

2020

Recuperación de residuos y economía circular

Un estudio de casos



Alumna: NEREA GONZÁLEZ RODRIGO
GRADO EN ADMINISTRACIÓN Y DIRECCIÓN DE EMPRESAS
Tutor: AURELIO HERRERO BLASCO
CURSO ACADÉMICO 2019-2020



A mi hermano Adrián, y su
preocupación por el medio
ambiente.

Listado de abreviaturas

AAPP: Administración pública.

AEMA: Agencia Europea de Medio Ambiente.

APL: Anteproyecto de Ley.

CDTI: Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial.

CE: Comunidad Europea.

CO₂: Dióxido de carbono.

CSIC: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

EDAR: Estación depuradora de aguas residuales.

EE. UU.: Estados Unidos.

FEDER: Fondo Europeo de Desarrollo Regional.

FORSU: Fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos.

GEI: Gases de efecto invernadero.

HTC: Proceso de carbonización hidrotermal.

INE: Instituto Nacional de Estadística.

ITQ: Instituto de Tecnología Química.

NFU: Neumáticos fuera de uso.

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible.

OMM: Organización Meteorológica Mundial.

PIB: Producto Interior Bruto.

ppm: Partes por millón.

PYMES: Pequeñas y medianas empresas.

RAE: Real Academia Española.

RSC: Responsabilidad social corporativa.

RSI: Residuos sólidos industriales.

RSU: Residuos sólidos urbanos.

UE: Unión Europea.

UPV: Universidad Politécnica de Valencia.

Resumen

El objeto del presente trabajo de fin de grado es el estudio de la “Recuperación de residuos y economía circular. Un estudio de casos”.

Los principales objetivos son el análisis del sector de la recuperación de residuos y su relación con la economía circular. A lo largo del mismo se realizará un estudio en materia de cambio climático, sustancias contaminantes liberadas, y sobre la generación de los residuos. También se cuantificará el impacto económico y social relacionado con la gestión de los residuos.

Por otra parte se repasará la legislación vigente a nivel europeo y nacional, el marco legislativo que rige las conductas de empresas y a título particular, así como cuáles son los presupuestos destinados a paliar el cambio climático.

Se realizará un análisis sobre la generación de los residuos, mediante estadísticas proporcionadas por el INE, así como los diferentes tratamientos para la gestión y valorización de los residuos.

Se estudiará la importancia de la economía circular a través del análisis de dos empresas de la Comunidad Valenciana pioneras en la valorización de los residuos “Ingelia” y “Greene Waste to Energy”, industrias capaces de transformar residuos orgánicos en bioproductos de alto valor añadido.

Las conclusiones más relevantes obtenidas han sido:

La necesidad de concienciación y sensibilización de la sociedad y las organizaciones en materia de valorización de los residuos.

La evolución en cuanto a la recogida, gestión y tratamiento de los residuos que se ha producido en los últimos años, pero todavía escasa e insuficiente.

El apoyo indispensable en materia de legislación y regulación por parte del gobierno e instituciones pertinentes, así como la necesidad de establecer un presupuesto capaz de amparar la consecución de los objetivos planteados.

Palabras clave:

Recuperación de residuos; economía circular; bioeconomía.

Abstract

The object of this end-of-degree work is the study of "Waste recovery and circular economy. A case study".

The main objectives are the analysis of the waste recovery sector and its relationship with the circular economy. During the course of this work, a study will be carried out on climate change, released pollutants and the generation of waste. The economic and social impact related to waste management will also be quantified.

On the other hand, the current legislation at European and national level will be reviewed, as well as the legislative framework that governs the conduct of companies and in particular, and what are the budgets allocated to mitigate climate change.

An analysis will be made of the generation of waste, through statistics provided by the INE, as well as the different treatments for the management and recovery of waste.

It will study the importance of the circular economy through the analysis of two companies in the Valencian Community pioneers in the recovery of waste "Ingelia" and "Greene Waste to Energy", industries capable of transforming organic waste into high value-added bioproducts.

The most relevant conclusions obtained have been:

The need for awareness and sensitization of society and organizations in the field of waste recovery.

The evolution in terms of collection, management and treatment of waste that has occurred in recent years, but still low and insufficient.

The essential support in terms of legislation and regulation by the government and relevant institutions, as well as the need to establish a budget capable of covering the achievement of the objectives set.

Keywords:

Waste recovery; circular economy; bioeconomy.

Índice

Listado de abreviaturas	2
Resumen.....	3
Abstract	4
1. INTRODUCCIÓN	7
1.1 Antecedentes y situación actual	7
1.2 Objeto, objetivos y metodología del trabajo	8
1.3 Estructura del trabajo.....	9
2. LEGISLACIÓN	11
2.1 Contexto nacional	11
2.2 Contexto europeo	14
2.3 Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030	14
2.4 Acuerdo de París	15
2.5 Pacto Verde Europeo	18
3. RESIDUOS Y TRATAMIENTOS.....	21
3.1 Tipo de residuos	21
3.2 Generación y tratamiento de residuos en la Unión Europea.....	23
3.3 Generación de residuos en la economía española	27
3.4 Estadísticas sobre generación de residuos por sectores de actividad	29
3.5 Estadísticas sobre recogida y tratamiento de residuos	31
3.6 Tipos de tratamiento.....	32
3.7 Reciclaje.....	33
3.7.1 Tratamientos biológicos residuos sólidos urbanos	33
3.7.2 Tratamientos mecánicos de residuos sólidos urbanos	34
3.7.3 Tratamientos mecánicos-biológicos de residuos sólidos urbanos.....	34
3.7.4 Otros tratamientos.....	34
3.8 Tratamientos térmicos	35
3.8.1 Proceso de incineración	36
3.8.2 Proceso de pirólisis.....	36
3.8.3 Proceso de gasificación	38
3.8.4 Gasificación por plasma	38
3.9 Vertido.....	39
4. EMPRESAS DE APLICACIÓN EN LA COMUNIDAD VALENCIANA.....	44
4.1 Ingelia	44
4.1.1 Historia	44

4.1.2 Modelo de negocio.....	45
4.1.3 Proceso de carbonización hidrotermal	46
4.1.4 Producto	47
4.1.5 Aplicaciones.....	48
4.1.6 Financiación pública	49
4.2 Greene Waste to Energy	50
4.2.1 Historia	50
4.2.2 Modelo de negocio.....	51
4.2.3 Proceso gasificación	52
4.2.4 Producto	53
4.2.5 Aplicaciones.....	53
5. CONCLUSIONES	55
BIBLIOGRAFÍA.....	57

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes y situación actual

El cambio climático se convierte cada vez más en nuestra realidad, en nuestro día a día. A nivel mundial el incremento de las emisiones de CO₂ todavía no ha alcanzado su punto álgido, los pronósticos para los próximos años no auguran un futuro mucho más alentador. Condiciones meteorológicas extremas, fuertes precipitaciones, deshielo, subida del nivel del mar, destrucción del entorno natural, junto a la desaparición de arrecifes de coral, y otras muchas especies, contaminación del aire, problemas de salud, son solo algunas de las consecuencias que nos esperan en un futuro no muy lejano.

Por otro lado, el incremento del consumo de materiales que se ha experimentado durante los últimos años ha sido sublime, y es que en las sociedades desarrolladas económicamente, la fabricación y el consumo aumentan sin precedentes. Desde la extracción de las materias primas, pasando por el proceso productivo, el consumo, la generación de residuos, resulta primordial la clasificación de los residuos y su tratamiento, dando una nueva vida al producto y minimizando el impacto medioambiental así como la proliferación de estos.

Las economías de los países también se ven afectadas por esta realidad, y es que se paga un precio muy alto por revertir esta situación.

Los últimos datos indican, que empezando a actuar ya, podrían reducirse las emisiones en un plazo de 12 años, así como frenar el incremento medio anual de temperatura por debajo de los niveles preindustriales.

La lucha contra el cambio climático se convierte en una carrera de fondo. Europa pretende liderar dicho camino hacia la neutralidad climática a través de políticas industriales, financiación, investigación, y una importante inversión, abogando por una Europa con una economía próspera, competitiva y neutra, estrategia a largo plazo fijada para el 2050.

Las políticas llevadas a cabo por la UE se encuentran en armonía con el Acuerdo de París, cuyo objetivo principal a largo plazo es el de mantener el aumento de la temperatura global por debajo de los 2°C, intentando limitarlo a 1,5°C, así como apoyar a los países para hacer frente a dichos cambios.

En diciembre de 2019 se celebró la última cumbre sobre el cambio climático de las Naciones Unidas en Madrid (COP-25), en la que participaron casi 200 países, donde se reiteró la importancia de que la UE y los estados miembros se comprometieran a destinar recursos económicos para la lucha contra el cambio climático, movilizándolo 100.000 millones de dólares anuales hasta el 2025, además de instar a la movilización de financiación privada para la consecución de dichos objetivos.

La creciente preocupación da lugar a un incremento de los esfuerzos tanto de gobiernos, como de empresas e incluso a nivel doméstico por frenar los efectos nocivos de la contaminación y generación de residuos.

La mayor concienciación y sensibilización, pone en valor la economía circular, no solo con el objetivo de reducir las emisiones o el impacto medioambiental, sino también debido a la escasez de los recursos y materias primas aunado a la creciente demanda.

El concepto de economía circular difiere del tradicional “usar y tirar”, tratando de reciclar y reutilizar materiales, dándoles una segunda vida, creando un valor añadido. No se trata solo de un modelo de producción más eficiente sino también de un consumo responsable, reduciendo los residuos lo máximo posible.

Enfocarse hacia una economía más circular generaría gran cantidad de beneficios, no solo a nivel ambiental, también económico o social, generando una mayor calidad de vida, alargando la vida de los productos y acabando con la obsolescencia programada.

Medidas como la prevención y recuperación de los residuos o un diseño más ecológico, puede llegar a generar unos ahorros de incluso 600.000 millones de euros, así como la reducción de emisiones totales anuales de gases de efecto invernadero, entre un 2% y un 4% e incluso la creación de puestos de trabajo.

La gestión de los residuos juega un papel fundamental dentro de la economía circular, desde la recuperación de residuos sólidos urbanos (RSU) pasando por los industriales, hasta los residuos más nocivos.

Cada vez encontramos nuevas formas de dar una segunda vida a los productos, y más empresas que se dedican a ello, ejemplo de ello son dos empresas valencianas, “Ingelia” (Valencia) y “Greene” (Elche).

Ingelia es una biorrefinería dedicada a la carbonización hidrotermal de biomasa, donde a partir de diferentes tipos de materia orgánica obtienen productos tan preciados como el biocombustible sólido o el fertilizante líquido con múltiples aplicaciones. Por su parte, Greene, pone en valor cualquier tipo de residuo orgánico con contenido en carbono, a través de un proceso de termoconversión vía gasificación, para su conversión en syngas, que dará lugar a hidrocarburos líquidos, energía térmica, gas renovable, etc.

1.2 Objeto, objetivos y metodología del trabajo

Objeto

El presente trabajo tiene por objeto hacer un estudio de la situación actual en materia de residuos, emisiones contaminantes, economía circular, tipología de los residuos existentes, así como de la gestión de estos por empresas especializadas en ello.

Objetivos

Los objetivos que se plantean una vez conocida la situación actual será tratar de dar respuesta a cómo podemos revertir dicha situación, alcanzando una solución factible y eficiente relativamente a corto plazo, para ello será necesario realizar un análisis exhaustivo de cómo hemos llegado hasta este punto y cuál es el futuro que nos depara si seguimos en el camino de “usar y tirar” como forma de vida en vez de enfocarnos cada vez más en la gestión responsable de los residuos y la economía circular.

Por otra parte, conoceremos el marco jurídico que sustenta los acuerdos en materia de residuos, cambio climático, emisiones, cuáles son los límites marcados por el gobierno y la UE.

También se realizará un estudio para conocer en la práctica la aplicación de diversos tratamientos en dos empresas pioneras en economía circular, estudiando dos casos de interés en la Comunidad Valenciana.

Metodología

En cuanto a la metodología utilizada en el trabajo para la consecución de los objetivos, principalmente este se ha sustentado en fuentes secundarias tales como revistas de residuos, notas de prensa, artículos de periódicos... también ha sido imprescindible el apoyo en fuentes oficiales como el INE para la obtención de datos y estadísticas, cabe destacar las limitaciones metodológicas encontradas debido a los años de los últimos estudios ya que estos se corresponden al 2017 y 2018. Por otra parte han sido imprescindibles documentos e informes tanto del ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico así como el ministerio de asuntos económicos.

[1.3 Estructura del trabajo](#)

En el primer capítulo partimos de la premisa de la creciente preocupación y sensibilización por las inminentes consecuencias del cambio climático, derivadas principalmente por la contaminación de las empresas así como el aumento de la generación de residuos.

La contaminación procedente de los residuos no solo afecta al cambio climático sino también tiene consecuencias sociales y económicas, que a lo largo del trabajo se irán desarrollando.

En el segundo capítulo se tendrá presente el marco legislativo que regula las emisiones de gases nocivos, los límites y objetivos establecidos, así como los compromisos adoptados tanto a nivel nacional como global.

Las últimas leyes adoptadas en España, los objetivos de desarrollo sostenible para el 2030, el Acuerdo de París, la cumbre del clima celebrada cada año y

pospuesta la prevista en 2020 por la crisis de la Covid-19, los esfuerzos de la UE por neutralizar las emisiones, así como las inversiones millonarias llevadas a cabo por revertir la situación actual.

A lo largo del tercer capítulo se realizará un análisis exhaustivo de los tipos de residuos y de cómo contribuye la sociedad a su creación y su gestión. También se hará una mención especial a los tipos de reciclaje que podemos encontrar así como la diversidad de tratamientos existentes, y los productos que resultan de estos. Cabe mencionar también la importancia económica que tiene el reciclaje, los esfuerzos económicos que están llevando las empresas por ser socialmente más responsables y cumplir con los límites establecidos. El capítulo se sustentará principalmente en páginas oficiales de los diferentes ministerios de interés.

En el cuarto capítulo se describirán dos empresas de la Comunidad Valenciana, que llevan a la práctica la economía circular, a través de procesos como la termoconversión o la biorrefinería, generando materias primas y otros productos a partir de residuos orgánicos. En este capítulo la información obtenida principalmente procede de las páginas webs de las empresas objeto de estudio, estas son Ingelia y Greene.

En el último capítulo se pondrá en valor la importancia de la gestión de los residuos en la actualidad, las ventajas e inconvenientes de dicha gestión, el impacto económico y social como el generado por la pandemia de la Covid-19, cerrando el capítulo con una visión de futuro.

2. LEGISLACIÓN

Las últimas estadísticas revelan el crecimiento desmesurado en la generación de residuos, y es que cada año se generan unas 2.500 millones de toneladas de residuos con la totalidad de las actividades económicas realizadas en la UE, cifra que continúa aumentando desde 2014.

La transición del modelo “lineal”, basado en un consumo masivo de recursos naturales finitos, la producción de bienes y servicios de un solo uso, hacia un modelo de economía circular, basado en la optimización de los recursos, promoviendo la reutilización y el reciclaje, ha hecho que la legislación cada vez sea más intransigente y se intensifiquen las medidas, priorizando las políticas de gestión de residuos.

La preocupación por el aumento de los deshechos y el impacto en la sociedad ha impulsado la movilización gubernamental, mediante la firma de tres acuerdos históricos en los últimos años: la Agenda 2030, el Acuerdo de París, y el Pacto Verde Europeo.

2.1 Contexto nacional

La Constitución Española ya recoge en su artículo 45 el derecho al disfrute y deber de conservación del medio ambiente.

Recientemente se ha presentado un Anteproyecto de Ley de Residuos y Suelos Contaminados, derogando la Ley 22/2011, de 28 de julio.

Dicho APL pretende adaptarse a dos de las Directivas comunitarias, en relación con la gestión de los residuos y relativo a la reducción del impacto de productos plásticos en el medio ambiente, así como en cumplimiento de ciertos ODS.

La importancia del APL es tal que incorpora novedades como el incentivo a la economía circular, así como en el ámbito de prevención y gestión de residuos.

Los objetivos más específicos en materia de generación de residuos y reciclaje son:

- Reducir en 2020 un 10% los residuos generados respecto al año 2010, con un incremento del 3% en el 2025 y del 2% en el año 2030.
- Reciclado en 2025 del 55% de los residuos municipales generados, un 60% en el 2030 y 65% en el 2035.

Una vez adoptados los nuevos objetivos de preparación de los residuos municipales para su reutilización, y reinserción en la economía, la Comisión Europea, encomendó un estudio acerca de las necesidades de inversión y financiación requerida para la gestión de los residuos y cumplimiento de la normativa por parte de los estados miembro.

El estudio reveló las necesidades financieras necesarias para cada estado miembro, en función de la capacidad existente y las infraestructuras necesarias para el cumplimiento de los objetivos, entre ellos la recogida, clasificación y debido tratamiento.

Para la gestión de residuos en España y el cumplimiento de los objetivos en el horizonte 2021-2027, sería necesario una inversión de 1.431 millones de euros, siendo el total de los 28 países que conforman la UE de 18.486 millones de euros. Ampliando el horizonte al 2035, la inversión total sería de 2.459 millones en España y en la UE prácticamente alcanzaría los 31 millones y medio.

Las necesidades de inversión en España son elevadas, debido a la situación actual de recogida y gestión de residuos, ya que difiere en gran medida de los objetivos establecidos, ya que actualmente en España se recicla el 34,8% (2016) y para el 2020 esta cifra debería ser del 50%. También hay que tener en cuenta que en esta cifra se incluyen los biorresiduos, los cuales no se tendrán en cuenta a partir del 2027, por lo que en realidad la tasa de reciclaje en el año 2016 sería del 21,6%.

En la siguiente gráfica podemos observar las necesidades de inversión en España en el horizonte 2021-2027 en millones de euros, según el tipo de actividad, destacando la recogida y el reciclaje con un gasto de prácticamente 500 y 600 millones de euros, respectivamente.

Gráfica 1: Necesidades de inversión para la gestión de residuos 2021-2027 en millones de euros.



Fuente: Instituto Nacional de Estadística, 2017.

En cuanto al impacto económico de estas medidas incluidas en el APL, a pesar de la dificultad de no existir una monetización respecto al impacto medioambiental asociado a una mala gestión de los residuos, la influencia positiva en la economía sería muy significativa.

Por una parte, la integración de materiales que contienen los residuos de nuevo al proceso productivo para la elaboración de otros nuevos, contribuye a la protección de la escasez de materias primas y la volatilidad de precios, además de generar nuevas oportunidades empresariales, impulsando la creación de nuevos procesos productivos y más eficientes, así como un consumo más responsable. El impacto positivo en las PYMES será el más notable, creando una nueva oportunidad para ellas.

Tendrá un papel relevante el ahorro generado derivado de los costes que se evitarán gracias a buenas prácticas en la gestión de los residuos, eludiendo la descontaminación de suelos, abandono de residuos, incendios por quemas descontroladas, y los costes sanitarios derivados de sustancias peligrosas mal gestionadas. Además, se evitarán posibles sanciones en materia de incumplimiento de la normativa comunitaria, ejemplo de ello son las sanciones impuestas a Grecia por la “Eliminación incontrolada de residuos”, que ha ascendido a más de 10 millones de euros o Italia multada por el “Emplazamiento de vertido de residuos peligrosos”, cuya suma es de 40 millones de euros.

En cuanto al empleo, la Evaluación de Impacto de las propuestas de directivas comunitarias para España, prevé que la correcta ejecución de las medidas podría generar 11.140 puestos de trabajos directos.

Por otra parte, también se ha desarrollado la Estrategia Española de Economía Circular, que consiste en promover un modelo de producción y consumo responsable, en el que recursos, materiales y productos se mantengan en la economía durante un período más largo, impulsando de esta forma una economía más eficiente y sostenible.

La estrategia de España Circular 2030 se llevará a cabo a partir de planes de acción trienales, dicha estrategia se centrará en seis sectores, debido a su importancia en el sector de la construcción, agroalimentario, pesquero, industrial, textil, y el turismo.

Tomando como referencia el año 2010, entre los principales objetivos se encuentran:

- La reducción de los gases de efecto invernadero por debajo de las 10 millones de toneladas de CO₂.
- Reducir un 30% el consumo nacional de materiales en relación con el PIB.
- Reducir los residuos generados en un 15 %.
- Reducción de los residuos de alimentos en la cadena alimentaria, un 50% per cápita a nivel doméstico y un 20% en las cadenas de producción.
- Incrementar la reutilización hasta llegar al 10% de los residuos municipales generados, mejorar un 10% la eficiencia en el uso del agua.

El Foro Económico Mundial, la Comisión Europea y la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) revelan las oportunidades empresariales, económicas y laborales que supone avanzar hacia una economía circular.

La economía circular puede incrementar adicionalmente un 0,5% del PIB europeo, y crear a su vez 700.000 puestos de trabajo, es decir, un crecimiento neto del empleo en torno al 1%, aunque sí bien, supondrá una remodelación y ajuste en los sectores, los nuevos que se creen en detracción de los que se destruyan, pertenecientes a sectores más contaminantes.

Las industrias intensivas en requerimientos energéticos y uso de recursos, y por lo tanto, más contaminantes, no son las que proporcionan mayor empleabilidad, lo cual es positivo, de hecho, según datos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), el 83% de las emisiones totales proceden de diez de las industrias más intensivas en emisiones de CO₂, pero a su vez, sólo representan el 28% del empleo.

Los puestos de trabajo derivados de la economía circular, como la investigación, recogida, tratamiento, separación o reciclaje generaron en 2016 un valor añadido de casi 150.000 millones de euros, realizando una inversión de 17.500 millones de euros, lo que refleja el beneficio obtenido a pesar de la gran cantidad de dinero desembolsado.

2.2 Contexto europeo

Las políticas de gestión de residuos y de emisiones de la Unión Europea tienen como objetivo primordial minimizar el impacto ambiental y sobre la salud, así como la mejora de la eficiencia de los recursos en la UE.

A largo plazo el objetivo es más ambicioso, proponiendo como elemento clave la gestión de los residuos, garantizando la eficiencia de los recursos, incrementando los niveles de reciclado y valorización y reduciendo las extracciones innecesarias, así como promover la proliferación y el crecimiento sostenible de las economías europeas, lo cual será posible gracias a una acción gubernamental eficiente que consiga desarrollar unas políticas alineadas con la consecución de dichos objetivos.

2.3 Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030

Los 17 objetivos de desarrollo sostenible de las Naciones Unidas adoptados por 193 países para su consecución en el año 2030, están relacionados con la igualdad entre personas, la protección del planeta y la prosperidad.

El objetivo número 12 trata de garantizar un modelo de producción y consumo responsable, a través de implementar en empresas prácticas eficientes, así como facilitar información hacia la producción y el consumo más sostenible. Para su consecución es importante la concienciación no solo a nivel gubernamental sino también en las organizaciones y en la administración pública.

El ODS 7. “Energía asequible y no contaminante” se encuentra estrechamente vinculado con el Objetivo 13. “Acción por el clima”. Podemos afirmar que la energía es el factor que contribuye en mayor medida al cambio climático, ya que genera acerca del 60% de las emisiones mundiales. Cabe destacar que las emisiones de CO₂ han aumentado desde 1990 casi en un 50%, y que entre 2000 y 2010 el incremento de las emisiones fue muy superior al producido en las últimas tres décadas.

Por otra parte, existen datos alentadores, ya que todavía es posible revertir dicha situación si empiezan a tomarse medidas en materia de concienciación, educación y cambios tecnológicos.

Ligado al objetivo 13, el ODS 6, trata de garantizar la gestión sostenible del agua y saneamiento, cabe destacar que más del 80% de aguas residuales procedente de actividades humanas son vertidas en mares y ríos sin tratamiento, contribuyendo a la contaminación de estos.

2.4 Acuerdo de París

En diciembre de 2015 se celebró la Conferencia sobre el Clima de París (COP21), dando lugar al primer acuerdo universal y vinculante sobre el cambio climático del que formarán parte 197 Estados.

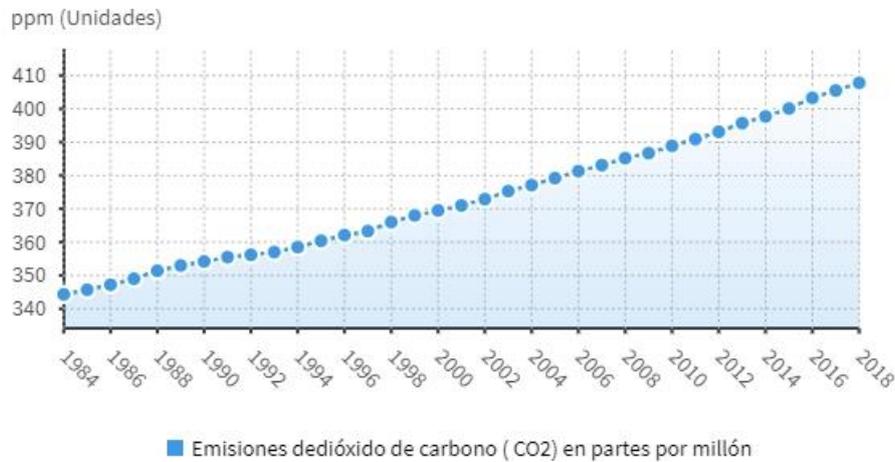
Dicho acuerdo entró en vigor el 4 de noviembre de 2016 cuando fue ratificado por 55 países que representan el 55% de las emisiones mundiales.

La importancia del Acuerdo de París reside en el nacimiento de un objetivo común, aunando fuerzas para combatir el cambio climático. El objetivo principal es el de mantener la temperatura mundial por debajo de los 2°C respecto a los niveles preindustriales, y poder limitar el crecimiento incluso por debajo de 1,5°C.

Y es que según los datos del boletín de gases de efecto invernadero (GEI) de la OMM, en el 2018, los niveles de dióxido de carbono (CO₂) alcanzaron un nuevo máximo, llegando a las 407,8 partes por millón, aumentando en 2,3 ppm respecto al año 2017.

En la siguiente gráfica podemos observar la curva ascendente de las emisiones de CO₂ en ppm:

Gráfica 2: Evolución emisiones CO₂ 1984-2018 en partes por millón.



Fuente: Organización Meteorológica Mundial, 2019.

El CO₂ no es el único gas que favorece el efecto invernadero, pero sí el principal gas de larga duración en la atmósfera relacionado con la actividad humana.

Como se ha comentado previamente, en 2018 se alcanzó un récord histórico, un 147% más del nivel preindustrial de 1750.

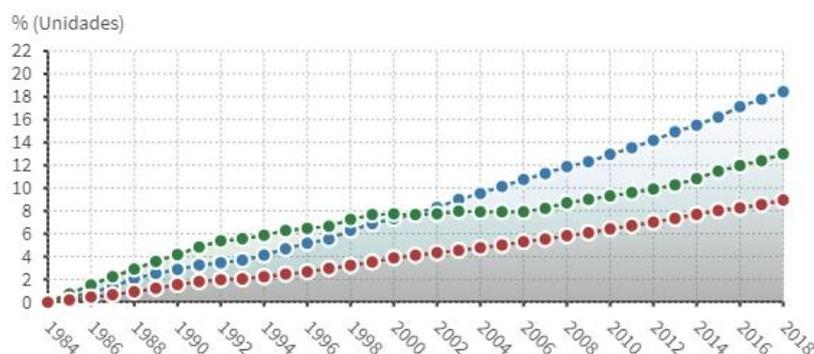
También encontramos otros gases como el metano (CH₄), segundo gas en contribución al efecto invernadero, que en 2018 alcanzó su máximo valor, situándose en el 259% del nivel de la era preindustrial. Este gas procede en su mayoría de fuentes como el cultivo del arroz, vertederos, combustión de biomasa o de combustibles fósiles, mientras que en un 40% procede de fuentes naturales.

Por último, encontramos el óxido de nitrógeno, que en 2018 se situó en un 123% por encima de los niveles preindustriales. Dicho gas procede en su mayoría de fuentes naturales.

Dentro de los gases de larga duración, prácticamente el 80% de emisiones de CO₂ ha sido producida en los EE. UU. desde 1990.

En la Gráfica 3. podemos observar el incremento de los gases nocivos que contribuyen al efecto invernadero, en azul (CO₂, dióxido de carbono), verde (CH₄, metano) y rojo (NH₂, radical amino) y su evolución en los últimos años.

Gráfica 3. Variación en porcentaje de las emisiones de gases de efecto invernadero desde el año 1984 hasta el 2018.



Fuente: Organización Meteorológica Mundial, 2019.

Para hacer una comparación de la concentración de gases de efecto invernadero en la Tierra tenemos que remontarnos hace 3 millones de años, donde la temperatura apenas era entre 2°C y 3°C más cálida que la actual y el nivel del mar era superior, entre 10 y 20 metros.

Ultimando detalles y negociaciones sobre cómo aplicar el Acuerdo de París, en la COP24, celebrada en Polonia en 2018, se establecieron las directrices para implementar dicho plan a través del “Paquete de Katowice”, en el que se determinaron las medidas necesarias.

Según el grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), para la consecución del principal objetivo del Acuerdo de París, será necesario reducir las emisiones del CO₂ en un 45% hasta el 2030 (respecto a los niveles del 2010).

En el Paquete de medidas se estableció que cada país debería presentar las contribuciones que llevarían a cabo individualmente, aunque hasta el 2020 no era obligatoria su presentación, así como reflejar las responsabilidades comunes y capacidades disponibles.

Se ha tenido en cuenta las consecuencias que ya están sufriendo algunos países a causa del cambio climático, por ello, las Partes en el Acuerdo de París, utilizarán el “Mecanismo Internacional de Varsovia de Pérdidas y Daños” para ayudar a aquellos países que hayan sufrido impactos del cambio climático y que no tengan recursos para hacer frente a dichas pérdidas.

En cuanto a la financiación, los países desarrollados deberán liderar la movilización de recursos financieros, por ello se han comprometido a la aportación de 100.000 millones de dólares anuales hasta 2025.

2.5 Pacto Verde Europeo

Europa pretende liderar la transición hacia un planeta más eficiente, a través de una estrategia de crecimiento transformando la UE en una economía más circular y competitiva. En diciembre de 2019, la Comisión Europea presentó la Comunicación sobre el Pacto Verde Europeo.

El ambicioso objetivo del Pacto Verde Europeo será convertir a Europa en el primer continente climáticamente neutro, fijándose como fecha límite el 2050.

Desde 1990 hasta el 2018 se redujeron las emisiones de gases de efecto invernadero en un 23%, a la par que la economía creció un 61%, y se prevé que para el 2050 las emisiones solo se reducirán en un 60%, lo cual dista mucho del objetivo de la UE en materia de cambio climático, por lo que para lograr la neutralidad climática será necesaria establecer una serie de políticas y mecanismos eficaces, a su vez aplicando los Objetivos de Desarrollo Sostenible y en concordancia con el Pacto de París.

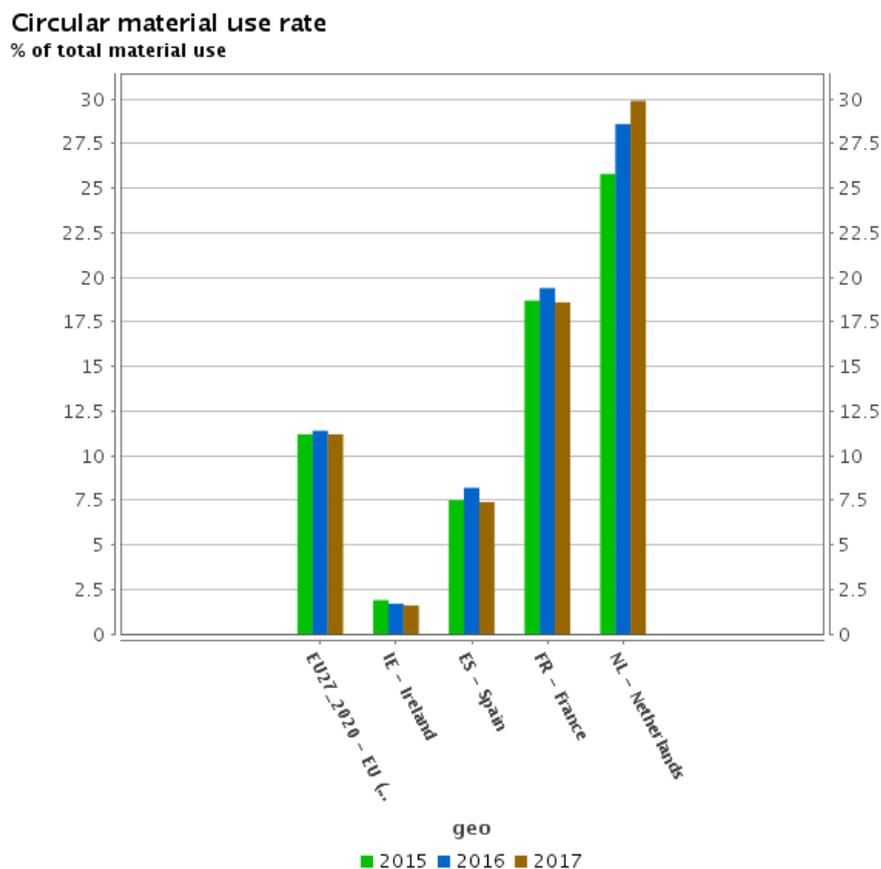
En relación con las políticas referentes a la perspectiva de 2030, la Comisión Europea presentará medidas para la consecución del objetivo de reducción de gases efecto invernadero como mínimo al 50% para el año 2030, siempre teniendo en cuenta el objetivo final en el horizonte 2050 de neutralidad climática, que será posible haciendo hincapié en los sectores clave tales como la energía, el transporte, la industria, la agricultura, silvicultura y los residuos.

La transición hacia una economía circular y climáticamente neutra exige la movilización de la industria, y serán necesarios 25 años para la transformación del sector industrial y de las cadenas de valor.

La mitad de las emisiones, prácticamente la totalidad de la pérdida de la biodiversidad y la escasez hídrica proviene de la extracción de recursos y transformación de estos, por ejemplo, combustibles, alimentos y construcción. Continuamos estancados en una economía "lineal", donde apenas el 12% de los materiales que utiliza la industria son reciclados.

En la Gráfica 4, se muestra la proporción de material recuperado y retroalimentado en la economía en la UE. Dos de los países con mayor tasa de circularidad dentro de la UE son los Países Bajos, que encabezan la lista con una tasa del 29,9%, muy por encima de la media de la UE, en segundo lugar, encontramos a Francia con una tasa del 18,6%. En la gráfica, a modo de comparación observamos que España alcanza una tasa de circularidad del 7,4%, mientras que el país con menor tasa es Irlanda con apenas un 1,6%.

Gráfica 4. Porcentaje total del uso de material circular en los años 2015-2017 de la media de la UE, Irlanda, España, Francia y Países Bajos.



Fuente: Elaboración propia en base a los datos del Eurostat, 2020.

Existen mercados con potencial para desarrollar tecnologías con bajas emisiones, productos y recursos eficientes, aunque dicha transformación no alcanza el ritmo deseado para el cambio. El Pacto Verde tratará de impulsar y respaldar la transformación de la industria hacia un modelo más sostenible.

Las industrias de mayor consumo energético como las de acero, química, y cemento son imprescindibles en la economía, por lo que es primordial hacer hincapié en este sector.

Se han publicado una serie de recomendaciones de un grupo de expertos representantes de once industrias que representan la mayoría del consumo energético en la UE, con el objetivo de transformar las industrias con mayor consumo energético.

En síntesis, las recomendaciones han sido la creación de mercados para productos neutros y circulares, así como concienciar a los consumidores para

elegir y valorar con mayor conocimiento de causa. En segundo lugar, se centra en desarrollar proyectos sobre tecnologías limpias mediante la ayuda de fondos de la UE y con financiación privada, por último, priorizar alternativas de fuentes y energías limpias y neutras.

En relación con el presupuesto para financiar el Pacto Verde, la cantidad a desembolsar será una considerable suma de dinero, tanto de inversión pública como a través fondos privados de instrumentos financieros de la UE, entre ellos, InvestEU, estaríamos hablando de financiación alrededor de un billón de euros. El Mecanismo para una Transición Justa (MTJ) también participará aportando financiación y apoyando a los países que más lo necesiten, así como la financiación privada del Banco Europeo de Inversiones.

El plan de Inversiones del Pacto Verde Europeo estimulará dicha financiación hacia una economía competitiva, sostenible e inclusiva, y se basará en tres principios:

- Financiación: Se desembolsará acerca de un billón de euros, histórico porcentaje de gasto público del presupuesto de la UE dedicado al cambio climático y el medioambiente.
- Capacitación: Incentivos para orientar inversiones públicas y privadas a la acción por el clima y aprobando ayudas estatales para favorecer la transición en algunas regiones.
- Apoyo práctico: Apoyo a autoridades para la ejecución de proyectos sostenibles.

Por otra parte, el Mecanismo para una Transición Justa contribuirá con al menos 100.00 millones de euros en el periodo 2021-2027 en las regiones con menos recursos para reducir el impacto socioeconómico.

La financiación se basará en tres pilares:

- Fondo de Transición Justa, que obtendrá 7.500 millones de euros de fondos de la UE. Además, los estados miembros tendrán que hacer una aportación de un euro por cada euro del Fondo de Transición Justa con cargo al Fondo Europeo de Desarrollo regional, lo cual generará entre 30 y 50 millones de euros de financiación. Principalmente, el Fondo va dirigido a trabajadores y PYMES en su labor de formación orientada al mercado laboral del futuro, creando nuevas oportunidades económicas y de empleabilidad en estas regiones. También impulsará el cambio al uso de energías más limpias y eficientes.
- Los presupuesto de la UE respaldarán el mecanismo de préstamos al sector público del Banco Europeo de Inversiones, otorgando un crédito de entre 25 y 30.000 millones de euros.
- Régimen de transición específico con cargo a InvestEU, que movilizará inversiones de hasta 45.000 millones de euros.

3. RESIDUOS Y TRATAMIENTOS

3.1 Tipo de residuos

La importancia de la clasificación de los residuos producidos en función de su estado, composición o peligrosidad reside en su posterior gestión, almacenamiento y tratamiento, por lo que en primer lugar, resulta relevante conocer la definición de residuo así como su clasificación.

Según la Real Academia Española (RAE), se define residuo como “material que queda como inservible después de haber realizado un trabajo u operación”. Y es que esta palabra tiene un significado muy amplio, pero existe un marco regulatorio que exige una definición más precisa de su significado, ya que resulta primordial conocer la acotación jurídica de los residuos, tal como se presenta en la Comunicación interpretativa sobre residuos y subproductos (COM/2002/0059) donde la Comisión ya enfatiza la necesidad de distinguir entre lo que es un residuo y lo que no lo es “a efectos de aplicación de la legislación ambiental, es necesario delimitar claramente en cada caso las dos situaciones jurídicas: residuos o no residuos”.

Según la ley, la Directiva 2006/12/CE, derogada en 2010 por la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008, sobre los residuos, y por el que se define residuo como “cualquier sustancia u objeto del cual su poseedor se desprenda o tenga la intención o la obligación de desprenderse”.

Por otro lado, se hace referencia al residuo de producción, el cual no es resultado final del proceso de fabricación. Además, aunque un material sea considerado residuo de producción, no se considera “residuo”, existiendo una normativa específica y detallada en materia. Se establecen por lo tanto criterios para discernir residuos y subproductos derivados del proceso productivo.

a) No se considera residuo derivado de un proceso de producción aquel donde la reutilización del material es posible sin necesidad de transformación previa.

b) El subproducto derivado del proceso productivo debe ser un material cuya utilización sea lícita en el marco establecido por la legislación.

c) La reutilización del producto tiene que beneficiar económicamente al poseedor.

d) Ante la inexistencia de que el material sea utilizable, o no existiera mercado para él, entonces se consideraría definitivamente residuo.

No existe un criterio único para la clasificación de los residuos, pero fundamentalmente podemos distinguir residuos en función de su origen, composición y peligrosidad.

Residuos según su origen:

- Residuos domésticos: Aquellos residuos generados en el hogar derivados de actividades domésticas, a su vez pueden clasificarse en:
 - Biorresiduos: Se trata de residuos orgánicos biodegradables de origen natural o vegetal, susceptibles de degradarse biológicamente, principalmente restos de comida, o derivados de su manipulación, así como restos vegetales como leña o procedentes de la poda.
 - Envases ligeros: Cualquier tipo de embalaje utilizado para contener, proteger mercancías, en cualquier fase de la cadena de fabricación, distribución y consumo.
 - Papel y cartón: Fabricados principalmente a partir de fibra de celulosa virgen obtenida de especies vegetales o recuperada a partir de papel y cartón usados.
 - Vidrio: Principalmente vidrios de silicatos, sustancias que contienen una elevada proporción de sílice (SiO_2) y que normalmente forman vidrios en condiciones de enfriamiento a partir del estado fundido.
 - Aparatos eléctricos y electrónicos: El régimen jurídico de los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE), y el de sus residuos (RAEE) se estableció a nivel comunitario a través de la Directiva 2002/95/CE, del Parlamento Europeo y el Consejo, de 27 de enero de 2003 sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en AEE (Directiva ROHS1) y la Directiva 2002/96/CE del Parlamento Europeo y el Consejo, de 27 de enero de 2003, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (Directiva RAEE1). Ambas directivas fueron traspuestas al ordenamiento jurídico español a través del Real Decreto 208/2005, de 25 de febrero, sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos.
 - Pilas y baterías: Por un parte la pila, constituida por uno o varios elementos primarios (no pueden ser regenerados y por tanto no son recargables) y por otra el acumulador, constituido por uno o varios elementos secundarios (pueden ser regenerados y por tanto son recargables).
 - Textil y calzado: La ropa, calzado, productos textiles en general, una vez usados se convierten en residuos.
 - Medicamentos.
 - Aceites de cocina: Grasas de origen animal o vegetal utilizado en el cocinado de alimentos en el hogar, hostelería y restauración.
 - Otros: En esta categoría se incluyen textil sanitario (pañales, compresas, etc.), productos de aseo (maquinilla de afeitado, cepillo de dientes y preservativos), residuos de limpieza (polvo de barrer), elementos cerámicos (platos, tazas y similares), fotografías,

tarjetas de crédito, es decir, todos aquellos residuos que no estén sujetos a recogidas separadas.

- Residuos comerciales: Son aquellos residuos generados por la actividad comercial, tales como hostelería, restauración, oficinas, servicios en general.
- Residuos industriales: Los generados en la actividad industrial como resultado de procesos de fabricación, transformación, limpieza, y consumo, excluidas las emisiones a la atmósfera reguladas en la Ley 34/2007.
- Escombros y residuos de la construcción (RCD): Los derivados de la construcción, rehabilitación o demolición de un bien inmueble, así como la realización de trabajos que modifiquen la forma o sustancia del terreno.
- Residuos sanitarios: Residuos generados en centros sanitarios y veterinarios, incluidos los envases.
- Residuos mineros: Residuos derivados de la extracción mediante la perforación o el tratamiento del material extraído.
- Residuos radiactivos: Residuos con elementos químicos radioactivos.
- Subproductos animales (SANDACH): Productos de origen animal no aptos para el consumo humano, derivados de la producción ganadera, de la transformación de alimentos, etc.

Residuos según su peligrosidad:

- Residuos inertes: El Real Decreto 1481/2001 define “residuos inertes” como aquellos residuos que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas de gran importancia, tampoco son solubles ni tienen peligro de combustión, no reaccionan ni física ni químicamente, no son biodegradables, no afectan a los materiales con los que entran en contacto, tienen una emisión reducida de lixiviados, son poco tóxicos, y no suponen ningún riesgo para las aguas superficiales o subterráneas.
- Residuos peligrosos: La Ley 22/2011 de residuos y suelos contaminados define “residuo peligroso” como aquel que presenta una o varias características de peligrosidad enumeradas en su anexo III, modificado por el Reglamento 1357/2014, de 18 de diciembre por el que se modifica el anexo III de la Directiva 2008/98 /CE.
- Residuos no peligrosos: Aquellos que no presentan características de peligrosidad definidas en el Reglamento 1357/2014 de la comisión de 18 de diciembre de 2014 tales como materiales explosivos, irritantes, inflamables, tóxicos, corrosivos, mutágenos, infecciosos o ecotóxicos.

[3.2 Generación y tratamiento de residuos en la Unión Europea](#)

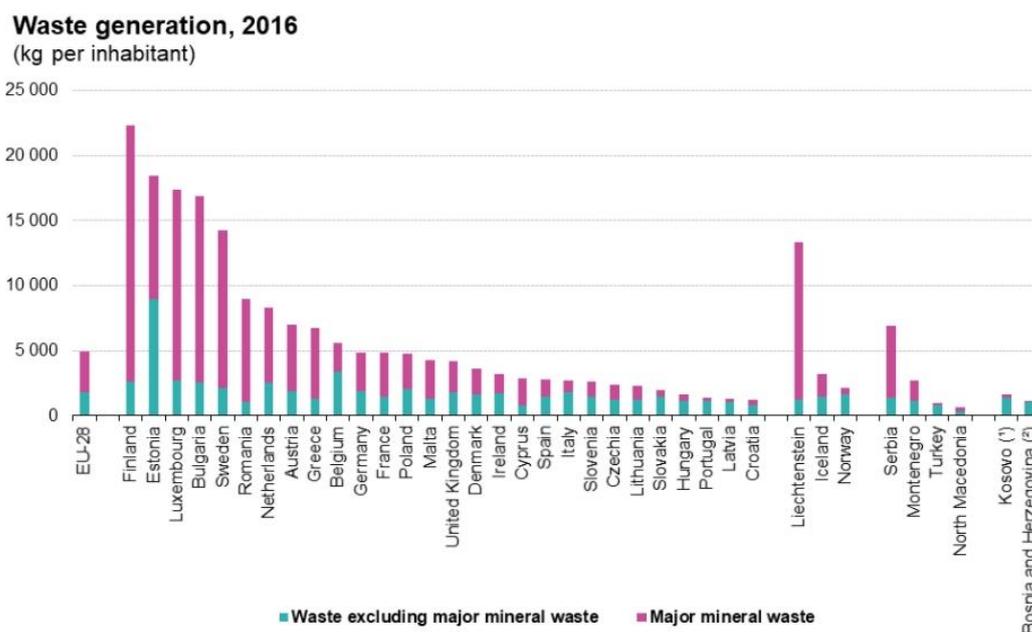
Los residuos generados en el año 2016 en la UE sumaron un total de 2.538 millones de toneladas. Esta cantidad debe relacionarse con la población y la economía de cada país, ya que tienen una influencia significativa en la

generación de residuos. Por ejemplo, en los países más pequeños la generación de residuos se correspondió con el tamaño del país, siendo superior en aquellos países con más población y mayor potencial económico. A pesar de ello, en Bulgaria y Rumanía las cantidades generadas de residuos fueron relativamente elevadas, mientras que en Italia el resultado fue el contrario.

En cuanto a las actividades destacadas en la generación de residuos en 2016, destaca la construcción que generó un 36,4% de los residuos, en segundo lugar, las actividades extractivas fueron responsables del 25,3%, la industria manufacturera contribuyó en un 10,3%, los servicios de agua y residuos en un 10% y los hogares un 8,5%, la minoría fue principalmente por actividades económicas como servicios 4,6% o energía 3,1%.

Como se ha comentado previamente, la generación de residuos está estrechamente ligada al desarrollo económico del país y la población, aunque se encuentran algunas excepciones como en Finlandia, donde por término medio se generaron en 2016 22,4 toneladas de residuos, cifra que cuadriplica la cantidad de residuos medios generados en la UE por habitante (5 toneladas).

Gráfica 5. Generación de residuos en el 2016, kg por habitante.



Fuente: Eurostat, 2018.

Excluyendo los residuos minerales, los residuos generados en 2016 por la actividad económica en la UE principalmente se corresponden con los servicios de gestión hídrica y residuos (228 millones de toneladas), los hogares (209 millones de toneladas) y fabricación (191 millones de toneladas).

A lo largo del tiempo, la generación de residuos en las diferentes actividades ha evolucionado de forma muy dispar. En el periodo de tiempo entre el 2004 y el

año 2016, los servicios hídricos y de residuos han experimentado un crecimiento abrumador del 105,7%, mientras que en los hogares la generación de los residuos ha mantenido cierta estabilidad, apenas ha incrementado en un 2%, mientras que la generación de residuos en las actividades de fabricación disminuyó casi en un 30%.

En relación con la generación de residuos peligrosos, 100,7 millones de toneladas, alrededor de un 4% del total de los residuos fueron clasificados como peligrosos. Esta cifra se ha incrementado en los últimos años, aumentando un 4,9% la generación de residuos en 2016 respecto al 2010. Los países que destacan en la generación de residuos peligrosos fue Estonia, debido a la producción de energía, y Serbia, como consecuencia de actividades extractivas.

En cuanto al tratamiento de los residuos, cerca de 2.400 millones de toneladas de residuos fueron tratados, excluyendo los residuos exportados, pero sí los importados, lo que dificulta la comparación con la generación de residuos.

Las principales formas de tratamiento son la valorización de residuos o la eliminación. En el siguiente gráfico se muestra cómo ha evolucionado el tratamiento de residuos en los últimos años en sus dos categorías.

Los residuos que han sido valorizados, por ejemplo usados como relleno (en zonas excavadas, seguridad o ingeniería paisajística) o bien incinerados para su recuperación energética, se incrementó en un 28,2% en el 2016 respecto al año 2004, pasando de 960 millones de toneladas a 1.231 millones de toneladas, respectivamente. La valorización de los residuos se incrementó prácticamente un 8% en el año 2016 respecto al 2004.

Por su parte, la cantidad de residuos eliminados pasó de 1.154 millones de toneladas en 2004 a 1.081 millones de toneladas en 2016, una reducción del 6,3%, lo que resulta positivo pero escaso.

En 2016, poco más de la mitad de los residuos tratados en la UE (53,2%), fueron tratados para su valorización, ya que de este 53,2%, la gran mayoría se recicló (37,8%), el 9,9% se utilizó como relleno y apenas el 5,6% se valorizó energéticamente.

Por su parte, el 46,8% fue eliminado, bien mediante depósito en vertedero (38,8%), incineración (1%), u otras formas de eliminación (7%). Además, encontramos diferencias muy dispares entre los distintos estados miembros y las formas de tratamiento por las que optan. Italia y Bélgica son ejemplo de unos porcentajes de reciclado elevados, en cambio, otros como Grecia, Bulgaria, Rumanía, Finlandia o Suecia se decantan por el tratamiento en vertederos. En la siguiente tabla se muestran las diferencias de tratamientos en los países miembros.

Tabla 1. Generación de residuos y tratamiento países UE, en % del total, año 2016.

Waste treatment, 2016

(% of total)

	Recovery			Disposal	
	Recycling	Backfilling	Energy recovery	Landfill and other	Incineration without energy recovery
EU-28	37.8	9.9	5.6	45.7	1.0
Belgium	76.9	0.0	12.6	6.4	4.1
Bulgaria	5.2	0.0	0.4	94.4	0.0
Czechia	49.5	29.0	4.5	16.6	0.4
Denmark	51.4	0.0	19.5	29.1	0.0
Germany	42.7	26.6	11.3	18.1	1.2
Estonia	21.6	11.2	2.5	64.7	0.0
Ireland	10.6	46.0	4.8	38.4	0.3
Greece	4.8	0.0	0.3	94.8	0.0
Spain	37.1	5.7	3.6	53.6	0.0
France	55.0	10.3	5.4	27.6	1.6
Croatia	47.2	4.0	1.0	47.8	0.0
Italy	78.9	0.1	4.0	14.2	2.7
Cyprus	10.4	28.0	3.8	57.8	0.0
Latvia	71.7	1.1	6.8	20.3	0.0
Lithuania	33.4	4.1	5.8	56.6	0.0
Luxembourg	34.8	24.2	2.1	39.0	0.0
Hungary	54.1	3.7	7.4	34.2	0.6
Malta	19.1	63.4	0.0	17.2	0.4
Netherlands	45.6	0.0	7.6	46.0	0.9
Austria	37.0	11.0		45.9	
Poland	46.2	22.2	3.3	28.0	0.4
Portugal	43.5	9.5	12.1	34.7	0.2
Romania	4.0	0.4	1.4	94.1	0.1
Slovenia	60.2	27.2	4.8	6.9	0.8
Slovakia	40.0	4.7	7.0	47.8	0.5
Finland	7.4	0.0	4.5	88.0	0.0
Sweden	12.0	4.9	6.6	76.3	0.2
United Kingdom	48.5	7.8	3.4	37.5	2.7
Iceland	25.0	51.0	0.4	22.3	1.3
Norway	43.5	2.6	34.0	19.5	0.5
Montenegro	0.8	0.0	0.2	98.9	0.0
Serbia	2.8	0.8	0.2	96.3	0.0
Turkey	33.0	0.0	0.8		0.2
Kosovo (*)	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0

Fuente: Eurostat, 2018.

Del total de los residuos peligrosos, en 2016, 76,8 millones de toneladas fueron tratadas en la UE, de los cuales, más de la mitad fueron tratados en Alemania (28%), Bulgaria (17,2%) y Estonia (12,5%). De estos residuos, un 33,9% fueron depositados en vertedero, sometiéndose al tratamiento en medio terrestre y liberando masas de agua, cantidad que equivale a 51 kg por habitante.

Por otra parte, el 5,9 % de los residuos peligrosos se incineraron sin valorización energética, unos 9 kg por habitante, y por último, la valorización energética fue utilizada para el 7,7% de los residuos peligrosos, unos 12 kg por habitante.

El reciclado de residuos peligrosos tuvo un peso considerable en el año 2016, un 35,4%, que fue valorizado mediante el reciclado o utilizado como relleno, lo que equivale a 53 kg por habitante.

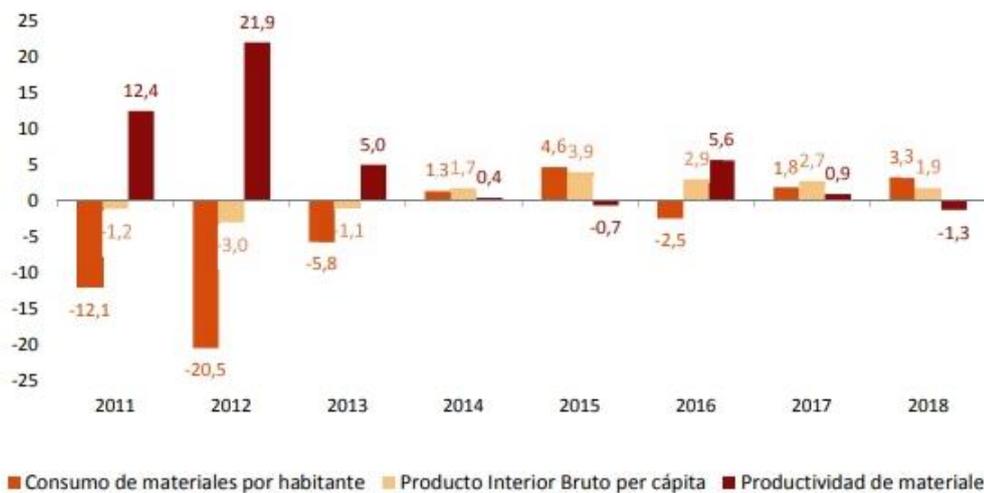
3.3 Generación de residuos en la economía española

El consumo de materiales (sólidos, líquidos y gaseosos) en España aumentó un 3,7% en 2018, alcanzando las 423 millones de toneladas según el informe ambiental proporcionado por el Instituto Nacional de Estadística (INE).

La cantidad de Producto Interior Bruto (PIB) generado por cada unidad de consumo de materiales, fue de 2.764,3€/ tonelada, disminuyendo en un 1,3% respecto al año anterior. Además, se incrementó en un 3,3% el consumo de materiales por habitante, siendo de 9,1 toneladas.

En la siguiente gráfica podemos observar la evolución de las principales tasas de variación anuales en función del consumo por habitante, PIB per cápita y la productividad de los materiales.

Gráfica 6. Tasas de variación anuales en porcentaje de consumo, PIB y productividad de los materiales desde el año 2011 hasta el año 2018.



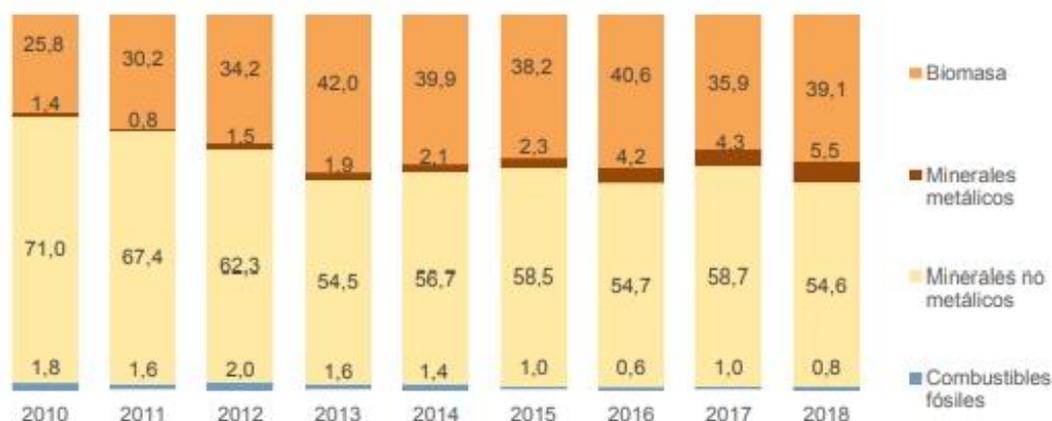
Fuente: Instituto Nacional de Estadística, 2019.

Según el informe del INE, de las casi 423 millones de toneladas consumidas a nivel nacional, se extrajeron 350.022,7 mil toneladas en el país, tratándose el resto de importaciones.

Del total de los materiales extraídos a nivel nacional en el 2018, destacaron los minerales no metálicos con 191 millones de toneladas, principalmente la piedra caliza, el yeso y la arena, y la biomasa (frutas, hortalizas y cereales) con 137 millones de toneladas. La extracción de minerales no metálicos se vio reducida en un 1,5% respecto al 2017, mientras que la biomasa aumentó más de un 15%.

La sociedad consumista en la que vivimos hace que cada año aumente no solo los materiales, recursos y materias primas consumidas, sino también la cantidad de residuos generados.

Gráfica 7. Distribución extracción nacional en porcentaje desde el año 2010 al 2018.



Fuente: Instituto Nacional de Estadística, 2019.

En 2017 la economía española generó 132,1 millones de residuos, esto supone un 2,3% más que en el 2016, según informa el INE en la Cuenta de los residuos.

En su descomposición, se generaron 128,9 millones de toneladas de residuos no peligrosos, mientras que 3,2 millones se correspondieron con residuos peligrosos. En ambos casos se produjo un incremento respecto al año anterior, un 1,6% y 2%, respectivamente. En la siguiente tabla se muestran los diferentes tipos de residuos generados durante el año 2017, y la tasa de variación respecto al año anterior.

Tabla 2 Residuos generados por tipo de residuo en España en el 2017.

Residuos generados por tipo de residuo². Año 2017

Unidad: miles de toneladas

	Total	Tasa anual	No peligrosos	Tasa anual	Peligrosos	Tasa anual
Residuos generados	132.119,3	2,3	128.884,6	2,0	3.234,7	1,6
Minerales	69.079,7	3,1	68.432,8	3,0	646,9	6,4
Residuos mezclados	35.886,5	2,8	35.811,7	2,8	74,8	-4,6
Animales y vegetales	8.910,2	-5,0	8.910,2	-5,0	..	..
Metálicos	5.842,7	2,5	5.842,7	2,5	..	..
Papel y Cartón	3.624,7	2,7	3.624,7	2,7	..	..
Químicos	2.436,8	-1,0	925,1	-6,4	1.511,7	2,5
Lodos comunes	1.579,4	8,3	1.579,4	-8,3	..	..
Equipos desechados	1.215,7	1,0	248,8	-1,8	966,9	1,7
Madera	1.173,3	9,7	1.172,2	9,7	1,1	-27,9
Vidrio	1.122,5	-4,4	1.122,5	-4,4	0,0	-94,5
Plásticos	758,4	3,7	758,4	3,7	..	..
Otros	489,4	11,5	456,1	-5,4	33,3	-52,8

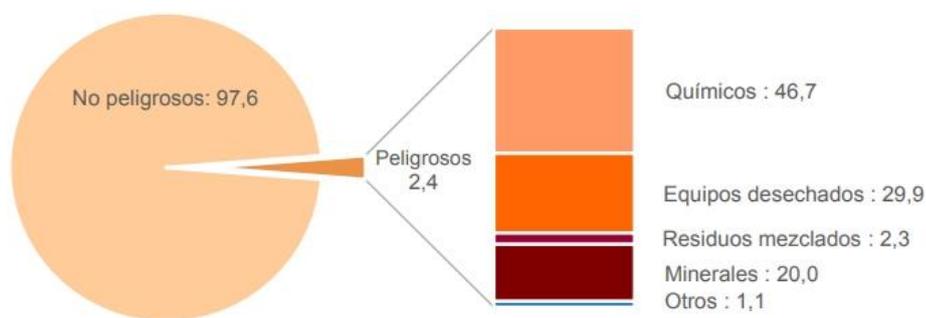
Fuente: Instituto Nacional de Estadística, 2019.

Como podemos observar, predominan los residuos minerales (69 millones), ya que suponen más de la mitad del total de los residuos generados. En segundo lugar encontramos los residuos mezclados, que prácticamente alcanzan las 36 millones de toneladas, y en tercer lugar encontramos los residuos de animales y vegetales (8,9 millones).

Por otra parte, del total de los residuos generados (123 millones de toneladas), el 97,6% se correspondió con residuos no peligrosos, tratándose el 2,4% de residuos peligrosos. La mayoría de los residuos peligrosos son residuos químicos (46,7%), el 29,9% pertenece a equipos desechados y el 20% restante residuos minerales.

Gráfica 8 Residuos generados en la economía española y su descomposición en el año 2017.

Residuos generados en la economía española (porcentaje). Año 2017



Fuente: Fuente: Instituto Nacional de Estadística, 2019.

3.4 Estadísticas sobre generación de residuos por sectores de actividad

El 82,9% de los residuos generados en 2017 pertenecen a los sectores de actividad, mientras que el 17,1% restante se corresponde a los hogares.

Los sectores de actividad que experimentaron los mayores incrementos respecto al año anterior fueron la Industria, con un incremento del 7%, y el Suministro de agua, saneamiento, gestión de residuos y descontaminación, alcanzando un incremento del 5,6%. En cambio, la generación de residuos en Servicios disminuyó un 13,4%, mientras que la Construcción experimentó una reducción apenas del 1,3%.

En función del tipo de residuo, los principales residuos generados por la Industria fueron residuos minerales (62,6% del total) y residuos mezclados (15,4%). A pesar de esto, las actividades que generaron mayor cantidad de residuos en el 2017 fueron la Industria (31,1% del total) y la construcción (26,8%).

Gráfica 9 Residuos generados por sectores de actividad y hogares en porcentaje en el año 2017.

Residuos generados por sectores de actividad y hogares (porcentaje). Año 2017



Fuente: Instituto Nacional de Estadística, 2019.

Por su parte, en los hogares se generaron un 2,9% más de residuos respecto al 2016, destacando los residuos mezclados mayoritariamente (84,1%), papel, cartón (4,7%) y vidrio (3,6%).

En cuanto al tratamiento final de los residuos en la economía española, se incrementó en un 8,2% respecto al año anterior, lo que supuso que del total de los residuos generados (132,1 millones de toneladas), 115,5 millones de toneladas de residuos fueran tratados.

Los datos revelan que se trataron 113,2 millones de toneladas de residuos no peligrosos, un 8,2% más que en el 2016 y 2,3 millones de no peligrosos, incrementándose un 7,7% respecto al año anterior.

De los tratamientos realizados, un 53,9% de los residuos fueron a parar a vertederos, un 3,7% fueron reutilizados, el 3,5% incinerados y tan solo el 38,9% fue reciclado.

En 2017 fueron recicladas 44,9 millones de toneladas de residuos, incrementándose un 13,5% respecto al año anterior. Destaca el peso de los residuos minerales, ya que supuso el 45,4% del total, en segundo lugar los residuos metálicos cuyo peso es del 23,6% y el papel y cartón con un 8,6%.

Los residuos reciclados que tuvieron mayores tasas de crecimiento respecto al año 2016 fueron los minerales, que experimentaron un crecimiento del 26,2%, y los metálicos, cuyo crecimiento fue del 16,6%, en cambio los plásticos se redujeron en un 21,5% respecto al año anterior.

Tabla 3 Reciclado por categoría de residuos en el año 2017.

Reciclado por categoría de residuos. Año 2017
Unidad: miles de toneladas

Residuos reciclados (por tipos)	Reciclado	%	Tasa anual
TOTAL	44.921,8	100,0	13,5
Minerales	20.405,9	45,4	26,2
Metálicos	10.595,2	23,6	16,6
Papel y Cartón	3.840,5	8,6	-5,7
Residuos mezclados	2.872,8	6,4	-5,1
Animales y vegetales	1.631,8	3,6	0,7
Lodos comunes	1.257,2	2,8	10,6
Químicos	1.114,7	2,5	-8,9
Madera	1.026,4	2,3	5,0
Vidrio	1.008,5	2,2	1,7
Equipos desechados	522,2	1,2	5,2
Plásticos	467,1	1,0	-21,5
Otros	179,5	0,4	1,3

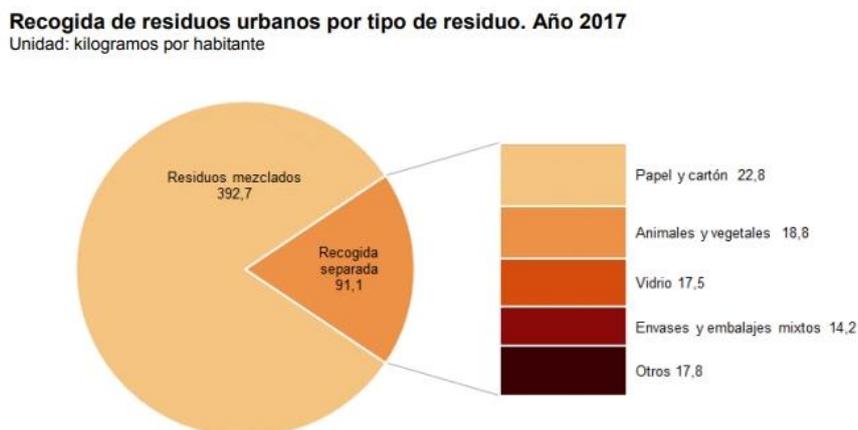
Fuente: Instituto Nacional de Estadística, 2019.

3.5 Estadísticas sobre recogida y tratamiento de residuos

En el año 2017 las empresas gestoras de residuos urbanos recogieron 22,5 millones de toneladas de residuos, casi un 3% más que el año anterior. Un total de 483,9 kilogramos de residuos urbanos por habitante. De estos, la mayoría, 392,7 kg se corresponden con residuos mezclados, y 91,1 kg de recogida separada (18,7%).

En la siguiente gráfica observamos la recogida de residuos urbanos por tipos en el año 2017.

Gráfica 10 Recogida de residuos urbanos por tipo de residuo en porcentaje en el 2017.



Fuente: Instituto Nacional de Estadística, 2019.

Los residuos que fueron recogidos de forma separada de papel y cartón aumentaron prácticamente en un 4%, los residuos de animales y vegetales un 5% y los de vidrio un 2,3%. Los que mayor incremento experimentaron, un 48%, fue la categoría de “otros”, debido al incremento de residuos de madera, construcción y demolición.

En cuanto a la recogida de residuos urbanos por comunidad autónoma, la Comunidad Valenciana se encuentra en el cuarto lugar en el ranking de recogida de residuos urbanos en el año 2017, ya que se recogieron 2.434,7 miles de toneladas de residuos. En los primeros puestos encontramos a Andalucía (4,4 millones de toneladas), Cataluña (3,7 millones de toneladas) y Comunidad de Madrid (2,6 millones de toneladas).

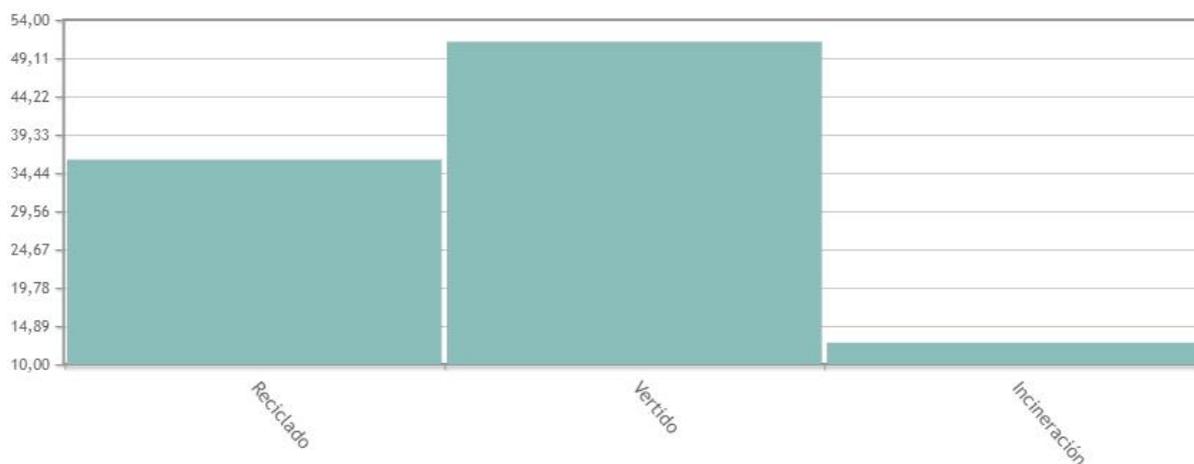
3.6 Tipos de tratamiento

En esta sección evaluaremos los tratamientos en función del tipo de residuo. Ligado al tratamiento de los residuos se hace hincapié en la tecnología existente, cuyo objetivo principal es la modificación de las características de un residuo para la recuperación de materiales o sustancias valorizables como la obtención de energías u otros productos, así como la adecuación para el depósito de residuos en vertederos y posterior eliminación.

El tratamiento que recibe cada residuos es diferente en función de las características, y principalmente depende de si su recogida es mezclada o separada.

El tratamiento que reciben los residuos urbanos se puede clasificar principalmente en tres bloques, reciclado (36,11%), vertido (51,16%) e incineración (12,73%).

Gráfica 11 Tratamiento de residuos en el año 2017.



Fuente: Instituto Nacional de Estadística, 2019.

3.7 Reciclaje

3.7.1 Tratamientos biológicos residuos sólidos urbanos

Se trata de operaciones de tratamiento por biodegradación de materia orgánica, tanto de recogida separada de la fracción orgánica de los residuos urbanos (FORSU) como en la fracción resto donde no existe dicha recogida separada, en este caso, será necesario combinarlo con tratamientos mecánicos.

El incremento de la recogida separada de los residuos y la separación orgánica ha propiciado el desarrollo de nuevos tratamientos como el compostaje y la biometanización.

A pesar de que la inversión inicial es superior en la biometanización, debido al proceso más complejo, esta presenta una ventaja respecto al compostaje, ya que en este proceso no solo se consume energía, sino que se produce (biogás), además contribuye disminuyendo la producción de gases causantes del efecto invernadero.

Compostaje

El compostaje es un proceso mediante el que, bajo condiciones de ventilación, temperatura y humedad se transforman los residuos orgánicos degradables en un material llamado compost. Dicho producto resultante aporta materia orgánica al suelo entre otras funciones como, aporte de elementos nutritivos, reducción del parasitismo y el ahorro de agua, ya que contendrá menor carbono, proteínas y agua que las materias primas, pero mayor humus, componente primordial en la fertilidad de los suelos.

Los beneficios del compost son múltiples, aplicaciones agrícolas, mejora el suelo, incrementando su fertilidad y productividad, contribuye a la retención del agua, y por lo tanto permite un ahorro económico, minimizando la necesidad de fertilizantes, plaguicidas y agua. Por otra parte contribuye a la degradación de algunas sustancias tóxicas y retiene metales pesados, además de eliminar ciertos patógenos y parásitos. En general, el tratamiento favorece que la materia orgánica vuelva al suelo así como la reinserción en los ciclos naturales.

Biometanización

Se trata de un proceso, en ausencia de oxígeno, en el que ciertos microorganismos permiten transformar la materia orgánica en biogás, una mezcla de gases, principalmente metano y dióxido de carbono, aunque también otros gases minoritarios como vapor de agua. El biogás puede ser utilizado como combustible, debido a la gran capacidad calorífica, en calderas y turbinas,

El proceso de biometanización, produce más biogás y con mayor concentración de metano, si se digiere una mezcla de FORSU y lodos de EDAR (fuente primordial de nutrientes), mediante el proceso conocido como codigestión.

3.7.2 Tratamientos mecánicos de residuos sólidos urbanos

Este tipo de tratamiento se utiliza principalmente para la selección y clasificación de materiales mediante procesos mecanizados, para obtener las fracciones valorizables y prepararlas para su comercialización, y aquellos materiales que no puedan ser clasificados, se prepararán para procesarse térmicamente o depositarse en el vertedero.

Las instalaciones se clasifican en tres grandes tipos en función de la mecanización del proceso: manuales, semiautomáticas y automáticas. En España predominan las plantas semiautomáticas donde se procesan unas 2-3 toneladas/hora.

3.7.3 Tratamientos mecánicos-biológicos de residuos sólidos urbanos

Se trata de una combinación de procesos físicos y biológicos para el tratamiento de la materia orgánica. La primera etapa, es el tratamiento mecánico, que consiste en la recuperación de materiales valorizables y separación de materia orgánica y la segunda fase, son los tratamientos biológicos, tales como compostaje o biometanización.

Los objetivos principales son la reducción/eliminación de los residuos en los vertederos y minimización de los gases efecto invernadero o sustancias dañinas que puedan filtrarse en los suelos.

3.7.4 Otros tratamientos

Tratamientos de residuos en la industria cementera

La industria cementera es uno de los sectores que más recicla, utilizando residuos procedentes de la producción de sus productos tales como cenizas, lodos o residuos de construcción.

El coprocesado es utilizado por el sector cementero para fomentar la economía circular. Se trata de utilizar los residuos como materia prima o fuente de energía, bien para el reciclado o para su valoración energética.

Son múltiples los beneficios o ventajas que supone el uso de residuos en la fabricación del cemento tales como la reducción de emisiones de CO₂, evitar el depósito en vertederos o incluso la disminución de explotación de materias primas en canteras.

En el 2015 se utilizó 1,6 millones de toneladas de residuos o subproductos industriales para la producción de cemento, evitando el depósito final de estos residuos en el vertedero, además de evitar explotar recursos naturales equivalente a casi dos años de explotación. También supone un complemento a

la gestión de los residuos, utilizando instalaciones ya existentes como las fábricas de cemento para el tratamiento de estos, reduciendo el coste de inversión.

Con el fin de reducir el impacto ambiental, se convierten los residuos en combustibles más ecológicos para el uso en las fábricas.

Utilizando dicho combustible se evita el uso de combustibles fósiles, ya que un 26% de la energía que se consume procede de combustibles derivados de residuos. Al tratarse de una fuente de energía, se evita depositar 2,2 millones de toneladas de residuos/año, disminuyendo el uso de combustibles fósiles, gracias al alto poder calorífico que poseen los residuos se consigue reducir los costes energéticos que en el sector cementero tienen un peso importante, en torno al 40%.

En el 2017, se ahorró un total de más de 740.000 toneladas de CO₂ gracias a la sustitución del uso de residuos con biomasa en detracción de los combustibles fósiles.

Reciclaje de aceite industrial y doméstico

El aceite industrial, utilizado en maquinarias o automóviles tiene grandes consecuencias negativas en el medio ambiente, por ejemplo con tan solo dos litros de aceite se puede contaminar una superficie equivalente a dos campos de fútbol. Debido a su gran contenido en metales pesados, así como su baja biodegradabilidad, los aceites usados se convierten en un contaminante potencial de suelos y aguas, perdurando hasta 15 años.

Por su parte, a nivel doméstico (aceite procedente de frituras, grasas y asados), cada consumidor genera anualmente unos cuatro litros de aceite usado, es decir, se generan unos 180 millones de litros/anuales de aceite usado en España.

Se estima que un litro de aceite puede llegar a contaminar mil litros de agua, afectando negativamente a los ecosistemas, así como a la fertilidad de los suelos.

Para evitar el impacto en la naturaleza, la contaminación puede evitarse, reciclando el aceite usado, ya que se puede obtener múltiples beneficios así como cantidad de productos, por ejemplo biocombustible para motores diésel, así como industrias químicas, en la elaboración de cosméticos, cremas, en la industria farmacéutica o incluso en la elaboración de barnices, detergentes y ceras.

3.8 Tratamientos térmicos

Los tratamientos térmicos son aquellos destinados a la transformación de residuos mediante la aplicación de energía calorífica, aunque no se trata de tratamientos finales, puesto que posteriormente habrá que gestionar los residuos en función de sus características.

Existen numerosas tecnologías para el tratamiento térmico tales como la incineración, gasificación, pirólisis y gasificación por plasma con el fin de la valorización energética de los residuos.

Para realizar los tratamientos térmicos, será necesario que las instalaciones cumplan con la legislación vigente tales como la Directiva 2000/76/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 4 de diciembre de 2000, relativa a la incineración de residuos y el Real Decreto 653/2003, de 30 de mayo, sobre incineración de residuos.

3.8.1 Proceso de incineración

Este proceso consiste en la oxidación de las materias combustibles que contienen los residuos, lo que da lugar, por una parte a gases de combustión tales como CO₂, H₂O y O₂, así como otros componentes minoritarios. Por otro lado, residuos sólidos (cenizas, escorias y residuos de la depuración de los gases de combustión).

Las características principales de este proceso son:

- Es primordial un exceso de oxígeno durante la combustión, para poder asegurar la oxidación.
- La temperatura de combustión oscila entre los 900°C y 1.200°C.

Los principales residuos a los que se aplica la incineración son: residuos municipales (basuras residuales-sin pretratar), residuos municipales pretratados (por fracciones), residuos industriales no peligrosos y envases, residuos peligrosos y lodos de depuradora y residuos clínicos.

Tratando los residuos mediante la incineración se consigue reducir su volumen y peligrosidad, ya que se minimizan o destruyen sustancias nocivas y contaminantes derivadas del proceso, además, se consigue recuperar parte del contenido energético aprovechable, por ejemplo, la calefacción o generador de vapor para usos industriales.

3.8.2 Proceso de pirólisis

El tratamiento consiste en una degradación térmica de una sustancia sin oxígeno, dicha descomposición se hace por tanto mediante calor, sin producirse combustión.

Las características principales de este proceso son:

- No existe oxígeno en el proceso, únicamente el contenido en el residuo tratado.
- La temperatura del proceso oscila entre los 300°C y 800°C.

El proceso de pirólisis da lugar a gas, residuo líquido y sólido. El gas, compuesto principalmente por CO (monóxido de carbono), CO₂, y CH₄ (metano) es similar al obtenido en la gasificación, con más alquitrán, cera y menos gases, ya que se trabaja a una temperatura inferior a la gasificación.

En cuanto a los residuos líquidos y gaseosos, a través de la combustión se podrá aprovechar para la producción de energía eléctrica. Por su parte, el residuo sólido podrá utilizarse como combustible en instalaciones industriales, como en plantas cementeras.

En el procedimiento de descomposición anaeróbica de la biomasa por acción del calor, la materia prima se tritura y se inyecta en un recinto denominado reactor, sin aportar oxígeno. Después, el reactor se calienta hasta una temperatura de 500°C.

Las macromoléculas de las que está hecha la biomasa (celulosa o almidón) contiene principalmente carbono, hidrogeno y oxigeno donde por acción del calor se descomponen en sustancias de menor peso molecular que son gaseosas a la temperatura del reactor. Estas sustancias, se llevan casi todo el hidrógeno y el oxígeno que contenía originariamente la biomasa. Por tanto, la parte que queda en fase sólida acaba siendo carbono casi puro, ya que la biomasa se ha carbonizado, se ha convertido en carbón vegetal.

El carbón vegetal constituye el producto sólido de la pirólisis, su masa es sustancialmente inferior a la de la biomasa original, pero su poder calorífico es superior.

Los vapores formados en el reactor pasan por un intercambiador de calor para su enfriamiento, las moléculas de bajo peso molecular permanecen en estado gaseoso incluso a temperatura ambiente y son recogidas en un depósito. En este grupo se encuentran el monóxido de carbono, el dióxido de carbono, el metano, el etano y el etileno principalmente.

Los vapores de mayor masa molecular son líquidos a temperatura ambiente por tanto, al pasar por el intercambiador se condensan y son recogidos en otro recipiente donde forman una especie de chapapote que contiene diversos líquidos como agua, compuestos fenólicos, hidrocarburos pesados y alquitranes.

Finalmente, las fases líquidas y gaseosas se someten a otros procesos adicionales como refinado, que elimina compuestos no combustibles, incrementan la proporción de combustibles convencionales y, aumentan el poder calorífico de los productos.

En resumen, la pirólisis permite convertir la biomasa en una mezcla de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos. La proporción de cada uno dependerá de la composición de la biomasa, la temperatura en el reactor y de la velocidad en la que se aporta calor a la biomasa.

3.8.3 Proceso de gasificación

En este caso, el proceso de oxidación es solo parcial, y las características de dicho proceso de tratamiento de los residuos son:

- La temperatura suele superar los 750°C.
- La fuente de oxígeno es el aire, el vapor u oxígeno.

En este proceso se persigue convertir la biomasa sólida en combustibles gaseosos en la máxima proporción posible.

El proceso se lleva a cabo en un reactor cuya temperatura oscila 1.000° Celsius y requiere un aporte dado de oxígeno, aunque menos de la mitad del que sería necesario para una combustión completa de la biomasa.

La biomasa troceada se introduce en el reactor, el oxígeno que se aporta en pequeñas cantidades desencadena una combustión incompleta, liberando gases como el monóxido de carbono, el dióxido de carbono, y el vapor de agua, aunque también se libera cantidad de calor, ya que la combustión es una reacción exotérmica.

El calor que se libera tiene una doble funcionalidad, por una parte, permite que el reactor mantenga la temperatura a la que ocurren las reacciones de gasificación y por otro lado, las alimenta energéticamente porque son endotérmicas.

En ambas reacciones se combinan las formas, los gases y el carbono que queda de base sólida. Como resultado se obtienen una mezcla de metano, hidrógeno y monóxido de carbono juntos con otros gases que carecen de poder calorífico.

Para finalizar, la mezcla se extrae del reactor, pudiéndose usar directamente para quemar en turbinas destinadas a la generación de energía eléctrica o bien, puede recibir una serie de tratamientos adicionales para incrementar la riqueza en hidrogeno o para convertirla en hidrocarburos.

3.8.4 Gasificación por plasma

Sometiendo gas a altas temperaturas se obtiene como resultado el plasma, una mezcla de electrones, iones y partículas neutras.

La gasificación por plasma es un proceso que convierte los residuos en syngas, escoria y energía térmica mediante el uso de plasma térmico.

La gasificación convencional utiliza agentes gasificantes para la gasificación del syngas pero, en el caso de la gasificación por plasma, es necesario una serie de tratamientos y acondicionamiento de los residuos.

3.9 Vertido

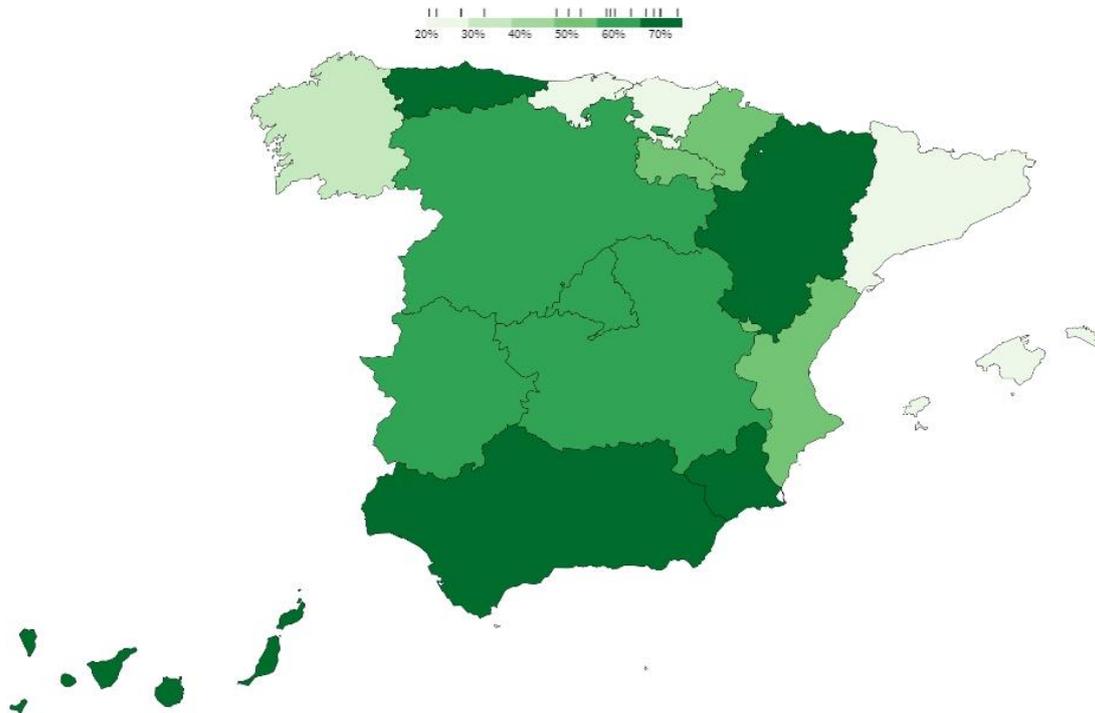
España es el país de la Unión Europea que vierte una mayor cantidad de residuos en vertederos. En el 2017 se generaron 132,1 millones de toneladas de residuos derivados de la economía española, la mayor parte derivado de la industria, un 31,12%, continuando con la construcción, 26,75% y en último lugar, los hogares, 17,1% según la Memoria Anual de Generación y Gestión de Residuos de Competencia Municipal, publicada por el Ministerio de Transición Ecológica.

Del total de los residuos generados en la economía española en el año 2017, la gran mayoría, 51,16% fue a parar a vertederos. De los 132,1 millones de toneladas de basura, los municipios españoles gestionaron 22 millones de toneladas de residuos, es decir, basura que procede del hogar y los servicios, ya que de los residuos comerciales, de la industria o construcción se encargan empresas privadas.

En 2017 en España, los 116 vertederos municipales recogieron 11,7 millones de toneladas de residuos. En los últimos años, se ha incrementado el porcentaje de reciclaje de 29,79% en 2015 a 36,11% en 2017, pero aun así continúa siendo un porcentaje relativamente bajo en relación con la cantidad depositada en vertederos, que supone más del 50%.

Entre las comunidades que depositan mayor cantidad de residuos en vertederos encontramos Asturias (74%), Aragón (70%), Islas Canarias (70%) y Andalucía (69%), y entre las que menos destacan Islas Baleares (21%), Cantabria (22%), País Vasco (27%) y Barcelona (28%), tal como se muestra en el siguiente mapa.

Mapa 1. Porcentaje de residuos acabados en vertederos.



Fuente: Instituto Nacional de Estadística, 2019.

Según el Instituto Nacional de Estadística, España es el país de la Unión Europea que mayor cantidad de residuos destina en vertederos.

Rafael Guinea, presidente de la Asociación de Valorización Energética de Residuos Urbanos (Aeversu), agrupación de once empresas españolas y una de Andorra que trabaja en el sector de la valorización de los residuos, afirma que el vertido de residuos en vertederos supone "un desperdicio total de los residuos, que deberían ser aprovechados como recursos". Rafael propone como solución la construcción de más plantas de valorización energética así como incrementar, incluso llegando a doblar la tasa de reciclaje.

A pesar de ser una de las opciones menos recomendada, la forma más extendida es la versión de los residuos en vertederos, debido a la contaminación de los suelos, la peligrosidad o daño ambiental que causan, siendo la última de las posibilidades contempladas en la gestión de los residuos según la Directiva Marco de Residuos y la Ley 22/2011, de residuos y suelos contaminados.

Los vertederos son instalaciones donde se depositan los residuos en su superficie o subterráneamente para su posterior valorización o eliminación.

El almacenamiento de los residuos varía en función de su finalidad y tipología. En el caso de los residuos peligrosos el almacenamiento supera los seis meses,

si el fin es la eliminación de los residuos se alcanza el año de almacenamiento, mientras que si los residuos se van a destinar a la valorización o conversión, el almacenamiento alcanzará los dos años.

Los procedimientos y los límites de versión en cada vertedero se definen en la Decisión 1999/31/CE del Consejo, de 26 de abril de 1999, considerándose la primera en establecer un marco regulatorio común en la UE para la gestión de residuos mediante el depósito en vertederos.

El objetivo de la directiva era reducir o paliar los efectos nocivos del vertido de residuos además de fomentar la prevención, el reciclado y aprovechamiento de los residuos, valorizando los materiales y evitando la explotación de las fuentes de recursos. La directiva así estableció un régimen para la eliminación de los residuos y los requisitos técnicos para la gestión de estos, su eliminación y los costes derivados de ello.

Posteriormente, se aprueba la Decisión 2003/33/CE del Consejo, de 19 de diciembre de 2002, en materia de criterios y procedimientos para la gestión de residuos y procedimientos. La Comisión Europea a 2 de diciembre de 2015 aprobó la Comunicación «Cerrar el círculo: un plan de acción de la UE para la economía circular», resaltando la importancia de la gestión residual, abriendo camino hacia una economía circular.

La legislación vigente ha ido modificándose, la Comisión Europea revisa varias veces los paquetes legislativos existentes, por las que deroga algunas Directivas y mediante las que modifica otras ya existentes, con estas modificaciones se pretende restringir el vertido de residuos y jerarquizarlos.

La Directiva (UE) 2018/850 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018 resalta la necesidad de someter a un tratamiento previo a los residuos que vayan a ser depositados en el vertedero.

El Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, se traspuso al ordenamiento jurídico español, regulando la eliminación de los residuos a través del depósito en vertederos en función de la tipología y características de los residuos. El objetivo de la norma coincidía con el de la Unión Europea, tratando de preservar los recursos naturales y cuidando la salud humana.

El Real Decreto se ha modificado en varias ocasiones, en 2008, por ejemplo para incorporar el estudio económico que suponía la autorización de versión de ciertos residuos en el vertedero, en 2009, con el fin de adaptar algunas deficiencias que manifestó la Comisión Europea.

En consecuencia, el Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, recoge la experiencia técnica y jurídica sobre la gestión de residuos mediante el depósito en vertederos en España, además de contener y aplicar la Ley 22/2011, de 28 de julio, y de transponer la Directiva (UE) 2018/850 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018.

En el contexto de economía circular, además de la gestión de los residuos, tiene igual relevancia los costes del vertido, teniendo en cuenta costes directos e

indirectos, lo cual impulsará la prevención de residuos y el reciclado. Cabe destacar que los impuestos recaudados en el vertido de los residuos serán utilizados cuando convengan para la promoción de la mejora de la calidad y gestión de estos.

Además, los vertederos deberán inspeccionarse periódicamente para verificar el cumplimiento en materia de admisión, procedimientos y tratamiento de los residuos.

De los residuos sólidos urbanos, la fracción orgánica es la que mayor impacto ambiental tiene, ya que se descompone liberando gases como metano y otros de efecto nocivo, además del efecto invernadero, emisiones que afectan al calentamiento global y con efectos negativos sobre la salud. Por ello, es necesario imponer una tasa homogénea al vertido, cuya finalidad no sea tan solo penalizar el vertido de residuos sino como forma de dar auge al reciclaje, plantear medidas para impulsar la economía circular y valorización de los residuos.

Tras la situación actual marcada por la Covid-19, mediante la disposición segunda, se han previsto normas para la gestión de los residuos domésticos relacionados con pacientes o en cuarentena y hospitalarios (laboratorios, centros de salud, ambulancias, etc.), complementando el artículo 8 del Real Decreto-ley 21/2020, de 9 de junio, de medidas urgentes de prevención, contención y coordinación para hacer frente a la crisis sanitaria ocasionada por la Covid-19, en lo que respecta a la eliminación de los residuos en los centros, servicios y establecimientos sanitarios.

Los residuos que no se pueden reciclar se depositan en vertederos y se cubren con tierra, gracias a una red de tuberías se canalizan los gases generados y se utiliza como energía o se queman sin más, con el fin de minimizar el impacto ambiental.

Podemos clasificar los vertederos en función de la tipología de residuos depositados:

Vertederos de residuos inertes

Los residuos que se depositan en dichos vertederos son aquellos definidos como “residuos inertes” en el artículo 2.B) Real Decreto 1481/2001. Son residuos no peligrosos que no afecten negativamente a otras materias con las cuales entran en contacto dando lugar a la contaminación del medio ambiente o que perjudique a la salud humana y que estarán exentos de la realización de ciertas pruebas, principalmente están vinculados con actividades industriales y de construcción por lo que se trata de residuos de construcción y demolición.

Según el Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición (PNRCD) 2001-2006 los residuos inertes se clasifican en, plásticos, papel y cartón, escombros, piedra, asfálticos, arena, grava y otros áridos, yeso, vidrio, metales, vidrio ladrillos, azulejos y tejas.

Estos residuos podrán valorizarse y eliminarse siempre se cumpla con los requisitos necesarios. Las escombreras inertes podrán estar activas entre diez y quince años.

Los residuos inertes tienen diferentes formas de reciclaje tales como:

- Metales: Pueden fusionarse los restos metálicos para la creación de nuevos metales.
- Piedras, mármoles y pizarras: Podrán utilizarse en actividades de relleno como subsuelos de carreteras, terraplenes...
- Maderas: Se triturarán y se utilizarán para fabricar nuevos productos como palés, andamios, aglomerados o incluso para la producción de biomasa.
- Caucho, PVC y asfaltos: Podrá utilizarse para la elaboración de pavimentos de carreteras, así como el cableado eléctrico.

Vertederos de residuos no peligrosos

Podemos clasificar estos residuos en tres subcategorías:

- Vertederos de residuos inorgánicos con un bajo contenido en materia biodegradable, principalmente se corresponden con residuos industriales.
- Vertederos para residuos orgánicos.
- Vertederos para residuos mixtos con contenido biodegradable y contenido orgánico.

La normativa incorpora una novedad, permitiendo la eliminación conjunta de ciertos residuos peligrosos (estables no reactivos) y no peligrosos, los cuales estarán sometidos a ciertos valores límites. El resto de los residuos no peligrosos no tendrán que realizar ninguna prueba de cumplimiento.

En el caso de eliminación conjunta, se realizarán tratamientos de estabilización, fijando un valor máximo de lixiviación, ya que el coste de vertido es inferior en los vertederos de residuos no peligrosos, pero es mayor la liberación de sustancias nocivas.

Los vertederos de residuos orgánicos se corresponden con los residuos municipales, en estos no habrá ningún tipo de prueba previa para su admisión, y hablaremos de dos subtipos de vertederos, los biorreactores y los vertederos de residuos tratados biológicamente.

Vertederos de residuos peligrosos

Los residuos peligrosos son aquellos que presentan ciertas características de peligrosidad enumeradas en la Ley 22/2011 de residuos y suelos contaminados. Algunas de las características podrían ser por ejemplo que un producto supere la cantidad de 2 miligramos por kilogramo de mercurio, o que contenga una cantidad de sulfatos superior a 50 gramos por kilo, teniendo que ser gestionado en vertederos de residuos peligrosos.

4. EMPRESAS DE APLICACIÓN EN LA COMUNIDAD VALENCIANA

A lo largo de este capítulo trataremos dos empresas pioneras en economía circular y en el tratamiento más eficiente de los residuos en la obtención de productos con un alto valor añadido, tales como el biocombustible o energía y con múltiples aplicaciones en diversos ámbitos.

4.1 Ingelia

4.1.1 Historia

Ingelia es una empresa ubicada en Valencia fundada oficialmente en el 2005. El objetivo de la empresa era el desarrollo de una Tecnología de Carbonización Hidrotermal a escala industrial.

Nos remontamos al año 1913, año en el que Friedrich Bergius describió por primera vez el proceso HTC, proceso de carbonización hidrotermal, aunque la aplicación industrial no fue posible debido a que era la época del inicio del petróleo.

Ingelia comienza este proyecto pero no lo hace de forma aislada, ya mantiene un acuerdo de colaboración científica con el Instituto de Tecnología Química (ITQ) de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), encabezado por Avelino Corma (CSIC).

El tratamiento HTC se utiliza para el tratamiento de los residuos de biomasa, no importa su origen, desde biomasa de origen vegetal, residuos orgánicos urbanos y fangos de depuradoras de agua.

En el año 2007 comienza la colaboración entre el ITQ de la UPV e Ingelia, y es en este año cuando se patenta la planta de HTC.

En septiembre de 2010, se instala la primera planta de HTC en Valencia, capaz de procesar 6.000 toneladas de residuos orgánicos al año. A partir de esta fecha, los esfuerzos por convertir dicha idea en una oportunidad comercial se incrementaron, optimizando y desarrollando la tecnología.

En el año 2013, la Comisión Europea, inició un nuevo proyecto, FP7 “NEWAPP” financiando a Ingelia. El proyecto duró tres años y el objetivo principal era poner en valor su planta como tecnología de procesamiento industrial, donde a partir de residuos, es capaz de obtener biocombustible sólido y fertilizante líquido.

En el 2014, se trabajó principalmente en la expansión de la empresa, exportando la tecnología HTC a otros países, dentro y fuera de la UE. Actualmente se operan en Italia, Reino Unido, Canadá, Bélgica, Polonia y Portugal.

Para duplicar la capacidad de la planta de Valencia, Ingelia instaló otro reactor HTC en la plana de Valencia en 2015, alcanzando una capacidad de procesamiento de 14.000 toneladas anuales.

4.1.2 Modelo de negocio

El modelo de negocio que desarrolla Ingelia tiene el objetivo de promover una solución de economía circular innovadora y sostenible, capaz de convertir residuos en bioproductos, con un gran valor añadido y una oportunidad en el mercado.

Se trata de un proceso corto, apenas 8 horas. Por su parte la inversión en capital a pesar de ser elevada se recupera en poco tiempo, garantizando una tasa de retorno en una máximo de seis años y medio.

En cuanto a los beneficios de la planta, se consigue ahorrar 2,2 toneladas de CO₂ por tonelada de biocombustible utilizado, se recupera el 98% del carbono, además se producen entre 80-120 kg de agua por tonelada de biomasa procesada y en definitiva se evita el depósito final de los residuos en vertederos.

La biorrefinería circular representa un oportunidad sostenible y con gran potencial para diversidad de sectores tales como:

- **Municipios y empresas municipales de tratamiento**

La solución propuesta por Ingelia apoya a los municipios para alcanzar la meta de la CE en el reciclado de residuos, evitando el vertido de residuos, ahorrando dinero y reduciendo la tasa de tratamiento del 20-50% (inferior a la media de la UE). Además, debido a la aplicación circular de los residuos, los municipios obtendrán beneficios económicos. La concienciación y sensibilización ciudadana, la recogida selectiva y separada es imprescindible en este proyecto, por lo que Ingelia se encargará de esta concienciación, lo que contribuirá a una mayor tasa de reciclaje de residuos orgánicos.

- **Empresas de tratamiento de aguas residuales**

La UE está haciendo un gran esfuerzo por para incrementar las plantas de tratamiento de agua residuales, ya que la producción de lodos se está convirtiendo en un grave problema. Ingelia mediante la tecnología HTC ofrece una solución para la extracción orgánica de los lodos de aguas residuales, para producir posteriormente combustible sólido y fertilizante líquido. Además, tanto el coste de tratamiento como de descarga sería inferior a 60€/t, inferior a la media europea.

- **Industrias agroalimentarias y sector agrícola**

La valorización de lodos producidos durante el procesamiento de alimentos y otros materiales orgánicos (leche, piensos, fruta) dará lugar a biocombustible o fertilizante que podrán ser vendidos en el mercado, lo que reducirá el tiempo de retorno de la inversión.

Por su parte, el sector agrícola, obtendrá doble beneficio, en primer lugar el derivado de los lodos o estiércol producido, materiales que podrán ser procesados a un precio de reducido, por otra parte, el fertilizante líquido obtenido (podría darse de forma gratuita a los agricultores o muy bajo coste), además el biocarbón podrá utilizarse para mejorar la calidad del suelo o mejorar las cosechas.

- **Apoyo a los objetivos de París**

Ingelia contribuye en la consecución de dos de los objetivos de la CE, por un parte, la reducción de emisiones de CO₂, establecidas en 2015 por la CE y por otra, el aumento de la tasa de reciclado de RSU del 40% en 2050 respecto a la del 2000 además de ser fiel al modelo de economía circular “Circular Economy package” de la UE.

- **Oportunidad para las industrias**

Las industrias no solo podrán contribuir a la reducción de las emisiones de CO₂, cambiando combustibles fósiles por otros como el biocarbón, sino que aumentarán la sostenibilidad de todo el proceso y podrán ahorrarse los impuestos a las emisiones de CO₂ sin afectar sus beneficios anuales.

- **Mejora nivel de vida de los ciudadanos de la UE**

Los impuestos municipales de residuos podrán reducirse y proliferará un sistema de recogida de residuos más eficiente, gracias a la valorización de los residuos, lo que mejorará la calidad de vida de los ciudadanos, beneficios al medioambiente y en el paisaje.

4.1.3 Proceso de carbonización hidrotermal

El desarrollo industrial del proceso HTC tras el tratamiento de la materia orgánica da como resultado biocombustible sólido con alto poder calorífico y baja humedad, lo que implica un elevado rendimiento en la combustión y reduce las emisiones de CO₂.

En la planta HTC, los hidratos de carbono se deshidratan sometiéndolos a cierta presión y temperatura, en procesos de duración de entre cuatro y ocho horas.

Dicho proceso se realiza en medio acuoso, lo que supone una ventaja ya que la humedad de la biomasa no sería un problema, permitiendo obtener energía (biocarbón) además de generar agua fertilizada que podrá reutilizarse para el riego.

Los materiales utilizados por Ingelia para transformar serían restos vegetales, lodos de depuradora, restos agrícolas, RSU y restos alimentarios. La planta por lo tanto es capaz de transformar cualquier tipo de residuo orgánico, con una reducción del coste de tratamiento, hasta un 50% más económico que los estándares europeos.

4.1.4 Producto

Principalmente se obtienen dos productos en la planta, biocarbón y fertilizante líquido, teniendo ambos elevadas aplicaciones, ya sea en la agricultura, como fuente de energía sostenible y eficiente, en procesos industriales (riego o limpieza).

Biocarbón

El biocarbón es un material de alta calidad, con un alto contenido en carbono orgánico (54-62%), rico en hidrógeno y nutrientes.

Ventajas del proceso en la obtención de biocarbón:

- Requiere una menor inversión ya que los equipos de combustión son más baratos y menos complejos debido a que la combustión del biocombustible es uniforme.
- Los costes del transporte también se optimizan debido a la densidad que presenta.
- Ciertos materiales como el potasio (K) o el cloro (Cl) se disuelven, por lo que se obtiene un carbón con baja salinidad.
- Posibilidad de realizar tratamientos posteriores para mejorar la calidad del carbón.
- El biocombustible puede utilizarse en la generación eléctrica, peletización, agricultura, incluso su venta.

Fertilizante líquido

En las plantas HTC uno de los productos más valiosos obtenidos es el agua. Durante este proceso, la biomasa húmeda se carboniza separando de esta forma la fracción sólida del agua. Después, mediante el sistema de filtro-prensa el contenido de sólidos en el agua es aproximadamente del 3%. Finalmente se realiza la ósmosis inversa y una concentración, extrayendo los orgánicos de la fracción líquida, produciendo así entre 60 y 250 kg de agua por tonelada de restos orgánicos.

Los nutrientes que contienen los residuos antes de procesar se disuelven en el agua durante el proceso de carbonatación hidrotermal, así pues, estos pueden concentrarse y utilizarse para la producción de fertilizantes que se usarán para la fertirrigación de los cultivos (en Valencia, se usa en los cultivos de cítricos).

El agua que se produce es estéril, oscilando la temperatura del proceso entre los 180 y 200°C. La calidad del agua es rica en nutrientes como el potasio, el calcio o el magnesio y a su vez baja en contenido de metales pesados.

4.1.5 Aplicaciones

- **Bioenergía**

El biocarbón que proporciona Ingelia es un biocombustible de alta calidad con gran poder calorífico. Utilizando apenas una tonelada de biocarbón como combustible sólido en sustitución al combustible fósil se consigue reducir 2,2 kg de CO₂ por cada kg de biocarbón utilizado. Además de contribuir con la reducción de las emisiones globales de una manera más significativa debido a que procede de restos orgánicos, también evita las emisiones en vertederos y en el suelo.

- **Agricultura**

El carbono es una fuente de nutrientes para el suelo, aumentando la calidad, actuando como fertilizante natural y facilitando la actividad microbiana.

El biocarbón aporta el carbón necesario al suelo, acondicionándolo y otorgando ventajas tales como el aumento de la masa vegetal o incremento de la producción de fruta, también contienen numerosos nutrientes como fósforo, calcio, nitrógeno y potasio, elementos imprescindibles que deben ser reciclados para fomentar una bioeconomía sostenible.

Permite ahorrar 0,6 kg de CO₂ por kg de biocarbón consumido. Además, el biocarbón favorece la capacidad de retención del agua del suelo, reduciendo así el consumo de agua.

- **Biocombustibles líquidos**

También puede utilizarse el biocarbón como materia prima sostenible y con un coste bajo para producir biocombustible líquido. Este sector se había visto afectado debido a la dudable sostenibilidad de combustibles a base de petróleo, como el diésel de girasol, ya que la CE no apoya la producción de estos debido a que no los considera sostenibles.

La problemática que supone la producción de biocombustibles (biodiesel y bioetanol) a partir de residuos no se considera factible, no solo por los

contaminantes sino también por la falta de homogeneidad de la materia prima, así como la dificultad de transporte a las biorrefinerías.

4.1.6 Financiación pública

Ingelia ha sido beneficiaria de diferentes fuentes de financiación pública, tales como:

- Proyecto de desarrollo industrial – CDTI

Cofinanciado con el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) y mediante el programa “Directa Innovación” del CDTI para la inclusión de investigación de equipos industriales, Ingelia ha desarrollado diferentes proyectos en investigación relacionados con el HTC.

- Proyecto en I+D – RETOS - INNPACTO

Ingelia ha recibido ayudas públicas por parte del Ministerio de Economía, así como del Ministerio de Ciencia e Innovación, todo ello cofinanciado por el FEDER.

- Proyecto de inversión – Incentivos regionales

La empresa ha obtenido subvenciones regionales para la ampliación de la planta HTC en Náquera para ampliar tanto la capacidad de producción, como la mejora del producto final obtenido.

4.2 Greene Waste to Energy

4.2.1 Historia

En 2011 se fundó la empresa como iniciativa de cuatro químicos ilicitanos, con el objetivo de eliminar los residuos convirtiéndolos en energía limpia y biocombustibles, entre otros productos de gran valor añadido.

La tecnología desarrollada está relacionada con el proceso de gasificación, que además de eliminar los residuos hasta en un 80%, se obtiene una ceniza que podrá aplicarse en obra civil.

En 2003 fue cuando empezó el desarrollo tecnológico, pero no fue hasta el 2011 cuando se formalizó. La primera planta piloto se instaló en el año 2008 donde Greene apenas contaba con ocho trabajadores, y así sucesivamente la segunda y tercera planta piloto en el 2013 y 2015, respectivamente. En 2019, contaba ya con 56 trabajadores, y gracias a la aportación de un inversor privado que inyectó 40 millones de euros a la empresa cambió el modelo de negocio inicial de Greene, ya que en un principio comercializaba energía y ahora se centra en la gestión de los proyectos de valorización energética.

Misión

Greene tiene como misión la instalación y gestión de plantas de tratamiento de gestión de todo tipo de residuos urbanos, industriales, hospitalarios (biomasa, carbón, madera, plásticos, neumáticos, etc.) para su revalorización y conversión en energía limpia, todo ello lo hace a través de un proceso tecnológico de termoconversión conocido como gasificación.

Visión

En línea con los ODS en el horizonte 2020-2030, fomentando la economía circular, implementando la RSC, Grenee pretende solucionar los problemas de gestión de residuos de empresas públicas o industriales que generan muchos residuos y que de una forma más económica y respetuosa con el medio ambiente podrían aprovechar los residuos generados.

Valores

Greene fija como principales valores el potencial de innovación, en la mejora continua, la investigación y perseverancia, la competitividad y el esfuerzo por ser fiel a los objetivos y la confianza depositada por parte de los clientes, el trabajo en equipo y la responsabilidad ética y con la sociedad.

4.2.2 Modelo de negocio

El modelo de negocio propuesto por Greene gira en torno a tres ejes, por una parte la gestión integral de los residuos (congelando el precio de la gestión de los residuos en los 15 años siguientes), en segundo lugar, el apoyo a la creación de un entorno de economía circular basado en la generación de materias primas a partir de residuos depositados en vertederos, mitigación de gases de efecto invernadero, creación de energía limpia y por último, la responsabilidad social corporativa mediante la lucha contra el cambio climático.

En Greene se valoriza cualquier tipo de residuo independientemente de su forma, tamaño, composición o poder calorífico a través de un proceso de termoconversión vía gasificación.

La propuesta de valor de Greene se asienta en las siguientes premisas:

- Valorizar cualquier tipo de residuo mediante un tecnología capaz de valorar cualquier tipo de residuo orgánico.
- A través de un proceso autotérmico, sin necesidad de energía o combustibles externos.
- Evitar gases condensables indeseables, para ello se utiliza la gasificación con alto contenido en cenizas para evitar la producción de dichos gases.
- Implantación con plantas modulares de entres 0,5t/h a 5 t/h para poder instalarse en zonas deslocalizadas.
- Procesar residuos de elevada heterogeneidad produciendo un syngas homogéneo y estable.

Las múltiples ventajas que ofrece Greene nacen de la valorización de los residuos de forma rentable a través de la tecnología de termoconversión vía gasificación más flexible del mercado.

El proceso desarrollado por Greene utiliza reactores separados para cada uno de los subprocesos para la conversión a syngas, tales como la pirólisis, la gasificación y el craqueo térmico, como resultado de ello se consigue alcanzar una mayor eficiencia, eliminando entre un 92 % y 96% de la fracción orgánica del residuo, además las cenizas resultantes no lixivian y es fácil su eliminación, por último, se controla la emisión de gases contaminantes, produciendo syngas con un sistema de limpieza y adecuación lo que permite controlar las emisiones. Además, se obtiene un certificado de residuo cero el cual acredita que el destino final de los residuos no es el vertedero.

Además, Greene cuenta con una alta adaptación para empresas que generen una cantidad considerable de residuos objeto de valorización, con unas altas necesidades energéticas, turnos de trabajo de 24 horas y que soporten un alto coste de gestión de residuos, consiguiendo reducir dichos gastos eliminando los residuos con un menor coste tanto económico como medioambiental, evitando el depósito en vertederos.

La termoconversión vía gasificación es una oportunidad rentable y eficiente para la gestión de los residuos, no solo en la reducción de los costes sino también la mejora de la RSC así como en el cumplimiento de los requerimientos legales que impone el Horizonte 2020-2030.

La biorrefinería circular representa un oportunidad sostenible y con gran potencial para diversidad de sectores. Greene puede ayudar a gestionar los residuos de la administración pública, empresas de tratamiento de aguas, con elevadas necesidades energéticas, gestoras de residuos e industrias generadoras de residuos.

Para ello, Greene realiza en primer lugar un estudio de viabilidad técnica y económica, el objetivo principal reside en conocer la cantidad de residuos que genera la industria o AAPP, así como las necesidades térmicas y eléctricas de las instalaciones y posibles ubicaciones de la planta. Una vez finalizada esta primera fase se inicia la fase de viabilidad técnica y económica garantizando la rentabilidad del proyecto. En segundo lugar, se realiza el diseño de la planta, obtención de licencias...procediendo a la instalación de esta, la cual será supervisada por el personal de Greene durante al menos quince años. Por último, a partir de la materia prima de los residuos comienza a producirse el syngas para ser transformado posteriormente en energía, biocombustible, metanol...

4.2.3 Proceso gasificación

El control de los residuos que producimos es indispensable para el planeta, así como la transformación de los residuos en energía y productos de alto valor añadido, por eso en Greene promueven la economía circular que permita valorizarlos y generar beneficios de manera sostenible.

El proceso de termoconversión vía gasificación destaca por la versatilidad y debido a que valoriza una gama amplia de residuos, como lodos de depuradoras, plásticos, biomasa...obteniendo un syngas del que se pueden obtener productos como biocombustibles o metanol, siendo capaz de gestionar entre 15.000 y 20.000 toneladas/año.

El diseño Greene de gasificación por multireactor es un diseño patentado y único en el mundo, capaz de gasificar con un nivel máximo de rendimiento distintos tipos de residuos sin necesidad de grandes pretratamientos. El residuo entra en el reactor rotatorio de pirolisis donde se extraen los volátiles por acción del calor y en ausencia de oxígeno, el residuo carbonoso resultante entra al reactor de gasificación donde con aire y vapor, el carbono que lo compone se convierte en monóxido de carbono e hidrogeno. Los volátiles se envían a la cámara de craqueo donde una parte se quema y la otra, por acción de la temperatura se convierte en gases simples como metano, monóxido de carbono e hidrógeno. Las corrientes gaseosas generadas en el gasificador y la cámara de craqueo se juntan formando el syngas. Por último, se limpian y quedan preparadas para sus

diferentes usos, evitando la emisión de gases contaminantes además, las cenizas derivadas del proceso son catalogadas como no peligrosas.

Las plantas de Greene están totalmente automatizadas, con un sistema de control de visualización multimedia que permite observar en tiempo real su funcionamiento, aunado a la profesionalidad de los recursos humanos y el uso de los mejores componentes hace que se alcancen altos estándares de calidad, abriendo la puerta a un futuro más sostenible, valorizando los residuos orgánicos para conseguir nuevas materias primas con un nuevo ciclo de vida.

4.2.4 Producto

A partir de residuos de matriz sólida orgánica con contenido en carbono (biomasa forestal y agrícola, RSU, lodos de EDAR, carbón, madera, plásticos, RSI, NFU, residuos agrícolas, agroindustriales y plásticos se obtiene el syngas, también conocido como gas de síntesis se puede transformar en diversos productos con múltiples aplicaciones.

4.2.5 Aplicaciones

- **Energía eléctrica y térmica**

A partir del uso del syngas como combustible y a través de motores de combustión y turbinas de vapor puede generarse electricidad tanto eléctrica como térmica

- **Hidrocarburos líquidos y sólidos**

Sometiendo el syngas utilizando motores de combustión o turbinas de vapor se genera electricidad y energía térmica con diferentes usos finales tales como

- **Gas renovable**

Se puede obtener gas renovable a partir de un proceso de fermentación del syngas. Es importante su uso y producción, de hecho la legislación europea marca la necesidad de generar un porcentaje de gas que se comercialice y que provenga de la valorización energética de residuos.

- **Metanol**

La demanda creciente de metanol a nivel mundial es aproximadamente de 70.000 millones de toneladas métricas. Gracias al syngas, tras la aplicación de un proceso termoquímico clásico realizado en un reactor

con unas condiciones de temperatura y presión determinadas y con un catalizador podemos obtener dicho material prima primordial en la industria química, energética y de combustible.

5. CONCLUSIONES

A lo largo del trabajo se ha repasado la importancia que reside en la recuperación y valorización de los residuos, pudiendo concluir de la siguiente forma:

La transición hacia una economía circular es necesaria y urgente, apostando por el aprovechamiento de los recursos y reducción de las materias primas, un nuevo modelo de negocio que propone una alternativa al antiguo “modelo lineal”, en cuanto a la extracción, producción, y consumo de los recursos.

Las emisiones o la contaminación forman parte de la vida cotidiana y cada vez es más necesario un plan de contingencia y una sensibilización a nivel personal y organizacional para paliar todas las consecuencias negativas de los años en los que ha existido un exceso.

Se ha producido un gran avance, tanto a nivel legislativo como tecnológico y de concienciación, tratado a lo largo del trabajo.

Vivimos una época de preocupación por la contaminación del medio ambiente, siendo esta cada vez mayor, tanto en las organizaciones, donde cada vez prima más la responsabilidad social corporativa, como en las personas físicas, cambiando la forma de pensar, las conductas y malos hábitos como el de “usar y tirar”. Es decir, en un mundo de recursos finitos la demanda creciente de bienes y servicios requiere no solo una mayor eficiencia de los recursos, sino también la transición hacia hábitos más responsables.

En lo que respecta al nivel legislativo, la mayor presión ejercida por la UE sobre los países ha hecho que tengan que adaptarse a la nueva realidad, a nivel europeo, gracias al Acuerdo de París nace un objetivo común para aunar fuerzas, así como el Pacto Verde mediante el cual se pretende liderar una transición hacia una economía circular más eficiente. Por su parte, el horizonte 2030 establece medidas que encaminan hacia un futuro sostenible, capaz de transformar las economías, el medio ambiente y la sociedad.

Por otra parte, es de vital importancia resaltar el esfuerzo económico a priori que supone avanzar hacia un futuro más limpio, sin perder de vista las consecuencias económicas, de creación de empleo y a nivel social que supondría el alcanzar los objetivos planteados.

Los beneficios de la acción climática son mayores que los vistos hasta ahora, mientras que los costes de la inacción continúan incrementándose.

Desde el punto de vista tecnológico se ha producido un avance sin precedentes, no solo en las formas de reciclaje, la mayor productividad de los recursos, la inversión en infraestructura sostenibles, las nuevas ideas surgidas, la valorización que se da a los productos, desde los RSU, pasando por los plásticos, lodos de depuradoras, aceites usados, etc., así como la creación reciente de empresas especializadas en el reciclaje de residuos, ejemplo de ello son Ingelia o Greene, empresas pioneras en la Comunidad Valenciana y

desarrolladas en el presente trabajo. Se ha producido por tanto una transformación y profesionalización en el sector convirtiéndose en empresas capaces de reciclar e incluso triplicar la cantidad de toneladas de residuos que se trataban respecto a años anteriores.

Los gobiernos y empresas juegan un papel primordial en la transición hacia una economía sostenible, debiendo anticiparse a los cambios e impulsando la innovación. Resulta indispensable una evolución hacia una industria verde, el cumplimiento de los objetivos dará como resultado ventajas sociales y económicas, las empresas serán más eficientes y por lo tanto capaces de desarrollar ventajas competitivas, seremos capaces de preservar el capital natura esencial, así como el cuidado de la salud, la disminución de las emisiones generará un aire más limpio, una mejor calidad del clima e incluso la contención de enfermedades pandémicas.

La reciente crisis causada por la Covid-19, evidencia la necesidad de realizar cambios más exigentes y a corto plazo. A pesar de la ralentización industrial o la disminución en las emisiones industriales de gases de efecto invernadero, no ha sido suficiente como para suponer un cambio significativo y notable en las emisiones de dióxido de carbono, por lo que incluso en el parón de casi tres meses que ha supuesto el confinamiento, las emisiones y la contaminación no se ha visto apenas reducida, además de lo que ha supuesto en materia de ralentización de acuerdos, o generación de residuos de forma masiva, como mascarillas quirúrgicas, cuya vida útil es efímera, en cambio, tarda 450 años en descomponerse, lo que evidencia si cabe más, la necesidad de una acción climática urgente y eficaz.

BIBLIOGRAFÍA

- Acciona. (2020). *Generación y gestión de residuos*. Recuperado el 28 de Junio de 2020, de <https://www.sostenibilidad.com/medio-ambiente/generacion-gestion-residuos/>
- Ainia. (2016). *La bioeconomía*. Recuperado el 1 de junio de 2020, de <https://www.ainia.es/tecnoalimentalia/consumidor/bioeconomia-proyecto-bioways/>
- Ambientum. (23 de Enero de 2019). *La ambición climática del gobierno*. Recuperado el 29 de Julio de 2020, de <https://www.ambientum.com/ambientum/cambio-climatico/la-ambicion-climatica-del-gobierno.asp>
- Ambientum. (26 de Agosto de 2020). *¿Qué medidas hay para frenar la contaminación?* Recuperado el 28 de Agosto de 2020, de <https://www.ambientum.com/ambientum/cambio-climatico/acuerdo-la-cop25-para-ser-mas-ambiciosos-desde->
- ARC. (21 de Abril de 2020). *Gestión de residuos*. Recuperado el 12 de Junio de 2020, de <https://gestionderesiduosarc.com/Recuperacion-de-Residuos/>
- Asegre. (2020). *De residuo a recurso con gestión segura*. Recuperado el 15 de Julio de 2020, de <https://asegre.com/>
- BBC News Mundo. (2019 de Diciembre de 15). *COP25: 3 claves del polémico nuevo acuerdo por el clima*. Recuperado el 11 de Julio de 2020, de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-50800493>
- Comisión Europea. (28 de febrero de 2019). *El reciclado es el futuro: así lo hacemos en la UE*. Recuperado el 4 de agosto de 2020, de https://ec.europa.eu/spain/news/20190318_Recycling-is-the-future-we-do-it-in-the-EU_es
- Comisión Europea. (28 de noviembre de 2019). *Lograr la neutralidad climática*. Recuperado el 4 de junio de 2020, de https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/IP_19_6353
- Comisión Europea. (14 de enero de 2020). *Financiar la transición verde*. Recuperado el 8 de julio de 2020, de https://ec.europa.eu/regional_policy/es/newsroom/news/2020/01/14-01-2020-financing-the-green-transition-the-european-green-deal-investment-plan-and-just-transition-mechanism
- Ecoembes. (2020). *La economía circular en España*. Recuperado el 12 de julio de 2020, de <https://www.ecoembes.com/es/ciudadanos/envases-y-proceso-reciclaje/la-economia-circular-en-espana>
- Economía Digital. (2020). *OCDE: Sólo un 0,3% de las emisiones quedan compensadas con impuestos*. Recuperado el 29 de Junio de 2020, de https://www.finanzas.com/empresas-y-directivos/ocde-solo-un-0-3-de-las-emisiones-de-co2-quedan-compensadas-con-impuestos_13782803_102.html

- EFE Verde. (15 de diciembre de 2019). *Acuerdo en la cumbre del clima para ser más ambiciosos desde 2020*. Recuperado el 18 de Julio de 2020, de <https://www.efeverde.com/noticias/acuerdo-la-cumbre-del-clima-mas-ambiciosos-desde-2020/>
- EFE Verde. (28 de agosto de 2020). *Preocupante aumento de las temperaturas en las próximas décadas*. Recuperado el 29 de Agosto de 2020, de <https://www.efeverde.com/espana/>
- El Ágora. (24 de agosto de 2020). *Un combustible rosa hará las misiones espaciales más verdes*. Recuperado el 28 de Agosto de 2020, de <https://www.elagoradiario.com/economia-circular/>
- Emgrisa. (21 de octubre de 2014). *Tipos de residuos: Clasificación*. Recuperado el 25 de Junio de 2020, de <https://www.emgrisa.es/publicaciones/tipos-de-residuos/>
- Envira. (05 de julio de 2020). *Normativa residuos*. Recuperado el 09 de Julio de 2020, de <https://envira.es/es/normativa-residuos-espana/>
- Epdata. (29 de diciembre de 2019). *Estadística sobre la generación de residuos y su tratamiento en España*. Recuperado el 20 de Junio de 2020, de <https://www.epdata.es/datos/generacion-residuos-tratamiento-espana-graficos-datos-ine/483>
- Eurostat. (2017). *Contribución al compromiso Internacional de 100.000 millones de USD*. Recuperado el 23 de julio de 2020, de https://ec.europa.eu/eurostat/tgm/graph.do?tab=graph&plugin=1&pcode=sdg_13_50&language=en&toolbox=data
- Europa press. (15 de octubre de 2019). *Las emisiones de CO2 alcanzar un nuevo récord*. Recuperado el 10 de junio de 2020, de <https://www.europapress.es/sociedad/medio-ambiente-00647/noticia-emisiones-co2-alcanzaron-2018-nuevo-record-llegar-4078-ppm-omm-20191125112649.html>
- Eurostat. (2016). *Estadísticas sobre residuos*. Recuperado el 10 de agosto de 2020, de https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_statistics/es
- García, S. G. (20 de noviembre de 2018). *Actos jurídicos no normativos*. Recuperado el 7 de julio de 2020, de <https://www.residuosprofesional.com/disposiciones-medioambiente-octubre-2018/>
- Gobierno de España. (2019). *Estrategia Española de Economía Circular 2030*. Recuperado el 16 de Junio de 2020, de <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/economia-circular/estrategia/>
- Hernández, Ó. (2020). El reciclaje de plástico, clave para un futuro circular. *Revista Técnica de Medio Ambiente*.
- Hernández, Ó. (2020). El reciclaje de plásticos, clave para un futuro circular. (A. Media, Ed.) *RETEMA*(222). Recuperado el 25 de Julio de 2020, de <https://www.retema.es/noticia/el-reciclaje-de-plastico-clave-para-un-futuro-circular-ubpPm>

- INE. (16 de noviembre de 2019). *Cuenta de flujos de materiales*. Recuperado el julio de 14 de 2020, de https://www.ine.es/prensa/cma_2018_a_fm.pdf
- INE. (2019). *Estadística sobre recogida y tratamiento de residuos*. Recuperado el 3 de junio de 2020
- Ingelia. (s.f.). *Biorefinería Ingelia*. Recuperado el 7 de junio de 2020, de <https://ingelia.com/>
- Ingeniería química. (2013). *Valorización energética*. Recuperado el 17 de agosto de 2020, de <https://www.ingenieriaquimica.net/articulos/329-valorizacion-energetica-ii-el-valor-de-lo-que-sobra>
- Instituto Geográfico Nacional. (2018). *Producción de dióxido de carbono*. Recuperado el 4 de junio de 2020, de https://www.ign.es/espmmap/mapas_conta_bach/pdf/Contam%20_mapa_04_texto.pdf
- Juan Pérez. (2013). *La sociedad del consumo: vivir es consumir*. Recuperado el 12 de junio de 2020, de <https://elordenmundial.com/sociedad-de-consumo/>
- La Vanguardia. (2019 de diciembre de 01). *¿Hay conciencia de cambio climático?* Recuperado el 9 de Agosto de 2020, de <https://www.lavanguardia.com/participacion/las-fotos-de-los-lectores/20191201/471993837846/cambio-climatico-cumbre-clima-madrid.html>
- Lecea, E. d. (2020). Apostando por el reciclaje, también el aceite usado. (A. Media, Ed.) *RETEMA*(222), 12-14. Recuperado el 3 de Julio de 2020, de <https://www.retema.es/revistas/especial-reciclaje-iL7DO>
- McGrath, M. (24 de Julio de 2019). *Cambio climático: 18 meses cruciales para el planeta*. Recuperado el 4 de Julio de 2020, de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-49099380>
- Ministerio de agricultura, alimentación y medioambiente. (7 de abril de 2014). *Diagnóstico del Sector de Residuos en España*. Recuperado el 23 de julio de 2020, de https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/analisis-y-prospectiva/AyP_RESIDUOS_V10_tcm30-88410.pdf
- Ministerio de Asuntos exteriores. (2015). *Agenda 2030*. Recuperado el 6 de Julio de 2020, de <http://www.exteriores.gob.es/Portal/es/PoliticaExteriorCooperacion/Agenda2030/Paginas/Inicio.aspx>
- Ministerio de Asuntos Exteriores. (13 de agosto de 2020). Obtenido de <http://www.exteriores.gob.es/Portal/es/PoliticaExteriorCooperacion/Agenda2030/Paginas/Inicio.aspx>
- Ministerio para la transición demográfica y el reto ecológico. (2019). *Sistemas de tratamiento*. Recuperado el 29 de julio de 2020, de <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/domesticos/gestion/sistema-tratamiento/Default.aspx>
- Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico. (2011). *Situación y potencial de valorización energética directa de residuos*. Recuperado el 6 de junio de 2020, de https://www.miteco.gob.es/images/es/ressituacionvalorizacidae_tcm30-178821.pdf

- Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico. (2013). *Programa Estatal de Prevención de residuos 2014-2020*. Recuperado el 25 de junio de 2020, de <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/planes-y-estrategias/Planes-y-Programas.aspx>
- Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico. (2016). *Proyectos clima*. Recuperado el 10 de Agosto de 2020, de <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/que-es-el-cambio-climatico-y-como-nos-afecta/>
- Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico. (2017). *Proyecto Clima*. Recuperado el 3 de junio de 2020, de <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/proyectos-clima/que-es-un-proyecto-clima/default.aspx>
- Misiterio para la transición ecológica y el reto demográfico. (02 de Junio de 2020). *Memoria del análisis de impacto normativo del anteproyecto de ley de residuos y suelos contaminados*. Recuperado el 13 de Junio de 2020, de https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/participacion-publica/200602mainanexosaplrcs_informacionpublica_tcm30-509527.pdf
- Oficemen. (2017). *Economía circular*. Recuperado el 25 de julio de 2020, de <https://www.oficemen.com/sostenibilidad/economia-circular/>
- ONU. (2019). *Acción climática ONU 2019*. Recuperado el 12 de julio de 2020, de <https://www.un.org/es/climatechange/un-climate-summit-2019.shtml>
- ONU. (2019). *Informe anual sobre cambio climático*. Recuperado el 23 de julio de 2020, de <https://unfccc.int/>
- ONU. (8 de julio de 2020). *Cambio climático y medioambiente*. Recuperado el 5 de Agosto de 2020, de <https://news.un.org/es/story/2020/07/1477161>
- Ordoñez, R. (9 de junio de 2020). *la curva de las emisiones de Co2 continúa en ascenso*. Recuperado el 8 de julio de 2020, de <https://www.elindependiente.com/futuro/medio-ambiente/2020/06/09/emisiones-de-co2/>
- Parlamento Europeo. (10 de Abril de 2018). *Economía circular*. Recuperado el 8 de junio de 2020, de <https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/economy/20151201STO05603/economia-circular-definicion-importancia-y-beneficios>
- Recytrans. (02 de Septiembre de 2014). *Reciclaje de residuos*. Recuperado el 14 de Junio de 2020, de <https://www.recytrans.com/blog/reciclaje-de-residuos/>
- Recytrans. (2017). *Clasificación de los residuos*. Recuperado el 25 de junio de 2020, de <https://www.recytrans.com/blog/clasificacion-de-los-residuos/>
- Residuos Profesional. (2 de diciembre de 2019). *La generación de residuos urbanos en España crece hasta los 22,5 millones de toneladas*. Recuperado el 10 de Junio de 2020, de <https://www.residuosprofesional.com/residuos-urbanos-espana-2017/>
- Residuos Profesional. (9 de julio de 2020). *SmartCompo, tecnología innovadora para la valorización de residuos orgánicos*. Recuperado el 18 de Julio de 2020, de <https://www.residuosprofesional.com/smartcompo-compostaje-residuos/>

- RETEMA. (1 de mayo de 2013). *Enerfuel: la energía del futuro*. Recuperado el 13 de junio de 2020, de <https://www.retema.es/articulo/enerfuel-la-energa-del-futuro-la-energa-infinita>
- Rudiger Dornbusch, S. F. (2004). *Macroeconomía*. Madrid: Interamericana de España. Recuperado el 2020, de https://polibuscador.upv.es/primo-explore/fulldisplay?docid=alma2136865630003706&context=L&vid=bibupv&lang=es_ES&search_scope=ALL&adaptor=Local%20Search%20Engine&isFrbr=true&tab=default_tab&query=any,contains>manual%20macroeconom%C3%ADa&sortby=rank&facet=
- SafetyDoc. (9 de Enero de 2020). *Clasificación y reciclaje de residuos*. Recuperado el 04 de Junio de 2020, de <https://www.safetydoc.es/tipos-de-residuos-definicion-y-clasificacion/>
- The New Climate Economy. (2018). *Acelerar la acción climática en tiempos urgentes*. Recuperado el 20 de Agosto de 2020, de <https://newclimateeconomy.report//2018>
- The New Climate Economy. (2018). *Informe 2018 de la comisión global sobre economía y clima*. Recuperado el 20 de Agosto de 2020, de <https://newclimateeconomy.report/>
- UE. (2016). *Acuerdo de París*. Recuperado el 1 de Julio de 2020, de https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_es
- Unión por la biomasa. (2011). *Balance socioeconómico de las biomásas en España*. Recuperado el 15 de agosto de 2020, de http://www.unionporlabiomasa.org/pdf/Balance_Biomasas.pdf
- Villar, A. M. (15 de mayo de 2018). *Concienciación y sensibilización sobre el cambio climático*. Recuperado el 11 de Julio de 2020, de https://static.malaga.es/malaga/subidas/archivos/1/5/arc_313751.pdf
- Wolters Kluwer. (2020). *Guía jurídica: Residuos*. Recuperado el 13 de junio de 2020, de https://guiasjuridicas.wolterskluwer.es/Content/Documento.aspx?params=H4sIAAAAAAEAMtMSbF1jTAAAUMTAxNLtbLUouLM_DxblwMDCwNzAwuQQGZapUt-ckhlQaptWmJOcSoA3dGuzTUAAAA=WKE
- World Economic Forum. (2020). *The Global Risks Report 2020*. Recuperado el 19 de julio de 2020, de <https://es.weforum.org/reports/>