante, acorde a los datos de consumo de los recursos analizados y el factor de emisión que cuantifica la emisión en función del consumo.
- Fijación de carbono: media calculada de la fijación de carbono en los entornos próximos a la Universidad. La información es aportada por el inventario de sumideros de CO₂ de Andalucía (Junta de Andalucía, 2005).

2.1 Variables

Las variables estudiadas en este trabajo se podrán clasificar en función del alcance acorde a tres tipologías:

- **Alcance 1:** Serán las emisiones directas. Solo afecta al gas natural.
- **Alcance 2:** Son las emisiones indirectas que provienen de la generación de energía. De este modo se incluye la electricidad.
- **Alcance 3:** Emisiones de forma indirecta. Este alcance es en el que más actividades se incluyen, como agua, superficie construida, residuos, papel y movilidad.

2.1.1. Electricidad

Los datos de la electricidad que se consumen en la Universidad de Jaén en cada año han sido facilitados por la Unidad Técnica de la Universidad de Jaén y están publicados en la página web de la Universidad de Jaén: <http://www10.ujaen.es/node/8994>.

El factor de emisión que se ha utilizado para el consumo de electricidad es 0,360 kg CO₂/kWh utilizado ya en el informe de la huella de carbono de la Universidad de Córdoba (Toro et al., 2014).

2.1.2. Agua

Los datos de consumo de agua en la Universidad de Jaén en cada año han sido facilitados por la Unidad Técnica de la Universidad de Jaén y están publicados en la página web de la Universidad de Jaén: <http://www10.ujaen.es/conocenos/serviciosunidades/serobras/consumos/agua>. El factor de emisión que se ha utilizado para el consumo de agua es 0,12132 kg CO₂/m³ (Toro et al., 2014).

2.1.3. Gas

La información sobre el consumo de gas en la Universidad de Jaén en cada año ha sido facilitada por la Unidad Técnica de la Universidad de Jaén y están publicados en la página web de la Universidad de Jaén: <http://www10.ujaen.es/conocenos/servicios-unidades/serobras/consumos/gas>. El factor de emisión que se ha utilizado para el consumo de gas es de 2,16 kg CO₂/m³ (Toro et al., 2014).

2.1.4. Residuos

La información sobre los residuos que se producen cada año en la Universidad de Jaén vienen dados por el Servicio de Prevención de Riesgos Laborales de la Universidad de Jaén. La tabla 6 muestra los factores de emisión para los distintos tipos de residuos utilizados para este cálculo (Toro et al., 2014):

TIPOS RESIDUOS	FACTORES DE EMISIÓN
ACEITES	0,0347 kg CO ₂ /kg
MATERIAL CONTAMINADO Y ENVASES CON PRODUCTOS QUÍMICOS	0,0262 kg CO ₂ /kg
DISOLVENTES	0,0991 kg CO ₂ /kg
BIOSANITARIOS, BROMURO DE ETIDIO Y RP DE LABORATORIO SIN CATEGORIZAR	0,0502 kg CO ₂ /kg
ÁCIDOS, BASES Y SOLUCIONES	0,0677 kg CO ₂ /kg
PESTICIDAS	18,1 kg CO ₂ /kg
BATERÍAS	0,00214 kg CO ₂ /kg

Tabla 6. Factores de emisión de los tipos de residuos. Modificada de Toro et al. (2014).

2.1.5. Papel

La información sobre el papel que se consume en la Universidad de Jaén se ha dividido en dos apartados. Por un lado, el papel que consumen los trabajadores y por otro el papel que consumen los alumnos. Estos datos se aplican para los 4 años en proporción a la cantidad de trabajadores y alumnos que pertenecen a la Universidad de Jaén en ese periodo de tiempo, ya que se ha asumido que no varía el consumo de papel de un año a otro. De este modo se sigue la metodología de cálculo utilizada por Parra et al. (2018).

El dato de papel consumido por los trabajadores vuelve a ser suministrado por el Servicio de Contratación y Patrimonio de la Universidad de Jaén. Los datos de consumo de papel del alumnado se han obtenido a través de encuesta en colaboración con el Aula Verde y de los datos proporcionados por GESU-CRUE-Sostenibilidad.

La fórmula aplicada al cálculo del papel se obtiene de multiplicar la estimación de folios diarios por los días lectivos del curso. Las semanas lectivas de cada curso son 30, contando cada una de ellas con 5 días, obteniendo así 150 días. A este dato se le sumaría los días en periodo de exámenes. Contando con dos meses de periodo de exámenes, cada uno de ellos con 20 días. En este tiempo se considera que no acude la misma cantidad de personas, por lo que se asume la mitad, es decir 1 mes que tiene 20 días lectivos, obteniendo un total de 170 días lectivos por curso (Checa, 2015; Parra et al., 2018)

$$\begin{aligned} &150 \text{ días lectivos de clase} + 20 \text{ días de media en periodo de exámenes} \\ &= 170 \text{ días lectivos por curso} \end{aligned}$$

Para conseguir el peso total en kg hemos utilizado esta fórmula, tomada de Toro et al. (2014):

$$\text{Peso total (kg)} = \text{número de folios} \times \text{peso por folio (0.0049896 kg)}$$

Los factores de emisión los hemos obtenido de López (2008) y son diferentes según el tipo de papel utilizado:

- El factor de emisión del papel reciclado es 0,61 kg CO₂/kg papel.
- El factor de emisión del papel virgen es 1,84 kg CO₂/kg papel.

2.1.6. Construcción de edificios

El dato sobre los metros construidos que hay en la Universidad de Jaén fue aportado por el Vicerrectorado de Infraestructuras, Desarrollo de Campus y Sostenibilidad de la Universidad de Jaén. Este dato es válido para los 4 años ya que no han variado los metros construidos en este periodo de tiempo en el Campus de las Lagunillas de Jaén, en este trabajo se ampliará abarcando también el Campus Científico-Tecnológico de Linares. El factor de emisión que se produce por la construcción de edificios es 10,4 kg CO₂/m² construidos por año (Toro et al., 2014).

Para calcular la huella ecológica de la Universidad de Jaén es necesario conocer las emisiones (toneladas CO₂) que se producen en cada actividad que se desarrollan en este campus. Para ello aplicaremos la siguiente fórmula (cálculo de la emisión de carbono) para las actividades (consumo de electricidad, consumo de agua, consumo de gas, producción de residuos, consumo de papel y la construcción de edificios), excluyendo de esta fórmula la actividad de movilidad (Toro et al., 2014).

$$Emisiones(t\ CO_2) = Dato\ Actividad \times Factor\ de\ Emisión$$

donde los datos hacen referencia al:

- Dato actividad: consumo de cada actividad en la Universidad de Jaén. Este valor se mide en las unidades principales de cada actividad.
- Factor de emisión: factores de emisión utilizados para las emisiones de cada actividad. Este valor se mide en kg CO₂/unidad principal.

2.1.7. Movilidad

En la evaluación de la movilidad en la Universidad de Jaén sobre el cálculo de huella ecológica, se ha llevado a cabo un muestreo en el Campus de Las Lagunillas, así como en el Campus Científico Tecnológico de Linares aplicándose para el cálculo de los 4 años sucesivos al estudio previo de huella

ecológica de forma proporcional al número del personal universitario, (se ha asumido que se mantienen los mismos porcentajes cada año en cuanto a movilidad).

El muestreo se efectuó durante dos días lectivos en Jaén y dos en Linares, durante el mes de abril de 2019. Se procedió a su realización en los principales accesos a la Universidad. Se han contabilizado el número de personas que acudían en coche y la ocupación de estos. En conteo de las personas que accedían en bus, este solo habiéndose podido realizar en Jaén, debido a que en Linares no existe esa opción; las personas que llegaban en moto y la cantidad de personas que acudían andando o en bicicleta.

La duración del muestreo fue de 2 horas en la primera hora de la mañana (de 8:30 a 10:30), ya que es el momento de mayor afluencia de personas, en base a los datos obtenidos por el servicio de vigilancia y sus operarios.

Se asume que el tipo de transporte será el mismo para acudir al campus como para volver a sus domicilios. La Universidad de Jaén cuenta con similar cantidad de alumnado en el turno de mañana como en el de tarde, y las tendencias son semejantes en ambos colectivos. Por ello no se ha realizado el muestreo en horario de tarde.

La distancia media que recorren los estudiantes y trabajadores se estima que será similar a la de años anteriores, por lo que se tendrán en consideración los mismos datos ya obtenidos, en su momento, a través de encuestas aplicándoles una media por separado de la gente que viaja desde el mismo municipio y los que se desplazan desde otros. Los datos obtenidos muestran que la media de kilómetros recorridos son 54 para los que viven fuera y de 5 a 6 para los del municipio.

Los factores de emisión de transportes que se utilizan en la Universidad de Jaén son tres ya que las personas que se trasladan en bicicleta o andando no producen ningún tipo de emisiones. Los tipos de transportes que tienen factores de emisiones son los siguientes:

- Factor de emisión de los turismos:

Los factores de emisión vienen dados en función del nivel de ocupación de los turismos. Estos factores de emisión se obtienen de López (2008; véase Tabla 7).

TURISMO	1 - 2 PERSONAS	3 PERSONAS	4 PERSONAS	5 PERSONAS
FACTORES DE EMISIÓN	0,2kg CO ₂ /km	0,1 kg CO ₂ /km	0,07 kg CO ₂ /km	0,05 kg CO ₂ /km

Tabla 7. Factores de emisión de los turismos. Extraída de Toro et al. (2014).

El porcentaje de coches que viajan desde pueblos/ciudades fuera de Jaén y desde Jaén se ha asumido que es similar al calculado en el conteo de personas que viajan en autobús, habiéndose estimado que es un 55% de coches viajan desde zona provincial y un 45% de coches que se trasladan desde Jaén.

- Factor de emisión de los autobuses:

El factor de emisión que produce un medio de transporte como es el autobús es de 0,04 Kg CO₂/km/persona (López 2008).

En el conteo de campo se estima el porcentaje de autobuses. Siendo diferentes la parada de personas que viajan desde pueblos/ciudades fuera de Jaén y la parada de las personas que se desplazaban desde Jaén. Así mismo se ha estimado que un 55% de autobuses viajan desde zona metropolitana y un 45% de autobuses se trasladan desde Jaén.

En Linares no se puede contabilizar el número de personas que se desplazan en bus debido a que resulta imposible identificar de dónde proceden las personas que acuden en bus, ya que la estación de autobuses interurbanos se encuentra ubicada a bastantes kilómetros de distancia y no existe parada de autobús urbano cerca del campus ni de sus entradas.

- Factor de emisión de las motos:

El factor de emisión de la moto es de 0,07958 kg CO₂/km (López, 2008). Se ha asumido que la moto es principalmente utilizada en transporte urbano más que en el transporte provincial (asunción basada en el tipo de ciclomotor visto en los muestreos).

Para calcular las emisiones (toneladas CO₂) de la actividad de movilidad se aplica la fórmula siguiente (modificación de Toro et al., 2014):

$$Emisiones (t CO_2) = N \times D \times H \times Factor \text{ de emisión}$$

Para el cálculo de esta fórmula se necesitan los siguientes datos:

- N: número de personas que utiliza un medio de transporte.
- D: distancia media recorrida cada día (54 km para zonas metropolitanas y 6 km para zona urbana).
- H: cantidad de días lectivos del curso académico en la Universidad de Jaén (170 días lectivos).
- Factor de emisión: diferente según el tipo de transporte. Valorado este dato en kg CO₂/kg.

3. RESULTADOS

3.1 Cálculo de la Huella Ecológica

La tabla 8 muestra los resultados obtenidos para el cálculo de la huella ecológica en la Universidad de Jaén. Los resultados obtenidos en los campus de Jaén y Linares se muestran en el anexo 2 y 3 (Tabla 18 y 19).

Variables		Datos 2015	Datos 2016	Datos 2017	Datos 2018
Gas Natural (m ³)		214.728	291.320	252.043	162.129
Energía Eléctrica (kWh)		9.750.337	10.432.422	10.921.013	11.027.011
Agua (m ³)		79.822	79.840	84.034	81.579
Superficie Construida (m ²)		186.606	186.606	186.606	186.606
Movilidad (personas)	Turismo con 1-2 Ocupantes	3599,9	3380,9	3351,99	3267,95
	Turismo con 3 Ocupantes	1.245,76	1.169,6	1.559,96	1.157,71
	Turismo con 4 Ocupantes	999,45	938,42	930,06	927,2
	Turismo con 5 Ocupantes	227,36	213,48	211,7	210,93
	Autobús	857,3	804,99	793,3	795,37
	Moto	184,73	173,45	172,01	171,38
Residuos (kg)	Aceites	351	270	357	446
	Material Contaminado y Envases con Productos Químicos	1.786	2.264	2.157	2.781
	Disolventes	745	5.997	1.244	1.900
	Biosanitarios, Bromuro de Etidio y RP de Laboratorio	1.412	1.671	1.913	1.922
	Bases, Ácidos y soluciones	1.676	1.509	2.208	1.721
	Pesticidas	121	89	359	282
	Baterías	-	-	-	-
Papel (kg)	Reciclado	20,77	21,35	21,02	21,82
	No Reciclado (papel virgen)	225,60	209,88	208,30	206,61

Tabla 8. Datos de consumos cada actividad evaluada para el cálculo de la huella ecológica de la Universidad de Jaén.

La tabla 9 muestra el cálculo de la huella de carbono (emisiones de CO₂) generadas por diversas actividades y el total de cada año en la Universidad de Jaén en el periodo estudiado (2015-2018).

ACTIVIDADES	T CO ₂ 2015	T CO ₂ 2016	T CO ₂ 2017	T CO ₂ 2018
GAS	463,81	629,251	544,413	350,339
ELECTRICIDAD	3.510,21	3755,672	3931,565	3969,724
AGUA	9,68	9,686	10,195	9,897
SUPERFICIE CONSTRUIDA	1.678,5	1940,697	1940,697	1940,697
MOVILIDAD	5.444	5.113	5.069	4930.68
RESIDUOS	2,51	1,92	6,92	5,59
PAPEL	246,37	231,23	229,32	228,43
TOTAL CO₂	11.617.37	11.681.03	11732.10	10.601.76

Tabla 9. Emisiones de CO₂ (toneladas) que genera cada actividad desarrollada en la Universidad de Jaén durante el periodo 2015-2018.

La tabla 10 muestra los valores de las hectáreas necesaria cada año para compensar las emisiones generadas por las actividades llevadas a cabo en la Universidad de Jaén.

HUELLA ECOLÓGICA	
CURSO 2014-2015	9368,85 ha/año
CURSO 2015-2016	9420,19 ha/año
CURSO 2016-2017	9461,37 ha/año
CURSO 2017-2018	8549,81 ha/año

Tabla 10. Huella ecológica (hectáreas por año), para compensar las emisiones generadas por las Universidad de Jaén durante el periodo estudiado (2015-2018).

La figura 5 refleja la huella de carbono (emisiones CO₂) en la Universidad de Jaén durante los cuatro cursos académicos estudiados. Los cuatro datos son muy similares, aunque se puede observar un ligero aumento de las emisiones y luego un descenso muy pronunciado.

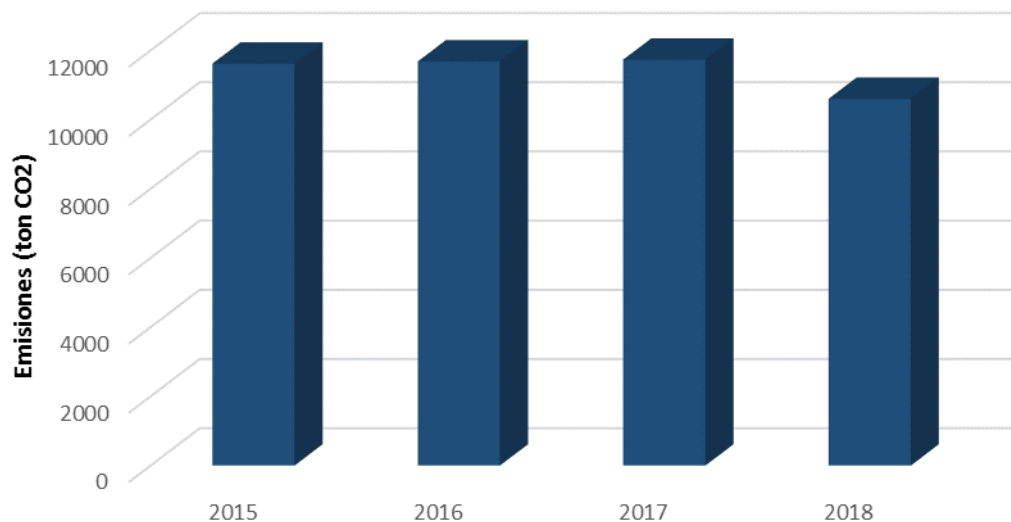


Figura 5. Huella de carbono de la Universidad de Jaén durante los años 2015-2018.

La figura 6 muestra las emisiones del CO₂ que producen diferentes actividades en la Universidad de Jaén, contempladas en los tres tipos de alcances, comentados previamente, durante el periodo desde 2015 hasta 2018. Esta gráfica recoge como las emisiones generadas por el alcance 3 son mayores, seguidas de las emisiones generadas por el alcance 2 y, por último, una mínima proporción de las emisiones del alcance 1. Esencialmente no existe variación de las emisiones originadas por los diferentes alcances entres los años de estudio.

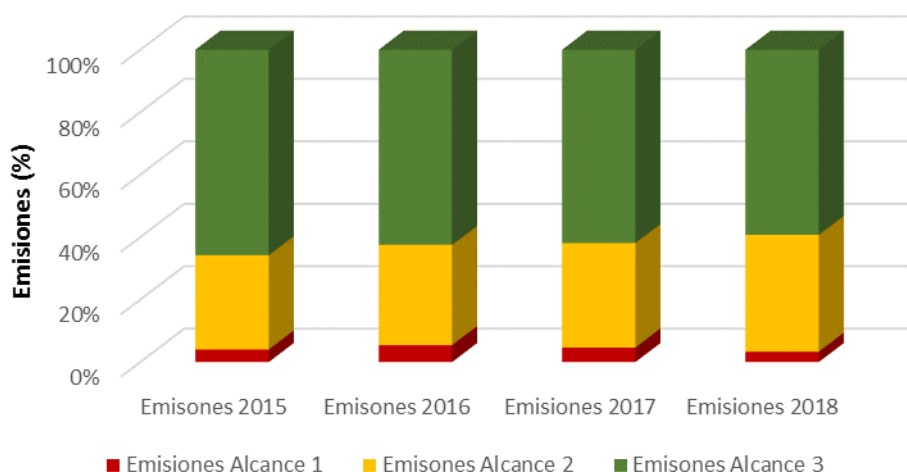


Figura 6. Emisiones según las actividades de los distintos alcances (2015-2018).

La figura 7 refleja que las actividades más destacadas responsables de CO₂, en la Universidad de Jaén durante el periodo estudiado (2015-2018) son la movilidad y el consumo eléctrico, con un 79% de emisión total. Le siguen la superficie construida (con un 15%), y por último el consumo de papel, el gas natural, los residuos generados y el consumo de agua, todas ellas con un porcentaje menor de 5%.

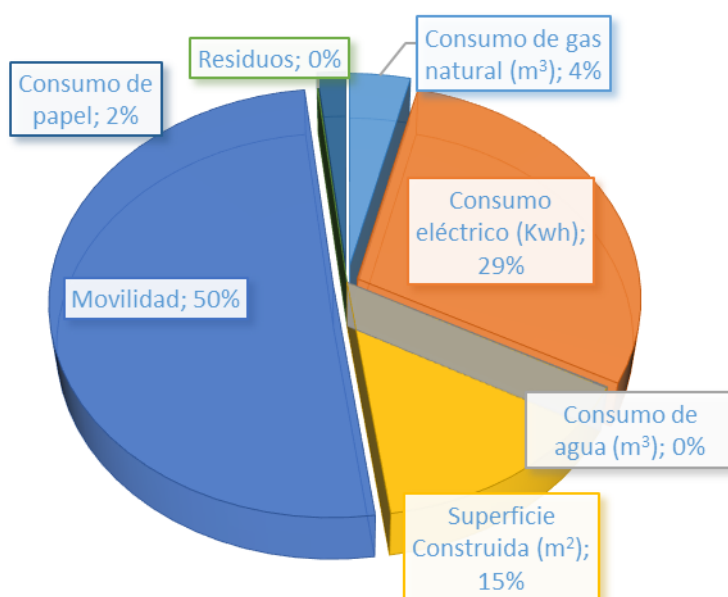


Figura 7. Porcentaje de las variables de la huella de carbono.

La figura 8 indica la distribución de los distintos medio de transporte para ir al campus, siendo los principales con valores porcentuales similares, el coche y a pie. Por otro lado, se pone de manifiesto que el menos utilizado es el autobús. Así mismo se ve que muy pocas personas viajan hasta la Universidad en moto o bicicleta.

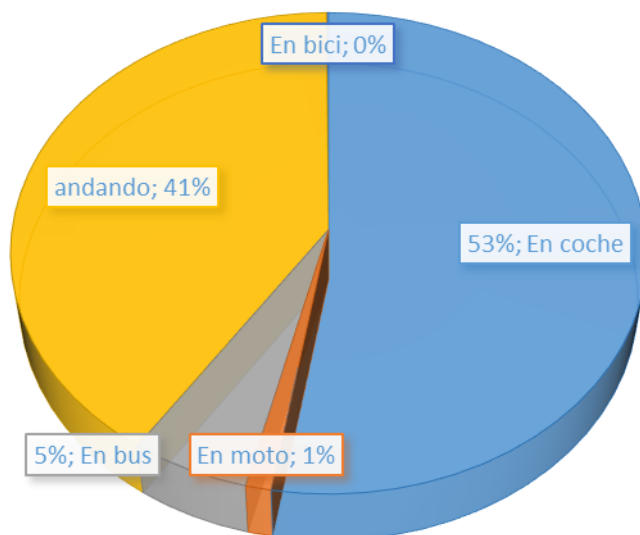


Figura 8. Principal transporte para ir a la Universidad de Jaén.

La figura 9 muestra que la gran mayoría de papel utilizado es papel virgen, tan solo un 6 % del papel es reciclado.

Las emisiones de CO₂ en referencia a los residuos generados en la Universidad de Jaén durante el periodo estimado (2015-2018) se ve representado en la figura 10. La imagen muestra que casi la totalidad de la generación de residuos procede de los pesticidas y una mínima proporción es generada por otras sustancias.

Para llevar a cabo el cálculo de la huella ecológica necesitaremos conocer la capacidad que tiene el entorno para fijar CO₂. En este sentido se necesita conocer qué porcentaje del suelo de la provincia de Jaén es suelo forestal o agrícola. La figura 11 representa la distribución del uso del suelo en la provincia de Jaén. Como comprobaremos los principales usos del suelo son el forestal y el agrícola, con un porcentaje similar, suponiendo entre los dos la mayoría de la totalidad del suelo, es decir el 95%. El restante 5% es suelo artificial y zonas húmedas (humedales, embalses, ríos...). De esta manera se podrá utilizar una media del valor de fijación de CO₂ del suelo forestal (1,6 t C/ha año) y agrícola

(principalmente olivar 0,88 t C/ha año) extraídos del informe de sumideros de CO₂ (Checa, 2015; Parra et al., 2018).

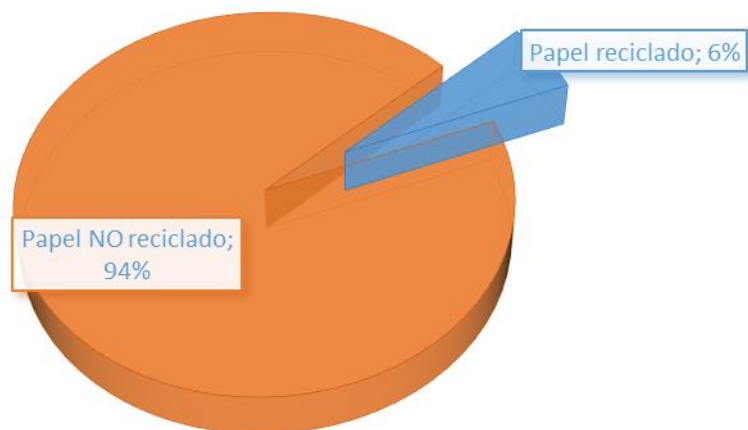


Figura 9. Representa el tipo de papel que se utiliza en la Universidad de Jaén.

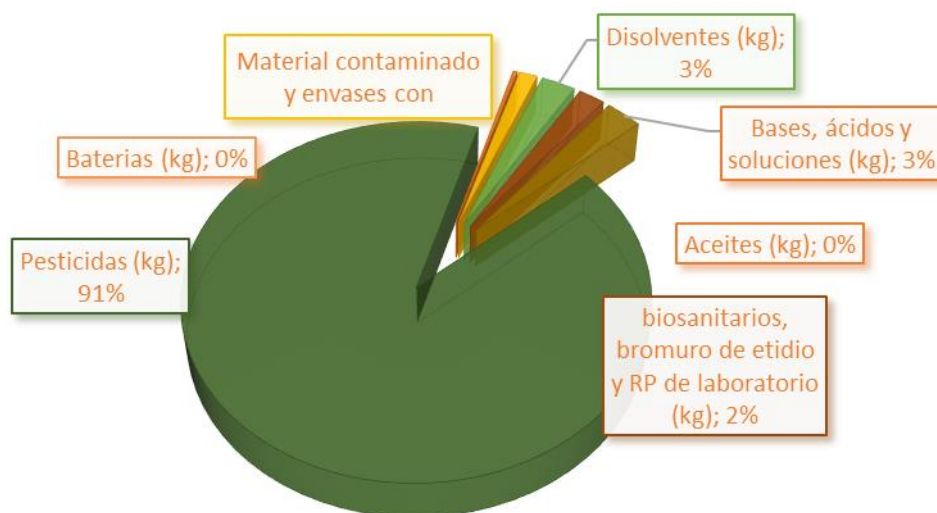


Figura 10. Distribución de los residuos de la Universidad de Jaén.

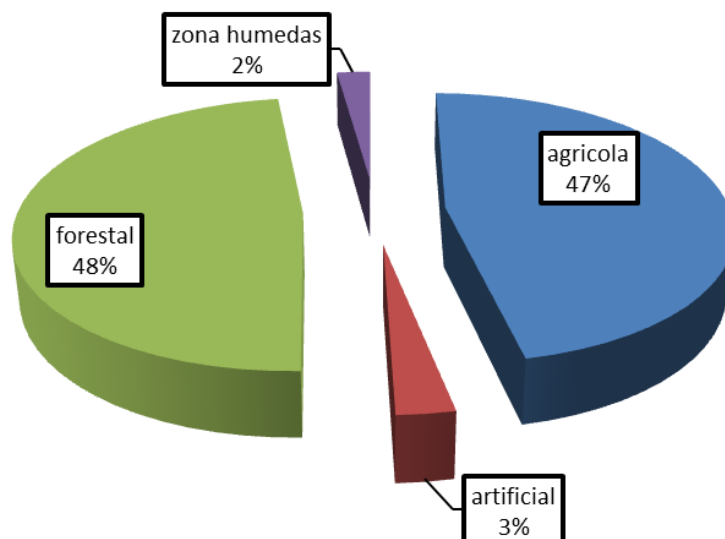


Figura 11. Uso de la ocupación del suelo en Jaén en el año 2011. Fuente: Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo en España, sección Andalucía (SIOSE-A), por provincias 2011.

La huella ecológica calculada para la Universidad de Jaén desde 2015 a 2018 se presenta en la figura 12. En ella se puede apreciar la cantidad de hectáreas que se necesitarían para generar los recursos y soportar los residuos que se generan por la actividad llevada a cabo en la Universidad.

La figura 13 muestra la huella ecológica asociada a cada persona (docente, PDI, PAS) de la Universidad. Con este gráfico se estima conocer la cantidad de hectáreas que necesitaría cada persona de esta Universidad.

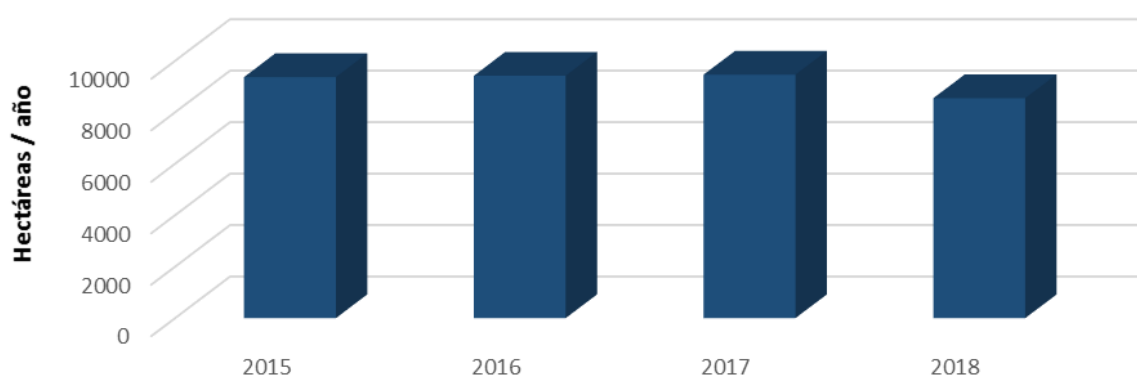


Figura 12. Huella ecológica de la Universidad de Jaén para los años 2015, 2016, 2017, 2018.

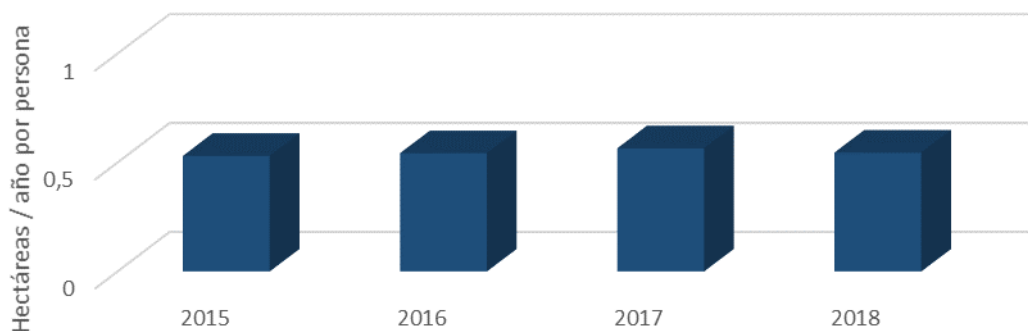


Figura 13. Huella ecológica relativa a cada persona de la Universidad de Jaén durante el periodo estudiado (2015, 2016, 2017, 2018).

3.2 Comparación de la Evolución de la Huella Ecológica de la Universidad de Jaén

Tras realizar el estudio de la Huella ecológica de la Universidad de Jaén, podremos hacer un seguimiento de la evolución de la Huella Ecológica de la Universidad del estudio previo (Checa, 2015; Parra et al., 2018).

Para hacer una comparación lo más precisa posible, necesitaremos desglosar la Universidad en el Campus de las Lagunillas, ubicado en Jaén y el Campus Científico-Tecnológico emplazado en Linares.

En la figura 14 se muestra la evolución de la huella ecológica del Campus de las Lagunillas de Jaén en comparación con el estudio previo.

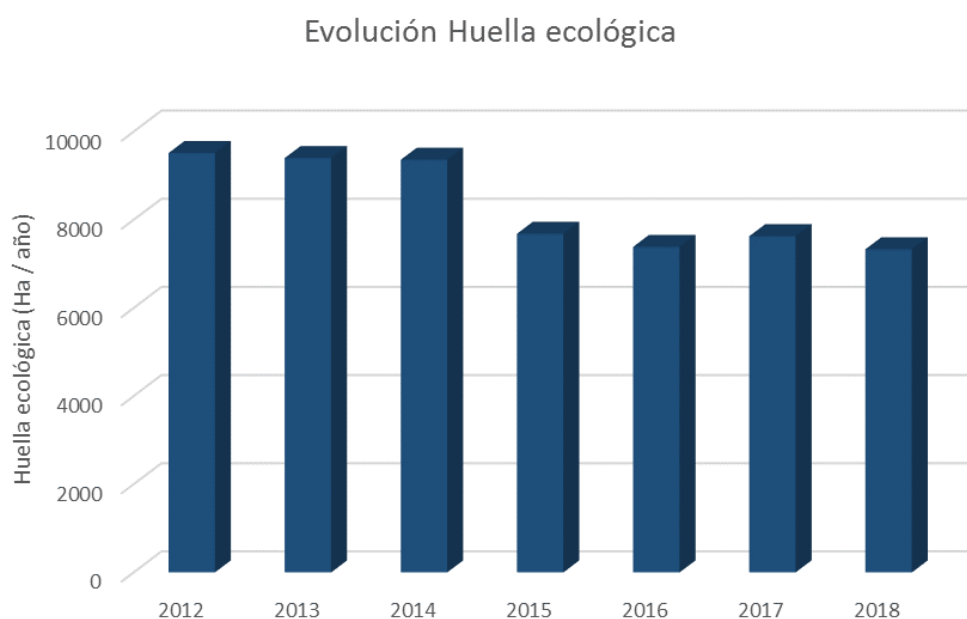


Figura 14: Evolución de la Huella Ecológica del Campus de las Lagunillas.

La comparativa sólo es posible llevarla a cabo en el campus de las Lagunillas puesto que el estudio de cálculo de huella ecológica de 2015 no contemplaba el consumo del campus de Linares, dado que entró en funcionamiento en el año 2015. Pese a esto, se observa que la evolución de la huella tiende a descender, aunque en el año 2017 aumentó con respecto a los dos años anteriores.

Por su parte, el campus de Linares presenta la huella ecológica que se observa en la figura 15.

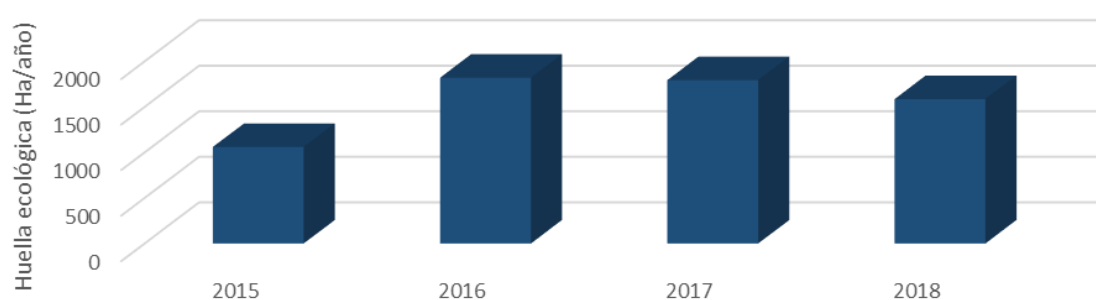


Figura 15. Evolución de la Huella Ecológica del Campus Científico Tecnológico de Linares.

Desde que inició su actividad en 2015 ha aumentado su consumo y emisión ocasionando una huella ecológica más elevada, pero en el último año comienza a reducirse levemente.

La tabla 11 muestra la huella ecológica para el campus de Jaén y el de Linares, así como las hectáreas necesarias cada año para compensar las emisiones generadas por las actividades llevadas a cabo por estos dos campus.

	CAMPUS LAGUNILLAS	CAMPUS CIENTÍFICO TECNOLÓGICO
CURSO 2014-2015	7683,98 ha/año	1059,79 ha/año
CURSO 2015-2016	6577,40 ha/año	1820,23 ha/año
CURSO 2016-2017	7626,53 ha/año	1793,78 ha/año
CURSO 2017-2018	7330,58 ha/año	1585,47 ha/año

Tabla 11. Hectáreas para compensar las emisiones generadas por las Universidad de Jaén durante el periodo estudiado (2015-2018).

La figura 16 muestra la huella ecológica por persona y su evolución para Jaén y Linares.

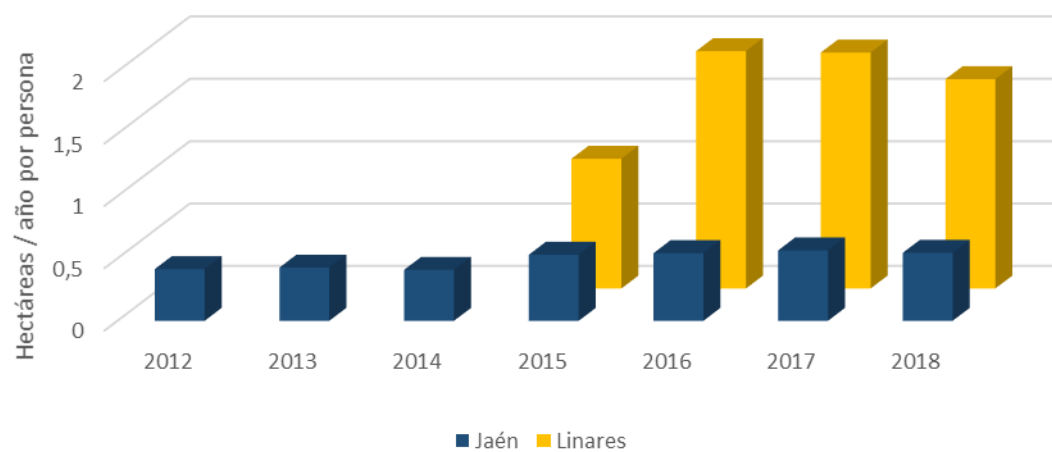


Figura 16. Evolución de la Huella Ecológica por persona en los Campus de las Lagunillas (Jaén) y Científico Tecnológico (Linares).

4. DISCUSIÓN

El estudio llevado a cabo sobre la huella ecológica de la Universidad de Jaén determina que el promedio de hectáreas que se serían necesarias en el periodo de estudio (2015-2018) es de 9200,05 ha/año. Cada campus que posee la UJA tiene una huella ecológica acorde a sus actividades, dando como resultado en el Campus de las Lagunillas un promedio de 7314,72 ha/año y 1574,59 ha/año para el Campus Científico-Tecnológico de Linares.

Como se observa en la figura 14 se dan ligeros descensos de la huella ecológica en diferentes años, pero continúa presentando valores muy similares a los estudiados previamente por Parra et al. (2018). Las bajadas o subidas de consumos pueden deberse al cambio de equipos de producción o de nuevas dotaciones en los sistemas de consumo. La cantidad de superficie necesaria para llevar a cabo las actividades de la Universidad de Jaén, no consiguen disminuir de forma notable en el transcurso de los últimos 3 años.

Según se aprecia en el estudio los porcentajes de emisiones son similares, aunque presentan un ligero descenso conforme transcurren los años, debidos a mejoras más sostenibles en infraestructuras, gestión y concienciación, frente a los consumos del estudio previo.

El alcance 3 sigue marcando la diferencia respecto a los demás alcances, puesto que abarca la movilidad, principal emisora de CO₂ en la Universidad de Jaén. Como se ha indicado, la movilidad con un 41% es la actividad de consumo más notable como se aprecia en la figura 6. Este porcentaje se debe a que la mayoría del personal se desplaza en vehículo privado, pero se encuentra un poco más bajo del que se presentaba en años previos con un 54% (Parra et al., 2018) pudiendo atribuir este descenso a plataformas como *Amovens* o *BlaBlaCar* en las que compartir vehículos en el desplazamiento minimiza las emisiones.

Como segunda actividad más destacable surge el consumo eléctrico con un 24%, debido a que la Universidad no posee otra fuente de energía alternativa; pese a esto se ha conseguido una reducción del 3% respecto al valor obtenido en el estudio previo. Las actividades restantes producen menos CO₂ estas son la superficie construida, el consumo de papel, el consumo de gas, los residuos y el consumo de agua.

Como se ha comentado la movilidad es la principal fuente emisora de CO₂ continuando siendo el vehículo privado el método más utilizado con un 53%, a continuación, personas que se desplazan andando con un 41% las cuales no emiten CO₂ y por último las que se desplazan en autobús (7%), en moto (1%) y en bicicleta un (0,2%) como se observa en la figura 7.

El porcentaje elevado de personas que se desplazan en vehículo privado se debe a la escasez de medios para el transporte público desde pueblos de la provincia. Hecho destacable en el campus de Jaén y aún más en el de Linares. El muestreo de personas que se desplazan en transporte público no ha sido posible llevarlo a cabo en el Campus Científico Tecnológico por falta de medios para contabilizar dicho transporte, ya que el transporte público no conecta de modo alguno con el campus al no existir paradas urbanas ni interurbanas en las entradas al campus ni en zonas próximas.

Medidas como el uso de coches compartidos demuestran que se pueden reducir las emisiones debidas a movilidad, siendo necesario el impulso de este tipo de servicios por parte de la Universidad, para así disminuir el CO₂ emitido.

En referencia al tipo de papel que se consume, el 94% del personal de la Universidad de Jaén consumen papel virgen frente a solo un 6% que utiliza papel reciclado. Este hecho puede ser promovido por motivos económicos, dado el alto precio del papel reciclado frente al papel virgen, un 107%. Además de ello, la dificultad para encontrarlo no favorece la utilización de éste, lo que lleva al continuado perjuicio para el medio ambiente.

Los residuos generados en la Universidad de Jaén suponen un mínimo porcentaje de todas las actividades estudiadas, siendo los pesticidas con un 91% las sustancias que más emisiones producen.

Con los datos obtenidos, podemos observar que el valor de la huella ecológica no sigue una línea clara de descenso, pese a la constante disminución de personas que tiene la Universidad, el promedio de hectáreas que necesitará cada persona presenta un valor alto de 0,625 ha/persona.

Para llevar a cabo la comparación en la evolución de la huella ecológica durante el periodo de estudio y entre los dos campus universitarios, se ha calculado el consumo por persona en ambas localidades (figura 16), con valores para el Campus de las Lagunillas de 0,531 ha/persona y de 1,62 ha/persona en el caso del Campus Científico-Tecnológico de Linares. Estos datos muestran que la

huella ecológica por persona en el Campus de las Lagunillas apenas se ha reducido (0,553 ha/persona; Checa, 2015), mientras que en el Campus Científico-Tecnológico de Linares se ve patente el poco tiempo que lleva en funcionamiento, así como la falta de medidas de educación y concienciación sostenibles, en comparación con las que si se llevan a cabo en el campus de Jaén. En ambos casos queda latente la necesidad de encontrar el modo de llegar a las personas que conforman la Universidad para conseguir un cambio medioambiental notable y prolongado en el tiempo.

El Informe del Grupo de trabajo de Evaluación de la Sostenibilidad Universitaria de CRUE de 2018, recoge la evaluación de 39 universidades españolas, entre las que la Universidad de Jaén se encuentra presente. El análisis se realiza sobre tres áreas diferentes que se subdividen en 11 ámbitos y cuyos resultados para la Universidad de Jaén se resumen en la tabla 17. En la figura 12 se pone de manifiesto como en la mayoría de indicadores no se supera el 70% de la puntuación máxima.

Indicadores	Puntuación	Máximo	Porcentaje
Política de Sostenibilidad	9	13	69,2%
Implicación y sensibilización de la comunidad universitaria	11	15	73,3%
TOTAL Área 1: Organización	20	28	71,4%
Docencia	6	12	50,0%
Investigación y transferencia de tecnología	7,5	14	53,6%
TOTAL Área 2: Docencia e Investigación	13,5	26	51,9%
Urbanismo y biodiversidad	4	6	66,7%
Energía	17	21	81,0%
Agua	7	11	63,6%
Movilidad	5,5	10	55,0%
Residuos	0,5	6	8,3%
Compra Verde	15,5	17	91,2%
Evaluación del impacto ambiental de las actividades universitarias	4,5	15	30,0%
TOTAL Área 3: Gestión Ambiental	54	86	62,8%
Evaluación Global	87,5	140	62,5%

Tabla 17. Resultados de la puntuación alcanzada en cada indicador en la Evaluación CRUE-Sostenibilidad para la Universidad de Jaén (Informe Evaluación 2018). En la columna Máximo se indica la puntuación máxima alcanzable para cada indicador. En la última columna se indica porcentaje alcanzado por la Universidad de Jaén en cada indicador respecto a su máximo.

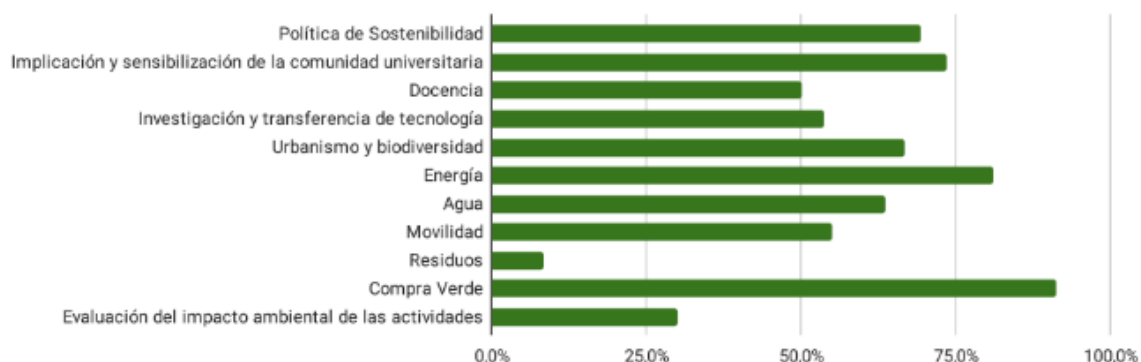


Figura 12. Evaluación de políticas universitarias de la UJA en 2018. Datos obtenidos por el Grupo de Evaluación de Sostenibilidad, GESU (CRUE-Sostenibilidad).

Como podemos constatar, el informe respalda la tendencia de consumo y emisión que en este trabajo se ha evaluado. Se pueden observar valores bajos en los apartados de docencia, investigación y transferencia de tecnología, movilidad, residuos y evaluación del impacto ambiental de las actividades universitarias. En referencia a la gestión de residuos, se resulta evidente la puesta en marcha de medidas para el tratamiento correcto de papel y envases, aun así, algunos procesos de gestión interna deberían perfeccionarse.

En la figura 13 podemos comparar la puntuación global de cada universidad participante, desglosada por ámbitos, siendo la UJA la Univ.16. Las puntuaciones obtenidas cubren un amplio rango del 75% y realzan el nivel de exigencia del sistema de indicadores. Se pone de manifiesto la utilidad de la evaluación para la toma de decisiones por parte de cada universidad en sus estrategias para la mejora de la sostenibilidad.

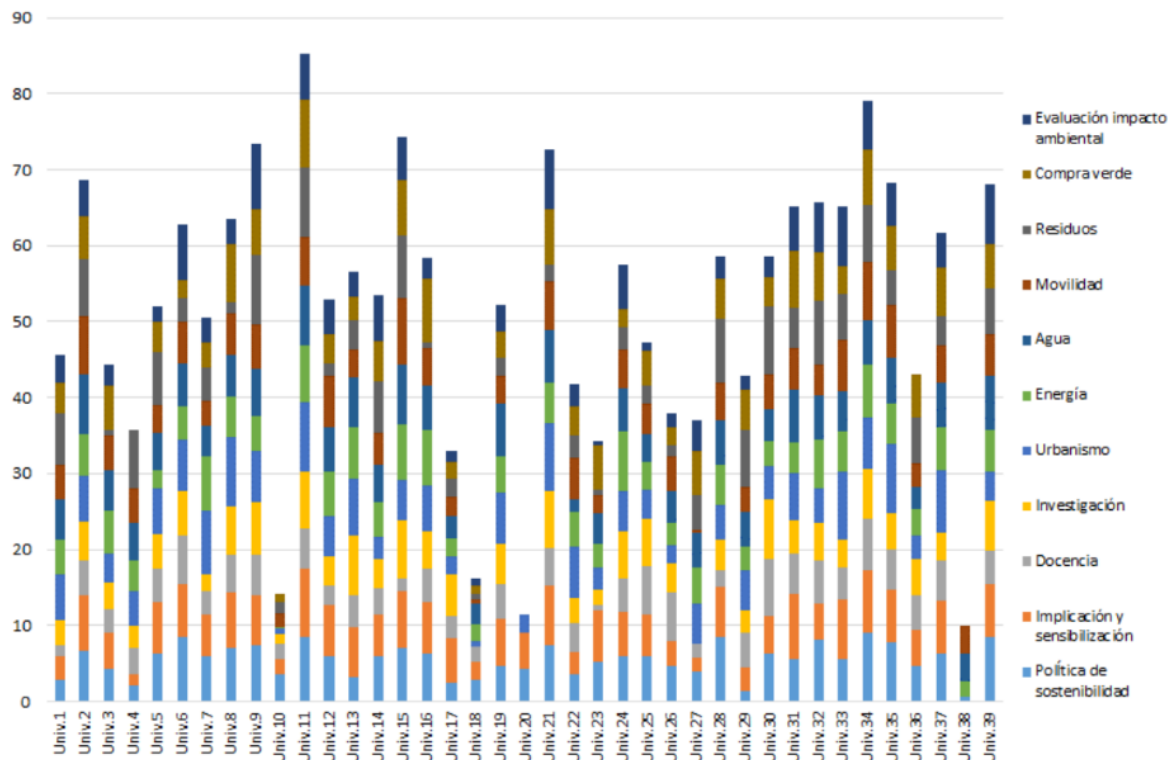


Figura 13. Puntuación global de las universidades participantes, desglosada por ámbitos. Fuente: GESU-CRUE-Sostenibilidad. Informe 2019. La Universidad de Jaén aparece representada en la columna Univ.16.

Otra herramienta como es el Ranking UI GreenMetric World University Ranking, establecido como principal referencia internacional para medir los esfuerzos que las diferentes universidades del mundo realizan en materia ambiental, nos proporciona el estado actual de la Universidad de Jaén a nivel global. La Universidad de Indonesia, en diciembre de 2018, dio a conocer los resultados del último ranking. De las 178 universidades que participaron en 2011, se ha pasado a las 719 del último año 2018. En la figura 13 se muestra la posición de la UJA (en verde) sobre el total de universidades participantes en GreenMetric en los últimos 8 años.



Figura 13. Posición de la UJA en el Ranking GreenMetric de Universidades. Fuente: Informe IU Greenmetric World University Ranking 2018.

En la evaluación de 2017, la Universidad de Jaén se situó, por primera vez, por encima de la media mundial, ocupando el puesto 267 sobre 619, lo que representa una subida destacada. Esta mejora es debida a la labor que se ha realizado a lo largo de los años y que ahora se ve plasmado su valor, como las acciones encauzadas a un uso más racional de los recursos (energía y agua), edificios más eficientes, un aumento de cuidado de zonas verdes, la apuesta por la peatonalización de ambos campus y la acciones de educación ambiental que se vienen realizando. La evaluación también posibilita identificar los aspectos en que se precisa una especial atención, como la necesidad de mejora de la gestión de residuos o la movilidad.

Acorde a la última evaluación, la UJA escala al puesto 201, a pesar de las 100 nuevas universidades que se suman al ranking, aunque este hecho refleja una mejora continua, se continúa sin alcanzar el mínimo en algunos de los indicadores.

La comparación de huella ecológica de la Universidad de Jaén frente a los últimos cálculos de huella de universidades españolas muestra cómo la Universidad de Jaén continúa manteniendo valores elevados solo superados por

la Universidad de Córdoba. Con una menor huella ecológica se encuentran la Universidad de Santiago y la Universidad de Granada (Figura 14).

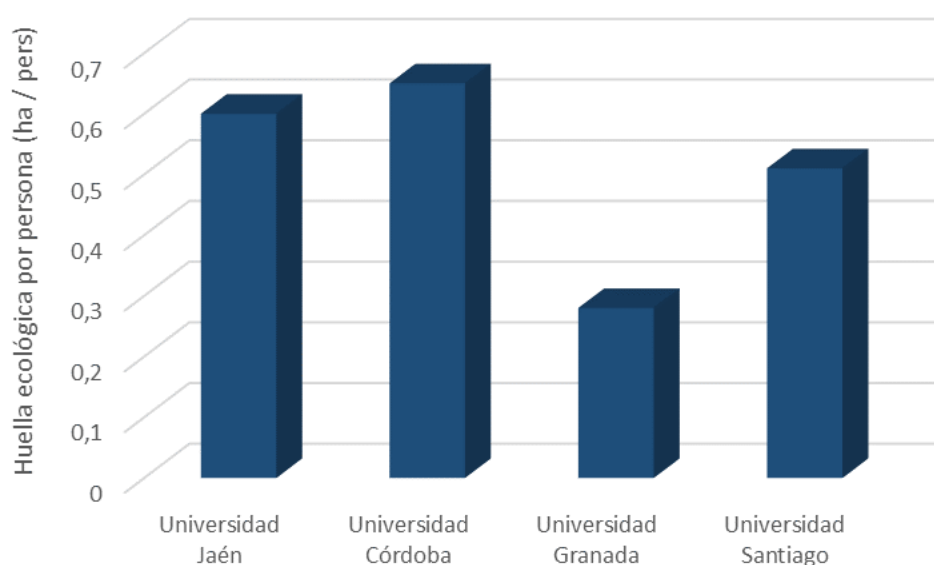


Figura 14. Huella ecológica de diferentes universidades españolas (2010-2018).

Para reducir las emisiones de CO₂ que produce la Universidad de Jaén se pueden considerar algunas propuestas. Una de ellas pasa por fomentar y concienciar sobre la importancia de la movilidad sostenible a la comunidad universitaria, reduciendo el uso de vehículos privados e impulsando la utilización de modos no motorizados. También será necesario fomentar el uso de plataformas para compartir vehículo y establecer consorcios con empresas de transporte urbano e interurbano para hacer más asequible económicamente la utilización de estos medios, así como implantar puntos de obtención e información de este tipo de transporte. Se debe también mejorar los accesos que no están destinados a vehículos privados, ya que éstos cuentan con más facilidades. La puesta en marcha de iniciativas sostenibles desde el Aula Verde lentamente consiguen llegar a las personas que forman la comunidad universitaria, prueba de esto es el programa de préstamo de bicicletas Ciclogreen con 964 participantes inscritos, de los cuales 532 forman parte activa. Desde esta iniciativa se promueve el uso de bicicleta, transporte público, caminar o uso de patinetes. Pese a que representa un porcentaje no muy grande, el nivel de participantes va aumentando año tras año lo que nos conduce a pensar que las iniciativas en materia de implicación y concienciación ambiental se abren paso lentamente en la comunidad universitaria jiennense. Otra medida a llevar a cabo sería que el Plan de Acción Tutorial (PAT) no solo esté orientado a temas

académicos, sino que también motive el uso de movilidad sostenible dando a conocer los programas y actividades propuestos por la Universidad. Del mismo se debe dar a conocer desde este y otros medios la labor del Aula Verde, en ambos campus por igual, ya que en el campus Científico-Tecnológico de Linares no llegan del mismo modo estas iniciativas. Serán igualmente necesarias charlas de información, medios visuales en los distintos edificios y mensajes que recuerden e inciten la importancia de la sostenibilidad en nuestra Universidad. No sólo es necesario reducir las emisiones a través de las infraestructuras y la gestión sostenible, si no que la concienciación y la educación ambiental juega un papel decisivo. La puesta en marcha de actividades que consigan remover conciencia y hacer reflexionar pasa por alumnos, docentes y trabajadores.

De cara a introducir mejoras en la estimación de huella ecológica en el futuro se podría tener en consideración la absorción de dióxido de carbono por los individuos vegetales y arbóreos de los campus y como su vegetación podría disminuir la huella. Los resultados indican que los esfuerzos de la Universidad de Jaén en materia de gestión y sostenibilidad ambiental están consiguiendo una significativa y creciente evolución hacia la sostenibilidad de las actividades desarrolladas creando campus más respetuosos con el medio ambiente. Es importante aumentar la visibilidad de los esfuerzos en el ámbito de la sostenibilidad en las universidades españolas que más se involucran en este campo (León et al., 2015) de tal modo que la concienciación social llegue a producir cambios más sostenibles. Nuestra Universidad pone de manifiesto el avance sostenible necesario para el futuro de la sociedad. En España se ha reducido un 2,2% las emisiones de CO₂ durante 2018 según los datos del Avance del Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que indica que España emitió un total de 332,8 millones de CO₂. El borrador del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC) plantea para España una disminución de 21 puntos porcentuales respecto a los niveles de 1990. Por sectores, el ministerio de Transición Ecológica apunta que el que generó más emisiones durante 2018 fue el transporte, lo que pone de manifiesto que el tráfico de vehículos es un problema de escala mucho más amplia que lo que a la movilidad de la Universidad atañe.

5. CONCLUSIONES

- 1- La evolución de la huella ecológica de la Universidad en su conjunto en el transcurso de los años de estudio tiene una tendencia favorable, con una media de 9200,05 ha/año y la media de la cantidad de hectáreas por persona se sitúa en 0,65 ha/año.
- 2- La comparación del Campus de las Lagunillas, en Jaén, con una huella ecológica por persona de 0,54 ha/persona y el Campus Científico-Tecnológico en Linares con una de 1,62 ha/año pone de manifiesto el poco tiempo que lleva en funcionamiento este último y la falta de medidas y acciones orientadas a la concienciación y a la gestión sostenible.
- 3- La huella ecológica calculada en los 4 años de estudio en el campus de las Lagunillas se ha reducido en un 23% en comparación con el estudio realizado por Checa (2015); Parra et al. (2018). Lo que indica que las medidas adoptadas consiguen disminuir la huella ecológica poco a poco.
- 4- Pese a la trayectoria que presenta la Universidad de Jaén en reducción de alumnado y trabajadores, la huella ecológica por persona sigue mostrando valores elevados, por ello el esfuerzo en sostenibilidad debería incrementarse.
- 5- La movilidad continúa siendo la actividad de mayor repercusión en la huella de la Universidad de Jaén, debiendo orientar políticas más precisas y restrictivas para minimizar su impacto.
- 6- En la comparación del estado de sostenibilidad, medio ambiente y huella ecológica con el resto de universidades, a través de rankings como el de CRUE-sostenibilidad o Greenmetric, la UJA presenta valores que tienden un comportamiento más sostenible y respetuoso con el medio ambiente, pero denota la necesidad de medidas y mejoras para garantizarlo.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Beltrán, J.; Íñigo, E. y Mata, A. (2014). La responsabilidad social universitaria, el reto de su construcción permanente. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 14 (V).
- Boron, A.A. (2018). De académicos e intelectuales: notas a propósito de la crisis de las ciencias sociales y el papel de la universidad. *Casa de las Américas*, 291 (abril-junio), 3-16 p.
- Borucke, M; Moore, D; Cranston, G; Gracey, K; Iha, K; Larson, J; Lazarus, E; Morales, J.C.; Wackernagel, M; Galli, A. (2013). Accounting for demand and supply of the biosphere's regenerative capacity: The National Footprint Accounts' underlying methodology and framework. *Ecological Indicators*. 24, 518-533.
- Catalá, J. (2014). Diseño y validación de un procedimiento de cálculo de la huella de carbono en una administración local. Tesis Doctoral. Universidad Miguel Hernández, 290 p.
- Checa M. (2015). Cálculo de la huella ecológica de la Universidad de Jaén. Trabajo de Fin de Grado. Universidad de Jaén, 41 p.
- Doménech, J.L. (2007). Huella ecológica y desarrollo sustentable. *AENOR*, 30 p.
- Duarte, C.M.; Alonso, S; Benito, G; Dachs, J; Montes, C; Pardo, M; Ríos, A.F; Simón, R; Valladares, F. (2006). Cambio global: impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra. *SIC*, 170 p.
- EEM (2011). La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio de España. Síntesis de resultados. Fundación Biodiversidad. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. n.º 98, 168 p.
- Gaete, R.A. (2015). El concepto de responsabilidad social universitaria desde la perspectiva de la alta dirección. *Cuadernos de Administración*, 31:97-107.
- Gallopín, G. (2003). Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico. Servicio de Publicaciones del CEPAL, Naciones Unidas, Serie Medio Ambiente y Desarrollo, nº 64, 47 p.

- GESU-CRUE-Sostenibilidad (2019) Diagnóstico de la Sostenibilidad Ambiental en las Universidades Españolas. Informe 2019. Grupo de Evaluación de la Sostenibilidad Universitaria (GESU) de CRUE-Sostenibilidad. 71 p.
- GFN (2008). A time for change: Global footprint network 2008 annual report. Global Footprint Network. 24 p.
- Greenmetric World University Ranking (2018). Universitas Indonesia. <http://greenmetric.ui.ac.id/guidelines-page/>
- Hernández del Águila, R., Mercado Alonso, I. (1995): «Economía y medio ambiente: “Qué desarrollo tendría que sostener la Educación Ambiental”, en Actas del II Congreso Andaluz de Educación Ambiental. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía, págs. 335-341.
- Jiménez Herrero, L. M., (2000). Desarrollo Sostenible. Transición hacia la coevolución global. 293 p.
- León, Y. Domínguez, E., (2015) “Environmental management and sustainability in higher education: The case of Spanish Universities”, *Internacional Journal of Sustainability in Higher Education*, 16 Issue: 4, págs. 440-455.
- López, N. (2008). Metodología para el cálculo de la huella ecológica en universidades. Comunicación técnica CONAMA 9. Universidad de Santiago de Compostela. 24 p.
- López, V. (2017). Modelo de Responsabilidad Social Universitaria para la Facultad de Administración de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. Tesis doctoral. 131 p.
- Mondejar, M.V; Viñoles, R; Bastante, M.J; Collado, D; Capuz, S. (2011). La huella de carbono y su utilización en las instituciones universitarias. págs.1950-1959.
- Naredo, J. M. (1996). «Sobre el origen, el uso y contenido del término sostenible», en *Documentación Social*, nº.102, págs.129-14.
- Parra, G., Checa, M., Mesa-Barrionuevo, C. R., Ruiz-Reyes, N., y Guerrero, F. (2018). Evaluación de la huella ecológica en la Universidad de Jaén, una herramienta para la gestión sostenible. *Observatorio Medioambiental*, nº.21, 262 p.

- Quiroga. (2001). Indicadores de Sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible: Estado del Arte y perspectivas.
- Rees, W; Wackernagel, M. (1996). Our ecological footprint. Reducing human impact on Earth. New Society Publisher.
- Rodríguez, J. (2010). Ecología y conservación en el Antropoceno. En: Ecología. Ed: Pirámide. págs. 405-444. 40 p.
- Sissa, M. (2015). Responsabilidad social universitaria: una mirada desde América Latina y Colombia. Inquietud Empresarial. págs. 65-85.
- Stern, N. (2007). The Economics of Climate Change. The Stern Review. Cambridge University Press, 712 p.
- Toro, A.; Gomera, A.; Aguilar, J.E.; Guijarro, C.; Antúnez, M.; Vaquero, M. (2014). La huella de Carbono de la Universidad de Córdoba 2013.
- Valencia, M. A. y Valencia, A. L. (2017). University social responsibility in the current knowledge society: a necessary approach. Medisur, v.15, nº. 6, págs. 786-791.
- Vallaey, F. (2014). La responsabilidad social universitaria: un nuevo modelo universitario contra la mercantilización. Revista Iberoamericana de Educación Superior, v.5, nº.12, 117 p.

7. ANEXOS

7.1 Declaración de política en sostenibilidad ambiental de la universidad de Jaén.

- https://www.ujaen.es/servicios/aulaverde/sites/servicio_aulaverde/files/uploads/anexo04_DECLARACION_POLITICA_AMBIENTAL_UNIVERSIDAD_JAEN_CONFECHA_0.pdf

7.2 Resultados obtenidos para el cálculo de la huella ecológica en el Campus de las Lagunillas.

Variables		Datos 2015	Datos 2016	Datos 2017	Datos 2018
Gas Natural (m³)		74.151	79.303	149.902	161.500
Energía Eléctrica (kWh)		8.809.167	8.510.595	8.996.138	9.601.577
Agua (m³)		53.207	55.514	59.532	78.047
Superficie Construida (m²)		161.392	161.392	161.392	161.392
Movilidad (personas)	Turismo con 1-2 Ocupantes	2.654,1	2492,1	2471,32	2462,25
	Turismo con 3 Ocupantes	1.166,75	1.095,5	1.086,4	1.082,41
	Turismo con 4 Ocupantes	893,46	838,9	831,93	828,88
	Turismo con 5 Ocupantes	194,46	182,58	181,07	180,4
	Autobús	853,27	893,18	885,76	882,51
	Moto	115,62	108,56	107,66	107,27
Residuos (kg)	Aceites	351	240	357	394
	Material Contaminado y Envases con Productos Químicos	1.738	1.920	2.059	2.733
	Disolventes	688	529	1.122	1.741
	Biosanitarios, Bromuro de Etidio y RP de Laboratorio	1411	1138	1865	1900
	Bases, Ácidos y soluciones	1525	1245	1924	1702
	Pesticidas	121	89	268	246
	Baterías	-	-	-	-
Papel (kg)	Reciclado	18,70	19,22	18,92	19,65
	No Reciclado (papel virgen)	211,69	196,94	195,46	193,87

Tabla 18. Datos de consumos cada actividad evaluada para el cálculo de la huella ecológica del Campus de las Lagunillas, Jaén.

7.3 Resultados obtenidos para el cálculo de la huella ecológica en el Campus Científico-Tecnológico de Linares.

Variables		Datos 2015	Datos 2016	Datos 2017	Datos 2018
Gas Natural (m³)		30.102	112.800	102.501	694
Energía Eléctrica (kWh)		565.510	1.530.315	1.519.472	1.425.434
Agua (m³)		9.368	9.880	6.705	5.685
Superficie Construida (m²)		49.336	49.336	49.336	49.336
Movilidad (personas)	Turismo con 1-2 Ocupantes	452,78	750,75	744,51	741,78
	Turismo con 3 Ocupantes	45,72	75,81	75,18	74,91
	Turismo con 4 Ocupantes	45,72	75,81	75,18	74,91
	Turismo con 5 Ocupantes	12,27	20,34	20,17	20,1
	Autobús	-	-	-	-
	Moto	18,96	31,44	31,17	31,06
	Aceites	-	30	-	52
	Material Contaminado y Envases con Productos Químicos	48	344	98	48
Residuos (kg)	Disolventes	57	68	122	159
	Biosanitarios, Bromuro de Etidio y RP de Laboratorio	1	533	48	22
	Bases, Ácidos y soluciones	151	264	284	19
	Pesticidas	-	-	91	36
	Baterías	-	-	-	-
	Reciclado	2,07	2,13	2,09	2,17
	No Reciclado (papel virgen)	13,91	12,94	12,84	12,74

Tabla 19. Datos de consumos cada actividad evaluada para el cálculo de la huella ecológica del Campus Científico-Tecnológico, Linares.