



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Caracterización de los residuos domésticos, análisis de su gestión actual y propuesta de mejora en la Escuela Politécnica Superior de Huesca.

Characterization of domestic waste, current management analysis and improvement suggestions at the High Polytechnic School of Huesca.

Autora

Ena Coral Dack Bueno

Directora

Natividad Miguel Salcedo

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
2018

A Rocío y Ernesto, por prestarme su inestimable ayuda de forma desinteresada.

Al personal de limpieza y de cafetería, por colaborar conmigo y facilitarme enormemente la tarea.

A Nati, por su tiempo y por guiarme en la aventura que ha supuesto este trabajo.

A mis amigos cercanos, por esos lazos tan bonitos que perduran incluso pese a la distancia.

A Sebas, compañero de aventuras y de vida, por estar ahí siempre.

A mis padres, por el interés, apoyo y amor incondicional que me han mostrado durante toda mi vida.

Gracias

ÍNDICE:

Resumen	10
Abstract	10
1. INTRODUCCIÓN	11
1.1. Justificación	11
1.2. Objetivos	14
2. CONTEXTUALIZACIÓN	15
2.1. Área de estudio	15
2.2. Antecedentes	15
2.2.1. Jerarquía de residuos	15
2.2.2. Contexto histórico	19
2.2.3. Actualidad	20
3. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	26
3.1. Diagnóstico previo	26
3.2. Muestreo de residuos	27
3.2.1. Material	27
3.2.2. Procedimiento	27
3.3. Análisis estadístico	30
3.4. Tasas de recogida selectiva	30
4. RESULTADOS	32
4.1. Jardín de la EPSH	32
4.2. Resto de la EPSH	32
4.2.1. Cafetería	34
4.2.2. Edificios	36
4.2.2.1. Área de trabajo del equipo de limpieza	36
4.2.2.2. Mini Punto Limpio	39

5. DISCUSIÓN	40
5.1. Jardín de la EPSH	40
5.2. Resto de la EPSH	40
5.2.1. Cafetería	40
5.2.2. Edificios	41
5.2.2.1. Área de trabajo del equipo de limpieza	41
5.2.2.2. Mini Punto Limpio	41
5.3. Otras reflexiones	42
6. CONCLUSIONES EXPERIMENTALES	44
7. PROPUESTAS DE MEJORA	45
7.1. Jardín de la EPSH	45
7.2. Resto de la EPSH	45
7.2.1. Cafetería	45
7.2.2. Edificios	46
7.2.2.1. Área de trabajo del equipo de limpieza	46
7.2.2.2. Mini Punto Limpio	58
7.2.3. Propuestas comunes a toda la EPSH	59
8. CONCLUSIÓN GENERAL	61
9. BIBLIOGRAFÍA	62
10. ANEXO	68

ÍNDICE DE FIGURAS:

Figura 1: Economía circular para un desarrollo sostenible.	12
Figura 2: Composición de los residuos sólidos en función de la renta y año.	21
Figura 3: Residuos municipales generados per cápita entre 2006 y 2016, por países.	22
Figura 4: Compostaje en la UE y España (kg/hab).	23
Figura 5: Reciclado en la UE y España (kg/hab).	24
Figura 6: Tasas de reciclaje de residuos urbanos (% del total).	24
Figura 7: Tratamiento (vertedero, incineración, reciclaje, compostaje u otro) recibido por los residuos municipales en la Unión Europea, en kg per cápita.	25
Figuras 8 y 9: Disposición de la zona de trabajo.	28
Figuras 10, 11, 12 y 13: Imágenes tomadas durante el muestreo. De izquierda a derecha y de arriba a abajo: bollería sobrante de la cafetería, fracción biodegradable, envases y papel y cartón.	29
Figura 15: Composición semanal de los residuos de la cafetería (porcentaje de la masa total).	34
Figura 16: Variación a lo largo de la semana de las distintas fracciones en la cafetería (kg).	35
Figura 17: Composición semanal de los residuos de la EPSH, excluyendo cafetería (porcentaje de la masa total).	38
Figura 18: Variación a lo largo de la semana de las distintas fracciones en el resto de la EPSH (excluyendo cafetería).	39
Figura 19: Localización actual (en negro) y propuesta (en naranja) de los puntos de deposición de residuos en el edificio Pusilibro.	48
Figura 20: Localización actual (en negro) y propuesta (en naranja) de los puntos de deposición de residuos en la planta baja del edificio Salto de Roldán.	49
Figura 21: Localización actual (en negro) y propuesta (en naranja) de los puntos de deposición de residuos en la planta primera del edificio Salto de	

Roldán.	50
Figura 22: Localización actual (en negro) y propuesta (en naranja) de los puntos de deposición de residuos en el edificio Loreto.	51
Figura 23: Localización actual (en negro) y propuesta (en naranja) de los puntos de deposición de residuos en el edificio Gratal.	52
Figura 24: Localización actual (en negro) y propuesta (en naranja) de los puntos de deposición de residuos en la planta semisótano (cafetería) del edificio Tozal de Guara.	53
Figura 25: Localización actual (en negro) y propuesta (en naranja) de los puntos de deposición de residuos en la planta baja del edificio Tozal de Guara.	54
Figura 26: Localización actual (en negro) y propuesta (en naranja) de los puntos de deposición de residuos en la planta primera del edificio Tozal de Guara.	55
Figura 27: Localización actual (en negro) y propuesta (en naranja) de los puntos de deposición de residuos en la planta segunda del edificio Tozal de Guara.	56
Figura 28: Ejemplo del posible diseño y marcado de los contenedores de recogida separada.	57
Figuras 29 y 30: propuesta de ubicación de los carteles de señalización del MPL. A la izquierda la vista desde el interior del vestíbulo y a la derecha la vista desde la entrada del parking.	58

ÍNDICE DE TABLAS:

<i>Tabla 1: Resultados del análisis de la varianza para los datos del total de residuos producidos en la EPSH.</i>	32
<i>Tabla 2: Tasas aproximadas de recogida selectiva de residuos en la EPSH (% del total producido).</i>	33
<i>Tabla 3: Resultados del análisis de la varianza para los datos de los residuos producidos en la cafetería.</i>	35
<i>Tabla 4: Papeleras existentes en la EPSH (excluyendo laboratorios).</i>	37
<i>Tabla 5: Resultados del análisis de la varianza para los datos de los residuos producidos en el resto de edificios (excluyendo cafetería).</i>	38
<i>Tabla 6: Porcentajes de llenado de los contenedores de envases y papel y cartón del MPL así como kg de residuos producidos al mes.</i>	68
<i>Tabla 7: Datos necesarios para el cálculo de las tasas de recogida selectiva de las diferentes fracciones en la EPSH (excluyendo cafetería).</i>	69
<i>Tabla 8: Datos sobre recogida selectiva obtenidos mediante la estimación visual de la cantidad de residuos separados para cada fracción en la cafetería.</i>	69
<i>Tabla 9: Datos sobre producción y recogida selectiva de residuos en el total de la EPSH (incluyendo la cafetería).</i>	70

'The unconsciousness of every culture is particularized in its waste'

Thomas Hylland Eriksen

Resumen

Con el objetivo de elaborar una propuesta de mejora para la gestión de los residuos de tipo doméstico en un centro universitario, se realizó un estudio del sistema de gestión de los mismos, así como una caracterización y un inventario de los lugares para su deposición. Se realizó un muestreo durante tres semanas y se consideraron por separado los residuos provenientes de la cafetería y los del resto del centro. Los resultados muestran una producción media semanal de residuos de 138,5 kg, el 52,2 % en la cafetería y 47,8 % en el resto del centro. El 45 % se corresponde a residuos orgánicos, el 12 % a envases, el 8 % a papel y cartón, el 2 % a vidrio y el 32 % al resto no reciclable. Las tasas de recogida selectiva son del 18 % para los envases y de entre 14 % y 26 % para el papel y cartón. La materia orgánica y el vidrio no se separan. La infraestructura para la separación es totalmente insuficiente, así como también lo es la formación ambiental del personal de limpieza. Entre otras medidas, se recomienda incrementar el número de contenedores para la recogida separada, compostar los residuos orgánicos y sensibilizar al personal de limpieza.

Palabras clave: residuos urbanos, gestión sostenible, auditoría de residuos, reciclaje, compostaje, conciencia ambiental, universidad, mejores prácticas.

Abstract

In order to develop a proposal for better management of domestic waste at a university centre, a study was conducted on the management scheme and the waste which was produced was characterized. An inventory of the available waste disposal sites was also performed. Sampling took place over a period of three weeks and the waste from the cafeteria was evaluated separately from that produced in the remaining part of the facilities. Results show a weekly average waste production of 138.5 kg, 52.2 % of which was produced at the cafeteria and 47.8 % in the remaining facilities. 45 % was organic waste, 12 % were metal and plastic containers, 8 % was paper and cardboard, 2 % was glass and 32 % was non-recyclable. Separate collection rates were 18 % for containers and between 14 % and 26 % for paper and cardboard. Glass and organic waste were found not to be collected separately. Infrastructure for sorting is totally insufficient, as is also the cleaning team's environmental training. Recommendations include increasing the number of separate collection containers, composting organic waste and educating the cleaning team about recycling and better waste management practices.

Keywords: urban waste, sustainable management, waste audit, recycling, composting, environmental awareness, university, best practices.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Justificación

Los motivos que me han llevado a la elaboración de este trabajo son muchos, a continuación trataré de enumerarlos:

En primer lugar, tras 5 años en la EPSH he llegado a la conclusión de que existen bastantes aspectos que tienen mucho margen de mejora en cuanto a la gestión de los residuos. En muchos sentidos, las Universidades son entidades que históricamente han estado a la vanguardia de la sociedad y considero que, una facultad en la que se imparte un grado en Ciencias Ambientales (tan orientado a formar profesionales que entiendan de y contribuyan a la sostenibilidad) debería esmerarse en ser un ejemplo a seguir y un referente para otras facultades y organismos en temática de medio ambiente.

Desde una perspectiva más personal, opino que con los conocimientos adquiridos a lo largo del grado me sería posible contribuir de alguna manera a mejorar la forma de operar la gestión de los residuos, haciéndola más ambientalmente responsable, y también así ‘devolver’ algo a la comunidad universitaria.

Por otro lado, existen otros múltiples motivos por los que una buena gestión de los residuos es importantísima y positiva para todos, tanto a nivel individual como para toda la sociedad, para la institución que es la Universidad y para el planeta.

Durante el último siglo, la población mundial ha crecido, se ha vuelto más urbana y más pudiente. Con ello, la producción de residuos se ha multiplicado por diez, y la previsión para 2025 es que la cifra se vuelva a doblar. En 1900 el planeta contaba con 220 millones de residentes urbanos (el 13% de la población mundial), que producían algo menos de 300.000 toneladas de basura al día. Un siglo más tarde, los 2900 millones que vivían en ciudades (el 49% del total) producían más de 3 millones de toneladas diarias. Para el año 2050 esa cifra se habrá duplicado: lo suficiente como para llenar una fila de camiones de basura de 5000 kilómetros de largo cada día (Hoorweg, Bhada-Tata, & Kennedy, 2013).

Se está generando basura más rápido que cualquier otro contaminante ambiental y los impactos sobre el medio ambiente son casi innumerables: los desechos anegan y obstruyen los océanos y ríos, llegando a causar inundaciones y daños a la fauna; los acuíferos y los suelos se ven contaminados por lixiviados y otros vertidos, se producen emisiones atmosféricas, los vertederos descontrolados son fuente de enfermedades e insalubridad en general para millones de personas, etc. También, la gestión de los residuos sólidos supone a día de hoy uno de los mayores costes en muchos de los presupuestos municipales. El planeta ya está sufriendo los

impactos de los residuos de hoy, y vamos por el camino de producir el triple (Hoornweg et al., 2013).

Otro aspecto por el cual considero interesante trabajar en la mejora de la gestión de los residuos en la EPSH, es el potenciar el concepto de *economía circular*.

Este enfoque tiene un potencial de ganancia por partida triple, ya que contribuye a todas las dimensiones del desarrollo sostenible: la económica, la medioambiental y la social (ver figura 1). Desde el punto de vista económico, se enfatiza la reutilización, remanufacturación, restauración, reparación y actualización de productos, componentes y materiales. Además, se aboga por el uso de energía renovable durante toda la cadena de valor del producto y el diseño de un ciclo de vida verdaderamente circular (Korhonen, Honkasalo, & Seppälä, 2018).

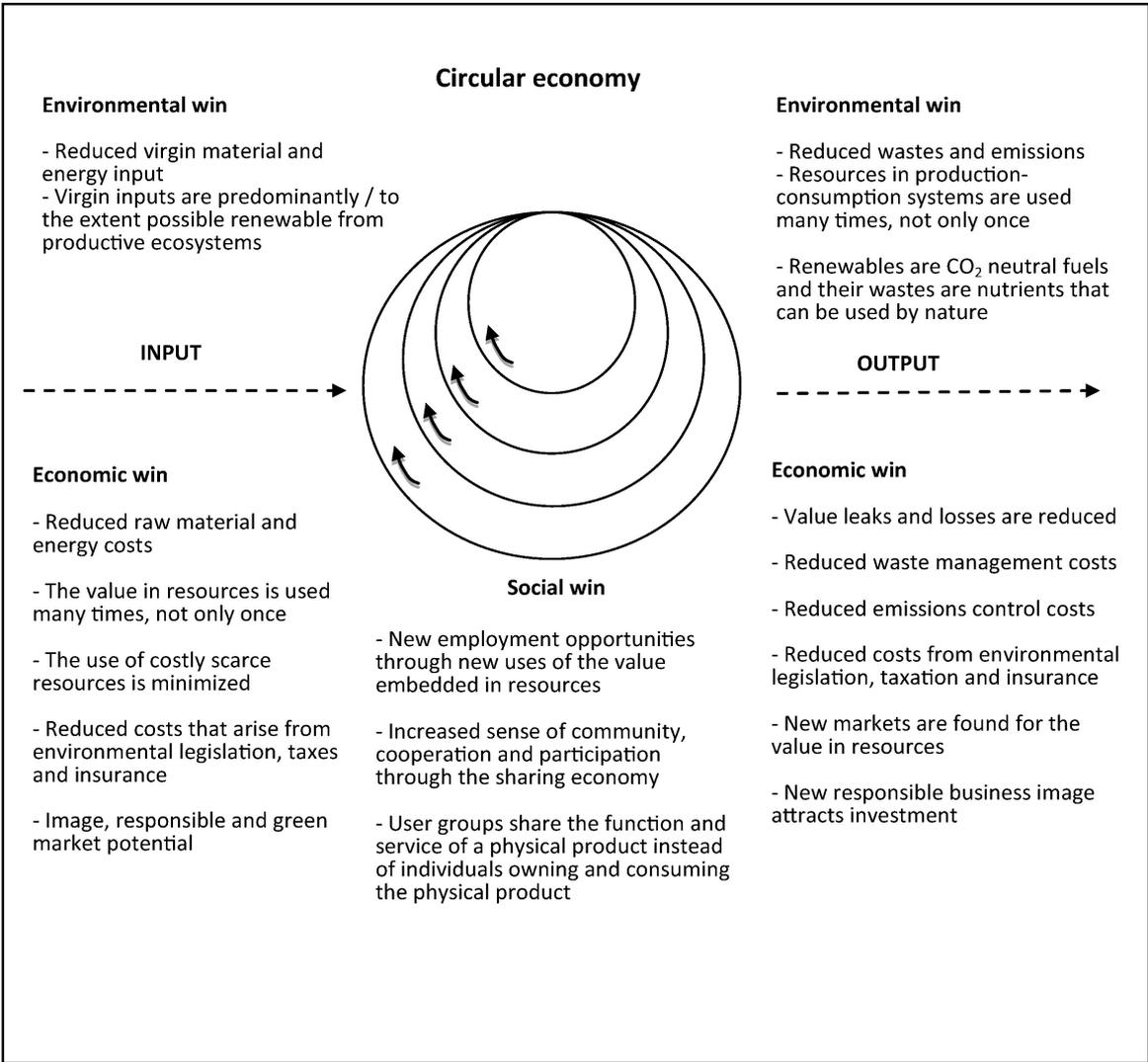


Figura 1: Economía circular para un desarrollo sostenible.
Fuente: Korhonen et al., 2018.

Implementada correctamente, se trata de una estrategia que al mismo tiempo ahorrará energía y contribuirá a evitar los daños irreversibles causados en lo relativo al clima y la biodiversidad, a la contaminación del aire, el suelo y el agua, a causa de la utilización de los recursos a un ritmo que supera la capacidad de la Tierra para renovarlos (Comisión Europea, 2015).

Una mejor gestión de los residuos supondría también la creación de oportunidades que repercutirían positivamente tanto en el entorno inmediato del campus como en el ámbito municipal o incluso regional. Así, aumentar las tasas de recogida selectiva en el campus contribuiría a reducir los desechos llevados al vertedero y a redistribuir o reincorporar ciertos materiales en el ciclo de producción. La posibilidad del compostaje de los residuos biodegradables también supondría una reducción en la cantidad de residuos que entran en el flujo municipal, así como una fuente natural de fertilizante para los huertos de la EPSH y una oportunidad de aprendizaje para los alumnos. Además, una gestión responsable de los residuos también resultaría muy interesante de cara a hipotéticas auditorías para la obtención de certificados de calidad ambiental.

Por otro lado, la propia legislación nos recuerda la importancia de unas buenas prácticas de gestión. Concretamente el artículo 8 de la Ley 22/2011 menciona la obligación de que las administraciones sigan la jerarquía de residuos para conseguir el mejor resultado ambiental global. Esto es, en el siguiente orden de prioridad: prevención; preparación para la reutilización; reciclado; otro tipo de valorización, incluida la valorización energética; y eliminación.

Por último y no por ello menos importante, por ética, responsabilidad, respeto y compromiso hacia nuestra propia sociedad y el planeta que habitamos. Tal y como recalca Barles (2014), “la temática de los residuos forma ahora parte de un debate más amplio: aquel de los recursos no renovables y la singularidad de nuestro planeta. Ya no basta con reciclar y recuperar desechos simplemente para reducir la cantidad final de residuos. Lo que importa ahora es cerrar el círculo y, mediante la recuperación y el reciclaje, limitar la extracción de recursos en origen. Ello necesitará de una profunda reforma en la sociedad y en la visión que se tiene de los desechos”.

1.2. Objetivos

El presente Trabajo Fin de Grado (TFG) cuenta con una serie de objetivos muy ligados entre sí. Por un lado, y como objetivo principal del trabajo, se encuentra la elaboración de una serie de propuestas de mejora o recomendaciones para una gestión más sostenible y eficiente de los residuos de tipo doméstico que se producen en el campus de la EPSH.

No obstante, para la consecución lo anterior es necesario plantear otros objetivos específicos que se encuentran enumerados a continuación:

- a) Estudio del sistema de gestión actual, de modo que se puedan identificar los aspectos mejorables.
- b) Realización de un inventario de los lugares de deposición de residuos, especificando para que clase de residuos son.
- c) Caracterización de los residuos en cuestión, pesándolos y separándolos por fracciones.
- d) Cálculo de las tasas de recogida selectiva de los distintos materiales.
- e) Identificación de aspectos mejorables a través de la evaluación de los resultados.
- f) Elaboración de las recomendaciones de modo que éstas sean sencillas de comprender y factibles de implementar.

2. CONTEXTUALIZACIÓN

2.1. Área de estudio

La realización del presente trabajo se centra en la Escuela Politécnica Superior de Huesca (EPSH), centro docente de la Universidad de Zaragoza, ubicado en la Carretera de Cuarte s/n del municipio de Huesca (42° 7' 06.68" N, 0° 26' 49.04" W), España.

Según los datos estadísticos proporcionados por M. García, (comunicación personal, 4 de septiembre de 2018), la administradora del centro, la EPSH cuenta con aproximadamente 520 personas ligadas al mismo entre alumnos (406), personal docente e investigador y personal de administración y servicios (113).

El clima en la zona es mediterráneo continental, con una precipitación anual de 531 mm y una temperatura media anual 13,6 °C (López Martín, Cabrera Mollet, & Cuadrat Prats, 2007).

2.2. Antecedentes

El presente trabajo gira en torno a los residuos de tipo urbano producidos en un campus universitario y a su gestión. Por ello, a continuación se explican brevemente algunos de los aspectos relevantes para la comprensión del trabajo.

2.2.1. Jerarquía de residuos

Residuo doméstico, urbano o municipal:

Según la Ley 22/2011, los residuos domésticos son aquellos generados en los hogares como consecuencia de las actividades domésticas. Se consideran también residuos domésticos los similares a los anteriores generados en servicios e industrias (Ley 22/2011).

La Comisión Europea considera que el concepto de “residuos municipales” abarca tanto los residuos domésticos como aquellos de naturaleza y composición similar (Eurostat, 2016).

La Agencia de Protección Medioambiental de los Estados Unidos (EPA) define los residuos sólidos municipales a nivel nacional como residuos consistentes en artículos del día a día tales como los envases de productos, restos de poda, muebles, ropa, botellas, latas, restos de comida, electrodomésticos, pilas, etc. (US EPA, 2018).

En la EPSH, todos los residuos generados entran dentro de esta categoría salvo aquellos calificados como peligrosos, producidos en los laboratorios.

Prevención:

También conocida como reducción en origen, la prevención significa utilizar menos materiales para la realización de una determinada tarea; conseguir que se produzca menos. Se trata quizá de uno de los factores más importantes y a la vez menos atendidos de una buena estrategia de gestión de residuos. Según los requerimientos de la Directiva Marco de Residuos, todos los Estados miembros deben tener un programa de prevención de residuos, y España cuenta con el suyo desde finales de 2013.

Las estrategias de prevención contribuyen a producir menos residuos desde el primer momento, evitando que tengan que ser reciclados; así como a reducir los costes de producción. Se trata de medidas adoptadas en las fases de concepción y diseño, producción, distribución y consumo de una sustancia, material o producto. Su objetivo es reducir: la cantidad de residuos generados, mediante la reutilización de los productos o el alargamiento de la vida útil de los mismos; los impactos adversos de dichos residuos sobre el medio ambiente y la salud humana, mediante el ahorro en el uso de materiales o energía; y el contenido de sustancias nocivas en materiales y productos (Ley 22/2011).

Preparación para la reutilización:

Sencillamente se trata de operaciones consistentes en la comprobación, limpieza o reparación, mediante la cual productos o componentes de productos que se hayan convertido en residuos se preparan para que puedan reutilizarse sin ninguna otra transformación previa para cumplir la misma finalidad para la que fueron concebidos (Ley 22/2011). Los impactos positivos de este proceso no afectan solamente al plano ambiental sino que abarcan también el socioeconómico. Por un lado, la reutilización de bienes contribuye a reducir la demanda de recursos y la contaminación asociada a las actividades de extracción, procesamiento y manufactura. Por otro lado, ofrece beneficios económicos relacionados con la reducción de costes para productores, consumidores y gobiernos así como con el fortalecimiento económico mediante una mayor competitividad, creación de puestos de trabajo y reducción de la demanda de importaciones. En el plano social, algunos de los beneficios son la reducción de la pobreza, el incremento de la cohesión social o el desarrollo comunitario (Miller, Mcgloughlin, Gaillot, & Connolly, 2017).

Reciclaje:

El principio de retornar los residuos al ciclo de producción, proceso que comenzó a denominarse reciclaje allá por 1970, tiene una historia mucho más larga,

no obstante. Aunque a día de hoy buena parte de los consumidores han incorporado el reciclaje a su rutina diaria, el descarte y la reutilización han sido una parte íntegra de nuestras vidas desde hace milenios (Oldenziel & Weber, 2013). Así, la idea de tirar las cosas cuando se gastan es una del siglo 20, producto de una cultura de consumo que sugería que lo nuevo era mejor que lo antiguo (Waxman, 2016).

La EPA (2018) describe el proceso como aquel de recoger y procesar materiales que de otro modo serían descartados y convertirlos en nuevos productos, y a nivel legal, está definida en España como “toda operación de valorización a través de la cual los residuos son transformados en nuevos productos, materiales o sustancias. No incluye la valorización energética” (Ley 22/2011).

Los materiales más comúnmente reciclados son el papel y cartón, el metal, el vidrio y los plásticos. Debido a la complejidad y coste del proceso, es de especial importancia la separación en origen, esto es, que sean recolectados ya por separado. La actividad de reciclaje resulta positiva tanto en el plano medioambiental como en el socioeconómico: reduce la cantidad de residuos que acaban en vertederos e incineradoras; contribuye a conservar recursos naturales tales como los minerales o la madera así como a reducir la contaminación derivada de su extracción; aumenta la seguridad económica mediante la utilización materiales locales; apoya las industrias de reciclaje y manufactura, creando también nuevos puestos de trabajo (US EPA, 2018).

Compostaje:

Otra forma de tratar algunos residuos domésticos, los biorresiduos, y que se considera como una forma de reciclaje. Es un proceso biológico en el cual la fracción orgánica de los deshechos se descompone en presencia de oxígeno y en condiciones controladas por la acción de bacterias aerobias, levaduras, hongos e invertebrados. El producto estabilizado lleva el nombre de compost o humus y se asemeja en textura y olor al sustrato para macetas. Se utiliza como enmienda para el suelo o como mulch (Milian, 2009; Nathanson, 2018).

Se trata de una práctica relativamente simple y funcional que lleva practicándose por el hombre desde el comienzo del Neolítico, cuando la materia orgánica acumulada en determinados lugares era luego aplicada a los suelos para incrementar el rendimiento de las cosechas (Simpson, Guttman, Cluett, & Shepherd, 2006).

La relevancia de la utilización de este método es, una vez más, tanto ambiental como económica. Por ejemplo, al retirar los bioresiduos de un flujo municipal de residuos se contribuye a la reducción de los costes de gestión. Se reduce también la demanda de superficie para los vertederos así como la producción de gases de efecto

invernadero asociada a los mismos. Por otro lado, se trata de un proceso que genera valor a partir de un residuo, produciendo un nuevo producto extremadamente útil en agricultura o restauración de ecosistemas.

Ya en el siglo XIX, científicos e intelectuales recalcaron la necesidad de que las ciudades devolvieran las sobras de comida al campo en forma de fertilizante (Barles, 2014). Y es que el compost es una excelente enmienda para el suelo: mejora sus propiedades físicas (por ejemplo, aumenta la capacidad de retención de agua, la porosidad y la densidad), químicas (aumenta la capacidad de intercambio catiónico) y biológicas (contribuye al incremento de la actividad biológica). Su uso sostenible en la agricultura reduce la necesidad de fertilizantes minerales, cuya producción y uso puede tener efectos negativos para el medio ambiente y la salud humana tales como la contaminación de aguas subterráneas, la eutrofización, la acidificación del suelo o la acumulación de metales pesados (Guo et al., 2010; Mosier, Syers, & Freney, 2004; NSW Government (Department of Primary Industries), n.d.). Además, la producción depende de la disponibilidad de roca fosfatada, un recurso limitado (Alonso Alonso, Martínez Nieto, & de la Morena Olías, 2003; Comisión Europea, 2015).

Valorización (incluida la valorización energética):

Este término se utiliza para las actividades que, como su nombre indica, incrementan el valor de un residuo. Se refiere a cualquier operación cuyo resultado principal sea que el residuo sirva a una finalidad útil al sustituir a otros materiales, que de otro modo se habrían utilizado para cumplir una función particular, o que el residuo sea preparado para cumplir esa función en la instalación o en la economía en general. Los residuos más utilizados en estos procesos son aquellos procedentes de actividades productivas tales como la pulpa de papel, ceniza de incineradoras, escorias, arenas de fundición, etc. La valorización cuenta a día de hoy con un creciente apoyo por parte de tanto sectores industriales como gobiernos. A pesar de ello, todavía existen algunos aspectos problemáticos ligados a la valorización, tales como la emisión de gases de efecto invernadero y otros contaminantes o la eficiencia energética del propio proceso (Kabongo, 2013; Nzihou & Lifset, 2010; Ley 22/2007).

Eliminación:

Este concepto se refiere a las operaciones descritas en el último escalón de la jerarquía de residuos, la opción menos deseable. Incluye acciones tales como el vertido en medios terrestres o acuáticos, el almacenamiento permanente, etc. Es aquí donde se ubican los vertederos, la estrategia de gestión de residuos municipales más común en el mundo, y también la menos sostenible. La literatura científica remarca los múltiples impactos de dicho sistema de lidiar con los residuos: calentamiento global,

así como impactos sobre los ecosistemas, las aguas, la salud humana, el valor y la disponibilidad del terreno.

Concretamente los dos aspectos más graves quizá sean la producción de lixiviados y gases. Por un lado, los lixiviados pueden llegar a las aguas subterráneas y superficiales a través de fisuras en el sistema de impermeabilización, causando contaminación difícil de erradicar. Por otro lado, la emisión de gases (principalmente metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂)), contribuye al efecto invernadero, concretamente a en torno al 20% de las emisiones antropogénicas de CH₄. Otros aspectos negativos importantes de estos sistemas de gestión son los riesgos para la salud pública, la producción de malos olores, ruidos, fuegos, etc. (Danthurebandara et al., 2012; El-Fadel, Findikakis, & Leckie, 1997). Afortunadamente, hoy en día la mayor parte de los vertederos controlados modernos cuentan con sistemas de recolección tanto de lixiviados como de gases, pudiéndose utilizar estos últimos para la producción energética.

2.2.2. Contexto histórico

Todos los individuos y sociedades humanas producen residuos, pues ello forma parte de la relación biótica existente entre los organismos y su entorno. No obstante, desde la revolución del Neolítico se produjo un incremento exponencial en la producción de residuos, fruto del asentamiento y los avances técnicos (Havlíček & Kuča, 2017). Es a partir de ese momento cuando parece comenzar a aparecer el concepto de “gestión” de los residuos. Múltiples estudios arqueológicos y antropológicos muestran evidencias de la existencia de vertederos en el exterior de los asentamientos milenarios por Europa y Medio Oriente. En la civilización griega surgió la primera ley conocida que prohibiera expresamente el abandono de residuos en la vía pública y paralelamente surgieron los primeros sistemas de recogida de residuos en Grecia y algunas ciudades mediterráneas bajo su influencia. En la Antigua Roma también se han documentado algunas primitivas medidas de gestión de residuos (Nathanson, 2018).

Siglos más tarde, la Revolución Industrial supuso un nuevo punto de inflexión tanto en cuanto a la producción de residuos, la cual creció considerablemente, como también en cuanto a su gestión. Hacia finales del siglo XVIII, algunas ciudades de la costa este de los EEUU ya contaban con sistemas de eliminación de residuos (Nathanson, 2018). A finales del siglo XIX aparecen las primeras soluciones técnicas para abordar la gestión de residuos urbanos: contenedores estancos, mejores vehículos de recogida e incineradoras. Ya en el siglo XX aparecen los camiones con sistemas de compactación, las trituradoras de residuos y los vertederos controlados.

A pesar de la dificultad que supone realizar comparaciones entre ciudades (debido a la variabilidad en las definiciones de “residuo urbano” y la metodología estadística), es durante este mismo siglo que la mayor parte de los autores coinciden en que se produjo un incremento importante en la producción de residuos (Barles, 2014; Oldenziel & Weber, 2013).

Aunque el alcance de este cambio no está muy estudiado, buena parte de los académicos y muchos documentos apuntan a que los eventos de guerra y escasez así como la cultura resultante del ahorro y la reutilización dominaron Europa hasta bien entrados los años 60 (Oldenziel & Weber, 2013) y que la sociedad de consumo en masa comenzó lentamente en esas décadas de la posguerra. A modo de ejemplo, en EEUU, la producción de residuos urbanos pasó de 1,2 kg/día per cápita en 1960 a 2,1 en 1990. En Francia durante el mismo periodo pasó de menos de 1 kg/día per cápita a 1,4 (Barles, 2014). Fue durante esa época cuando, impulsado por multitud de intelectuales, científicos, artistas, y otras personalidades, nació un movimiento de denuncia de los efectos (negativos) de la industrialización y el consumo tanto sobre la sociedad como sobre el medio ambiente (Barles, 2014).

Paralelamente, la problemática de los residuos se ha ido extendiendo por el globo. En los países en vías de desarrollo, la situación de pobreza, la falta de herramientas de gestión eficaces y de legislación comenzaron a producir problemática sanitaria, social, económica y medioambiental.

2.2.3. Actualidad

También a día de hoy, los residuos sólidos continúan inextricablemente ligados a la urbanización y al desarrollo. Tal y se observa en la figura 2, el incremento de los estándares de vida y las rentas, aumenta también el consumo de bienes y servicios, lo cual a su vez aumenta la cantidad de residuos producidos. Se estima que actualmente y a nivel global se generan unos 1.300 millones de toneladas anuales, o 1,2 kg/cápita/día; y que las predicciones son de tendencias crecientes (Burke, Salas, Smith-Jentsch, & Rosen, 2012).

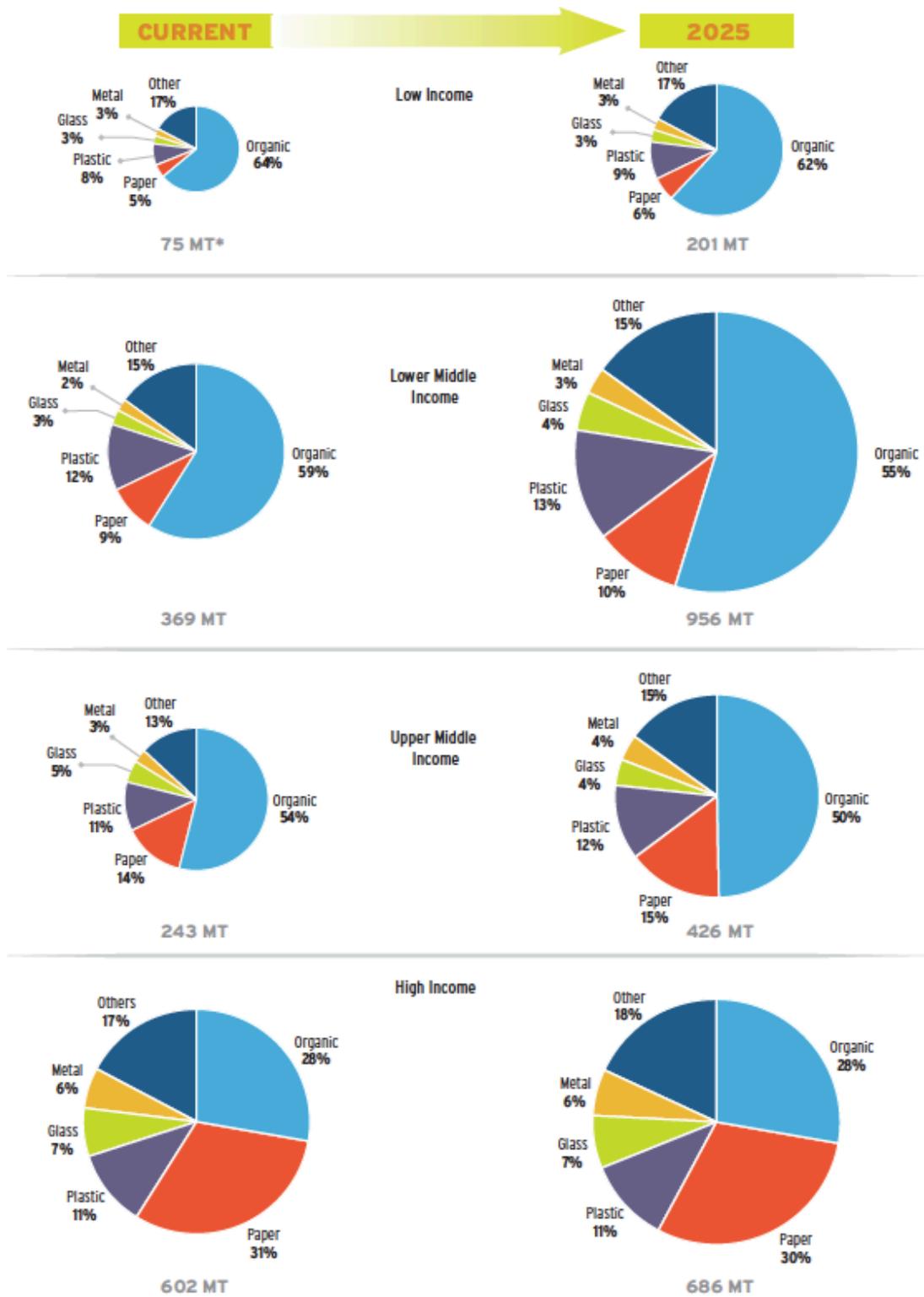


Figura 2: Composición de los residuos sólidos en función de la renta y año.
Fuente: Hoornweg y Bhada, 2012.

A pesar de que las tendencias a nivel global no son muy prometedoras, en muchos lugares la gestión parece estar mejorando. La generación de residuos urbanos per cápita en Europa ha tenido una tendencia descendente durante los últimos 10 años aproximadamente, tal y como se observa en la figura 3. Así, la media europea pasó de unos 522 kg anuales (1,4 kg/día) per cápita en 2006 a 483 kg anuales (1,3 kg/día) per cápita en 2016, lo que supuso una reducción de en torno al 8%. En España, el descenso ha sido aún más marcado, pasándose de una producción anual de 578 kg per cápita (1,6 kg/día) a 443 kg (1,2 kg/día) en el mismo espacio de tiempo, suponiendo una caída de aproximadamente un 23% (Eurostat, 2018 b).

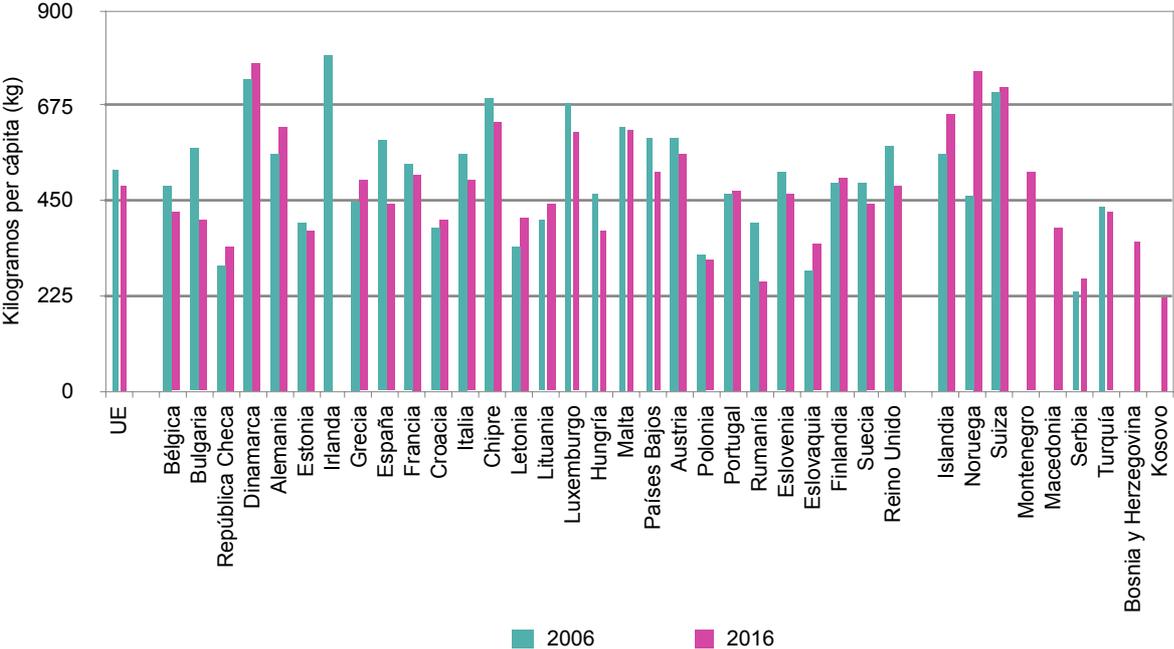


Figura 3: Residuos municipales generados per cápita entre 2006 y 2016, por países. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Eurostat (2018 a).

Durante el mismo decenio, el tratamiento de residuos biodegradables mediante el compostaje y la digestión ha visto un aumento a nivel europeo, pasando de 64 kg anuales per cápita a 78, lo cual supone un aumento del 22%. Por contra, en España este método de gestión ha sufrido una disminución del uso, cayendo su uso en un 50% en la última década, pasando de 102 kg anuales per cápita a solamente 51 (Eurostat, 2018 b). No obstante, otras fuentes recalcan de forma positiva que el porcentaje de residuos tratados por esta vía en España es muy similar a la media europea (“El compostaje ha crecido de forma exponencial en todos los países,” 2016). En la figura 4 se puede observar la evolución del compostaje en la UE y España a lo largo de 15 años. Como se aprecia, España ha estado muchos años por encima de la media europea, hasta aproximadamente el año 2008, cuando se produjo una caída drástica en la producción de compost.

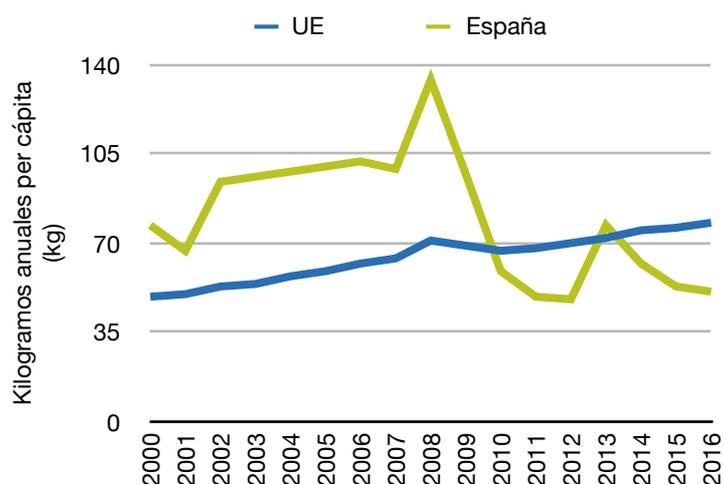


Figura 4: Compostaje en la UE y España (kg/hab).
 Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Eurostat (2018 b).

En la figura 5 se muestra cómo el reciclaje de materiales (papel, vidrio, envases) también va al alza en nuestro continente, observándose un incremento del 28% durante la última década (pasándose de 110 kg anuales per cápita a 141). Sin embargo, en España la cantidad de residuos reciclados se ha mantenido bastante constante durante dicho período, incluso ha descendido en torno a un 1% (de 82 kg/cápita y año a 81) (Eurostat, 2018 b). Dicha cifra queda muy lejos del objetivo marcado por la Directiva Marco de Residuos, del 50% para 2020 (Parlamento Europeo & Consejo de la Unión Europea, 2008; Planelles, 2018). España es de los países que menos recicla, por delante únicamente de Polonia, Croacia, Malta, Rumanía y Eslovaquia (Gobierno de España, 2017).

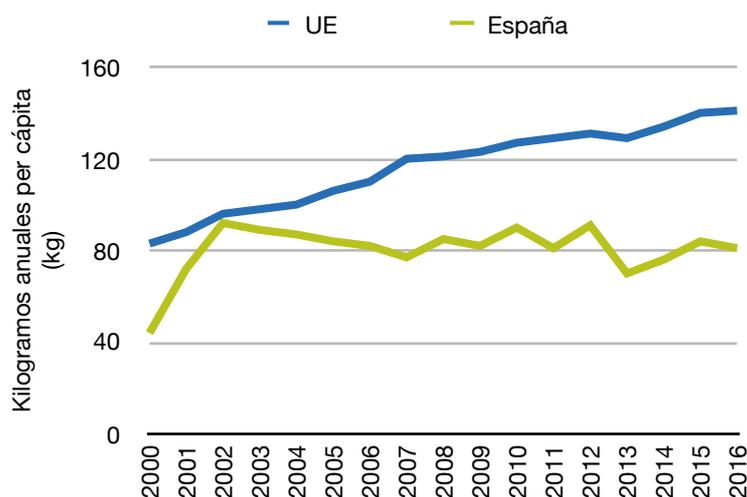


Figura 5: Reciclado en la UE y España (kg/hab).
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Eurostat (2018 b).

En general, las tasas de reciclaje de residuos urbanos calculadas para la Unión Europea (las cuales incluyen el reciclaje de materiales, el compostaje y la digestión anaerobia), indican que dicha actividad abarca cada vez a una mayor porción de los desechos producidos. En la figura 6 puede observarse que a lo largo de la última década, la tasa comunitaria de reciclaje ha pasado de un 33% en 2006 a un 45,5% en 2016. En España, no obstante, dicha tasa ha sufrido ligera caída durante el mismo periodo, pasando de 31,2% en 2006 y 29,7% en 2016.

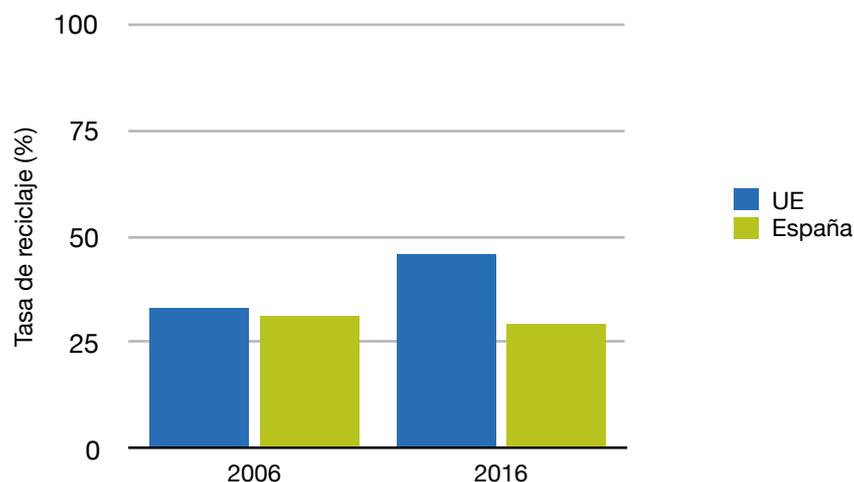


Figura 6: Tasas de reciclaje de residuos urbanos (% del total).
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Eurostat, (2018 b).

En general y a día de hoy, los tratamientos alternativos al vertido en vertedero poseen mucho más protagonismo respecto del total que hace 10 o 20 años, tal y como se observa en la figura 7.

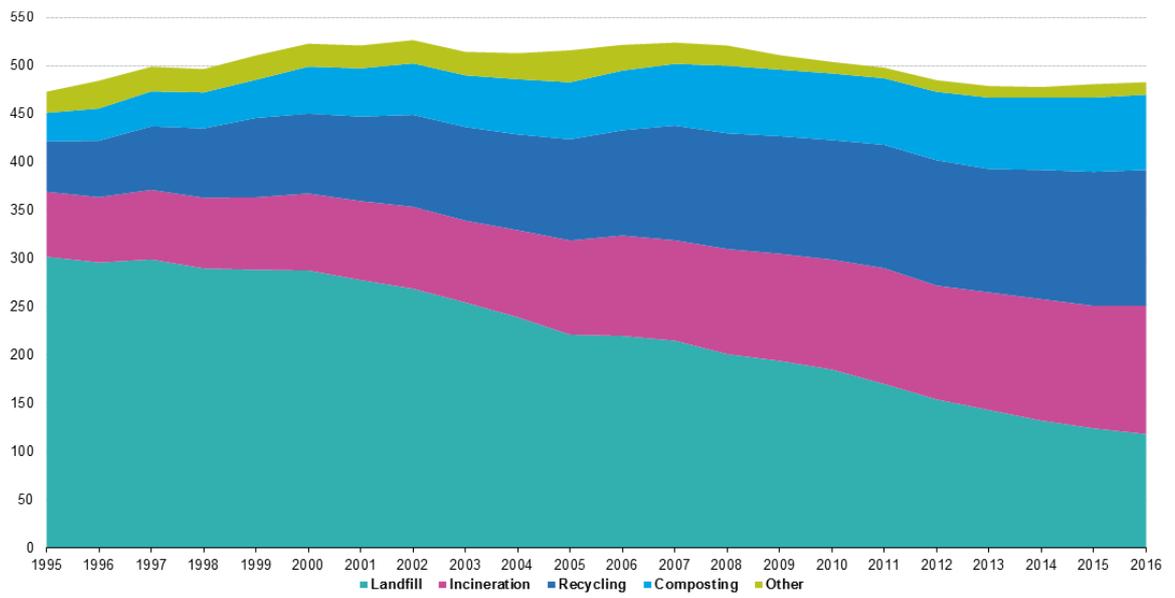


Figura 7: Tratamiento (vertedero, incineración, reciclaje, compostaje u otro) recibido por los residuos municipales en la Unión Europea, en kg per cápita.
 Fuente: Eurostat, 2018 a.

3. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

3.1. Diagnóstico previo

Para poder entender la actual forma de gestión de los residuos en la EPSH, fue necesario realizar algunas entrevistas al personal trabajador así como contactar con algunas entidades que participan en el proceso.

Por un lado se contactó telefónicamente con el encargado del servicio de jardinería para obtener los datos relativos a la gestión de los residuos producidos durante las actividades de mantenimiento del jardín (podas, corte del césped, etc.).

Por otro lado se entrevistó personalmente tanto al gerente de la cafetería como al personal de limpieza para obtener datos sobre cantidades y composición aproximadas de los respectivos residuos producidos, frecuencia de recogida, lugar de deposición y cualquier otro aspecto relevante de la gestión.

También se contactó tanto por teléfono como vía email con la Oficina Verde de la Universidad de Zaragoza (encargada de la gestión medioambiental de la misma). Se obtuvieron datos relativos a los residuos depositados en el Mini Punto Limpio (MPL) de la EPSH, concretamente datos del porcentaje de llenado de los contenedores, la frecuencia de recogida y la gestión.

Por último, se realizó una evaluación visual y recuento de las papeleras existentes en las zonas públicas del campus, tanto en el interior de los edificios como en el exterior. No se contabilizaron físicamente aquellas existentes en los despachos individuales del profesorado o salas de reunión y seminarios pertenecientes a grupos de investigación, no obstante se asumió un mínimo de una papelera por cada una de estas estancias.

El alcance de este trabajo no incluye los residuos provenientes de los laboratorios.

3.2. Muestreo de residuos

A continuación se detallan tanto el material utilizado para el muestreo de los residuos como el procedimiento seguido:

3.2.1. Material

- Bata
- Calzado cerrado
- Gafas de seguridad
- Mascarilla
- Guantes de jardinería robustos
- Libreta y lápiz
- Calculadora
- Báscula
- 5 recipientes cilíndricos de plástico de unos 30 cm de diámetro y 50 cm de altura
- Lona de polietileno de 4x3 m
- Cámara fotográfica

3.2.2. Procedimiento

Con el objetivo de localizar los residuos producidos y poder discernir en la medida de lo posible el lugar de procedencia de cada uno, se optó por un enfoque sobre las actividades o “Activities Approach”, en el cual no solamente se caracterizan los residuos sino que se separa en función de su área de procedencia (cafetería, jardín, edificios, etc.). Con ello se consigue una mejor comprensión de la situación y resulta más sencillo identificar problemas y proponer medidas de mejora específicas para las distintas áreas (Fenco MacLaren Inc. & Angus Environmental Inc., 1996; Milby, 2011).

Previamente al muestreo, se acordó con el personal de cafetería y de limpieza en que diariamente (mientras duraran los muestreos) se dejaran las bolsas de basura en una ubicación determinada, en lugar de en los contenedores ubicados en el exterior de la EPSH. Se muestrearon la totalidad de los residuos recogidos tanto en la cafetería como en el resto de la Escuela (de todos los edificios).

Los muestreos se realizaron siempre por la tarde, de modo que los residuos producidos ese mismo día en la cafetería (la cual cierra a las 16 h) estuvieran disponibles.

El procedimiento exacto de muestreo no se tomó de un solo autor, sino que es una combinación de los protocolos propuestos por Fenco MacLaren Inc. & Angus Environmental Inc., (1996); Milby (2011); Swanson (2011) y Waste Not Limited (2001). Se decidió realizar un muestreo manual de clasificación y pesado de los materiales, puesto que se considera el método más fiable. Se muestreó la totalidad de los residuos producidos en la EPSH cada día, en lugar de analizar solamente una muestra que supusiera una pequeña fracción del total.

Con la lona de polietileno sobre el suelo, se procedió bolsa por bolsa a vaciar y separar su contenido, tal y como se observa en las figuras 8 y 9.



Figuras 8 y 9: Disposición de la zona de trabajo.

Fuente: Elaboración propia

La separación del contenido se hizo en 5 fracciones, de acuerdo al sistema de gestión de residuos vigente en la mayor parte de España, el cual distingue cuatro fracciones, y añadiendo además la fracción biodegradable (la cual no está estandarizada en la mayor parte del país):

- (1) papel y cartón
- (2) envases
- (3) vidrio
- (4) resto
- (5) biodegradable

Una vez separado el contenido de cada bolsa en las diferentes fracciones, se introdujeron los residuos de cada fracción en los respectivos recipientes de plástico tal y como se muestra en las figuras siguientes. A continuación se pesaron, habiendo previamente tarado la balanza y se anotó el resultado. Una vez acabado el trabajo, se llevaron todas las bolsas a los contenedores correspondientes.



Figuras 10, 11, 12 y 13: Imágenes tomadas durante el muestreo. De izquierda a derecha y de arriba a abajo: bollería sobrante de la cafetería, fracción *biodegradable*, envases y papel y cartón.

Fuente: elaboración propia.

Cabe mencionar que casi con total seguridad, durante los muestreos se ha infravalorado la fracción orgánica. Ello se debe a la existencia de multitud de partículas muy pequeñas y difíciles de separar que se encuentran mezcladas con todos los demás residuos. Se trata generalmente de restos de comida de muy pequeñas dimensiones tales como algunas peladuras y semillas de fruta, cáscaras de nueces o pipas, restos de salsas, pequeños huesos y un largo etcétera.

Numerosos autores (BOMA Canada, n.d.; Henao Ruiz, 2017; Waste Not Limited, 2001; Wilkie, Graunke, & Cornejo, 2015) consideran representativo un muestreo de tan solo unos pocos días, esto es desde 3 a 8 días. A pesar de ello, se decidió muestrear durante 3 semanas lectivas (15 días), durante el año 2018. La primera y la última (del 28 de mayo al 1 de junio y del 1 al 5 de octubre) fueron semanas lectivas normales. La segunda, del 4 al 8 de junio, fue una semana del período de exámenes. El muestreo duró una media de tres (3) horas cada día.

3.3. Análisis estadístico

El software estadístico utilizado ha sido PAST 3.2 (Hammer, Ø., Harper, D. A. T., Ryan, P. D. (2001).

Se han considerado y tratado por separado los datos de producción de residuos de las 5 diferentes fracciones para las tres semanas del muestreo. Con el objetivo de comprobar la existencia de diferencias significativas entre los valores de residuos de las distintas fracciones producidos en las tres semanas de muestreo, se realizó en primer lugar un test de normalidad (el programa automáticamente realizó los tests de Shapiro-Wilk, Anderson-Darling y Jarque-Bera).

A continuación, en caso de no cumplirse la normalidad, se realizó una transformación mediante la aplicación del logaritmo en base 10, para comprobar una vez más la normalidad. Por último, se aplicó un análisis de la varianza (ANOVA), junto al cual el programa automáticamente realizó también un test de Levene, así como los tests de Tukey's, Kruskal-Wallis, Mann-Whitney y Dunn.

3.4. Tasas de recogida selectiva

El cálculo de las tasas de recogida selectiva se realizó para las fracciones *envases, papel y cartón* y *vidrio* de forma diferente en el caso de la cafetería y para el resto de la EPSH. Para la fracción *orgánico* se sabía de antemano que dicha tasa era de 0 %. Debido a la ausencia de datos fiables sobre la separación por fracciones en la

cafetería, se optó por realizar una estimación visual así como preguntar al propio personal.

Para el resto de la EPSH, no obstante, se calcularon las tasas de recogida selectiva basándose en los datos obtenidos durante los muestreos así como aquellos proporcionados por la Oficina Verde. Partiendo de los porcentajes de llenado de los contenedores del MPL y de las densidades estimadas de los residuos (Generalitat de Catalunya, 2018; Ministerio para la Transición Ecológica, 2018 a y 2018 b; Ministry of the Environment and Climate Change, 2008), se calculó la masa de cada clase de residuo producida mensualmente en dicho MPL. A continuación, sumando las cantidades mensuales producidas en la cafetería y en el resto de la EPSH (excluyendo el MPL) con las recogidas en el MPL se obtuvo el total producido en la EPSH cada mes. A partir de esos datos se calculó el porcentaje que suponían los residuos del MPL sobre el total.

4. RESULTADOS

A continuación se muestran los resultados obtenidos separados en función del lugar en el que son producidos los residuos.

4.1. Jardín de la EPSH

Los residuos producidos fruto del trabajo de jardinería son en general de carácter biodegradable y están compuestos por césped cortado, restos de poda de arbustos y árboles, hojas muertas y algunos rastrojos, principalmente. La producción varía en función de la época del año (por ejemplo, se recogen más hojas secas durante el otoño y más césped cortado durante la primavera). La práctica habitual llevada a cabo por el equipo de jardinería es la trituración de los residuos y su posterior aplicación al suelo en forma de *mulch*. En el caso de las máquinas cortacésped, esto se realiza de forma automática por la propia máquina, la cual a su paso reincorpora el material recién cortado al jardín. En el caso de los restos de poda de árboles y arbustos, éstos son introducidos en una máquina trituradora y posteriormente aplicados al suelo en zonas específicas.

4.2. Resto de la EPSH

Este apartado cubre todas las demás zonas de la EPSH, es decir, incluye el conjunto de los residuos producidos en el resto de actividades (cafetería, aulas, despachos, pasillos, etc). La información abajo recogida resume el contenido más detallado de los dos siguientes sub-apartados (cafetería y edificios).

En general, los residuos poseen características similares a aquellos domésticos. El valor de producción semanal medio es de 136,7 (SD=6,3) kg. El porcentaje de elementos reciclables es del 22% (*envases, vidrio y papel y cartón*) y de hasta el 67% si se considera también la fracción *orgánica*. La distribución porcentual de las fracciones se puede observar en la figura 14. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la producción de residuos de las tres semanas muestreadas para ninguna de las fracciones, tal y como se observa a continuación en la tabla 1.

Tabla 1: Resultados del análisis de la varianza para los datos del total de residuos producidos en la EPSH.
Fuente: Elaboración Propia

	F	df	p-value
Resto	1,646	2	0,2335
Orgánico	0,1851	2	0,8333

	F	df	p-value
Papel y Cartón	2,126	2	0,162
Envases	0,1715	2	0,8444
Vidrio	0,2842	2	0,7576

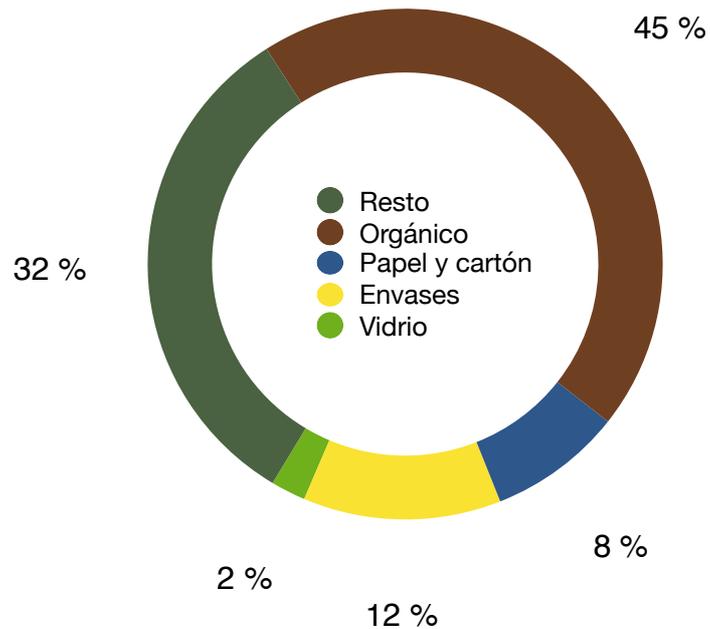


Figura 14: Composición semanal del total de residuos producidos en la EPSH, excluyendo el MPL (porcentaje de la masa total).

Fuente: Elaboración propia.

Las tasas de recogida selectiva calculadas se muestran a continuación en la tabla 2. Como se puede observar, la tasa para la fracción *orgánica* es nula. Suponiendo que el total de lo separado en el MPL sea reciclado, las tasas para las tres otras fracciones son más bajas que las nacionales expuestas en el apartado 2.2.3 del presente trabajo.

Tabla 2: Tasas aproximadas de recogida selectiva de residuos en la EPSH (% del total producido). Fuente: elaboración propia.

	Orgánico	Envases	Papel y Cartón	Vidrio
Cafetería	0	28	38	0
Resto de espacios	0	7	10-25	0
Total	0	18	14-26	0

4.2.1. Cafetería

A pesar de que no haya constancia de ninguna política de gestión concreta en lo relativo al reciclaje, en la cafetería se hace un esfuerzo por separar la mayor cantidad de residuos posible y se cuenta con una papelerera separada para los *envases* detrás de la barra. No obstante, el personal admite que no se sigue un patrón concreto y que en ocasiones se separa y en ocasiones no. Según las estimaciones visuales, la tasa de separación para estos elementos es de un 30% aproximadamente. Además, algunas botellas de vidrio son devueltas al productor mediante el sistema de devolución y retorno. No obstante, en la cocina les resulta más complicado ser rigurosos y no se separan las diferentes fracciones de los residuos.

Los resultados de la caracterización muestran que se produce semanalmente una media de 72,2 (SD=3,2) kg de residuos, los cuales tienen unas características muy similares a los que cabría encontrar en un hogar y se componen predominantemente de elementos orgánicos (ver figura 15). También son importantes las fracciones *resto* y *envases*. Los residuos menos abundantes son el *vidrio* y el *papel y cartón*.

El porcentaje de elementos reciclables es del 18% (*envases, vidrio y papel y cartón*) y de hasta el 84% si se considera también la fracción *orgánica*.

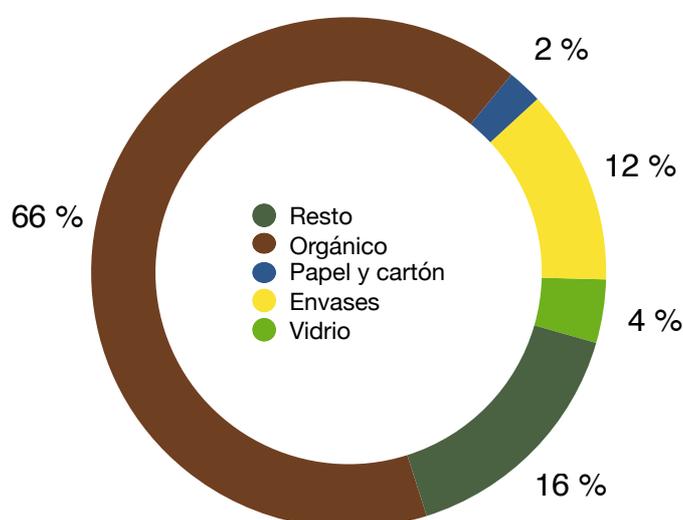


Figura 15: Composición semanal de los residuos de la cafetería (porcentaje de la masa total).
Fuente: Elaboración propia

En este caso, tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las tres semanas para ninguna de las fracciones, tal y como se observa a continuación en la tabla 3.

Tabla 3: Resultados del análisis de la varianza para los datos de los residuos producidos en la cafetería.
Fuente: elaboración propia.

	F	df	p-value
Resto	2,661	2	0,1105
Orgánico	0,02234	2	0,9779
Papel y Cartón	0,3048	2	0,7428
Envases	0,197	2	0,8238
Vidrio	0,2719	2	0,7665

La variabilidad diaria encontrada se puede observar a continuación en la figura 16. Cabe destacar que las fracciones que más variación sufren son la fracción *resto* y, sobre todo, *orgánico*. Todas las fracciones parecen tener dos picos, uno el martes y otro (el mayor) el viernes.

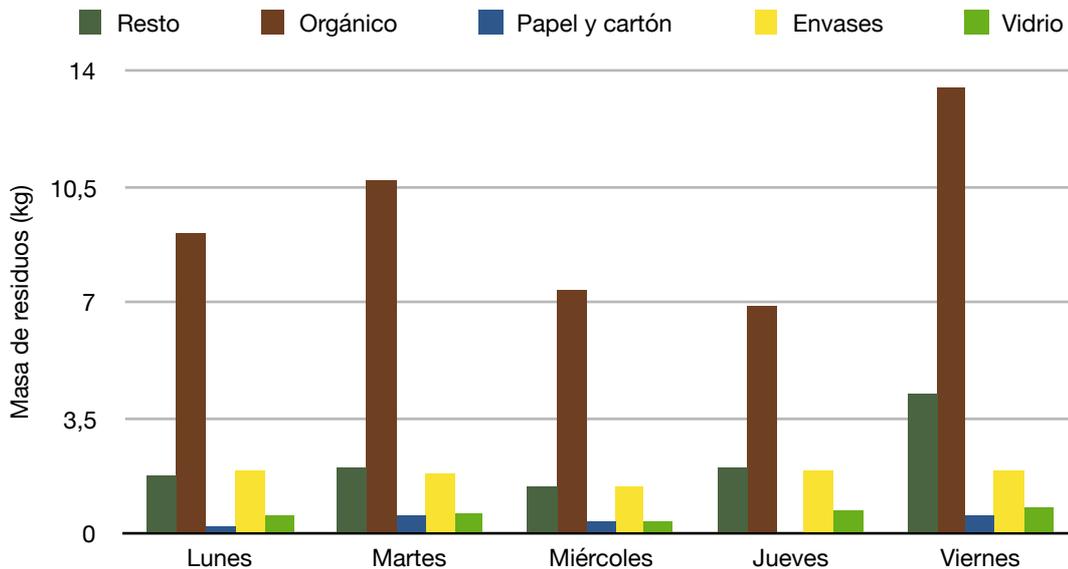


Figura 16: Variación a lo largo de la semana de las distintas fracciones en la cafetería (kg).
Fuente: Elaboración propia.

4.2.2. Edificios

4.2.2.1. Área de trabajo del equipo de limpieza

Por lo que se ha podido observar, no existe ningún protocolo estricto para la recogida separada de los residuos en la EPSH. Ello queda constatado puesto que, a pesar de la presencia de las papeleras explícitamente señaladas para la disposición de fracciones separadas, el personal de limpieza afirma generalmente mezclar el contenido de dichas papeleras con el resto de residuos, aunque ocasionalmente lo tiran por separado, aparentemente de forma aleatoria.

Habitualmente, el equipo de limpieza trabaja por secciones, encargándose personas diferentes de los distintos edificios y partes de los mismos. Normalmente, al final de la jornada todas las bolsas recogidas son agrupadas y colocadas en los contenedores para la fracción *resto* ubicados en el exterior del recinto de la EPSH. Durante los muestreos, los residuos se encontraban introducidos en bolsas de plástico, provenientes de las diferentes papeleras de las cuales habían sido recogidos. Se observó una cantidad muy elevada de bolsas, encontrándose a menudo unos pocos gramos de residuos en una bolsa de unos 10 l, que a su vez se encontraba junto a otras de las mismas características en el interior de otra mucho mayor (de unos 50 o 100 l).

Todos los residuos no separados son depositados en contenedores municipales situados en el exterior del campus y son por tanto gestionados por la empresa GRHUSA (Gestión de Residuos Huesca S.A.U.), encargada de la gestión municipal.

Distribuidas por la EPSH (incluyendo las presentes en las zonas públicas así como los despachos y seminarios y excluyendo el MPL), existen un total de 200 papeleras para residuos tipo *resto*, 175 en el interior de los edificios y 25 en el exterior. Además existen 4 para *envases* y 8 para *papel y cartón*. Su ubicación se muestra a continuación en la tabla 4, y su localización exacta puede ser consultada en los planos correspondientes a las figuras 19-27 (p 47-55).

Tabla 4: Papeleras existentes en la EPSH (excluyendo laboratorios).
Fuente: elaboración propia.

Edificio	Resto	Orgánico	Envases	Papel
Exterior	25			
Tozal de Guara SS*	4			
Tozal de Guara B*	21		2	2
Tozal de Guara 1*	8		1	
Tozal de Guara 2*	13	1	1	6
Gratal	14			
Pusilibro	3			
Chalets B*	12			
Chalets 1*	8			
Loreto	4			
Despachos y seminarios	88			
Total	200	1	4	8

*SS: semisótano; B: bajo; 1: primera planta; 2: segunda planta

La composición de los residuos encontrados en esta área es también bastante similar a los de una vivienda, a pesar de tener menor carga biodegradable y encontrarse las fracciones más repartidas. La producción media semanal es de 64,6 (SD=3,6) kg, la porción de *orgánico* es más pequeña que en los residuos de la cafetería y abunda la fracción *resto*. Los *envases* y el *papel y cartón* también componen un peso importante del total. No se ha encontrado *vidrio* (ver figura 17). El porcentaje de elementos reciclables es del 28% (*envases y papel y cartón*) y de hasta el 49% si se considera también la fracción *orgánica*.

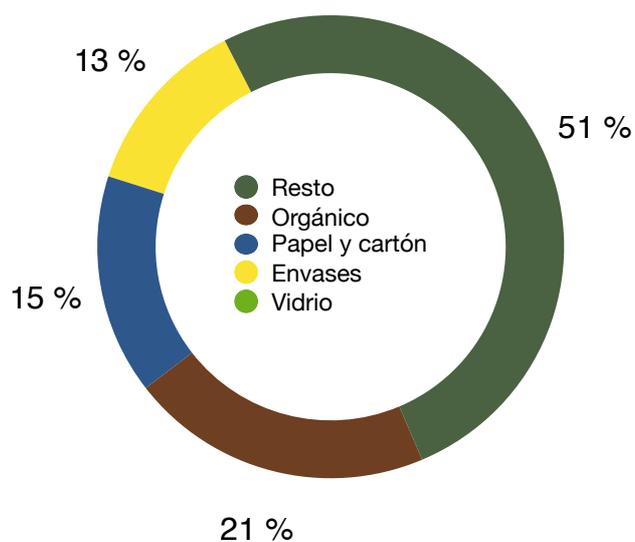


Figura 17: Composición semanal de los residuos de la EPSH, excluyendo cafetería (porcentaje de la masa total).

Fuente: Elaboración propia.

Una vez más, tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las semanas muestreadas para ninguna de las fracciones, tal y como se observa a continuación en la tabla 5.

Tabla 5: Resultados del análisis de la varianza para los datos de los residuos producidos en el resto de edificios (excluyendo cafetería).

Fuente: elaboración propia.

	F	df	p-value
Resto	0,8859	2	0,4377
Orgánico	0,494	2	0,6221
Papel y Cartón	2,958	2	0,09027
Envases	0,06889	2	0,9338
Vidrio*	-	-	-

* Solamente se encontró una botella de vidrio a lo largo de las tres semanas muestreadas, por lo que se decidió eliminar el dato.

La variabilidad diaria encontrada se puede observar a continuación en la figura 18. Cabe destacar que las fracciones que más variación sufren son la fracción *orgánico* y, sobre todo, *resto*. En este caso se observa un pico importante el martes (especialmente para *resto*) y producciones altas también los jueves y viernes.

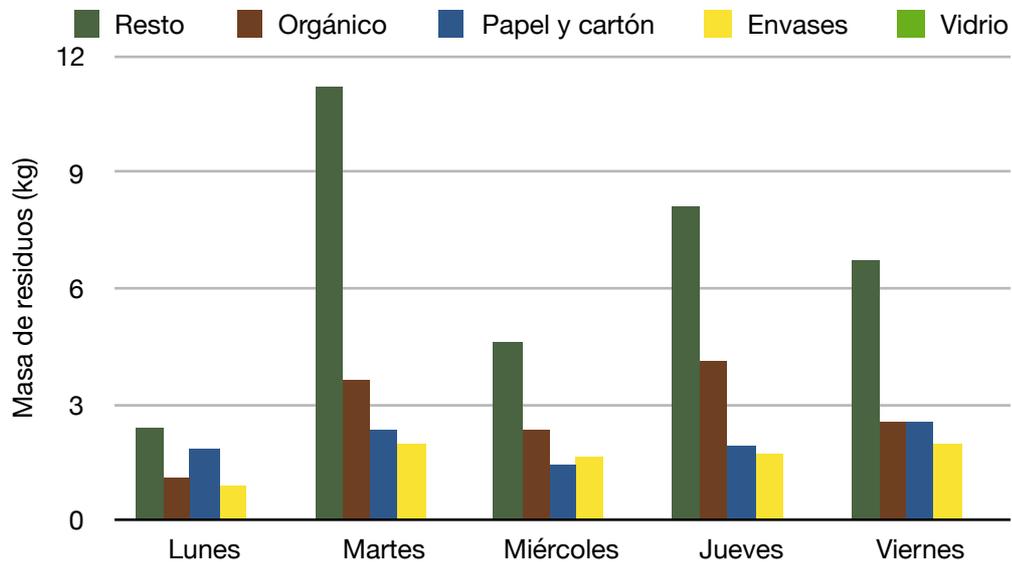


Figura 18: Variación a lo largo de la semana de las distintas fracciones en el resto de la EPSH (excluyendo cafetería).
Fuente: Elaboración propia.

4.2.2.2. Mini Punto Limpio

Se trata del único lugar de la EPSH equipado con contenedores de recogida selectiva que sean gestionados adecuadamente. Los contenedores son monitorizados semanalmente por la Oficina Verde para la obtención de los porcentajes de llenado de los mismos y los residuos son gestionados la empresa GECA (Gestoría Especializada en Calidad Ambiental), subcontratada por la Universidad. Todos los residuos ahí depositados son elementos reciclables: CDs, tóner, *papel y cartón* y *envases*. Los porcentajes de llenado jamás alcanzan el 100% y pueden ser consultados junto a los kilogramos de residuos producidos al mes para los *envases* y *papel y cartón* en el Anexo (no se ha estimado necesario incluir los datos de CDs y tóner puesto que su presencia en los residuos muestreados fue anecdótica).

5. DISCUSIÓN

5.1. Jardín de la EPSH

Los residuos producidos como resultado de las actividades de jardinería reciben una gestión adecuada tanto desde el punto de vista ecológico como el económico. La trituración de dichos residuos y su aplicación *in situ* es una forma excelente de reincorporar nutrientes al suelo, proteger el mismo de la erosión y ahorrar los potenciales costes de transporte y gestión en otra localización.

5.2. Resto de la EPSH

5.2.1. Cafetería

Aunque más constantes en cuanto a la recogida separada que en el resto de la EPSH, en la cafetería tampoco existe un protocolo estricto para separar. Además, dadas las características de los residuos (un altísimo porcentaje de ellos son restos de comida y por tanto biodegradables) llama la atención que no se haya hecho un esfuerzo para gestionarlos de forma más sostenible. Resulta positivo que funcione un sistema de devolución y retorno para algunas botellas de vidrio, el cual permite que las mismas sean reutilizadas innumerables veces y alargar así su vida útil. No obstante, en torno al 4% de los residuos producidos en la cafetería se corresponde a botellas de vidrio las cuales habitualmente no son recicladas. Se piensa que el principal factor por el cual esto es así es la ausencia de un contenedor específico en la zona de barra. También las prisas y/o la falta de conciencia del personal puede que jueguen un rol importante. En cuanto a las otras fracciones reciclables (*envases* y *papel y cartón*) también resulta positivo que una parte de ellos sean separados y colocados en el contenedor de reciclaje, sin embargo, la falta de un protocolo claro para la separación impide que las tasas de separación sean altas. Idealmente, y teniendo en cuenta la clase de residuos (en general pocos ítems y voluminosos), se debería poder alcanzar al menos un 80%. Por último se encuentra la fracción *orgánica*, que con más de un 60% de la masa total de los residuos producidos en la cafetería se trata quizá la que mayor atención merezca. Según diversos autores (Breitenbeck & Schellinger, 2004; Hanníbal et al., 2016; Tiquia, Richard, & Honeyman, 2002), conseguir compostar la totalidad de esta fracción (sumando también la parte producida fuera de la cafetería) podría dar lugar a entre unos 73 y 195 kilogramos de compost al mes.

No se conoce a ciencia cierta el motivo de la variabilidad diaria observada en la producción de residuos, no obstante se piensa que puede deberse a alguno de los siguientes motivos: en primer lugar, la menor cantidad de residuos observada los

lunes, podría deberse en realidad a que éstos son frecuentemente guardados hasta al día siguiente para no tirar bolsas prácticamente vacías. Por otro lado, se cree que quizá los lunes haya menos gente en la EPSH en general o que algunos traigan su propia comida de casa. El mayor pico de producción de residuos, sobre todo de aquellos orgánicos se corresponde al viernes. En este caso, al tratarse del último día de la semana, se tiran la totalidad de los residuos existentes en la cafetería, así como aquellos productos que son lo suficientemente perecederos como para no conservarse adecuadamente hasta el inicio de la semana siguiente.

5.2.2. Edificios

5.2.2.1. Área de trabajo del equipo de limpieza

En el resto de la EPSH (excluyendo la cafetería) se considera que existen suficientes lugares para la deposición de los residuos de la fracción *resto*, por lo que no se estima necesaria la colocación de ninguna papelera nueva para dicha clase de residuos. No obstante, faltan muchos lugares para la recogida separada de residuos reciclables. Destaca positivamente que el equipo de limpieza se encuentra muy bien coordinado y hace una parte de su trabajo perfectamente. A pesar de ello, no parece tener conciencia ecológica alguna ni conocimientos concretos sobre la importancia del reciclaje. Seguramente sea por ello que no tengan inconveniente en utilizar muchísimas bolsas para una labor para la cual bastarían menos, o, mezclar deliberadamente los residuos recogidos en un contenedor de recogida separada con aquellos de la fracción *resto*.

La variabilidad diaria existente en estos residuos seguramente responda a motivos similares (en algunos casos) al caso de la cafetería. Los tres días en los que se observa una producción de residuos menor coinciden con el lunes, miércoles y viernes. El lunes, tal y como se ha mencionado con anterioridad, es posible que exista una menor afluencia de gente en la EPSH. Por otro lado, los miércoles las clases matutinas acaban a las 12 h, dos horas antes de lo habitual, por lo que seguramente se produzcan menos residuos. Por último, la menor cantidad de residuos encontrada los viernes probablemente se deba al hecho de que no suele haber clases ese día.

5.2.2.2. Mini Punto Limpio

La gestión del MPL parece ser adecuada y sus dimensiones suficientes, ya que en ninguna ocasión se alcanzan porcentajes de llenado del 100% (ver Anexo). No obstante dicho lugar se encuentra muy poco visible y poco publicitado, en un espacio de paso previo a uno de los dos vestíbulos de entrada del edificio Tozal de Guara.

Además, y como aspecto más importante a mejorar, se encuentra el hecho de que solamente existen contenedores de reciclaje de residuos cuyo uso sea fiable en ésta única ubicación de la EPSH. Tal y como se ha expresado con anterioridad, ello se estima totalmente insuficiente, pues resulta extremadamente improbable que ningún usuario se desplace específicamente hasta el MPL (potencialmente desde un lugar tan alejado como el edificio Salto de Roldán) para tirar un residuo reciclable teniendo cerca múltiples papeleras de *resto*.

5.3. Otras reflexiones

A partir de los resultados obtenidos se han identificado particularmente dos áreas prioritarias de actuación:

La primera, los *envases* plásticos; por su no biodegradabilidad y la enorme problemática medioambiental que suponen, particularmente para los ecosistemas acuáticos pero también posiblemente para la salud humana.

La segunda, la fracción *orgánica*, por su gran presencia en los residuos de la EPSH, su nula tasa de recogida separada (y por tanto de reciclaje) y por el malgasto de recursos que supone desechar dichos residuos en el contenedor de *resto*.

El modo más sencillo de aprovechamiento de la fracción orgánica de los residuos sería iniciar un programa de compostaje en la propia EPSH. En relación a ello, cabe mencionar que otras universidades españolas ya comenzaron a experimentar con ello en el año 2006 y desde 2011 tienen en marcha exitosas campañas de compostaje con los residuos orgánicos producidos en sus dependencias (González Guzmán, Miguéns Vázquez, López Álvarez, & Barral Silva, 2014).

Por otro lado, a pesar del debate existe en torno a la incorporación de residuos cárnicos y otros residuos de origen animal al compost (y teniendo en cuenta que componen una parte relevante del total de los residuos biodegradables producidos en la EPSH), múltiples autores afirman que ello no supone ningún problema para el proceso de compostaje, e incluso tiene efectos beneficiosos. Por ejemplo, mejora las características fisicoquímicas y la madurez del compost sin afectar a la salinidad, el pH o la fitotoxicidad. Además, puesto que la incorporación de dichos residuos produce un incremento de temperatura respecto de un compost sin esos elementos, se produce una mejor higienización del producto (Keeley, 1988; Storino, Arizmendiarieta, Irigoyen, Muro, & Aparicio-Tejo, 2016; Vázquez & Soto, 2017). Por ello, se estima que teóricamente no haría falta separar ningún componente de los residuos biodegradables encontrados en la EPSH para no incorporarlo a la mezcla.

Por último, respecto al resto de la comunidad universitaria, resulta difícil evaluar el grado de interés, conciencia o implicación con la temática de la gestión de residuos. Si que se tiene la certeza de que algunos usuarios no tienen interés o conocimiento de la existencia de puntos de deposición para determinados objetos, tales como CDs o cartuchos de tóner, puesto que durante los muestreos se encontraron ambos tipos de residuos en las bolsas de *resto*. Por ello se considera muy importante proporcionar educación a toda la comunidad usuaria.

6. CONCLUSIONES EXPERIMENTALES

A continuación se exponen las principales conclusiones obtenidas durante la realización del trabajo:

a) El sistema de gestión de los residuos en la EPSH funciona perfectamente en cuanto a la logística, sin embargo no incorpora prácticas que incrementen la sostenibilidad medioambiental ni produce resultados de acuerdo a los objetivos de la Directiva Marco de Residuos.

b) Existen un total de 200 papeleras para la deposición de la fracción *resto* en la EPSH, 25 en el exterior y 175 en el interior de los edificios. También existe una (1) para los residuos *orgánicos*, 4 para *envases* y 8 para *papel y cartón*.

c) Se producen una media de 138,5 kg de residuos a la semana, 72,2 se corresponden a las actividades de la cafetería (52,2 %) y 66,3 al resto de actividades (47,8 %). Excluyendo los residuos del MPL, el 45 % se corresponde a residuos *orgánicos*, el 12 % a *envases*, el 8 % a *papel y cartón*, el 2 % a *vidrio* y el 32 % a *resto*.

d) Las tasas globales de recogida selectiva son muy bajas, del 18 % para los *envases* y de entre 14 % y 26 % para el *papel y cartón*. No obstante son notablemente más altas en la cafetería que en el resto de las instalaciones. El *vidrio* y lo *orgánico* no se separan.

e) Se han encontrado múltiples aspectos mejorables entre los que cabe destacar la falta de puntos de recogida separada de residuos, la mala colocación del único lugar de dichas características existente así como la falta de formación del personal de limpieza.

f) Existen formas sencillas de mejorar la situación actual y hacer de la gestión de los residuos un conjunto de actividades más sostenibles para el medio ambiente y con un buen potencial didáctico.

g) Pueden existir limitaciones a este trabajo, particularmente en lo relativo a la representatividad de los datos debido a la posible estacionalidad de la producción de los residuos.

7. PROPUESTAS DE MEJORA

A continuación se detallan las propuestas de mejora que se han estimado convenientes:

7.1. Jardín de la EPSH

✓ Considerar incluir algunos de los desechos de jardinería en el compost. Esta clase de residuos posee una relación C/N de entre 20:1 (recortes de césped) y 500:1 (restos de poda leñosos), mucho más alta que los restos de cocina, los cuales suelen rondar 10:1-20:1 (Pennsylvania State University, 1996; University of Missouri, n.d.; University of Plymouth, 2005). Puesto que el rango ideal de la relación C/N para el inicio del compost está entre 25:1 y 35:1, la incorporación a la pila de compost de algunos restos de poda triturados contribuiría a equilibrar este cociente y mejorar el funcionamiento de la pila. La opinión generalizada de jardineros y otras personas experimentadas en la realización de compost dice que no es necesario seguir una receta muy concreta, sino que cantidades aproximadamente iguales y abundantes de cada una de las dos fracciones principales (la rica en nitrógeno y la rica en carbono) y la realización de ajustes conforme avanza el proceso deberían dar lugar al producto esperado. No obstante, y según las recomendaciones del Cornell Waste Management Institute (1996), la masa de elementos ricos en nitrógeno ($C/N < 15$) debería ser aproximadamente el doble de la de elementos ricos en carbono ($C/N > 35$). Partiendo del dato de producción diaria media de restos biodegradables en la EPSH, 12 kg, se estima que la masa deseable de restos más secos y ricos en carbono (ramas trituradas, serrín, hojas, cartón, etc.) a aportar cada día sería de unos 6 kg.

7.2. Resto de la EPSH

7.2.1. Cafetería

✓ Evitar a toda costa el desperdicio de comida. Las sobras de bollería y comida de la cafetería tales como las que pueden observarse en la figura 10 (p 25) podrían ser repartidas entre los usuarios al final del día o bien donadas a alguna organización que distribuya alimentos para las personas necesitadas (Cruz Roja Española, Banco de Alimentos, Cáritas Diocesana, Fundación Cruz Blanca, etc.). Considerando que cada pieza de bollería pesa unos 130 g, simplemente evitando que se tiren dos de esas piezas cada día se conseguiría evitar que 5,2 kg de estos elementos acabaran en el cubo de la basura cada mes, reduciendo en un 2,7% los residuos biodegradables generados en la cafetería.

✓ Colocar papeleras para la recogida separada de las fracciones *envases*, *vidrio y papel y cartón* (si se opta por realizar compost, también de *orgánico*) en el interior de la cocina e implementación de un protocolo más estricto para ello.

✓ Tratar de llegar a un acuerdo con la dirección de la cafetería de modo que desde ahí se pueda suministrar vajilla (vasos de cristal y platos) para eventos de la EPSH (defensas de TFE, charlas, conferencias o ceremonias en las que haya degustaciones, aperitivos, etc), pudiendo así prescindir de elementos de un solo uso.

7.2.2. Edificios

7.2.2.1. Área de trabajo del equipo de limpieza

✓ Optimizar la cantidad de bolsas utilizada para la recogida de los residuos. A pesar de que los cubos contengan su bolsa correspondiente, en ocasiones la misma se encuentra muy poco llena y nada manchada. Resulta muy sencillo simplemente vaciar el contenido de los cubos o papeleras en una bolsa de basura más grande y dejar las bolsas originales en su cubo en lugar de cambiarlas todos los días, siempre que no se encuentren visiblemente dañadas o manchadas con alguna sustancia que pueda provocar malos olores. Si esto se llevara a cabo tan solo con la mitad de las papeleras de *resto*, y teniendo en cuenta que existen 200 de dichas papeleras en la EPSH, esta sencilla acción supondría el ahorro diario de 100 bolsas (2000 al mes). Considerando también que el peso aproximado de las bolsas utilizadas para las papeleras de *resto* varía entre 7 y 14 g, la medida anterior supondría la reducción diaria de entre 700 y 1400 g de residuos plásticos (de 14 a 28 kg al mes). Si además se prescindiera de bolsas en algunas papeleras (por ejemplo, en las de *papel y cartón*), se reduciría aún más la producción de dicha clase de residuos.

✓ Colocar más papeleras para la recogida separada de *envases*, *papel y cartón* y fracción *orgánica*. Dichas papeleras no necesitan ser muy grandes, con capacidad de 5 l o menos sería más que suficiente. Incluso podrían llegar a utilizarse simples cajas de cartón para *envases y papel y cartón*. Los lugares en los que se considera imprescindible la presencia de dichos recipientes se encuentran detallados a continuación. En los planos de los edificios se muestra la localización actual de las papeleras (marcada con un punto negro) y la propuesta de localización para las papeleras de recogida separada (marcada en naranja). En los planos no se ha distinguido el uso intencionado de las papeleras actuales (si son para *envases*, *papel y cartón* o *resto*) puesto que en ninguno de los casos los residuos son realmente gestionados por separado.

En el edificio Tozal de Guara:

- Ambos vestíbulos de la planta baja (en uno de ellos la necesidad ya quedaría cubierta con la presencia del MPL)
- El vestíbulo de entrada a la biblioteca en la primera planta
- El vestíbulo de entrada a la biblioteca en la segunda planta, lugar habilitado para las comidas.
- Las aulas 8, 9, 10, 11, 12 y 13. Preferiblemente también en las I-1 e I-2.
- Los pasillos de despachos en la segunda planta

En el edificio Gratal:

- El vestíbulo de entrada
- El pasillo de aulas

En el edificio Salto de Roldán (chalets):

- En cada chalet, el vestíbulo o pasillo en ambas plantas

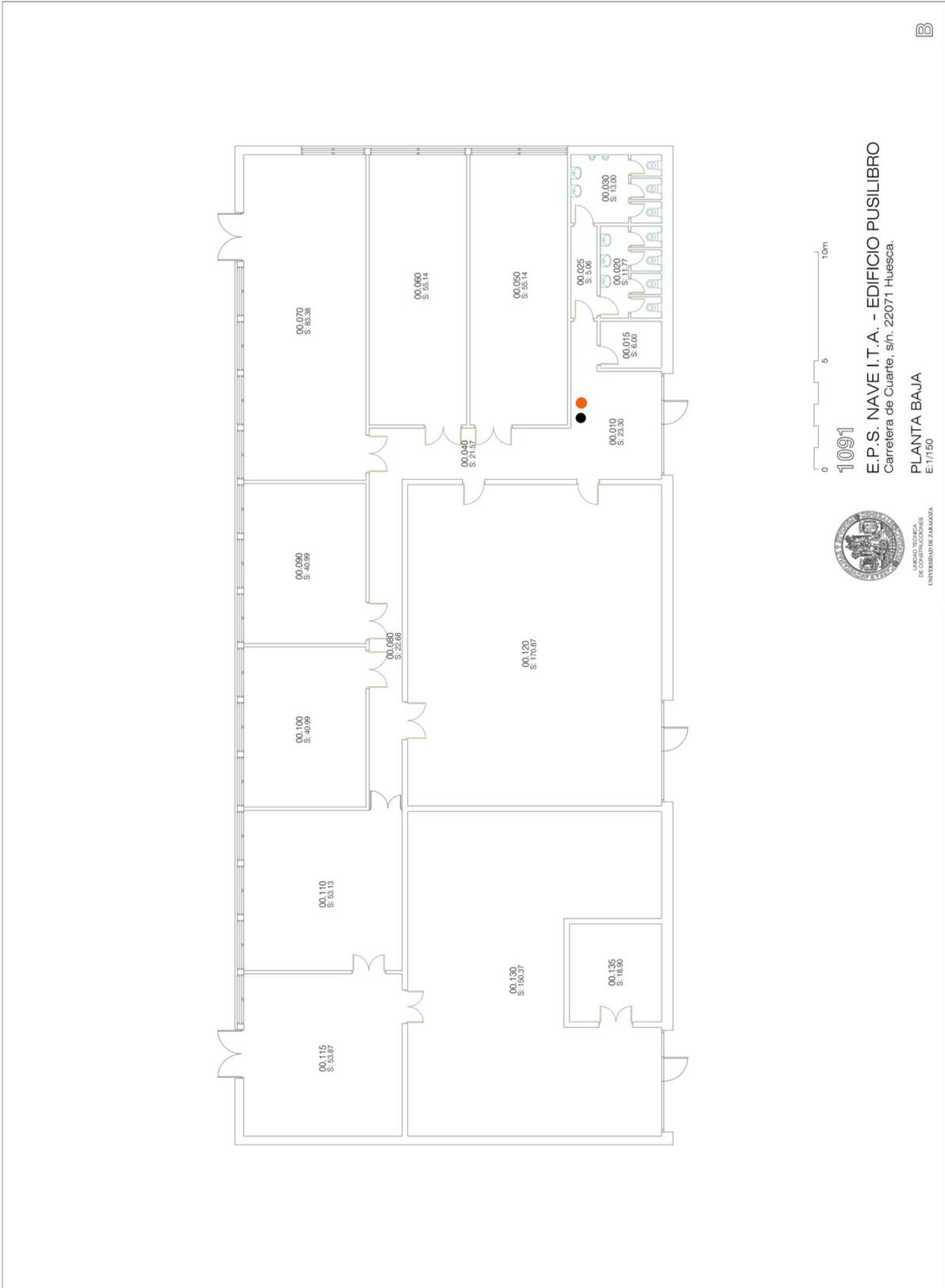


Figura 19: Localización actual (en negro) y propuesta (en naranja) de los puntos de deposición de residuos en el edificio Pusilibro.

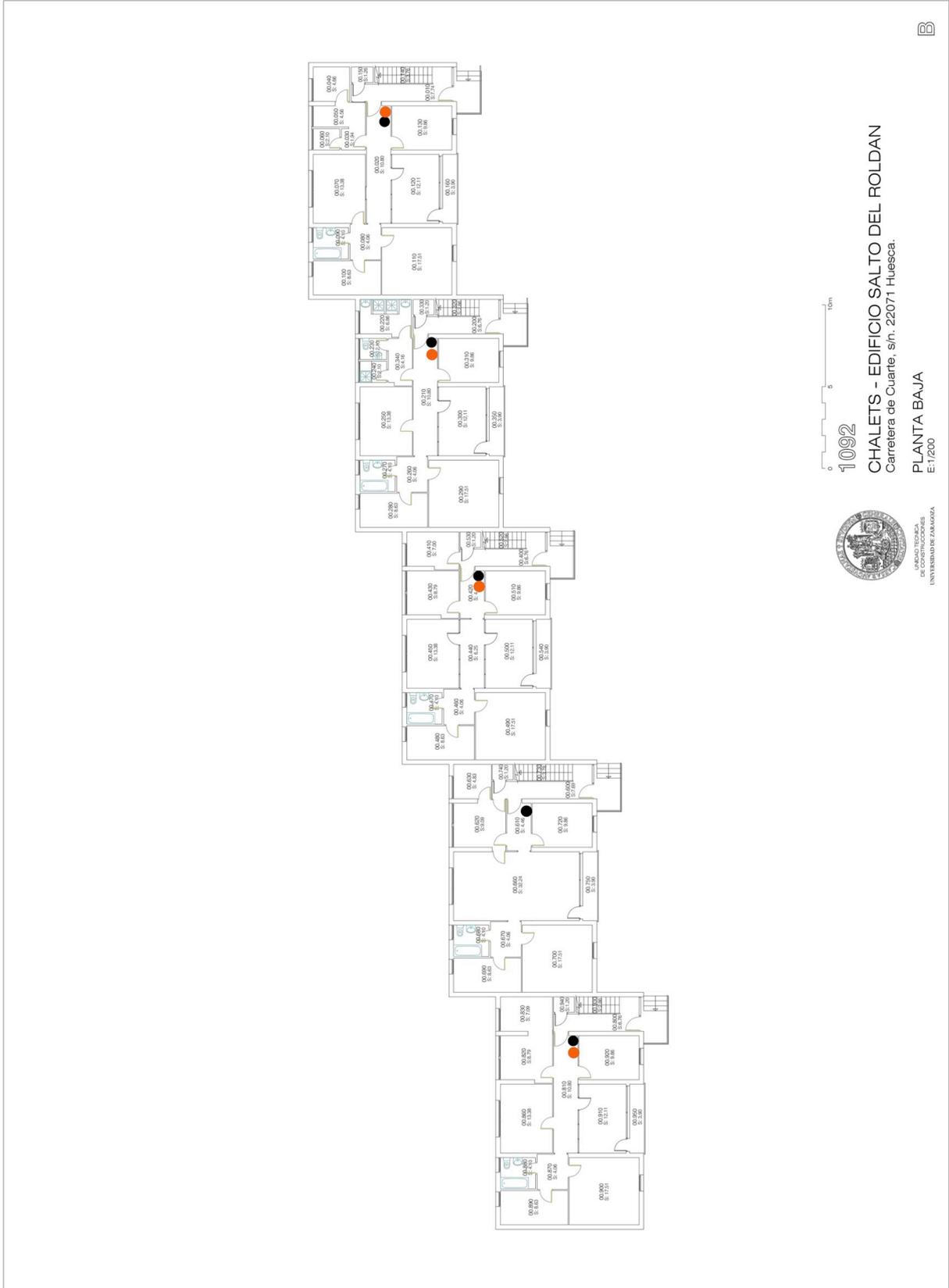


Figura 20: Localización actual (en negro) y propuesta (en naranja) de los puntos de deposición de residuos en la planta baja del edificio Salto de Roldán.

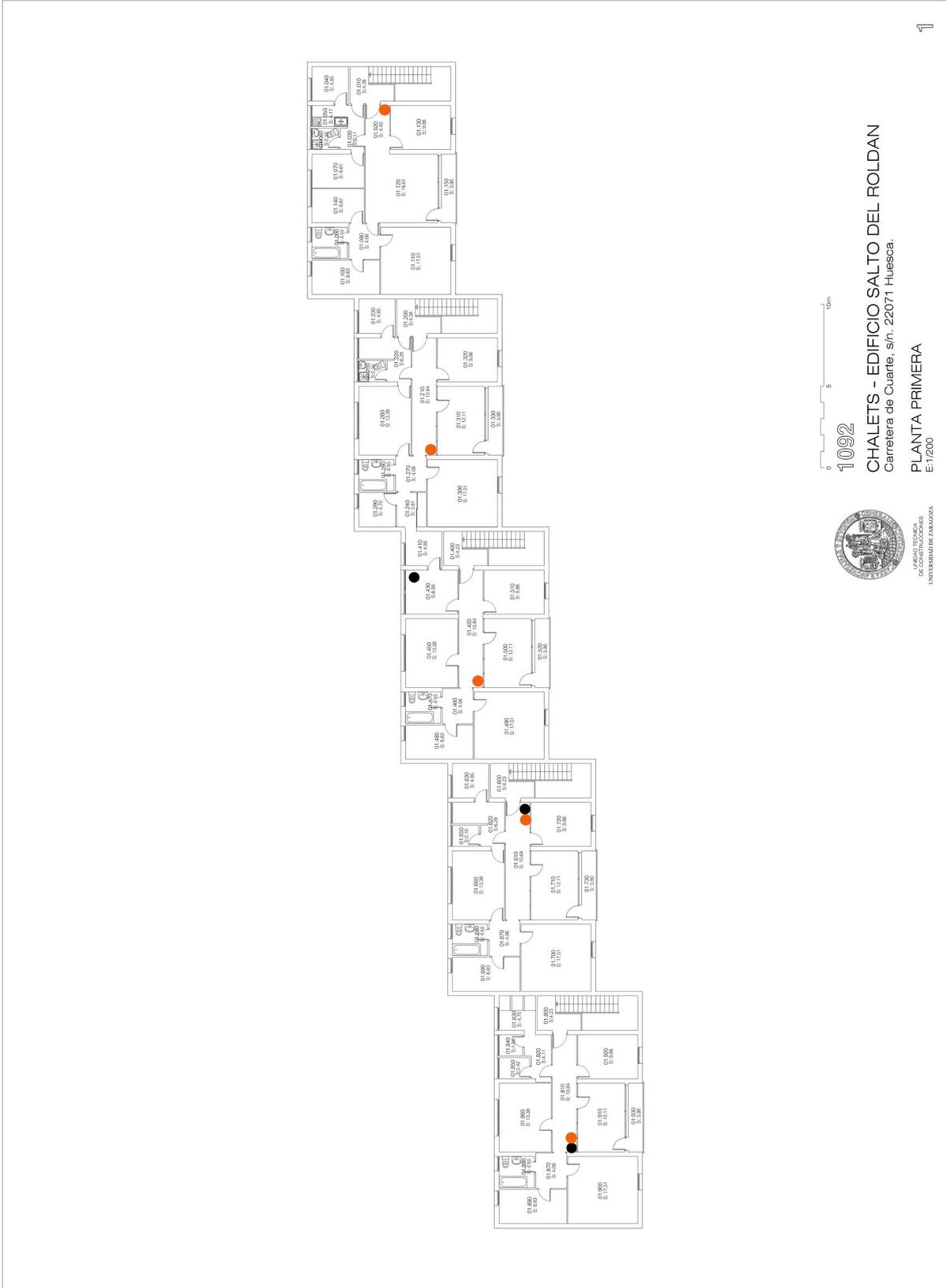


Figura 21: Localización actual (en negro) y propuesta (en naranja) de los puntos de deposición de residuos en la planta primera del edificio Salto de Roldán.

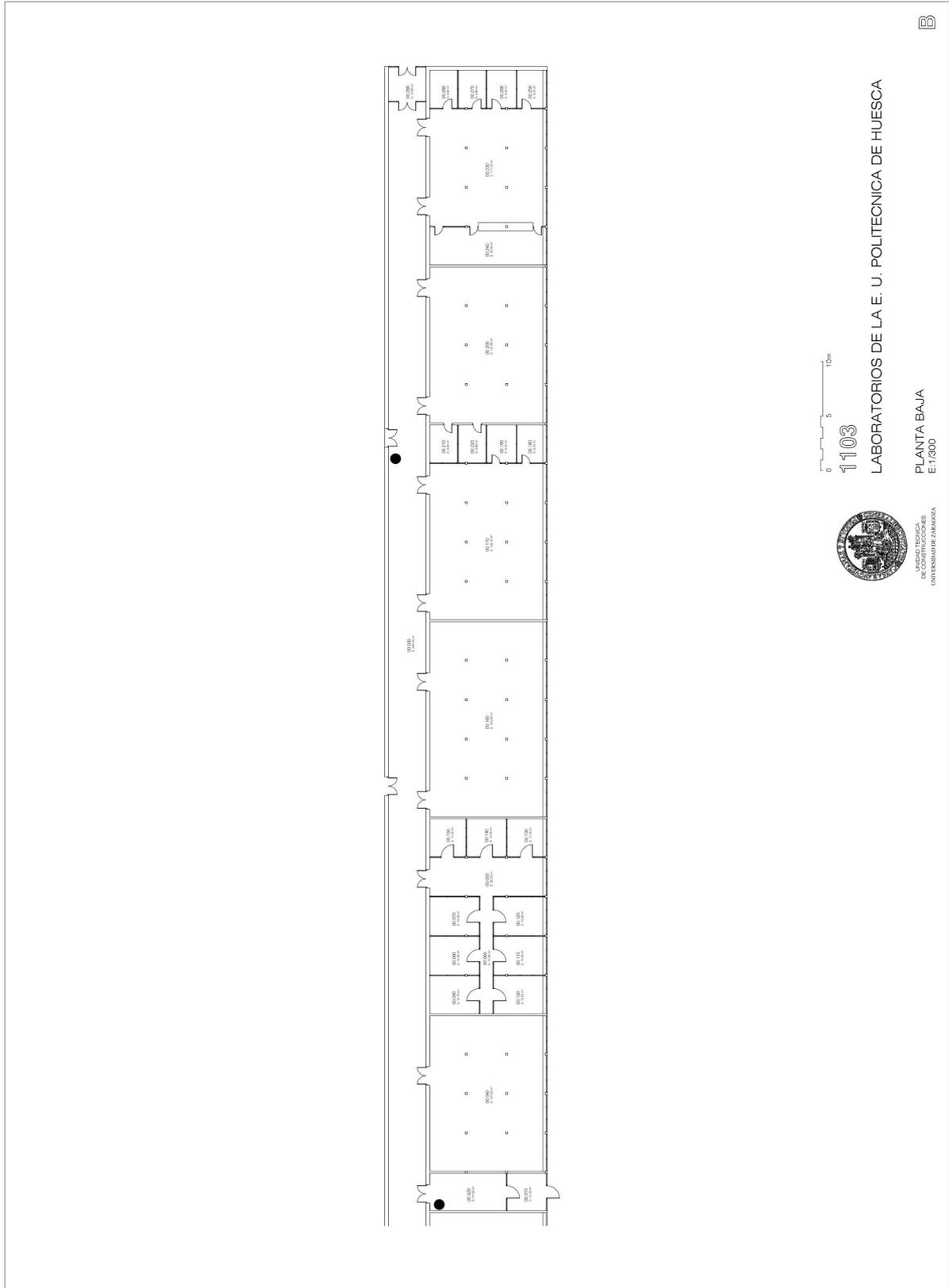
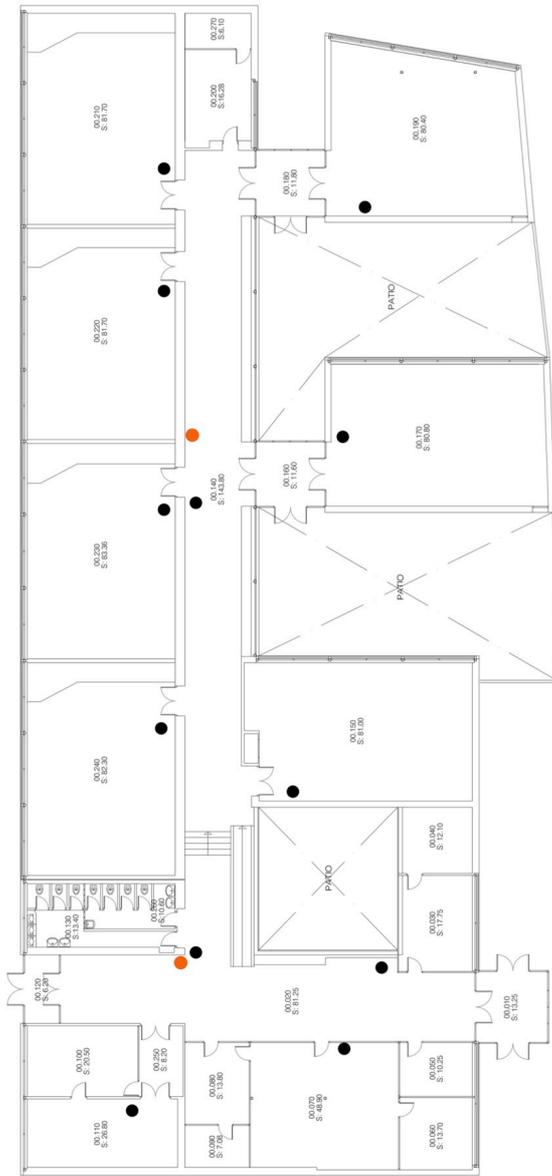


Figura 22: Localización actual (en negro) y propuesta (en naranja) de los puntos de deposición de residuos en el edificio Loreto.
 En este caso no se ha estimado necesaria la instalación de papeleras de recogida selectiva.



1094
 E.P.S. AULAS - EDIFICIO GRATAL
 Carretera de Cuare, s/n. 22071 Huesca.
 PLANTA BAJA
 E 1/200



B

Figura 23: Localización actual (en negro) y propuesta (en naranja) de los puntos de deposición de residuos en el edificio Gratal.

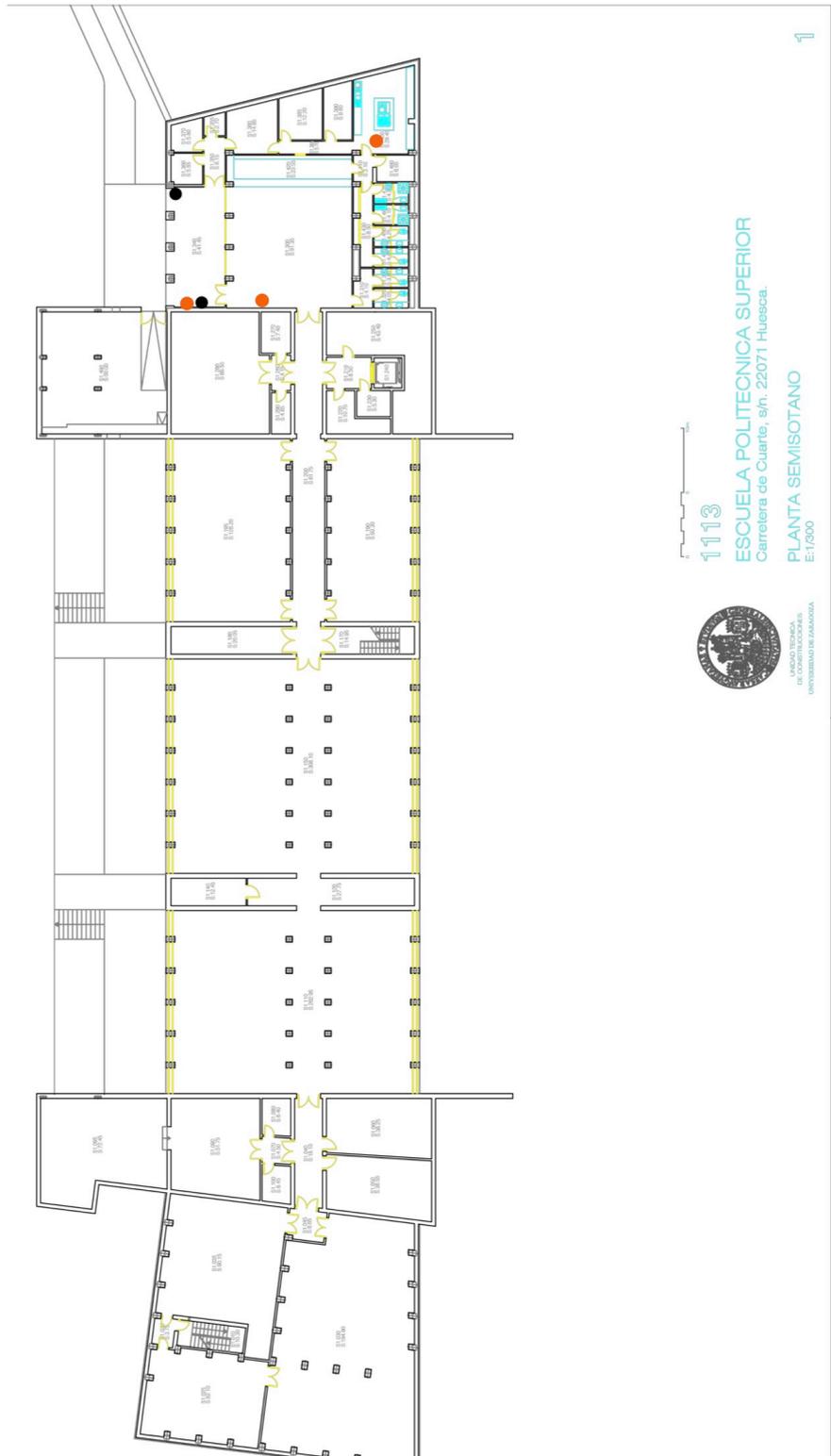


Figura 24: Localización actual (en negro) y propuesta (en naranja) de los puntos de deposición de residuos en la planta semisótano (cafetería) del edificio Tozal de Guara.

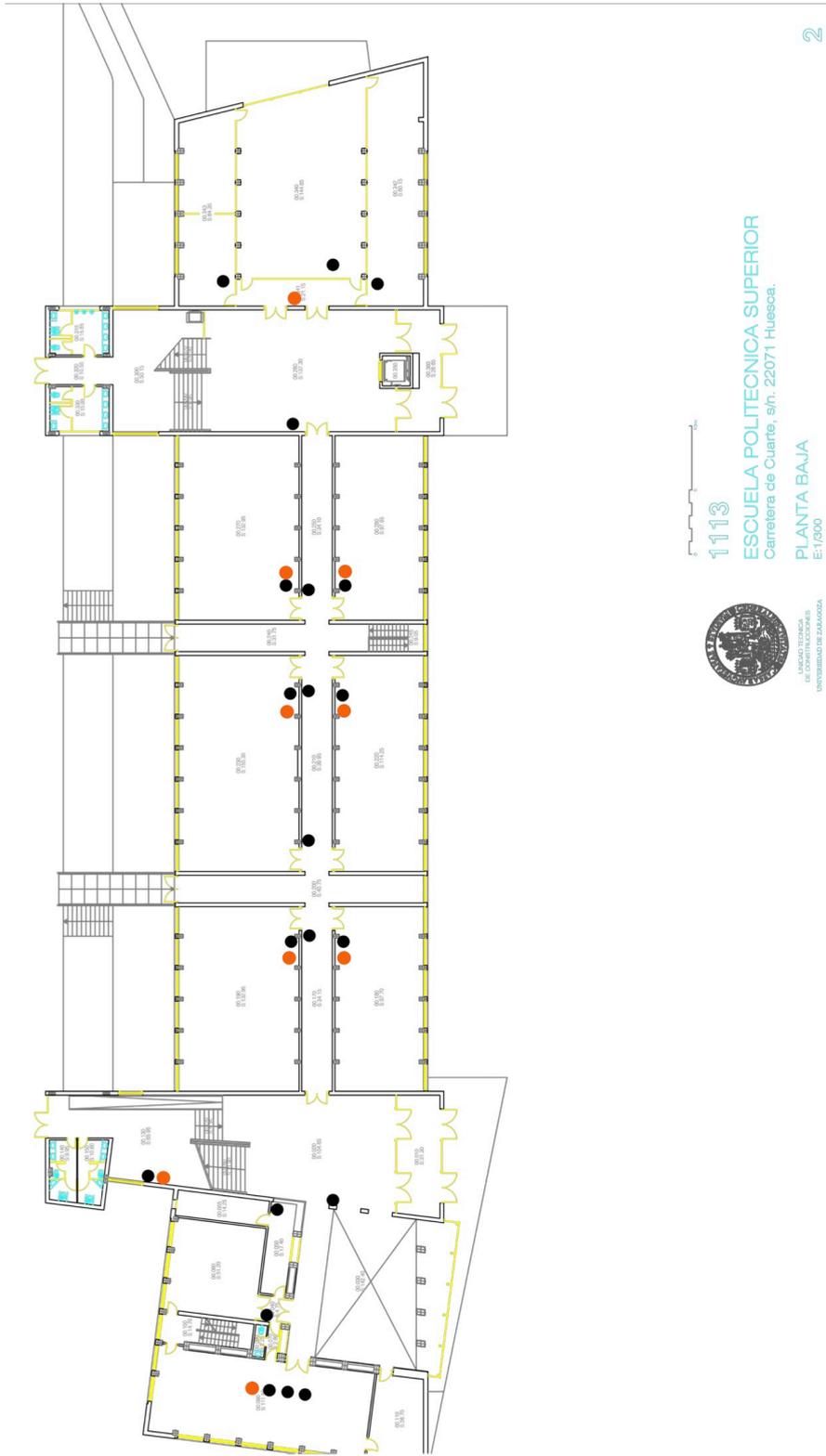
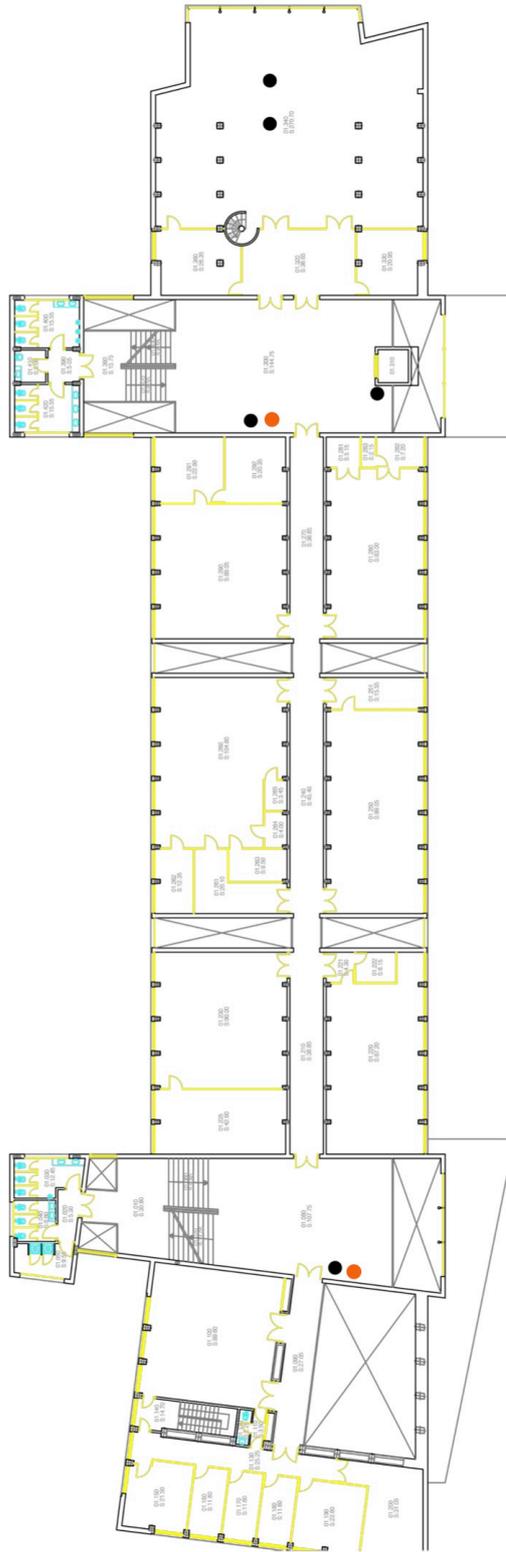


Figura 25: Localización actual (en negro) y propuesta (en naranja) de los puntos de deposición de residuos en la planta baja del edificio Tozal de Guara.



1113

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
Carretera de Cuarte, s/n. 22071 Huesca.

PLANTA PRIMERA
E:1/500



UNIDAD TÉCNICA DE
PROYECTOS DE
UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

Figura 26: Localización actual (en negro) y propuesta (en naranja) de los puntos de deposición de residuos en la planta primera del edificio Tozal de Guara.

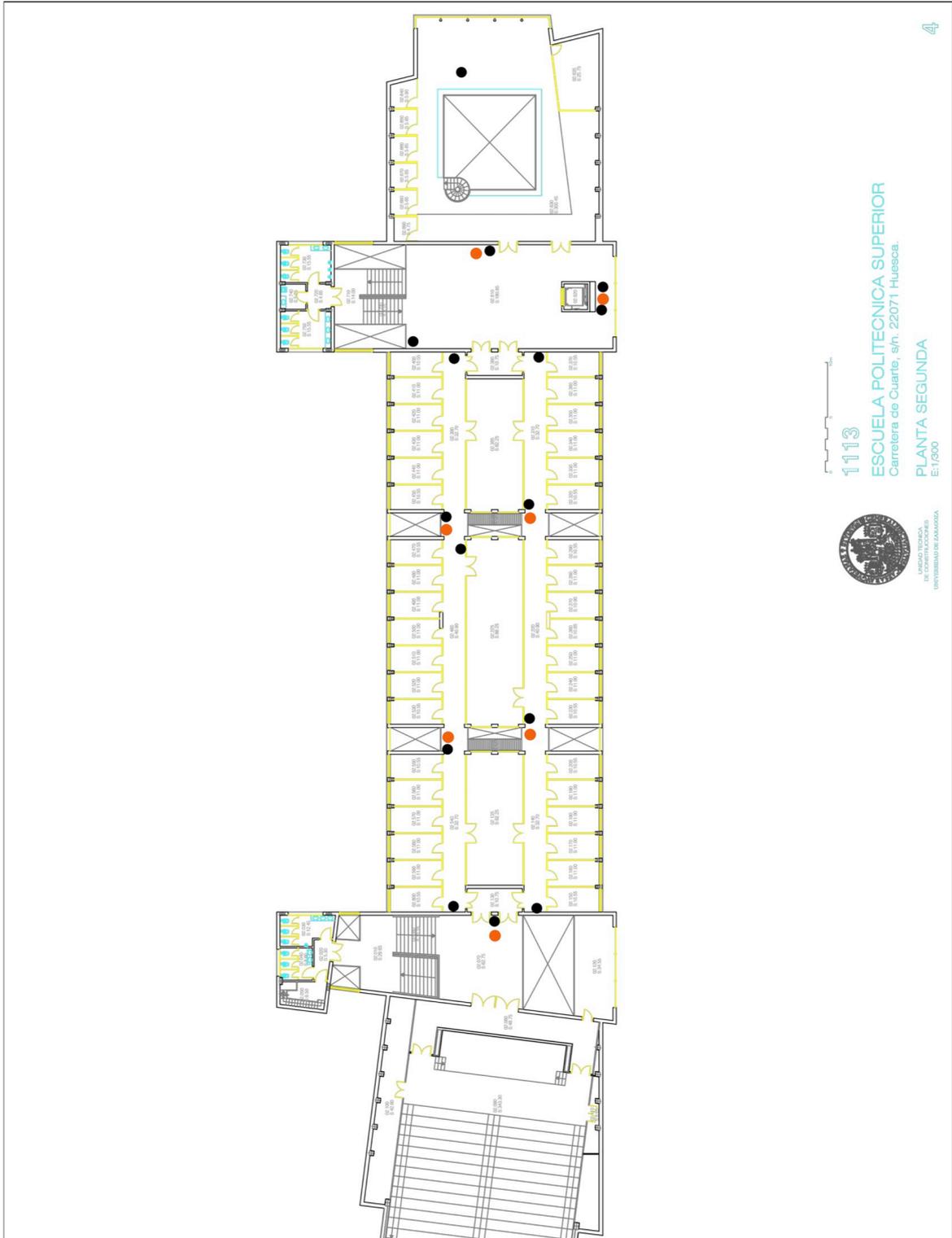


Figura 27: Localización actual (en negro) y propuesta (en naranja) de los puntos de deposición de residuos en la planta segunda del edificio Tozal de Guara.

✓ Todos los receptáculos para la fracción *resto* deberían encontrarse siempre junto a (“emparejados”) los de residuos reciclables, como si de un “pack” se tratara. De esta forma el usuario se verá obligado a elegir y con mayor probabilidad tirará el residuo en su contenedor correspondiente.

✓ Marcar todos los contenedores de reciclaje de forma clara y sistemática de modo que todos los que estén destinados a una determinada fracción tengan algún elemento en común que los haga reconocibles. Utilizar a ser posible el esquema de color actual (amarillo para *envases*, azul para *papel y cartón*, marrón para *orgánico* y verde oscuro para *resto*) para distinguir las diferentes fracciones. Si las propias papeleras no son de colores, colocar un cartel o etiqueta grande del color correspondiente, con letras grandes, y preferiblemente con algún icono o imagen que también ayude a identificar el contenido. A continuación en la figura 28 se muestra un buen ejemplo encontrado en el artículo de Hammes, (2016).



Figura 28: Ejemplo del posible diseño y marcado de los contenedores de recogida separada.
Fuente: Hammes, 2016.

✓ Colocar una señal junto a la máquina de café en la cual se indique que las tazas suministradas por la misma deben tirarse en el contenedor azul, de *papel y cartón*, tal y como aconseja la empresa fabricante (“Comunicado oficial: los vasos, al contenedor azul - Ebocame,” n.d.). Las tazas están compuestas en un 99% de cartón, precisamente con el objetivo de ser reciclables y biodegradables a largo plazo, al contrario que las tazas de plástico. Tal y como se especifica en una de las recomendaciones anteriores, el contenedor azul (junto a los demás) debería estar ubicado en ese mismo vestíbulo.

7.2.2.2. Mini Punto Limpio

✓ Modificar la localización actual del MPL, colocándolo en un lugar más visible como por ejemplo el propio vestíbulo junto al cual se encuentra. De no resultar posible dicha opción, señalizarlo y publicitarlo de forma que su localización quede clara tanto desde la entrada al edificio como desde el interior del vestíbulo. Para ello, sería necesario colocar al menos dos carteles de señalización, uno en el propio vestíbulo y otro en la entrada al mismo desde la zona del parking, tal como se observa en las figuras 29 y 30.



Figuras 29 y 30: propuesta de ubicación de los carteles de señalización del MPL. A la izquierda la vista desde el interior del vestíbulo y a la derecha la vista desde la entrada del parking.

Fuente: Elaboración propia.

7.2.3. Propuestas comunes a toda la EPSH

✓ Formación sobre el reciclaje y su importancia específicamente para el personal de limpieza. Esta recomendación se incluye en la guía de Ministry of the Environment and Climate Change (2008) y resulta vital, puesto que solamente si el equipo encargado de la recogida de los residuos verdaderamente comprende su importancia verá el sentido de implicarse y hacer su trabajo correctamente. Idealmente se debería reunir a todo el equipo de limpieza y realizar una sesión de unos 45 minutos, incluyendo una presentación, la visualización de algún vídeo y un turno de preguntas o una mesa redonda. Dada la naturaleza de la situación, se recomienda priorizar esta acción y educar al personal de limpieza lo antes posible.

✓ Sensibilización ambiental dirigida en general a todos los usuarios de la EPSH. La educación está reconocida desde hace muchísimo tiempo como un elemento clave en el cambio de comportamiento humano. Está demostrado que la educación es el factor más importante para la adquisición de un compromiso significativo en cuanto a comportamientos ambientalmente responsables y estilo de vida sostenible. Solamente a medida que las personas adquieren conciencia sobre asuntos medioambientales pueden comenzar a cambiar hábitos y comportarse más respetuosamente con el entorno (Ifegbesan, Ogunyemi, & Rampedi, 2017). Informar a toda la comunidad usuaria (PDI, PAS y estudiantes) de la motivación que ha producido los cambios llevados a cabo y, sobre todo, de la nueva localización de ciertos elementos tales como papeleras y la importancia de utilizarlas correctamente. En este caso el medio de transmisión de la información preferido debería ser también directo (vía oral), a través de una charla. También podría utilizarse como soporte el correo electrónico y la colocación de carteles informativos. Muchos de los materiales utilizados para la sesión con el personal de limpieza se podrían utilizar en este caso también.

✓ Publicitar el uso conjunto de las fuentes existentes en ambos vestíbulos del edificio Tozal de Guara y botellas reutilizables. Cambiar los hábitos de aquellos usuarios que compran botellas en la máquina expendedora contribuiría a reducir los residuos plásticos, además de ser más económico para los propios usuarios. La publicidad se podría realizar vía correo electrónico, pero resultaría interesante la colocación de un cartel sobre cada fuente.

✓ Asignar un lugar en la zona exterior del campus para llevar a cabo el compostaje, una buena ubicación podría ser no muy lejos de los huertos, bajo algún árbol que proporcionara sombra. Aunque se podría realizar perfectamente en forma de pila, idealmente se debería colocar un compostador, pues contribuiría a mantener la zona limpia, evitar malos olores y facilitar el trabajo en general. Tan solo sería

necesaria una superficie de unos 3 m². Existen muchas clases de compostadores en el mercado por entre 70 y 100 € (o incluso menos), aunque también pueden fabricarse de forma muy sencilla a partir de un contenedor de basura, por ejemplo (Alonso Alonso et al., 2003). Las dimensiones mínimas del compostador se han calculado teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Que el producto tarda aproximadamente 4 meses en madurar
- Que la densidad de tanto los biorresiduos como el compost maduro es de unos 600 kg/m³ (Ministerio para la Transición Ecológica, 2018; Román, Martínez, & Pantoja, 2013).
- Que la producción diaria de biorresiduos en la EPSH es de unos 12 kg/día

Con todo ello, se obtiene que el volumen mínimo del compostador debería ser de 1,6 m³. No obstante, sería factible comenzar con un recipiente más pequeño durante los primeros meses de prueba, e ir realizando ajustes en función de los resultados obtenidos.

Algunas excelentes guías a consultar para la puesta en marcha del proceso de compostaje son los manuales de Moon (1997) y Román et al. (2013).

✓ Llevar a cabo un seguimiento de las tendencias en cuando a la separación de los residuos en fracciones y su recogida. Ello serviría para comprobar si los cambios llevados a cabo han sido positivos y si las tasas de recogida selectiva han aumentado. Sería deseable realizar auditorías de los residuos (similar a la llevada a cabo en este trabajo) cada tres meses desde la implantación de los cambios hasta llegar al año. En función de los resultados obtenidos será necesaria la re-evaluación del método de gestión y la identificación de aspectos mejorables. Es recomendable plantear las acciones de mejora dentro de un marco de retroalimentación positiva y mejora continua.

8. CONCLUSIÓN GENERAL

Las sociedades humanas no se encuentran aún plenamente comprometidas con la gestión adecuada de los residuos que producen, a pesar de llevar consumiendo bienes de toda clase a un ritmo insostenible desde hace aproximadamente un siglo. No obstante, hace unos años que, tímidamente, empiezan a verse algunas acciones verdaderamente responsables por parte de gobiernos, empresas, instituciones e individuos. Y es que, como para tantas otras cosas, el progreso es casi imposible sin la colaboración de todas las partes interesadas. Así, a pesar de que la ciudadanía se encontrara educada y fuera responsable, no se conseguiría ningún avance sin la infraestructura adecuada, proporcionada por gobiernos, instituciones y empresas.

En el caso de la EPSH, a la luz del estudio de la gestión actual de los residuos de tipo doméstico producidos, resulta evidente que todavía queda un largo camino por recorrer. Pese a ello, la buena noticia es que se pueden realizar algunos cambios sencillos, enfocados principalmente a la educación del personal de limpieza, a la gestión en la cafetería y a la incorporación de contenedores para la recogida selectiva, que permitirán que la situación mejore rápidamente. Dadas las características de los usuarios, conseguir su colaboración será fácil, y solamente con unas pocas acciones se podrá lograr una mejora sustancial.

El presente trabajo se originó con la motivación de mejorar las circunstancias actuales y ojalá sirva para despertar el interés por la temática de la gestión ambiental, particularmente la de los residuos, contribuya a generar cambios positivos y sobre todo, a impulsar y desarrollar el concepto de sostenibilidad en la EPSH de cara al futuro.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Alonso Alonso, C., Martínez Nieto, E., & de la Morena Olías, J. (2003). *Manual para la Gestión de los Residuos Urbanos*. (R. Díaz Valcárcel & E. García Guerra, Eds.). Móstoles: La Ley.
- Barles, S. (2014). History of Waste Management and the Social and Cultural Representations of Waste. In M. Agnoletti & S. N. Serneri (Eds.), *The Basic Environmental History* (pp. 199–226). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-09180-8>
- BOMA Canada. (n.d.). Waste Auditing Guide Guiding Principles. Retrieved from <http://bomacanada.ca/wp-content/uploads/2016/09/BOMA-Canada-Waste-Auditing-Guide.pdf>
- Breitenbeck, G. A., & Schellinger, D. (2004). Calculating the Reduction in Material Mass And Volume during Composting. *Compost Science & Utilization*, 12(4), 365–371. <https://doi.org/10.1080/1065657X.2004.10702206>
- Burke, C. S., Salas, E., Smith-Jentsch, K., & Rosen, M. A. (2012). *Measuring macrocognition in teams: Some insights for navigating the complexities. Macrocognition Metrics and Scenarios: Design and Evaluation for Real-World Teams*. Washington, DC. <https://doi.org/10.1111/febs.13058>
- Comisión Europea. (2015). *Cerrar el círculo: un plan de acción de la UE para la economía circular*. Bruselas. Retrieved from https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:8a8ef5e8-99a0-11e5-b3b7-01aa75ed71a1.0011.02/DOC_1&format=PDF
- Comunicado oficial: los vasos, al contenedor azul - Ebocame. (n.d.). Retrieved October 2, 2018, from <http://www.eboca.com/ebocame/vasos-eboca-contenedor-azul/>
- Cornell Waste Management Institute. (1996). The Science and Engineering of Composting. Retrieved November 18, 2018, from http://compost.css.cornell.edu/calc/cn_ratio.html
- Danthurebandara, M., Passel, S. Van, Van Passel, S., Nelen, D., Tielemans, Y., & Van Acker, K. (2012). Environmental and socio-economic impacts of landfills. In *Linnaeus ECO-TECH* (pp. 40–52). Kalmar. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/278738702>
- EI-Fadel, M., Findikakis, A. N., & Leckie, J. O. (1997). Environmental Impacts of Solid Waste Landfilling. *Journal of Environmental Management*, 50(1), 1–25. <https://doi.org/10.1006/JEMA.1995.0131>

- El compostaje ha crecido de forma exponencial en todos los países. (2016). Retrieved October 14, 2018, from <https://gestoresderesiduos.org/noticias/el-compostaje-ha-crecido-de-forma-exponencial-en-todos-los-paises>
- Eurostat. (2016). *Guidance on municipal waste data collection*. Retrieved from <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/342366/351758/Guidance+on+municipal+waste/3106067c-6ad6-4208-bbed-49c08f7c47f2>
- Eurostat. (2018 a). *Municipal waste statistics*. Retrieved August, 2018, from https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Municipal_waste_statistics#Municipal_waste_treatment
- Eurostat. (2018 b). *Waste-related indicators: municipal waste generation & treatment, by treatment method*. Retrieved August 3, 2018, from http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?query=BOOKMARK_DS-150766_QID_2D85E1FE_UID_-3F171EB0&layout=TIME_C.X.0;GEO.L.Y.0;WST_OPER.L.Z.0;UNIT.L.Z.1;INDICATORS.C.Z.2;&zSelection=DS-150766WST_OPER.GEN;DS-150766UNIT.THS_T;DS-150766INDICATORS.OBS_FLAG;&rankName1=TIME_1_0_0_0&rankName2=UNIT_1_2_-1_2&rankName3=GEO_1_2_0_1&rankName4=INDICATORS_1_2_-1_2&rankName5=WST-OPER_1_2_-1_2&sortC=ASC_-1_FIRST&rStp=&cStp=&rDCh=&cDCh=&rDM=true&cDM=true&footnes=false&empty=false&wai=false&time_mode=ROLLING&time_most_recent=false&lang=EN&cfo=%23%23%23%2C%23%23%23.%23%23%23
- Fenco MacLaren Inc. & Angus Environmental Inc. (1996). *Waste Audit User Manual*. Winnipeg: Canadian Council of Ministers of the Environment . Retrieved from https://www.ccme.ca/files/Resources/waste/packaging/pn_1210_e.pdf
- Generalitat de Catalunya: Agència de Residus de Catalunya. (2018). *Características de la recogida selectiva de papel y cartón*. Recuperado el 16 de agosto de 2018 de: http://residus.gencat.cat/es/ambits_dactuacio/recollida_selectiva/residus_municipals/paper_i_cartro/caracteristiques_de_la_recollida_selectiva_de_paper_i_cartro/
- Gobierno de España. (2017). *Perfil Ambiental de España 2016*. Madrid. Retrieved from https://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/pae_2016_reducido_tcm30-439388.pdf
- González Guzmán, A., Miguéns Vázquez, T., López Álvarez, N., & Barral Silva, N. T. (2014). Gestión de residuos orgánicos de residencias universitarias mediante compostaje. In Barral Silva M, Díaz-Raviña M, Devesa-Rey R, & Paradelo Núñez R (Eds.), *Avances en la investigación sobre compost: Materias primas, procesos,*

- calidad y usos*. (pp. 71–84). Santiago de Compostela: Andavira.
- Guo, J. H., Liu, X. J., Zhang, Y., Shen, J. L., Han, W. X., Zhang, W. F., ... Zhang, F. S. (2010). Significant acidification in major Chinese croplands. *Science (New York, N.Y.)*, 327(5968), 1008–1010. <https://doi.org/10.1126/science.1182570>
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4 (1): 9 pp.
- Hammes, A. (2016). Campus Recycling: Six Lessons on Campus Recycling from a Gas Station. Retrieved November 19, 2018, from <http://www.aashe.org/campus-recycling-six-lessons-gas-station/>
- Hannibal, B., Rafaela, V., Luis, G., Mario, V., Janeth, J., Silvio, J., ... Carina, P. (2016). “Obtención De Compost A Partir De Residuos Sólidos Orgánicos Generados En El Mercado Mayorista Del Cantón Riobamba.” *European Scientific Journal, ESJ*, 12(29), 76–94. <https://doi.org/10.19044/ESJ.2016.V12N29P%P>
- Havlíček, F., & Kuča, M. (2017). Waste Management at the end of the Stone Age Motto. *Journal of Landscape Ecology*, 10(1). <https://doi.org/10.1515/jlecol-2017-0009>
- Henao Ruiz, M. J. (2017). *Caracterización de residuos sólidos en la cafetería de la Universidad de San Buenaventura Cartagena: Propuesta de alternativas de uso con énfasis biotecnológico*. Cartagena. Retrieved from [http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/4527/1/Caracterización de residuos sólidos_María Ruiz H_2017.pdf](http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/4527/1/Caracterización%20de%20residuos%20sólidos_María%20Ruiz%20H_2017.pdf)
- Hoorweg, D., Bhada-Tata, P., & Kennedy, C. (2013). Environment: Waste production must peak this century. *Nature*, 502(7473), 615–617. <https://doi.org/10.1038/502615a>
- Ifegbesan, A. P., Ogunyemi, B., & Rampedi, I. T. (2017). Students' attitudes to solid waste management in a Nigerian university: Implications for campus-based sustainability education. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 18(7), 1244–1262. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-03-2016-0057>
- Keeley, G. M. (1988). Composting Meat Wastes Down Under. *BioCycle*, 52–53.
- Kabongo, J. D. (2013). Waste Valorization. In *Encyclopedia of Corporate Social Responsibility* (pp. 2701–2706). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-28036-8_680
- Korhonen, J., Honkasalo, A., & Seppälä, J. (2018). Circular Economy: The Concept and its Limitations. *Ecological Economics*, 143, 37–46. <https://doi.org/10.1016/>

Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.

López Martín, F., Cabrera Mollet, M., & Cuadrat Prats, J. M. (2007). *Atlas Climático de Aragón*. (Gobierno de Aragón (Departamento de Medio Ambiente), Ed.). Retrieved from https://www.aragon.es/estaticos/Celia/4_cartografia.pdf

Milby, M. (2011). *Campus Waste Audit Program*. Retrieved from http://www.indiana.edu/~sustain/transitions_lab/student_engagement/internship-program-in-sustainability/docs/final-reports/AY11-12/Mark-Milby_11-12.pdf

Milian, M. (2009). *Achieving a sustainable solid waste management in Spain: The case of Morella town*. Kochi University of Technology. Retrieved from <http://www.kochi-tech.ac.jp/library/ron/2008/g17/M/1115140.pdf>

Miller, S., Mcgloughlin, J., Gaillot, O., & Connolly, L. (2017). *Material Reuse Good Practice Guide*. Wexford. Retrieved from www.epa.ie

Ministerio para la Transición Ecológica. (2018 a). Flujos de residuos: papel y cartón. Recuperado el 16 de agosto de 2018 de: (<https://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos-domesticos/fracciones/papel-y-carton/Que-caracteristicas-tiene.aspx>)

Ministerio para la Transición Ecológica. (2018 b). Flujos de residuos: envases ligeros. Recuperado el 16 de agosto de 2018 de: <https://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos-domesticos/fracciones/envases/Que-caracteristicas-tienen.aspx>

Ministerio para la Transición Ecológica. (2018 c). Biorresiduos. Recuperado el 12 de septiembre de: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos-domesticos/fracciones/biorresiduos/biorresiduos-que-caracteristicas-tienen.aspx>

Ministry of the Environment and Climate Change. (2008). *A Guide to Waste Audits and Waste Reduction Work Plans for Industrial, Commercial and Institutional Sectors*. Toronto. Retrieved from www.ene.gov.on.ca/en/publications/forms/index.php#AuditandReduction

Moon, P. (1997). *Basic On-Farm Composting Manual*. Seattle. Retrieved from <http://www.us-ltrcd.org/wp-content/uploads/2012/06/onfarmcomposting.pdf>

Mosier, A. R., Syers, J. K., & Freney, J. R. (2004). *Agriculture and the nitrogen cycle : assessing the impacts of fertilizer use on food production and the environment*. Washington: Island Press. Retrieved from <https://books.google.es/books?hl=en&lr=&id=dO0PbWN4vjUC&oi=fnd&pg=PR11&dq=fertilizing+negative+enviro>

nmental+impacts&ots=bdw0LwrJgB&sig=9pa_fNEBG6Ya5y9Y4Be8SgGuSwA#v=onepage&q=fertilizing negative environmental impacts&f=false

Nathanson, J. A. (2018). Solid-waste management | Britannica.com. Retrieved August 24, 2018, from <https://www.britannica.com/technology/solid-waste-management>

NSW Government (Department of Primary Industries). (n.d.). Fertilisers and the environment. Retrieved October 19, 2018, from <https://www.dpi.nsw.gov.au/agriculture/soils/improvement/environment>

Nzihou, A., & Lifset, R. (2010). Waste Valorization, Loop-Closing, and Industrial Ecology. *Journal of Industrial Ecology*, 14(2), 196–199. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2010.00242.x>

Oldenziel, R., & Weber, H. (2013). Introduction: Reconsidering Recycling. *Contemporary European History*, 22(3), 347–370. <https://doi.org/10.1017/S0960777313000192>

Parlamento Europeo, & Consejo de la Unión Europea. Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, Diario Oficial de la Unión Europea § (2008). Retrieved from https://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/participacion-publica/Directiva_Marco_2008_98_CE_sobre_los_residuos_tcm30-98740.pdf

Pennsylvania State University. (1996). C/N Ratios Important To Composting Success. Retrieved November 18, 2018, from https://www.psu.edu/ur/archives/AG_ENVIRONMENT/Nuss.html

Planelles, M. (2018, March 1). Why Spain gets a failing grade when it comes to recycling | In English. *El País*. Retrieved from https://elpais.com/elpais/2018/02/28/inenglish/1519836799_117305.html

Román, P., Martínez, M. M., & Pantoja, A. (2013). Manual de Compostaje del Agricultor: Experiencias en América Latina. Santiago de Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Retrieved from www.fao.org/publications

Simpson, I. A., Guttman, E. B., Cluett, J., & Shepherd, A. (2006). Characterizing anthropic sediments in north European Neolithic settlements: An assessment from Skara Brae, Orkney. *Geoarchaeology*, 21(3), 221–235. <https://doi.org/10.1002/gea.20101>

Storino, F., Arizmendiarieta, J. S., Irigoyen, I., Muro, J., & Aparicio-Tejo, P. M. (2016). Meat waste as feedstock for home composting: Effects on the process and quality of compost. *Waste Management*, 56, 53–62. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.07.004>

- Swanson, C. (2011). How to Design and Conduct a Successful Waste Characterization Audit. In *Annual Tribal EPA Conference*. Pala, CA. Retrieved from https://archive.epa.gov/region9/tribal/web/pdf/conducting-waste-characterization_2011.pdf
- Tiquia, S. M., Richard, T. L., & Honeyman, M. S. (2002). *Carbon, nutrient, and mass loss during composting. Nutrient Cycling in Agroecosystems* (Vol. 62). Retrieved from <http://www-personal.umd.umich.edu/~smtiquia/publications/JA4-2002-PDF.pdf>
- University of Missouri. (n.d.). *Composting Solutions and C:N Ratios of Commonly Composted Materials*. Retrieved from http://extension.missouri.edu/webster/documents/presentations/2011-02-26_BackyardChicken/CompostingSolutions-BrieMenjoulet.pdf
- University of Plymouth. (2005). *Composting food wastes: 1. Scientific aspects*. Retrieved from <http://www.research.plymouth.ac.uk/pass/Research/Scientific%2520aspects%2520of%2520food%2520waste%25>
- US EPA. (2018). Recycling Basics. Recuperado el 4 de octubre de: <https://www.epa.gov/recycle/recycling-basics>
- US EPA, O. (2018). *Report on the Environment (ROE)*. Retrieved from <https://cfpub.epa.gov/roe/indicator.cfm?i=53>
- Vázquez, M. A., & Soto, M. (2017). The efficiency of home composting programmes and compost quality. *Waste Management*, 64, 39–50. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.03.022>
- Waste Not Limited. (2001). *Waste Audit Manual*. Auckland.
- Waxman, O. B. (2016, November 15). The History of Recycling in America Is More Complicated Than You May Think. *Time*. Retrieved from <http://time.com/4568234/history-origins-recycling/>
- Wilkie, A. C., Graunke, R. E., & Cornejo, C. (2015). Food waste auditing at three Florida schools. *Sustainability (Switzerland)*, (7), 1370–1387. <https://doi.org/10.3390/su7021370>

10. ANEXO

Tabla 6: Porcentajes de llenado de los contenedores de *envases* y *papel y cartón* del MPL así como kg de residuos producidos al mes.

Fuente: elaboración propia con datos de la Oficina Verde.

Mes	Envases	Papel y Cartón*	
FEB	70 %	56 %	
MAR	58 %	50 %	
ABR	58 %	42 %	
MAY	81 %	63 %	
JUN	69 %	63 %	
JUL	38 %	56 %	
AGO	75 %	50 %	
SEP	70 %	56 %	
OCT	69 %	56 %	
NOV	75 %	63 %	
Media mensual	66 %	55 %	
Volumen total contenedor (m ³)	0,12	0,12	
Volumen llenado (m ³)	0,080	0,067	
Densidad (kg/m ³)	30	70	200
kg residuos/mes	2,4	4,7	13,3

* La información bibliográfica encontrada sobre la densidad de la fracción *papel y cartón* comprende valores entre los dos mostrados en la tabla.

Tabla 7: Datos necesarios para el cálculo de las tasas de recogida selectiva de las diferentes fracciones en la EPSH (excluyendo cafetería).
Fuente: elaboración propia.

	Orgánico	Envases	Papel y cartón*		Vidrio
kg/mes reciclados en el MPL	0,0	2,4	4,7	13,3	0,0
kg/día producidos fuera del MPL	2,7	1,6	2,0		0,0
kg/mes producidos fuera del MPL	54,0	32,0	40,0		0,0
kg/mes totales producidos	54,0	34,4	44,7	53,3	0,0
Tasa de recogida selectiva (%)	0,0	6,9	10,4	25,0	-

* La información bibliográfica encontrada sobre la densidad de la fracción *papel y cartón* varía ampliamente, dando lugar a diferentes resultados en función de los valores considerados.

Tabla 8: Datos sobre recogida selectiva obtenidos mediante la estimación visual de la cantidad de residuos separados para cada fracción en la cafetería.
Fuente: elaboración propia.

	Orgánico	Envases	Papel y cartón	Vidrio
kg/día producidos	9,5	1,8	0,3	0,6
kg/mes producidos	190,0	36,0	6,0	12,0
kg/mes no separados	190,0	26,0	3,7	12,0
kg/mes separados	0,0	10,0	2,3	0,0
Tasa de recogida selectiva (%)	0,0	27,8	38,3	0,0

Tabla 9: Datos sobre producción y recogida selectiva de residuos en el total de la EPSH (incluyendo la cafetería).
Fuente: elaboración propia.

	Orgánico	Envases	Papel y cartón		Vidrio
kg/mes separados	0,0	12,4	7,0	15,6	0,0
kg/mes no separados	244,0	58,0	43,7		12,0
kg/mes totales producidos	244,0	70,4	50,7	59,3	12,0
Tasa de recogida selectiva (%)	0,0	17,6	13,7	26,3	0,0