

## **Trabajo Fin de Grado**

---

# **VALORIZACIÓN AMBIENTAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS EN CANARIAS: AHORRO ENERGÉTICO Y/O COMPOSTAJE**

**Alumno: José Ángel Pascual Franquet**

**Tutora: Karina Elvira Rodríguez  
Espinoza**

## Contenido

1. RESUMEN.....	4
2. INTRODUCCIÓN.....	6
2.1. ESCENARIO ENERGÉTICO EN CANARIAS.....	6
2.1.1. POLÍTICA ENERGÉTICA EN EUROPA .....	7
2.1.2. POLÍTICA ENERGÉTICA EN ESPAÑA .....	8
2.1.3. POLÍTICA ENERGÉTICA EN CANARIAS .....	10
2.2. TRAYECTORIA ENERGÉTICA Y OBJETIVOS EN CANARIAS .....	11
2.3. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DEL SECTOR ENERGÉTICO EN CANARIAS .....	12
2.3.1. DEMANDA ENERGÉTICA.....	12
2.3.2. TIPOS DE ENERGÍA .....	13
2.4. PROYECCIONES Y TENDENCIA DE LOS ESCENARIOS ENERGÉTICOS EN CANARIAS .....	17
2.5. ESTRATEGIA ENERGÉTICA CANARIA 2025 .....	17
2.6. EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO .....	20
2.7. IMPACTO AMBIENTAL DE LAS EMISIONES DE GEI .....	23
2.7.1. EFECTO INVERNADERO .....	23
2.7.2. CAMBIO CLIMÁTICO.....	24
2.8. GESTIÓN DE RESIDUOS .....	25
2.8.1. GESTIÓN DE RESIDUOS EN CANARIAS .....	28
2.8.2. ALTERNATIVA 2.....	28
2.8.2.1. EJE 1.....	29
2.8.2.2. EJE 2.....	29
2.8.2.3. EJE 3.....	29
2.8.2.4. EJE 4.....	30
2.8.2.5. EJE 5.....	30
2.9. BIORRESIDUOS.....	30
2.10. ECONOMÍA CIRCULAR .....	31
2.10.1. PRINCIPIOS DEL DISEÑO DE LA ECONOMÍA CIRCULAR.....	33
2.11. COMPOST .....	34
2.12. BIOCOMBUSTIBLES.....	35
2.12.1. VENTAJAS DE LOS BIOCOMBUSTIBLES.....	35
2.12.2. BIOGÁS .....	36
3. OBJETIVOS.....	38
4. MÉTODO.....	38

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
5.1. RESIDUOS GENERADOS EN CANARIAS. IDENTIFICACIÓN Y EJEMPLO DE CUANTIFICACIÓN.....	39
5.2. RESIDUOS ESCOGIDOS.....	44
5.2.1. LODOS DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES .....	44
5.2.2. SITUACIÓN DE LA GESTIÓN DE LOS LODOS DE EDAR EN CANARIAS. CUANTIFICACIÓN .....	46
5.2.3. RESIDUOS GANADEROS .....	47
5.2.4. PRODUCCIÓN GANADERA EN CANARIAS. CUANTIFICACIÓN .....	48
5.3. APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS. VALORIZACIÓN ENERGÉTICA Y USOS COMO MATERIA PRIMA Y COMPOSTAJE .....	50
5.4. PRODUCCIÓN ENERGÉTICA EN CANARIAS A PARTIR DE RESIDUOS .....	52
5.4.1. VENTAJAS DE LA BIOMETANIZACIÓN.....	55
5.4.2. PROYECTOS EN CANARIAS .....	56
5.5. AHORRO ENERGÉTICO AL VALORIZAR RESIDUOS. INDEPENDENCIA ENERGÉTICA EN CANARIAS .....	57
5.5.1. ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE BIOGAS A PARTIR DE RESIDUOS .....	57
6. CONCLUSIONES.....	69
7. BIBLIOGRAFÍA.....	70
LEGISLACIÓN CONSULTADA .....	71
PÁGINAS WEBS .....	71

Autorización para la defensa del Trabajo de Fin de Grado (TFG)

D<sup>a</sup> Karina Elvira Rodríguez Espinoza, Profesor Ayudante Doctor, de la Universidad de La Laguna del Departamento de Ingeniería Química y Tecnología Farmacéutica,

**INFORMAN:** que el presente trabajo de fin de grado “Valorización ambiental de los residuos generados en canarias: ahorro energético y/o compostaje”, ha sido realizado bajo mi dirección, por el alumno D<sup>a</sup> José Ángel Pascual Franquet.

**Autorizo** la presentación del mismo para que pueda proceder a su defensa.

En San Cristóbal de La Laguna, a 15 de septiembre de 2020



Fdo.: Dra. Karina Elvira Rodríguez Espinoza

## 1. RESUMEN

Las Islas Canarias se encuentran en una localización de gran vulnerabilidad al tratarse de una región ultraperiférica, de escaso territorio, combustible y agua. Al estar aislada energéticamente de otros territorios existe una gran dependencia del exterior, con una casi total dependencia de los productos petrolíferos que ocasionan costes altos de generación eléctrica, suponiendo un 99% de la demanda energética.

Este consumo petrolífero es producido principalmente por el sector del transporte, ya sea por vía terrestre, aérea o marítima destinando un total del 69,51% de la demanda. Además, Canarias tiene un problema con la gestión de residuos los cuales acaban la gran mayoría en vertedero, produciendo que las cifras per cápita sean superiores a la media europea en 550 kg/hab\*año. Esto es debido a que Canarias es un territorio con un sector turístico muy desarrollado, pero con escasas infraestructuras para el procesamiento y tratamiento de los residuos.

El objetivo de este Trabajo de Fin de Grado, es crear una propuesta de aprovechamiento energético de ciertos residuos mediante la digestión anaeróbica para la producción de biogás y bioabono. Los residuos seleccionados son los lodos de depuradora y el estiércol y sus purines procedentes de la ganadería. En el primer caso, acaban en su mayor medida depositados en vertederos y en el segundo caso, mayormente como abono pudiendo tener un aprovechamiento más efectivo como la biometanización, que produce beneficios económicos como la sustitución y reducción de la factura energética y la sustitución de fertilizantes importados.

Esta biodigestión evita la acumulación de residuos orgánicos generando en su lugar biogás para la producción eléctrica y un subproducto que puede ser empleado como fertilizante. Esto conlleva a una reducción de emisiones de metano debido a la descomposición en los vertederos.

Finalmente, la generación energética de estos residuos podría unirse a las energías renovables ya instaladas en Canarias para ayudar a que la dependencia del exterior se reduzca y fomentando una economía circular al aprovechar residuos para obtenerla.

## ABSTRACT

The Canary Islands are in a location of great vulnerability as it is an ultraperipheral region, with little territory, fuel and water. Since they are energetically isolated from other territories, there exists a great dependence on the outside, with almost total dependence on the petroleum products which generate high electricity generation costs, assuming 99% of energy demand.

The consumption of oil is mainly produced by the transport sector, whether by land, air or sea, which accounts for 69.51% of total utilisation. In addition, the Canary Islands have a problem with the management of waste, which the vast majority end up in a landfill, causing the per capita figures to be higher than the European average at 550 kg / inhab \* year. This is because the Canary Islands is a territory with a highly developed tourism sector, but with limited infrastructures for the processing and treatment of waste.

The focus of this dissertation is to create a proposal for the energy use of certain residues through anaerobic digestion for the production of biogas and bio-fertilizer. The selected wastes are sewage sludge and livestock manure and its slurry. In the case, they end up mostly deposited in landfills, and as in the second case, as fertilizer only, being able to have a more effective use such as biomethanization, which produces economic benefits such as the substitution and reduction of the energy bill and the substitution of imported fertilizers.

This biodigestion avoids the accumulation of organic waste generating instead biogas for electricity production and a by-product that can be used as fertilizer. This leads to a reduction in methane emissions due to decomposition in landfills.

Finally the energy generation could join the renewable energies already installed in the Canary Islands and help reduce dependence on abroad and promoting a circular economy by taking advantage of waste to obtain it.

## 2. INTRODUCCIÓN

El ser humano se encuentra en una difícil situación energética, en la cual se encuentra por un lado con un aumento de la demanda de energía, y por otra, las actuales fuentes son en su mayoría recursos limitados y su uso indiscriminado representa repercusiones ambientales negativas para nuestra supervivencia en un mundo continuamente cambiante, y más aún, si estos cambios son producidos por estas actividades de producción energética, conllevando, por ejemplo, a un cambio climático.

Este cambio climático es debido a la presión y aumento demográfico en la que se encuentra el planeta y a un crecimiento económico que trae consigo un consumo desmesurado de recursos, tanto energéticos como materiales. Es por ello, que se debe priorizar el principio de la sostenibilidad para satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones del futuro, como por ejemplo, la economía circular que se trata de un modelo de aprovechamiento de recursos y reducción de las materias primas, convirtiéndose así en una alternativa para el actual modelo de extracción, producción, consumo y eliminación del modelo económico lineal, y a su vez, la clave dentro de la lucha contra el cambio climático y hacia una transición a un mundo de energías más limpias y menos contaminantes favoreciendo el uso de fuentes renovables.

### 2.1. ESCENARIO ENERGÉTICO EN CANARIAS

El escenario energético que se presenta en Canarias es de una casi total dependencia del exterior, basada en productos petrolíferos los cuales generan altos costes de generación eléctrica que han de ser reconocidos por el conjunto del sistema eléctrico para estabilizar los precios con el resto del territorio español. Esta dependencia genera una mayor vulnerabilidad debido a que se trata de una región ultraperiférica, aislada energéticamente de otros territorios y con recursos limitados como son el territorio, los combustibles y el agua (Estrategia Energética de Canarias 2015-2025).

Aunque este escenario de lugar a ciertas desventajas con respecto al resto del territorio nacional, Canarias cuenta con una serie de ventajas y oportunidades para el conjunto de islas, destacando sus condiciones climáticas y sus recursos renovables cuyo uso y aprovechamiento produciría una reducción considerable en su dependencia con el exterior y una reducción en

las emisiones contaminantes derivadas de su uso, promocionando el desarrollo de la economía local en la generación de empleos. Cabe mencionar que Canarias cuenta con un elevado potencial en relación al ahorro energético y a la mejora de la eficiencia energética, destacando los sectores del transporte, edificación y equipamiento en el ámbito del agua, recurso que conlleva un gasto energético elevado (Estrategia Energética de Canarias 2015-2025).

### **2.1.1. POLÍTICA ENERGÉTICA EN EUROPA**

Europa propone un nuevo diseño para el desarrollo de la economía basada en “La Estrategia Europa 2020”, el cual establece tres prioridades que se refuerzan mutuamente:

1. Crecimiento inteligente: desarrollo de una economía basada en el conocimiento y la innovación.
2. Crecimiento sostenible: promoción de una economía que haga un uso más eficaz de los recursos, que sea más verde y competitiva.
3. Crecimiento integrador: fomento de una economía con un alto nivel de empleo que tenga cohesión social y territorial.

Es por ello, que se fomentará el crecimiento sostenible mediante una economía baja en carbono y que utilice eficazmente los recursos naturales de forma eficiente y sostenible. Para la consecución de tal fin, se establecen los objetivos para cada uno de los estados miembros de la Unión Europea como son en los siguientes ámbitos:

- Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.
- Incremento de la participación de las energías renovables.
- Incremento de la eficiencia energética.

Para el periodo de 2020-2030 se establece un marco para las políticas de la UE en materia del clima y energía para así ayudar a abordar cuestiones como:

- Reducción desde 2030-2050 las emisiones de efecto invernadero en un 80-95% en relación con el nivel de 1990.
- Precios elevados de la energía y la vulnerabilidad económica de la UE a futuros incrementos de precios como en el caso del gas natural y el petróleo.
- Dependencia a las importaciones energéticas procedentes de zonas políticamente inestables.



- Sustitución y mejora de infraestructuras energéticas y proporcionar un marco regulador estable para los posibles inversores.
- Necesidad de alcanzar un acuerdo sobre la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero para 2030 para su aportación en próximas negociaciones para un nuevo acuerdo internacional sobre el cambio climático.

En el marco para 2030 se proponen nuevos objetivos y medidas para ser más competitivos, seguro y sostenible el sistema económico y energético estableciendo las siguientes acciones:

- Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero jugando para 2030 una reducción del 40% con respecto a los niveles de 1990.
- Un objetivo de energía renovable de al menos el 27% del consumo energético con flexibilidad para los estados miembros establezcan sus propios objetivos.
- Mejoras en la eficiencia energética modificando la Directiva sobre eficiencia energética.
- Reforma del régimen de comercio de derechos de emisión de la UE.
- Indicadores clave para la medición de avances en la consecución de un sistema energético más competitivo, seguro y sostenible.

### 2.1.2. POLÍTICA ENERGÉTICA EN ESPAÑA

Los compromisos de España para el año 2020 en estas materias se recogen en los diferentes planes que se ha venido aprobando, fundamentalmente:

- Plan de Ahorro y Eficiencia Energética (PAEE) 2011–2020, revisado por el Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética 2014-2020.
- Plan de Energías Renovables (PER) 2011–2020 y la Planificación de los Sectores de Electricidad y Gas 2008-2016, que en materia de electricidad ha sido sustituido por el Plan de Desarrollo de la Red de Transporte de Energía Eléctrica 2015-2020.

La legislación española viene considerando las líneas maestras fijadas en las Directivas 2009/125/CE y 2010/30/UE, siendo articulado en la legislación nacional del Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020, cuyas medidas daban continuidad a las que ya estaban en ejecución a través de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética 2004-2012.

Tras la aprobación de la Directiva 2012/27/UE, se actualizaron las medidas publicándose el Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética 2014-2020.

Las acciones desarrolladas en el Plan Nacional de Acción destacan los siguientes programas:

- Programas de Incentivo al Vehículo Eficiente (PIVE).
- Programa de Ayuda a la Rehabilitación Energética de Edificios Existentes en el Sector Residencial de uso de vivienda y hotelero (PAREER).
- Plan de Impulso al Medio Ambiente para la adquisición de vehículos comerciales (PIMA).
- Plan PIMA Sol para la vivienda.
- Programa de ayuda al alumbrado exterior municipal.
- Ayudas para la mejora de la eficiencia energética en procesos de desalación.

Todas estas líneas de actuación forman parte del Fondo Nacional de Eficiencia Energética. Cabe destacar que hasta el momento no ha sido desarrollada una planificación para el horizonte 2020-2030 debido a que, si bien ya se ha acordado objetivos generales para el conjunto de la Unión Europea, no se han fijado los objetivos específicos para cada uno de los Estados Miembros.

Con respecto a las energías renovables, la Directiva 2009/28/CE establece el objetivo de conseguir una cuota mínima del 20% de energía procedente de fuentes renovables en el consumo final bruto de energía de la Unión Europea, siendo el mismo objetivo establecido para España, con una cuota mínima del 10% de energía procedente de fuentes renovables en el consumo de energía en el sector del transporte en 2020.

En el año 2011, se aprobó el Plan de Energías Renovables (PER) 2011-2020, estableciendo los objetivos acordes con la Directiva anteriormente mencionada, con el fin de alcanzar una participación de las energías renovables del 20,8% en 2020. También contempla un 38,1% del consumo eléctrico y un 11,3% del consumo en transportes sea renovable, siendo fundamentalmente que 35.000 MW procedan de energía eólica on-shore, 750 MW off-shore y 12.050 MW solares.

En el año 2013, se inicia la “Reforma Energética”, que supone un cambio en el régimen retributivo de las energías renovables en España. Esto es debido a que durante los últimos 20 años se ha producido un desarrollo muy importante tecnológicamente en la producción energética a partir de fuentes renovables, cogeneración y residuos, eliminándose las primas o incentivos a la producción, y en su lugar, las instalaciones renovables podrán percibir, además de la retribución que corresponde por la venta de la energía valorada al precio del mercado, una retribución específica durante su vida útil regulatoria.

### **2.1.3. POLÍTICA ENERGÉTICA EN CANARIAS**

Dentro del marco de la Estrategia Europa 2020, las Regiones Ultraperiféricas (RUP’s) establecen un memorándum conjunto “Las Regiones Ultraperiféricas en el horizonte 2020” que comparten las prioridades esenciales de Europa 2020, donde establece mediante políticas adaptadas a la realidad y al desarrollo en igualdad de oportunidades de los ciudadanos de las RUP’s en relación al resto de la UE.

Para ello, desde el año 2004 y revisado en el 2007, se establece una estrategia integrada en una asociación activa entre las instituciones europeas, los estados miembros y las RUP’s en la cual se propone cinco ejes a seguir:

1. Reducción del déficit de accesibilidad y efectos de otras limitaciones de las RUP’s.
2. Mejora de la competitividad de las RUP’s a través de la modernización y diversificación de las economías, inversión e innovación en nuevos productos y servicios.
3. Fortalecimiento en la integración regional con terceros países.
4. Refuerzo de la dimensión social mediante medidas de creación de empleo, mejora de capacidades y nivel educativo, lucha contra la pobreza y mejora tanto del acceso a cuidados sanitarios como la inclusión social.
5. Medidas relativas al cambio climático.

En el año 2008, se produce un cambio para la compensación de las dificultades estructurales de las RUP’s, reconociendo y aprovechando los valores que puedan tener en relación a retos globales como las crisis energéticas y alimentaria, el cambio climático, la presión demográfica y los flujos migratorios, y la urgencia en la gestión de los océanos. Debido a esto, se promovieron los siguientes estudios:

- Estudios sobre la Migración y Tendencias Demográficas en las RUP's.
- Las RUP's y el Mercado Único.
- Factores de Crecimiento en las RUP's.

## 2.2. TRAYECTORIA ENERGÉTICA Y OBJETIVOS EN CANARIAS

En Canarias se realizó un documento de planificación energética denominado PECAN 2006, siendo aprobado por el Parlamento de Canarias en marzo de 2007, definiendo la política energética canaria hasta el año 2015 fijando cuatro principios básicos:

1. Garantizar el suministro de energía en condiciones óptimas.
2. Potenciar al máximo el uso racional de la energía.
3. Impulsar la máxima utilización posible de fuentes renovables, como la energía solar y eólica, reduciendo la vulnerabilidad hacia el exterior y la protección del medio ambiente.
4. Integrar la dimensión ambiental en todas las decisiones energéticas.

Cabe destacar, el uso de la diversificación energética convencional como el gas natural, con el fin de desplazar el excesivo empleo y dependencia de los productos petrolíferos y contemplaba el objetivo de reducir la intensidad energética en un 25% en el año 2015 respecto al valor del año 2004.

El impacto del PECAN 2006 fue mínimo sobre el modelo energético debido a que solo se cumplieron los objetivos de una forma muy limitada. Los objetivos conseguidos se observan en la *tabla 1*. Se puede observar cómo en bases generales no se han conseguido cumplir todos los objetivos y es por ello que urge su cumplimiento. Estos resultados se han visto motivados debido a la falta de cobertura territorial de las infraestructuras energéticas previstas en la planificación energética en los instrumentos de ordenación territorial, el cual ha supuesto un retraso en la implantación de dichas infraestructuras, especialmente energías renovables, transporte y distribución eléctrica.

**Tabla 1.** Balance de objetivos conseguidos a partir del PECAN 2006. Fuente: Estrategia Energética de Canarias 2015-2025.

OBJETIVO PECAN 2006-2015	OBJETIVO 2015	SITUACION REAL 2015
Reducir la dependencia del petróleo desde el 99,4% en 2005 hasta un 72% en 2015.	72%	98,50%
Alcanzar el 8% de autoabastecimiento de energía primaria en Canarias en 2015, frente al 0,6% en 2005.	8%	1,5%
Introducir el gas natural en el mix energético canario, con un porcentaje de participación en el balance de energía primaria del 20% en 2015.	20%	0%
Alcanzar un 30% de la generación eléctrica mediante fuentes de energía renovables, frente al 3,9% al inicio del periodo de planificación.	30%	7,6%
Alcanzar una potencia eólica instalada de 1.025 MW en el horizonte del año 2015, lo que significaría multiplicar por más de 7 la potencia instalada a 31 de diciembre de 2004, que ascendía solamente a 136,39 MW.	1.025 MW	152,7 MW
Alcanzar una potencia fotovoltaica instalada de 160 MW en el horizonte del año 2015, frente a la instalada a finales de 2004, situada en menos de 1 MW.	160 MW	180,6 MW
Alcanzar una superficie instalada de 460.000 m <sup>2</sup> , frente a los escasos 58.000 m <sup>2</sup> instalados de paneles solares térmicos en 2004.	460.000 m <sup>2</sup>	117.079 m <sup>2</sup>
Fomentar el aprovechamiento de otras fuentes renovables, distintas de las tradicionales (eólica y solar), como la minihidráulica, solar termoeléctrica, energía de las olas y biocombustibles.	no cuantificado	5,7 MW (biomasa y minihidráulica)
Uso Racional de la Energía (URE): Reducción en un 25%, en el año 2015, del índice de intensidad energética (ratio entre energía y PIB), respecto al valor del año 2004.	25%	21,34%

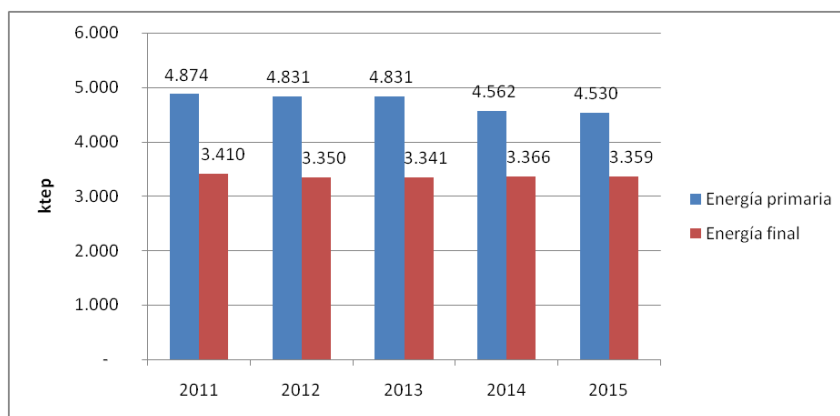
## 2.3. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DEL SECTOR ENERGÉTICO EN CANARIAS

El sector energético en Canarias se ve muy influenciado debido a su localización aislada del continente europeo y a su dependencia del exterior y de los combustibles fósiles, y por ello, a su complejidad en la producción y distribución energética.

En este apartado se describirá en mayor profundidad estas dificultades y su predominio energético, y se harán comparaciones de los diferentes sectores que mayor demanda de energía producen en Canarias, y a su vez, la evolución de la demanda y producción de las diferentes fuentes de energía entre los años 2011 y 2015.

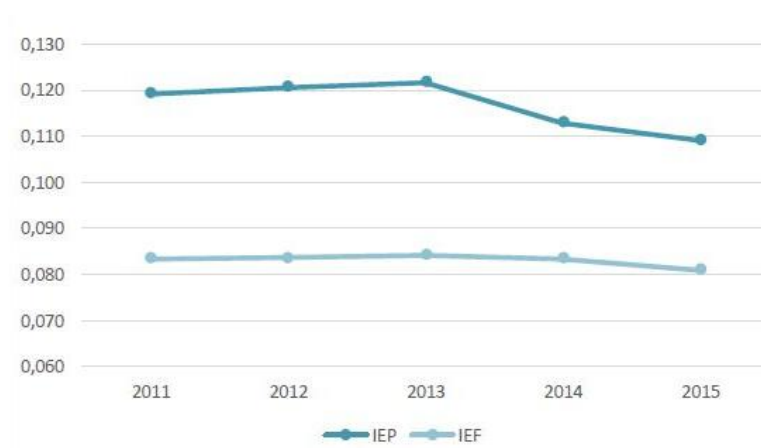
### 2.3.1. DEMANDA ENERGÉTICA

Durante el periodo 2011-2015 la demanda total de energía primaria ha disminuido un 7,04%, mientras que durante este mismo periodo la demanda de energía final se ha reducido un 1,51% como se puede observar en el *gráfico 1*:



**Gráfico 1.** Evolución de la energía primaria y final en Canarias. Fuente: Estrategia Energética de Canarias 2015-2025. Elaboración propia.

Con relación a la intensidad energética (ratio Energía /PIB), el cual se trata de un indicador de la eficiencia energética de una economía, se aprecia una disminución o mejora a partir del 2013 viéndose un ligero descenso y siendo más destacado en términos de energía primaria que de energía final, como se muestra en el gráfico 2:

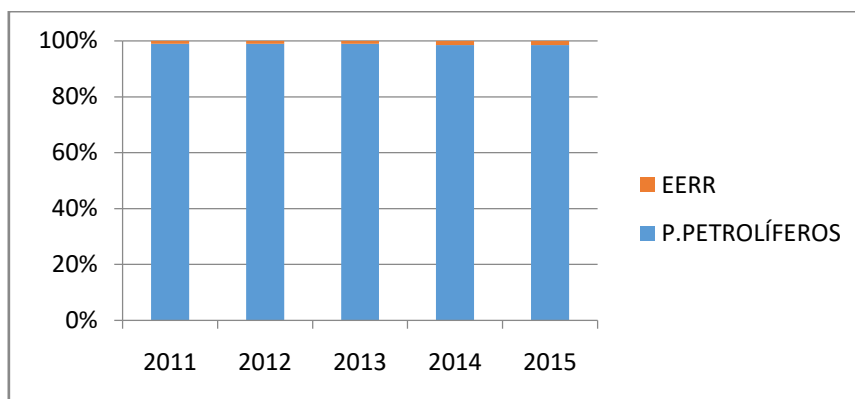


**Gráfico 2.** Evolución de la intensidad de energía primaria (Iep) y final (Ief) (Tep/miles €) Fuente: Estrategia Energética de Canarias 2015-2025.

### 2.3.2. TIPOS DE ENERGÍA

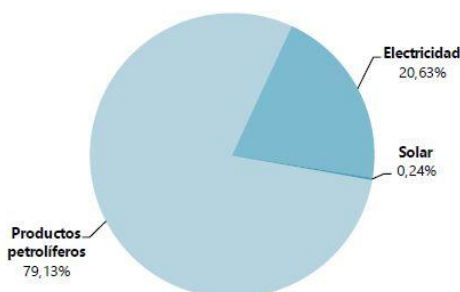
La demanda energética en Canarias es proporcionada casi en su totalidad por los productos derivados del petróleo, suponiendo un 99% de la demanda. Esto se debe al predominio en el subsector del transporte, que se abastece prácticamente en su totalidad de los combustibles fósiles y además, debido a que la producción de electricidad se genera a partir de este tipo de combustibles (Estrategia Energética de Canarias 2015-2025).

El predominio de estos combustibles es demoledor ante cualquier otro tipo de energía alternativa, aunque ligeramente se observa como las energías renovables van ligeramente aumentando como se muestra en el *gráfico 3*:



**Gráfico 3.** Evolución de la demanda de energía primaria (%) por tipo de energía. Fuente: Estrategia Energética de Canarias 2015-2025. Elaboración propia.

En relación al consumo y demanda final de energía en Canarias principalmente se divide en productos derivados del petróleo y electricidad, con una ínfima aportación de energía solar térmica inferior al 1% para el año 2015 como se muestra en el *gráfico 4*:

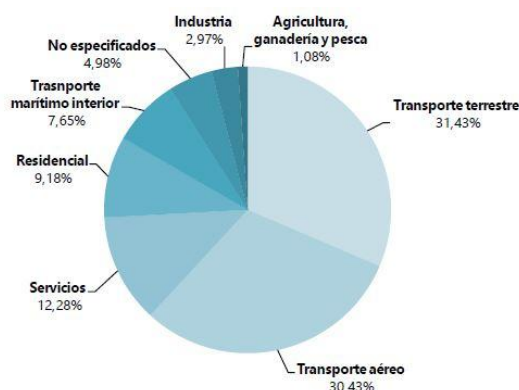


**Gráfico 4.** Demanda de energía final (%) por tipo de energía para el año 2015. Fuente: Estrategia Energética de Canarias 2015-2025.

### 2.3.2.1. SECTORES DE CONSUMO ENERGÉTICO

El sector del transporte es el que produce mayor consumo en la demanda energética final por productos derivados del transporte, sea por vía terrestre, aérea o marítima, destinando un total de 69,51%. Destaca su uso en el transporte vía terrestre con un 31,43% y aéreo con un 30,43%, dando un total de 61,86% del consumo final total. Le siguen los sectores servicios y residencial con un 12,28% y 9,18% respectivamente. Por último, se puede observar que la industria y el sector primario representan los porcentajes más bajos como son un 2,97% y

1,08% respectivamente como se puede observar en el *gráfico 5* (Estrategia Energética de Canarias 2015-2025):



**Gráfico 5.** Demanda de energía final (%) por sectores en Canarias en el año 2015. Fuente: Estrategia Energética de Canarias 2015-2025.

### 2.3.2.2. DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

La demanda energía eléctrica en Canarias se cifra en 8.665 GWh en el año 2015, descontando pérdidas en transporte y distribución, alcanza los 8.056 GWh, representando el 20,63% de la demanda total de energía final. Por ello, se realiza una producción bruta de 9.104 GWh para suplir las derivas energéticas, transporte y distribución asociados (Estrategia Energética de Canarias 2015-2025).

En el *gráfico 6*, se puede observar la evolución de la producción bruta de energía eléctrica en el periodo de 1995-2015, en el cual se produce al inicio un ascenso continuado en la producción bruta hasta la crisis económica de 2008 donde se invierte la tendencia a la baja con ciertos repuntes en el año 2012 y el 2015:



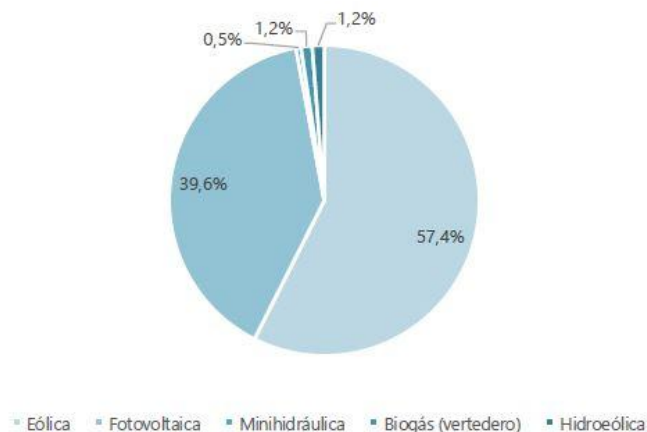
**Gráfico 6.** Evolución de la producción anual bruta de energía eléctrica en Canarias (GWh) por origen. Fuente: Estrategia Energética de Canarias 2015-2025.



Por otro lado, se puede observar como el impacto de las energías renovables en la producción bruta de energía eléctrica va en aumento progresivo desde el año 1998 hasta el 2015. A su vez, se observa un descenso de la producción por cogeneración en el mix energético debido a las paradas de la actividad de la refinería de Santa Cruz de Tenerife (Estrategia Energética de Canarias 2015-2025).

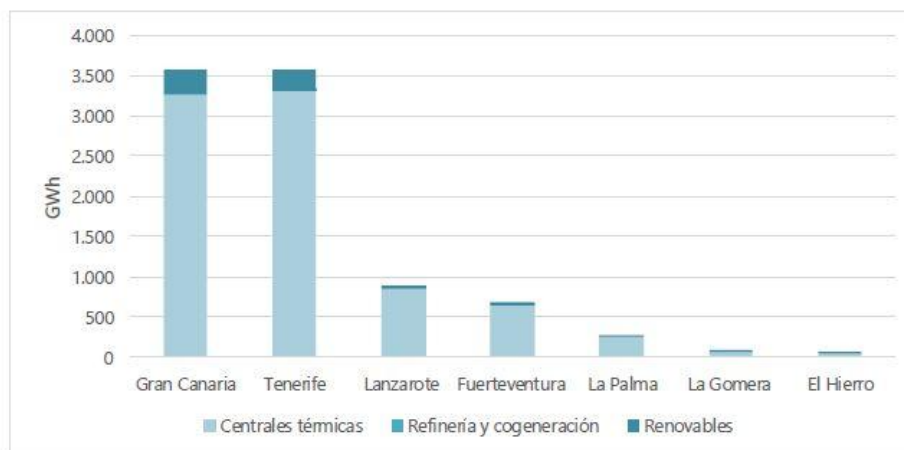
El tipo de tecnología utilizada para la producción de electricidad para el año 2015 en Canarias fue de un 92,4% a partir de productos petrolíferos en centrales térmicas, un 7,6% de energías renovables y un 0,1% de centrales de cogeneración, siendo la mayor parte de la generación eléctrica de origen térmico a través de ciclos combinados un 39,3%, grupos de vapor un 29% y grupos diesel un 27,7 %, siendo el restante un 4% con turbinas de gas (Estrategia Energética de Canarias 2015-2025).

Con respecto a las energías renovables, en el *gráfico 7* se puede ver como representó un 7,6% del total en Canarias, dentro de ese porcentaje, se produjo un 57,4% por energía eólica y un 39,6% por energía fotovoltaica (Estrategia Energética de Canarias 2015-2025):



**Gráfico 7. Participación (%) por tecnologías en la producción de electricidad de origen renovable en Canarias en el año 2015. Fuente: Estrategia Energética de Canarias 2015-2025.**

Cabe destacar, que las dos islas mayores Tenerife y Gran Canaria, produjeron 3.577 GWh y 3.573 GWh respectivamente, seguido por Lanzarote y Fuerteventura con 888 GWh y 673 GWh respectivamente, por último, La Palma, La Gomera y El Hierro con 72 GWh, 44 GWh y 9 GWh respectivamente como se puede observar en el *gráfico 8* (Estrategia Energética de Canarias 2015-2025):



**Gráfico 8.** Producción bruta de energía eléctrica por islas en el año 2015. Fuente: Estrategia Energética de Canarias 2015-2025.

## 2.4. PROYECCIONES Y TENDENCIA DE LOS ESCENARIOS ENERGÉTICOS EN CANARIAS

El escenario energético en Canarias incorpora políticas que se han ido aplicando en los últimos años en el ámbito de la eficiencia energética, energías alternativas y en relación con la gestión de la demanda (Estrategia Energética de Canarias 2015-2025).

Se han establecido dos tipos de escenarios denominados alternativa 0 (o tendencial) y alternativa 1. Ambos escenarios alternativos entre sí, se contempla en la “Estrategia Energética de Canarias 2015-2025”, en la que la alternativa 0 contempla la continuación de políticas que ya se han ido impuesto en el marco energético, además de la entrada de infraestructuras y medidas ya planificadas, autorizadas o en ejecución. Con respecto a la alternativa 1, contempla un escenario donde se potencie la aplicación de políticas activas para promover el ahorro, la eficiencia energética y la maximización de la penetración de las energías renovables.

Actualmente, se estudia la alternativa 2 recogida en el Plan Integral de Residuos de Canarias.

## 2.5. ESTRATEGIA ENERGÉTICA CANARIA 2025

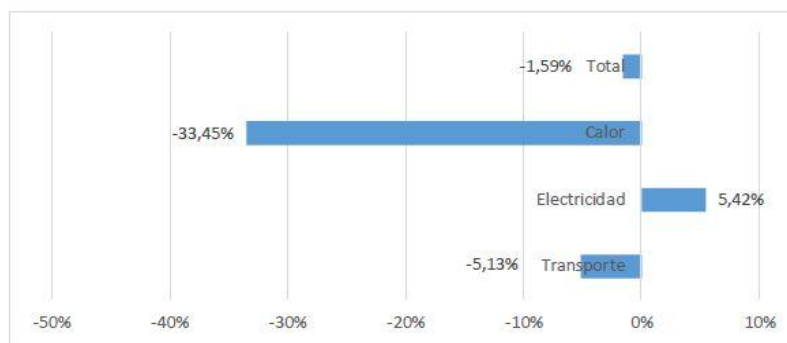
El principal objetivo energético en Canarias es llevar el modelo energético hacia una

transición sostenible, que contribuya hacia una economía baja en carbono de manera compatible con la preservación del medio ambiente, basándose en los siguientes puntos:

- Garantizar la seguridad en el suministro energético a través de la diversificación de las fuentes energéticas.
- Máxima penetración de las energías renovables, especialmente la energía eólica y solar en sus diferentes modalidades, pero fomentando otras energías alternativas como la biomasa, geotermia de baja temperatura o el aprovechamiento energético de los residuos.
- Paliar vulnerabilidades del sector eléctrico canario como región ultraperiférica reforzando sus sistemas eléctricos insulares mediante interconexiones entre islas, mejora de redes de transporte y distribución, y dotando de infraestructuras de almacenamiento energético.
- Impulsar la movilidad sostenible mediante el uso de vehículos que empleen combustibles alternativos como biocombustibles, gas propano, gas natural comprimido, entre otros, y además el desarrollo del vehículo eléctrico.
- Introducir el gas natural como energía de transición entre el modelo energético actual basado en combustibles fósiles y el modelo basado en energías renovables.
- Uso del sector energético como motor del desarrollo sostenible del turismo en Canarias.
- Mejora de la competitividad de las empresas e industrias, especialmente PYMES, mediante medidas de ahorro y eficiencia energética y fomento de energías renovables en los edificios del sector servicio e industrial, así como la industria.
- Impulsar el ahorro y la eficiencia energética en la edificación y viviendas.
- Canarias como un laboratorio natural para la investigación, desarrollo y ensayo de tecnologías verdes y redes de distribución inteligentes.
- Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

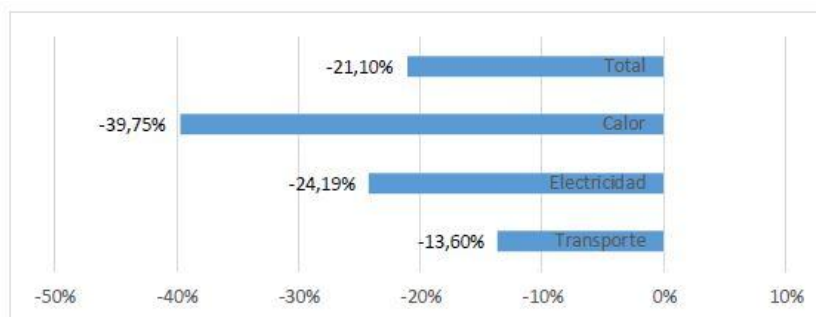
Tras el último inventario de emisiones de gases de efecto invernadero registradas en Canarias por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente del Gobierno de España correspondiente al año 2014, asciende a 13.114,73 KtCO<sub>2eq</sub> de las cuales 10.852 KtCO<sub>2eq</sub> se ha originado por el procesado de la energía (82,75%) y de estas, la práctica totalidad debido a actividades de combustión (99,95%) (Estrategia Energética de Canarias 2015-2025).

Con respecto a las emisiones de GEI de los diferentes sectores como son el sector del transporte, el sector eléctrico y las derivadas de la producción de calor y otros usos, se obtiene las emisiones totales de GEI asociadas a las actividades de combustión en el procesado de energía. Reflejándose en las diferentes alternativas se puede observar como en la Alternativa 0 se produce una disminución de las emisiones totales del orden de 1,59% respecto a los niveles de emisión del año 2014 con respecto al año 2025 como se puede observar en el *gráfico 9* (Estrategia Energética de Canarias 2015-2025):



**Gráfico 9.** Reducción del nivel de emisiones de GEI (%) en el año 2025 con respecto al 2014 con Alternativa 0. Fuente: Estrategia Energética de Canarias 2015-2025.

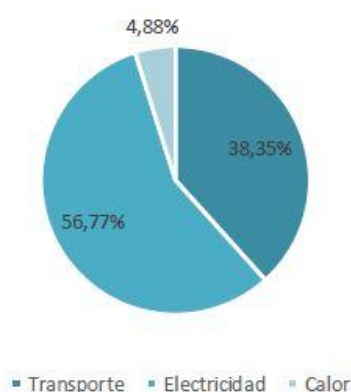
Esto es debido al aumento de la eficiencia de la movilidad terrestre. Esta reducción compensaría el aumento de las emisiones del sector eléctrico como consecuencia del incremento de la demanda de energía eléctrica en Canarias. En la Alternativa 1, el nivel de emisiones se vería con una reducción mayor hasta un 22,58% con respecto a los niveles del año 2014 con respecto al año 2025, disminuyendo en todos los sectores nombrados como se puede observar en el *gráfico 10* (Estrategia Energética de Canarias 2015-2025):



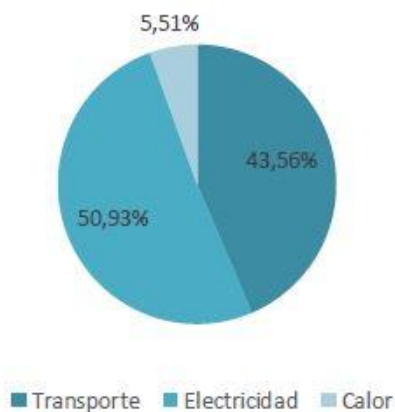
**Gráfico 10.** Reducción del nivel de emisiones de GEI (%) en el año 2025 con respecto al 2014 en Alternativa 1. Fuente: Estrategia Energética de Canarias 2015-2025.

Esto es debido al incremento de la penetración de las energías renovables en el mix de generación eléctrica, y por las políticas URE y de gestión de demanda consideradas en todos los subsectores de la energía (Estrategia Energética de Canarias 2015-2025).

En los casos de la Alternativa 0 el sector más contaminante sería el eléctrico seguido por el sector del transporte, mientras que en la Alternativa 1 seguiría siendo el sector eléctrico, seguido por el transporte, aumentando este con respecto a la Alternativa 0. En los *gráficos 11* y *12* se pueden observar los porcentajes asociadas a las actividades de combustión por sectores (Estrategia Energética de Canarias 2015-2025):



**Gráfico 11.** Emisiones GEI asociadas a las actividades de combustión del procesado de energía por sectores (%) en Alternativa 0. Fuente: Estrategia Energética de Canarias 2015-2025.

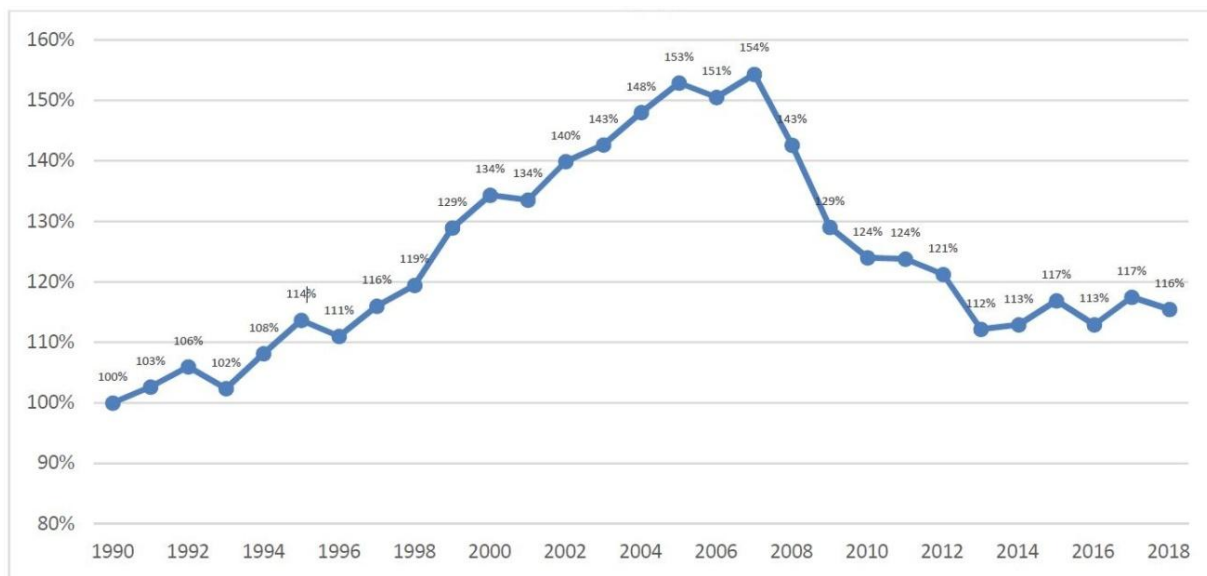


**Gráfico 12.** Emisiones GEI asociadas a las actividades de combustión del procesado de energía por sectores (%) en Alternativa 1. Fuente: Estrategia Energética de Canarias 2015-2025.

## 2.6. EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

A nivel nacional se estiman las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) para el año 2018 en 334,3 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq. El nivel de emisiones brutas totales se sitúa

en un +15,5 % respecto a 1990 y un -24,6% respecto a 2005. Tras la ratificación de Kyoto, España se comprometió a no aumentar sus emisiones en más de un 15% tomando como base los niveles de 1990 (Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera serie 1990-2018). En el *gráfico 13* se puede observar la evolución del agregado de emisiones de CO<sub>2</sub> desde el año 1990 hasta el 2018:



**Gráfico 13.** Índice de evolución del agregado de emisiones. Fuente: Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en la Atmósfera Edición 1990-2018.

Se produce un ascenso progresivo desde 1990 hasta 2008 obteniendo un 154%, reduciéndose hasta el 2013 con un 112% y ganando una cierta estabilidad hasta el 2018 entre 113% al 117%. Como se puede observar, este porcentaje del 15% sobre los niveles de 1990 se ha visto ciertamente respetado desde el año 2013 (Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera serie 1990-2018). En la *tabla 2* se puede observar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) totales brutas observando las variaciones resultantes a partir de los niveles de 1990 y con respecto a 2005:

**Tabla 2.** Emisiones totales brutas de Gases de Efecto Invernadero (GEI) desde 1990-2018. Fuente: Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Invernadero a la Atmósfera.

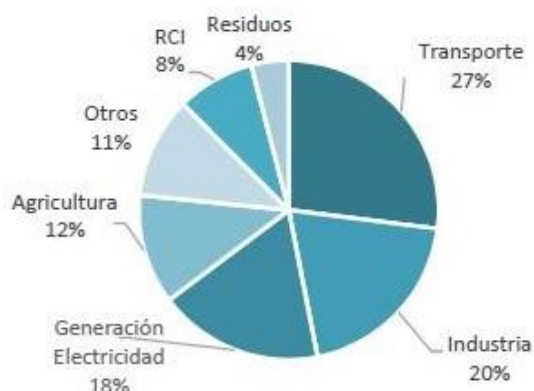
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2017	2018
Emisiones GEI (kt CO <sub>2</sub> -eq)	289.383	328.901	388.776	443.440	358.859	338.254	340.298	334.255
Variación respecto a 1990		+13,7%	+34,3%	+53,2%	+24,0%	+16,9%	+17,6%	+15,5%
Variación respecto a 2005					-19,0%	-23,7%	-23,3%	-24,6%

Se ha podido registrar una disminución global en 2018 del -1,8% de las emisiones de CO<sub>2</sub>-eq, debido fundamentalmente a un descenso en las emisiones ligadas a la generación eléctrica,

reduciéndose en un -13,3%. Esto ha sido ayudado al tratarse de un año hidrológicamente húmedo, situándose un 25% por encima del valor medio anual según el periodo de referencia 1981-2010, con un fuerte aumento en la generación hidráulica del 87,4% con respecto al año 2017. Además, se suma un 3,6% en la producción de origen eólico que conllevó a una disminución del consumo de combustibles fósiles en la producción de electricidad (Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera serie 1990-2018).

También se produce una disminución en menor medida en la reducción de emisiones en el sector de la agricultura y residuos con un -0,6% y el uso de gases fluorados con un -14,2%. Los sectores que si se pudieron registrar aumentos fueron en el sector industrial con un 3%, sector comercial y residencial con un 1,9% y en el transporte con un 1,4% (Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera serie 1990-2018).

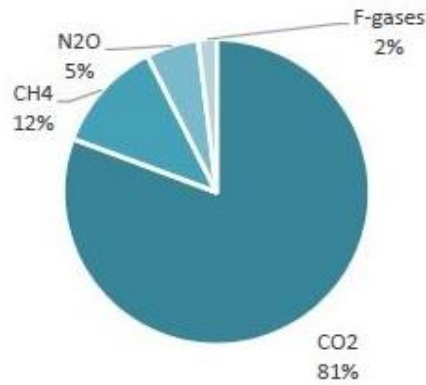
En el *gráfico 14* se puede observar los porcentajes de distribución de emisiones brutas por los diferentes sectores en el 2018:



**Gráfico 14.** Distribución de emisiones brutas de Gases de Efecto Invernadero (GEI) por tipo de sector en 2018.  
Fuente: Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Invernadero a la Atmósfera.

El sector de transporte es el que tiene mayor peso en el global de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en 2018 con un 27%, seguido por las actividades industriales con un 19,9%, generación de electricidad con un 17,8% y la agricultura con un 11,9%.

Con respecto a los tipos de gases en sí, en el *gráfico 15* se puede observar como el CO<sub>2</sub> supone un 80,7% de las emisiones totales de Gases de Efecto Invernadero (GEI), seguido por el metano con un 11,9%.



**Gráfico 15.** Distribución de emisiones brutas de Gases de Efecto Invernadero (GEI) por tipo de gas en 2018. Fuente: Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Invernadero a la Atmósfera.

## 2.7. IMPACTO AMBIENTAL DE LAS EMISIONES DE GEI

### 2.7.1. EFECTO INVERNADERO

El efecto invernadero fue descubierto por John Tyndall en 1859, quien reveló que las moléculas de gases como el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el metano ( $\text{CH}_4$ ) y el vapor de agua bloqueaban la radiación infrarroja, y por ello, el mecanismo de absorción de los gases de efecto invernadero en la atmósfera. Así mismo, Svante Arrhenius en 1896 fue el primero en proclamar que la combustión de los combustibles fósiles podría dar lugar al calentamiento de la Tierra. Este científico cuantificó los efectos del dióxido de carbono concluyendo que una reducción de los niveles de este gas en la atmósfera a la mitad de la concentración existente supondría un descenso en la temperatura del planeta y un aumento del 50% del dióxido de carbono atmosférico produciría un calentamiento global (LENNTECH: Historia sobre el efecto invernadero y el calentamiento global de la tierra).

La radiación proveniente del sol posee una longitud de onda corta, debido a que este se encuentra a una temperatura media de 5505 °C. Esta radiación penetra en la atmósfera y atraviesa nubes y gases debido a que esta radiación es de alta energía. Cerca de la mitad de esta radiación alcanza la superficie de la tierra, siendo reflejada por esta y provocando un cambio en su longitud de onda de corta a larga, ya que la superficie de la Tierra posee una temperatura inferior a la del sol. Alrededor del 80% de la radiación es atrapada por la atmósfera dando como resultado un aumento en la temperatura (Wikipedia: La enciclopedia libre: *Radiación solar*).



El aumento de temperatura se debe a que la radiación solar está compuesta por un conjunto de radiaciones electromagnéticas, la cual se distribuye desde el infrarrojo hasta el ultravioleta. No toda la radiación alcanza la superficie de la Tierra, porque la longitud de onda de la radiación ultravioleta es más corta y son absorbidas por los gases de la atmósfera, mientras que la radiación infrarroja de longitud de onda más larga produce una agitación de las moléculas. Los gases de efecto invernadero como el CO<sub>2</sub> y el vapor de agua absorben con mucha intensidad este tipo de radiación, siendo el principal motivo en el que un aumento en la concentración de estos gases en la atmósfera, producirían una mayor absorción de esta radiación que se emiten en todas las direcciones, y por consiguiente, produciendo un aumento en la temperatura media terrestre y un cambio climático (Wikipedia: La enciclopedia libre: *Radiación solar*).

### 2.7.2. CAMBIO CLIMÁTICO

Este aumento en la temperatura media terrestre crea modificaciones en las condiciones de vida del planeta, provocando las siguientes consecuencias:

- Retroceso de las masas glaciares producidas por el deshielo, reduciendo su superficie y a su vez el efecto albedo, subida del nivel del mar o la liberación de grandes columnas de metano.
- La subida del nivel del mar produce inundaciones en islas y ciudades costeras, aumentando, según el Grupo Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) durante el periodo 1901-2010, el nivel medio global del mar en 19 centímetros, estimándose que para el 2100 será entre 15 y 90 centímetros más altos que el actual, amenazando a 92 millones de personas.
- El aumento del efecto invernadero producirá huracanes más devastadores, debido a que incrementa su intensidad. Esto se debe a la relación existente entre este fenómeno y la temperatura de los océanos, formándose sobre aguas con una temperatura de al menos 26,51 °C.
- Se producirán grandes migraciones de especies debido a las variaciones de los patrones climáticos que habrán sido alterados por el progresivo aumento de temperaturas. Al igual que el ser humano, según el Banco Mundial, se verá forzado a desplazarse por sequías extremas o violentas inundaciones, previéndose la migración para 2050 de hasta 140 millones de personas.

- Desertificación de zonas fértiles a causa del calentamiento global, el cual impacta profundamente en los procesos de degradación del suelo, acabando con todo el potencial biológico y convirtiéndolas en terrenos yermos e improductivos. Según la ONU, en la actualidad el 30% de las tierras están degradadas y han perdido su valor real.
- Alteraciones en la agricultura con respecto a la duración de la estación de crecimiento en grandes partes del planeta, proliferación de insectos, plantas invasoras y enfermedades que podrían afectar a las cosechas mundiales. Además, de afectar a los procesos esenciales de muchos organismos como el crecimiento, reproducción y supervivencia de las primeras fases vitales.
- Cambios en el régimen de incendios en especial en zonas de alta montaña, y por ello, un aumento en la deforestación.

## 2.8. GESTIÓN DE RESIDUOS

En España, el marco jurídico de la gestión de residuos se basa en la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados (Ley de Residuos y Suelos Contaminados), que transpone la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008, sobre los residuos (Directiva Marco de Residuos). Con respecto a la normativa básica en materia de residuos, se ha iniciado una revisión para transponer las directivas del paquete legislativo de economía circular.

En el tratamiento de residuos las entidades o empresas encargadas de realizar la gestión de los residuos deben llevar a cabo el tratamiento y su gestión conforme a la autorización y acreditación competente. Al igual que las empresas que recogen y transportan estos residuos deben cumplir con las normas aplicables a dicho transporte, en su identificación, separación por peligrosidad y disponer de la acreditación de la entrega.

Por otro lado, se ha de priorizar y fomentar la reutilización y reciclado de los residuos, así como el establecimiento de lugares de almacenamiento para estos residuos susceptibles de reutilización y de tratamiento. Para ello, las entidades y autoridades competentes deberán de disponer de medidas y espacios para la correcta separación de residuos y para su posterior tratamiento de reutilización, reciclado o valorización.

Se han establecido objetivos específicos de preparación para la reutilización, reciclado y valorización para garantizar un alto nivel de eficiencia de los recursos adoptando las siguientes medidas establecido en la Ley 22/2011, de 28 de julio:

1. Antes de 2020, la cantidad de residuos domésticos y comerciales destinados a la preparación para la reutilización y el reciclado para las fracciones de papel, metales, vidrio, plástico, biorresiduos u otras fracciones reciclables deberá alcanzar, en conjunto, como mínimo el 50% en peso.
2. Antes de 2020, la cantidad de residuos no peligrosos de construcción y demolición destinados a la preparación para la reutilización, el reciclado y otra valorización de materiales, con exclusión de los materiales en estado natural definidos en la categoría 17 05 04 de la lista de residuos, deberá alcanzar como mínimo el 70% en peso de los producidos.

La eliminación de residuos se deberá realizar siempre y cuando no se lleve a cabo la valorización, realizando operaciones de eliminación seguras que garanticen la protección de la salud humana y el medio ambiente, sometiendo estos a un tratamiento previo a su eliminación salvo cuando no sea técnicamente viable o no quede justificado por protección humana o del medio ambiente.

Con respecto a la prevención de residuos, conforme a la normativa vigente, el Programa Estatal de Prevención de Residuos 2014-2020 desarrolla dicha política para avanzar en el cumplimiento del objetivo de reducción de los residuos generados en 2020 en un 10% respecto del peso de los residuos generados en 2010. Este programa consiste en cuatro líneas estratégicas destinadas a incidir en los elementos clave de la prevención de residuos:

- Reducción de la cantidad de residuos.
- Reutilización y alargamiento de la vida útil de los productos.
- Reducción del contenido de sustancias nocivas en materiales y productos.
- Reducción de los impactos adversos de los residuos generados sobre la salud humana y el medio ambiente, de los residuos generados.

Por otra parte, el Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos (PEMAR) 2016-2022, desde su aprobación en noviembre de 2015, establece las orientaciones que ha de seguir la política de residuos en España para la mejora de su gestión impulsando las medidas necesarias para

solventar las deficiencias detectadas y promover las actuaciones con el fin de obtener un mejor resultado ambiental global.

A partir de los datos disponibles en 2017, el 21,71% de los residuos municipales se recogieron separadamente. Con relación a su tratamiento, solo el 18,3% de los residuos se reciclaron, el 1,8% se destinaron al tratamiento biológico como biometanización y/o compostaje, el 12,7% se incineró y el resto 51,2% fueron a vertedero, incluyéndose en los porcentajes de incineración y vertido los rechazos de otras plantas de tratamiento (Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos 2016 - 2022).

El principal contaminante en cuanto a las emisiones es el metano (CH<sub>4</sub>), el cual representa para el 2018 el 90% de las emisiones totales del sector, siguiéndole en importancia el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) con un 10%. Con respecto al CO<sub>2</sub>, el total de emisiones del sector en este mismo año es de 13.471 kt de CO<sub>2</sub>-eq, suponiendo un 4,0% de las emisiones de este gas en el conjunto del Inventario Nacional para ese año. Esta contribución relativa se mantiene por encima con respecto al año 1990 que fue del 3,4% (Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Invernadero a la Atmósfera). A continuación, se muestra en la *tabla 3* las emisiones de CO<sub>2</sub>-eq del sector Residuos por categorías:

**Tabla 3.** Emisiones de CO<sub>2</sub>-eq (kt) del sector Residuos por categorías. Fuente: Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Invernadero a la Atmósfera. Elaboración propia.

	1990	2005	2015	2017	2018
<b>Depósito en vertederos en residuos sólidos</b>	5.474	9.509	10.660	10.038	9.931
<b>Tratamiento biológico</b>	204	590	662	637	637
<b>Incineración y quema en espacio abierto de residuos sólidos</b>	596	494	691	648	648
<b>Tratamiento y eliminación de aguas residuales</b>	3.382	2.722	2.231	2.234	2.255
<b>Otros</b>	44	18	1	1	1
<b>TOTAL</b>	9.701	13.332	14.245	13.558	13.471

Por contaminantes, la contribución al total de este inventario es de un 30,4% para el metano (CH<sub>4</sub>) y un 7,5 de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O).

### **2.8.1. GESTIÓN DE RESIDUOS EN CANARIAS**

En el año 2018, en Canarias se recogió un total de 1.410.013 toneladas de residuos municipales aun produciéndose una corrección en función de los habitantes equivalentes, en el cual se incluyen los turistas 2.420.534 habitantes equivalentes. Este hecho ha llevado a que las cifras per cápita sean superiores a la media en 560 kg/hab\*año, mientras que si comparamos con respecto a la Unión Europea se produce 482 kg/hab\*año y del conjunto de España 462 kg/hab\*año según el Plan Integral de Residuos de Canarias (Plan Integral de Residuos de Canarias 2020-2026; Energy News).

Las principales razones por la cual Canarias se encuentran en esta situación en la producción de residuos son:

1. La actividad turística lleva aparejado una producción media por habitante equivalente superior a la de los hogares.
2. La población flotante, turistas y otros residentes, puede no estar suficientemente representada.
3. Existen residuos que no se catalogan estrictamente como municipales, siendo asimilables, procedentes de industrias, comercios y servicios, que se gestionan juntamente con en los Complejos Ambientales.
4. Al tratarse de un territorio ultraperiférico, la mayor parte de los productos vienen de fuera, y por lo tanto, conlleva una mayor proporción de envases y embalajes, ya sean industriales o domésticos.

A día de hoy, se encuentra en proceso en el Plan Integral de Residuos de Canarias 2020-2026 un Programa de Prevención y Plan de Gestión de Residuos donde se procede a la creación de una nueva alternativa 2 en la cual se presentan mejoras en las medidas tomadas en las anteriores alternativas.

### **2.8.2. ALTERNATIVA 2**

En esta alternativa se encuentran objetivos mucho más exigentes que los anteriores planes establecidos en el Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos (PEMAR) y/o aplica medidas complementarias en los instrumentos de planificación y legislación vigente. Cabe destacar que en esta alternativa se establecen los principios y objetivos fijados para la Estrategia de

Economía Circular y se tiene en cuenta los objetivos para el Desarrollo Sostenible en materia de residuos. Se divide en 5 ejes principales establecidos en el Plan Integral de Residuos de Canarias 2020-2026, en los cuales se toman las siguientes medidas:

#### **2.8.2.1. EJE 1**

1. Disminuir el desperdicio alimentario y de biorresiduos.
2. Prevención de residuos de construcción y demolición.
3. Prevención de residuos de envases.
4. Disminuir el consumo de productos de “usar y tirar”.
5. Prevención de residuos de industria química.
6. Reutilización de componentes de vehículos y neumáticos usados.
7. Prevención de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, pilas y acumuladores.
8. Prevención de residuos textiles.
9. Prevención de residuos de muebles, juguetes y libros.

#### **2.8.2.2. EJE 2**

1. Maximizar el reciclaje y aprovechamiento de los residuos domésticos.
2. Promover la preparación para la reutilización y reciclaje y máximo aprovechamiento de los residuos.
3. Fomentar la preparación para la reutilización y reciclaje de componentes de vehículos y de estos.
4. Fomentar la preparación de reutilización y reciclaje de aparatos eléctricos y electrónicos, así como pilas y baterías.
5. Fomentar la preparación para la reutilización y reciclaje de otros residuos de carácter público o privado.

#### **2.8.2.3. EJE 3**

1. Apoyar el tratamiento de biorresiduos en plantas de digestión anaerobia.
2. Promover otras formas de valoración de los residuos de rechazos con dificultades para ser reciclados.

#### 2.8.2.4. EJE 4

1. Desincentivar la eliminación de residuos en vertedero.
2. Eliminación segura de los residuos no peligros e inertes y ampliación y creación de nuevos vertederos.
3. Tratamiento seguro de subproductos no destinados al consumo humano.
4. Tratamiento seguro de residuos peligrosos.
5. Programa de sellado de antiguos vertederos y puntos de vertido incontrolados.

#### 2.8.2.5. EJE 5

1. Gobernanza de los residuos, reparto de competencias en Ayuntamientos, Cabildos y Gobierno de Canarias.
2. Desarrollo de un modelo de datos para el control de las etapas de producción, gestión y destino de los residuos y de sus Consultados.
3. Mejorar la formación, participación, comunicación y educación ciudadana.
4. Mejorar las funciones de vigilancia, inspección y control de la gestión de los residuos.

### 2.9. BIORRESIDUOS

Los biorresiduos son aquellos residuos orgánicos biodegradables de origen vegetal y/o animal, susceptibles de degradarse biológicamente, siendo generados en los domicilios o en los comercios, siempre y cuando, estos últimos sean similares a los primeros (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico).

Estos se dividen según su naturaleza:

- Residuos orgánicos de origen alimentario y de cocina.
- Residuos vegetales o Fracción Vegetal (FV) que proceden de zonas verdes y vegetación privadas o públicas.
- Fracción Orgánica (FO) o cuando se recoge de forma separada Fracción Orgánica de Recogida Separada (FORS) que la constituye los restos de la preparación de comida, manipulación o elaboración de productos alimentarios, sobrantes y comida en mal estado. En esta fracción también se encuentra una fracción vegetal de restos vegetales

de pequeño tamaño y de tipo no leñoso procedente de jardinería o poda, es similar a la FORS y puede gestionarse “in situ” o de forma independiente a los restos de comida.

- Poda está constituida por la Fracción Vegetal en forma de restos vegetales de jardinería y poda de mayor tamaño y de tipo leñoso, requiriendo una gestión específica por cuestiones de logística en relación con su recogida, tratamiento y la temporalidad de su generación.

En la gestión de este residuo, se ha de priorizar su prevención y una vez que son generados se realizan actividades como el compostaje doméstico, la recogida separada y su posterior tratamiento biológico sin que se produzcan mezclas con otros residuos en las plantas de residuos FORS. Para ello se establece procesos para su tratamiento como pueden ser biológicos, tanto anaerobios (digestión anaerobia) o como aerobios (compostaje), para higienizarla, estabilizar la materia orgánica y aprovechar al máximo su potencial y el compost resultante (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico).

En los tratamientos biológicos una población microbiana utiliza dicha materia orgánica para alimentarse y llevar a cabo sus procesos metabólicos, generando nuevos productos y otro tipo de población microbiana. Los residuos como los producidos en las podas y de tipo leñoso son necesarios para los tratamientos de compostaje de la FORS, así como en otros residuos como los lodos de depuradora, residuos ganaderos y otros residuos orgánicos de origen industrial (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico).

Su importancia se debe a su función como material estructurante favoreciendo la relación C/N y da una estructura a la mezcla facilitando la presencia de oxígeno en el proceso. Otro uso de esta fracción es la utilización como biomasa combustible en procesos de generación de energía. La transformación de la Fracción Orgánica en compost podrá ser utilizada como abono o enmienda orgánica en tareas agrícolas o de jardinería (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico).

## **2.10. ECONOMÍA CIRCULAR**

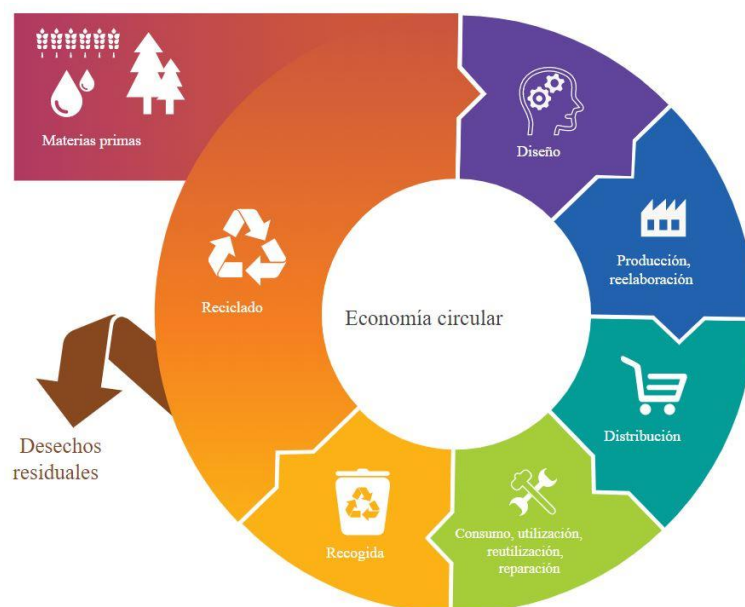
En bases generales el modelo actual de gestión de residuos se caracteriza por un comportamiento lineal, basado principalmente en el concepto de “usar y tirar”, que requiere de grandes cantidades de materiales y energía barata y de fácil acceso, desde la extracción del recurso hasta su deposición en vertederos. Esto produce un desaprovechamiento de estos



materiales utilizados anteriormente sin tener en cuenta su posible reutilización o reciclaje, promoviendo un procedimiento circular en el cual no exista la pérdida del material. Cabe destacar la obsolescencia programada que es parte de este modelo lineal y el cual produce un aumento considerable en la producción de residuos (Parlamento Europeo. Página Web).

La Unión Europea produce más de 2.500 millones de toneladas de residuos al año y a día de hoy las instituciones comunitarias trabajan en la reforma del marco legislativo para promover un cambio en este modelo de gestión por un modelo de producción y consumo que implique compartir, alquilar, reutilizar, reparar, renovar y reciclar materiales y productos ya existentes todas las veces que sea posible en su vida útil para crear un valor añadido a este. Como consecuencia se obtiene un valor adicional (Parlamento Europeo. Página Web).

El surgimiento de la economía circular es debido al aumento de la demanda de materias primas y a la escasez de recursos y materias primas finitas. Esto se produce principalmente a raíz de un gran crecimiento de la población mundial el cual requiere cada vez mayor disponibilidad de materiales. La extracción y el uso de estos producen importantes consecuencias medioambientales al aumentar el consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero, mientras que un uso responsable e inteligente de las materias primas puede evitar en gran medida estos impactos negativos en el medio ambiente (Parlamento Europeo. Página Web).



**Ilustración 1.** Ejemplo de pasos que dan forma a una economía circular. Fuente: <https://www.europarl.europa.eu/portal/es>.

Los beneficios que se pueden obtener tras realizar las medidas como la prevención de residuos, diseño ecológico y la reutilización podrían generar ahorros netos de 600.000 millones de euros, o un 8% del volumen de negocios anual para las empresas de la UE, reducción de insumos de materiales necesarios en un 17 – 24% para 2030, al tiempo que reducirían las emisiones totales anuales de gases de efecto invernadero entre un 2% y un 4%. Además, reduciría la presión sobre el medio ambiente mejorando la seguridad de suministro de materias primas, una mayor competitividad, innovación, crecimiento y generación de empleo de hasta unos 580.000 empleos en la UE (Parlamento Europeo. Página Web).

También podría proporcionar a los consumidores productos más duraderos e innovadores que impliquen ahorros y una mayor calidad de vida como el uso de productos de fácil reparación y reciclaje de sus componentes abaratando la producción y disminuyendo la extracción de recursos (Parlamento Europeo. Página Web).

### **2.10.1. PRINCIPIOS DEL DISEÑO DE LA ECONOMÍA CIRCULAR**

Una economía circular diseña residuos e incluye la innovación en toda la cadena de valor, en lugar de basarse solo en la vida útil de un producto, cumpliendo con los siguientes principios:

- Reducción de la cantidad de materiales necesarios.
- Durabilidad de la vida útil del producto.
- Mayor eficiencia en el consumo de energía y de materiales durante su producción.
- Sustitución de materiales por peligrosidad o difícil reciclaje, sean en productos o en sus procesos de producción.
- Creación de un mercado de materias primas secundarias.
- Productos más fáciles de mantener, reparar, actualizar, reelaborar o reciclar estableciendo un diseño ecológico en los productos.
- Incentivación y apoyo en la reducción de residuos y de la separación de alta calidad por parte de los consumidores.
- Incentivación de los sistemas de separación y recogida que reduzcan costes al mínimo de reciclado y reutilización.

## 2.11. COMPOST

Los residuos que existen en la naturaleza se ven sometidos a procesos naturales que descomponen la materia orgánica dando como resultado que los desechos se conviertan en recursos. Este compostaje trata en la transformación de los residuos orgánicos como pueden ser de un huerto o del propio hogar en abono. Se trata de un proceso aerobio localizado como por ejemplo en una parcela al aire libre o dentro de un compostador, dispuesto en un lugar acondicionado para que se pueda realizar el control de temperatura y humedad, indispensable para el buen funcionamiento. Otros parámetros que se ha de controlar son el pH, relación Carbono/Nitrógeno (C/N), población de organismos y el tamaño de las partículas (Greenteach, 2020).

La relación entre la basura que generamos y los recursos naturales que se pierden es muy alta y desaprovechada, suponiendo entre un 30-50% del peso de los residuos sólidos urbanos, acabando la gran mayoría en vertederos o incineradoras (Greenteach, 2020).

La clasificación de un compost atiende al origen de las materias primas, distinguiendo los siguientes tipos (Greenteach, 2020): de maleza, de maleza y broza, de material vegetal con estiércol, compost tipo Quick-Return y compost de lombriz.

Los beneficios del uso de compost se enumeran a continuación:

1. Debido a su estructura aterronada, facilita la formación de conglomerados del suelo permitiendo así mantener una correcta aireación y humedad de este.
2. Se trata de un producto rico en nutrientes como el nitrógeno, potasio y fósforo, y macronutrientes, siendo un excelente abono para las plantas.
3. Mejora las propiedades físicas del suelo como la porosidad y esponjosidad además de la capacidad para almacenar agua y nutrientes.
4. Regula el pH del suelo.
5. Ayuda a una menor incidencia de enfermedades de los cultivos y la disminución casi total de la población parasitaria de nematodos.
6. Reduce los residuos orgánicos en los vertederos.

## 2.12. BIOCOMBUSTIBLES

Los biocombustibles son aquellos combustibles líquidos o gaseosos que se utilizan en el sector del transporte siendo obtenidos a partir de biomasa, es decir, la fracción biodegradable de los productos, desechos y residuos procedentes de la agricultura, silvicultura e industrias conexas, así como de los residuos industriales y municipales, según el artículo 2 de la Directiva 2003/30/CE del Parlamento Europeo y el Consejo, de 8 de mayo de 2003.

Estos biocombustibles pueden ser el bioetanol, biodiesel, biogás, biometanol, biodimetileter, bioETBE (etiliter-butiléter), bioMTBE (metil ter-butil éter), biocarburantes sintéticos, biohidrógeno, aceite vegetal puro, entre otros. Los biocombustibles más usados son el biodiesel y el bioetanol, mientras que el biogás es el de mayor consumo como biocombustible gaseoso (APPA, 2020).

En la actualidad en Europa, los mayores productores de los biocombustibles son Alemania, Francia, Italia y España. En España según un estudio de APPA (Asociación de Empresas de Energías Renovables) en 2018 sitúa una producción de 1.767.129 toneladas de biodiesel y 412.452 toneladas de bioetanol, siendo ambas cifras récord histórico. Además, cuenta con un total de 24 plantas de fabricación de biodiesel o bioetanol con una capacidad de 3,6 millones de toneladas al año, suficiente para cubrir la demanda presente y futura de biocarburantes.

### 2.12.1. VENTAJAS DE LOS BIOCOMBUSTIBLES

- Disponibilidad y usabilidad en todos los medios de transporte siendo la principal fuente de energía renovable para todos los medios de transporte, representando según Eurostat el 5,4% del consumo final de la UE en 2015, situándose en España en un 3,5% (APPA, 2020).
- Reducción de la dependencia del petróleo y aumento de la diversificación y seguridad energética, ya que en el conjunto de la Unión Europea depende en un 94% de productos petrolíferos y el 90% son importados (APPA, 2020).
- Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en el transporte, reduciendo estas emisiones según la Directiva 28/2009/CE y señalando la Comisión Nacional de los Mercados y de la Competencia (CNMC) que los biocarburantes consumidos en

España en 2015 redujeron las emisiones en un 60% con respecto a los carburantes fósiles sustituidos, lo que supuso un ahorro de 2,4 MtCO<sub>2eq</sub>. (APPA, 2020).

- Favorece la descarbonización del transporte aéreo dada la capacidad para reemplazar a los querosenos derivados del petróleo (APPA, 2020).
- Mejora de la calidad del aire, en concreto el biodiesel permite la disminución de hasta un 50% las emisiones de partículas y monóxido de carbono y hasta un 70% las de hidrocarburos sin quemar, además de reducir las emisiones de compuestos aromáticos y poliaromáticos (APPA, 2020).
- Aprovechamiento de residuos potencialmente contaminantes debido a que los biocombustibles pueden fabricarse a partir de materias primas residuales como los aceites de cocina usados y las grasas residuales (APPA, 2020).
- Alta biodegradabilidad debido a que los biocombustibles son altamente biodegradables, por lo que ante un vertido accidental se eliminan en un plazo de 21 días (APPA, 2020).
- Compatibilidad con los sistemas de distribución de carburantes derivados del petróleo evitando la construcción de nuevas infraestructuras para su distribución y suministro, y con los motores que utilizan carburantes líquidos derivados del petróleo (APPA, 2020).

### 2.12.2. BIOGÁS

Dentro de los biocombustibles tenemos al biogás, que se trata de un biocombustible compuesto principalmente por metano (CH<sub>4</sub>) entre 50-75% , por lo que es susceptible para un aprovechamiento energético mediante su combustión en motores, turbinas o en calderas, bien sólo o mezclado con otro combustible, además de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) entre 25-45% y ≤5% de otros gases como H<sub>2</sub>S, H<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, entre otros y el digestato, que se trata de una mezcla de productos minerales (N, P, K, Ca, etc.) y compuestos de difícil degradación, producido por la fermentación anaeróbica de la materia orgánica, dependiendo del material digerido y del funcionamiento del proceso para su composición o riqueza (Plan Estratégico de Valorización de Residuos de Canarias 2013).

**Tabla 4. Composición del biogás. Fuente: Plan Estratégico de Valorización de Residuos de Canarias 2013.**

Compuestos del biogás	(%)
Metano, CH <sub>4</sub>	50 - 75
Dióxido de carbono, CO <sub>2</sub>	25 - 45
Vapor de agua, H <sub>2</sub> O	1 - 2
Monóxido de carbono, CO	0 - 0,3
Nitrógeno, N <sub>2</sub>	1 - 5
Hidrógeno, H <sub>2</sub>	0 - 3
Sulfuro de hidrógeno, H <sub>2</sub> S	0,1 - 0,5
Oxígeno, O <sub>2</sub>	0,1 - 1,0

Este proceso de digestión favorece la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, realizándose además de un aprovechamiento energético de los residuos orgánicos y el mantenimiento y mejora del valor fertilizante de los productos tratados (Plan Estratégico de Valorización de Residuos de Canarias 2013).

Este tipo de digestión anaerobia se puede aplicar a los residuos producidos por la ganadería, agricultura, así como los residuos de las industrias de transformación de estos productos, destacando:

- Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos (FORSU).
- Lodos de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales Urbanas (LEDARU).
- Aguas Residuales Industriales (ARI).
- Residuos Orgánicos Industriales (ROI).
- Residuos Agrícolas y Ganaderos (RAG).

Debido a su alto contenido en metano tiene un poder calorífico algo mayor que del gas natural, teniendo, por ejemplo, un biogás con un contenido de un 60% en metano de unas 9,96 kWh/Nm<sup>3</sup>. Salvo por el contenido en H<sub>2</sub>S, es un combustible ideal (Plan Estratégico de Valorización de Residuos de Canarias 2013).

Los diferentes usos que puede tener este biocombustible son (Biomasa: digestores anaerobios IDAE):

- En una caldera para generación de calor o electricidad.
- En motores o turbinas para generar electricidad.

- En pilas de combustible, previa eliminación de impurezas como H<sub>2</sub>S y otros contaminantes de membranas.
- Purificarlo y añadir los aditivos necesarios para introducirlo en una red de transporte de gas natural.
- Síntesis de productos de elevado valor añadido como el metanol o gas natural licuado.
- Combustible de automoción.

### 3. OBJETIVOS

La sociedad canaria debe hacer frente a los problemas que conlleva la generación indiscriminada de residuos, siendo el vertido el destino de estos en su mayoría, con el impacto negativo que este realiza al medio ambiente. Entre las diferentes opciones que se encuentran como la reducción de la producción de residuos, el reciclaje y la reutilización, se encuentra la valoración material o energética.

Por ello, este trabajo se plantea como objetivo general un estudio sobre la valoración de residuos generados en Canarias y el impacto ambiental asociado, para lo cual se plantearon los siguientes objetivos específicos como son:

- Identificación y cuantificación de algunas corrientes de los residuos generados en Canarias, principalmente los aprovechables para producción de biocombustibles y/o compostaje.
- Estudio sobre la capacidad de producción energética a partir de residuos generados en Canarias.
- Estudio sobre el ahorro energético al valorizar los residuos y cómo afecta a la dependencia energética en Canarias.

### 4. MÉTODO

Este trabajo consiste en una revisión bibliográfica, basándose en la recopilación de diferentes datos y fuentes sobre la generación y gestión de residuos en Canarias y además de sus diferentes usos como valorización energética y/o compostaje. Además, se estudia la influencia del aprovechamiento energético de los residuos en la dependencia energética en las islas, así como el planteamiento de diferentes propuestas para la mitigación del cambio climático.

## **5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Es los siguientes apartados se lleva a cabo, un análisis sobre los diferentes tipos de residuos generados en Canarias y la cantidad anual que se genera de ellos, dando prioridad a los residuos orgánicos. El estudio de cuantificación se realiza detalladamente solo para los residuos orgánicos escogidos (lodos de depuradora y estiércol y purines) debido al amplio número de residuos existentes, estos residuos fueron escogidos en base a sus características, que le dan una relevancia para el estudio posterior sobre su capacidad, en la obtención de biogás y/o fertilizante.

### **5.1. RESIDUOS GENERADOS EN CANARIAS. IDENTIFICACIÓN Y EJEMPLO DE CUANTIFICACIÓN.**

Los residuos generados en Canarias se pueden dividir en residuos mezclados que son aquellos residuos domésticos generados en los domicilios particulares, comercios, oficinas y servicios, vías públicas y enseres domésticos y residuos selectivos, que son aquellos que se recogen de forma separada como, por ejemplo, los sanitarios, metálicos, vidrio, papel y cartón, plásticos, etc. (Instituto Canario de Estadística, 2019).

Además de estos residuos, se generan residuos especiales que corresponden a los vehículos fuera de uso (VFU), residuos de la construcción y demolición (RCDs), neumáticos fuera de uso (NFU), lodos procedentes de estaciones depuradoras de aguas residuales, residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEEs) y residuos de pilas y acumuladores, entre otros. También se generan residuos peligrosos como los aceites industriales usados, residuos, agrarios, forestales.

En este apartado se escogió como ejemplo para la cuantificación los residuos mezclados y los residuos selectivos.

Teniendo en cuenta que Canarias no dispone de instalaciones de incineración con o sin valorización energética, según el Plan Integral de Residuos de Canarias la recogida de residuos municipales se dividen en cuatro contenedores de papel-cartón, envases de vidrio, envases ligeros y restos, y en algunas islas disponen de un quinto contenedor de biorresiduos a partir de 2016, los tratamientos se restringen principalmente al reciclaje de materiales, a la fabricación de compost y bioestabilizado en las islas de Tenerife, Gran Canaria, Lanzarote y



La Palma, y a la eliminación en vertedero. También destaca desde el año 2012 un cambio significativo en el porcentaje de tratamiento de los residuos mezclados (Plan Integral de Residuos de Canarias, 2019).

La evolución de la producción de residuos ha sido semejante respecto al conjunto de España, por el peso del sector turístico en la economía de Canarias, teniendo un crecimiento significativo en su generación (Plan Integral de Residuos de Canarias, 2019). A continuación, se muestra en la *tabla 5* la producción de residuos municipales en Canarias entre 2011-2018:

**Tabla 5. Producción de residuos municipales en Canarias (2011-2018).** Fuente: Plan Integral de Residuos de Canarias 2020-2026:

Año	Total residuos (t)	Población equivalente (hab.)
2011	1.327.928,86	2.388.485,00
2012	1.278.789,53	2.371.713,00
2013	1.200.293,98	2.380.571,00
2014	1.270.491,03	2.376.171,00
2015	1.279.270,32	2.375.527,00
2016	1.320.573,26	2.402.231,00
2017	1.394.485,00	2.411.864,00
2018	1.410.013,00	2.420.534,00

Como se puede observar en esta *tabla 5* del Plan Integral de Residuos de Canarias, la generación total de residuos en línea general ha aumentado desde el año 2011 hasta el 2018, notándose un mayor incremento a partir del año 2016. A su vez, la población equivalente sigue la tendencia de aumento de la generación de residuos.

Con respecto a los datos obtenidos sobre la generación de residuos en Canarias en el Instituto Canario de Estadística (ISTAC), se puede observar cómo los valores en la generación difieren con respecto al Plan Integral de Residuos de Canarias (PIRCAN), siendo este primero (ISTAC) con una serie mayor entre 2004-2017 mientras que el segundo (PIRCAN) desde 2011-2018, en los datos obtenidos se puede ver como los valores son distintos en estos casos, por ejemplo para el año 2011 según el PIRCAN se generan 1.327.928,86 toneladas de residuos totales mientras que según el ISTAC 1.388.895 toneladas de residuos totales, y así continúa en años los sucesivos.

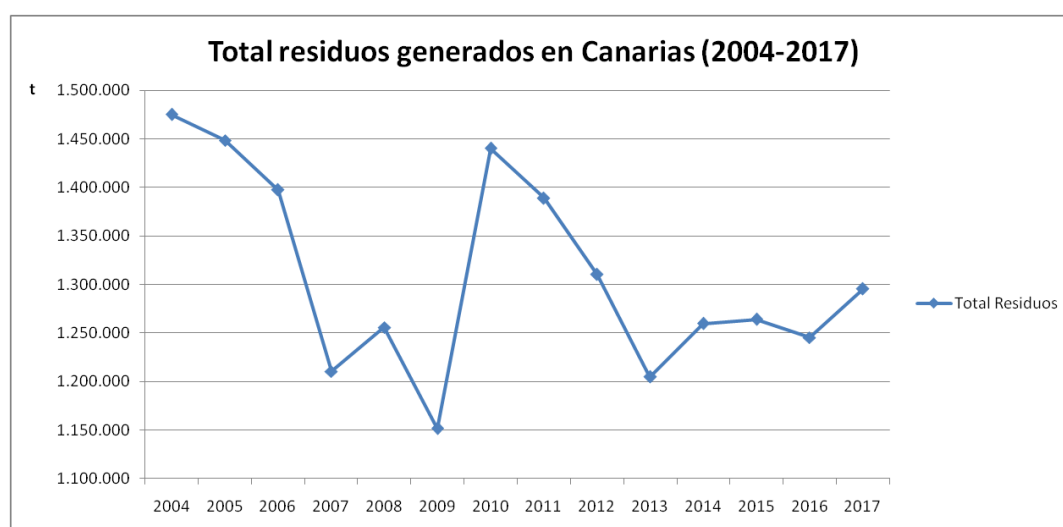
En la *tabla 6* se muestran los valores de los residuos generados en Canarias por el Instituto Canario de Estadística (ISTAC) a partir de datos del Instituto Nacional de Estadística (INE) con respecto a total de residuos, residuos mezclados y residuos selectivos:

**Tabla 6.** Residuos municipales totales, mezclados y selectivos generados en Canarias (2004-2017) (t). Fuente: Instituto Canario de Estadística (ISTAC). Elaboración propia.

Año	Total Residuos (t)	Total Residuos Mezclados (t)	Total Residuos Selectivos (t)
2004	1.474.999	1.162.450	312.549
2005	1.448.386	1.169.504	278.822
2006	1.397.206	1.105.084	292.122
2007	1.210.410	922.184	218.226
2008	1.255.650	1.045.068	210.582
2009	1.151.349	994.498	156.851
2010	1.439.982	1.250.983	188.999
2011	1.388.895	1.181.424	207.471
2012	1.310.231	1.162.173	148.058
2013	1.204.821	1.072.168	132.653
2014	1.259.718	1.127.565	132.153
2015	1.264.095	1.144.978	119.117
2016	1.245.102	1.096.600	148.502
2017	1.295.469	1.145.477	149.992

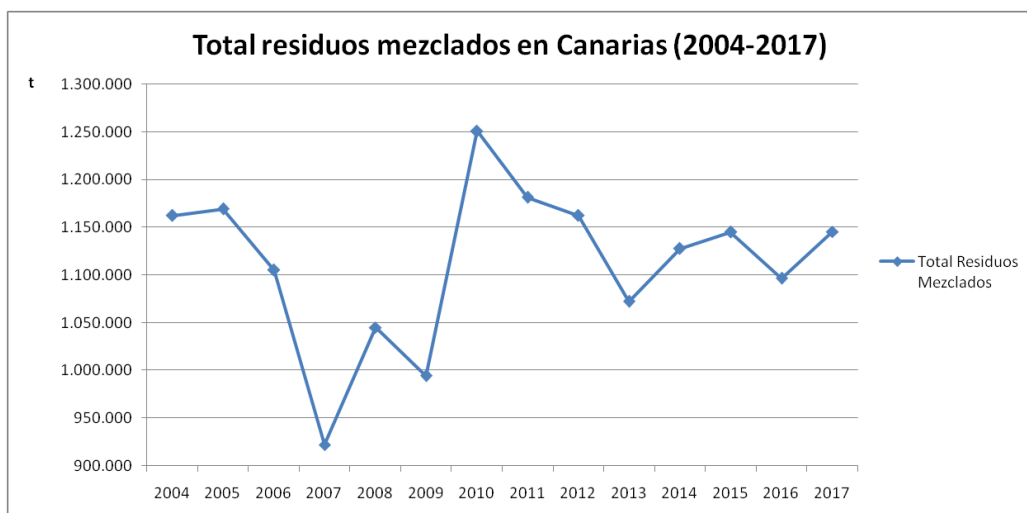
Estas diferencias dan a la luz una de las problemáticas que se encuentra Canarias con respecto a la contabilidad de los residuos generados y a una debida unificación en los criterios de cuantificación de residuos.

A continuación, se muestran en las *gráficas 16 - 18* las toneladas de residuos totales, residuos mezclados y residuos selectivos generados en Canarias entre los años 2004-2017 por el Instituto Canario de Estadística (ISTAC) a partir de datos del Instituto Nacional de Estadística (INE), en el cual se puede observar la tendencia variable de la generación de estos residuos:



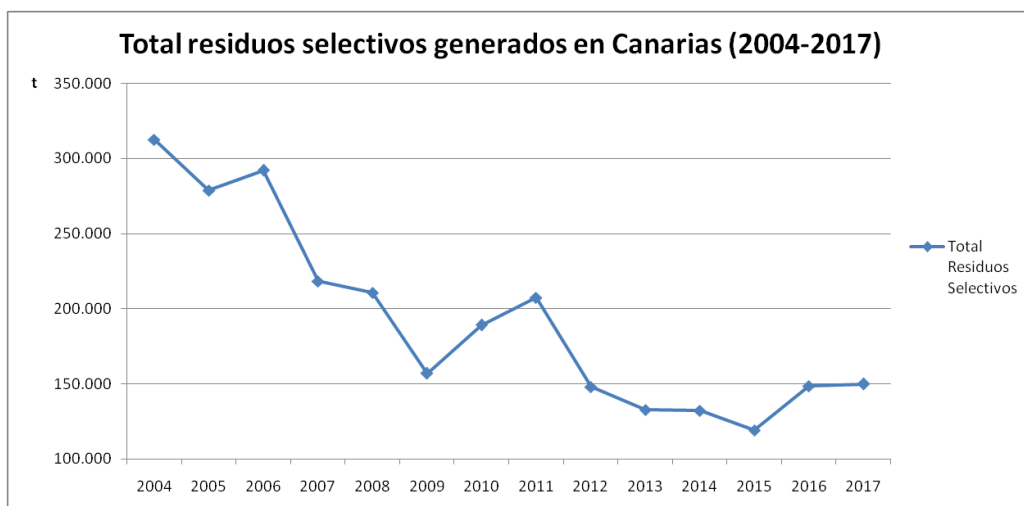
**Gráfico 16.** Total de residuos generados en Canarias (2004-2017) (t). Fuente: Instituto Canario de Estadística (ISTAC). Elaboración propia.

En el *gráfico 16* se observa de forma general un descenso en la generación total de residuos entre los años 2004-2009, sufriendo en 2010 un aumento considerable a valores cercanos del 2005, seguido de un descenso progresivo hasta el 2013, observándose posteriormente un aumento en general hasta el 2017.



**Gráfico 17.** Total de residuos mezclados generados en Canarias (2004-2017) (t). Fuente: Instituto Canario de Estadística (ISTAC). Elaboración propia.

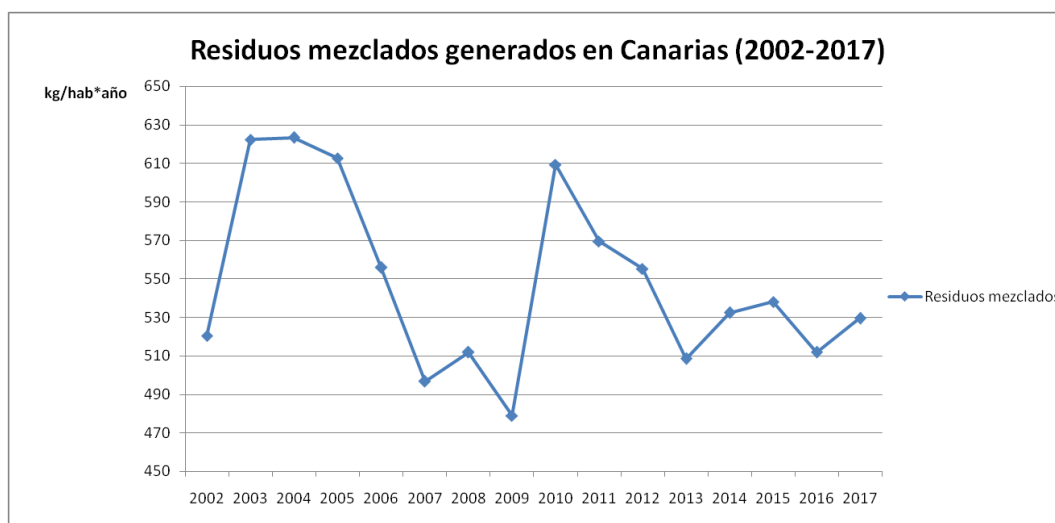
Con respecto a los residuos mezclados se observa prácticamente el mismo comportamiento que para el caso de los residuos totales (*ver gráfico 17*).



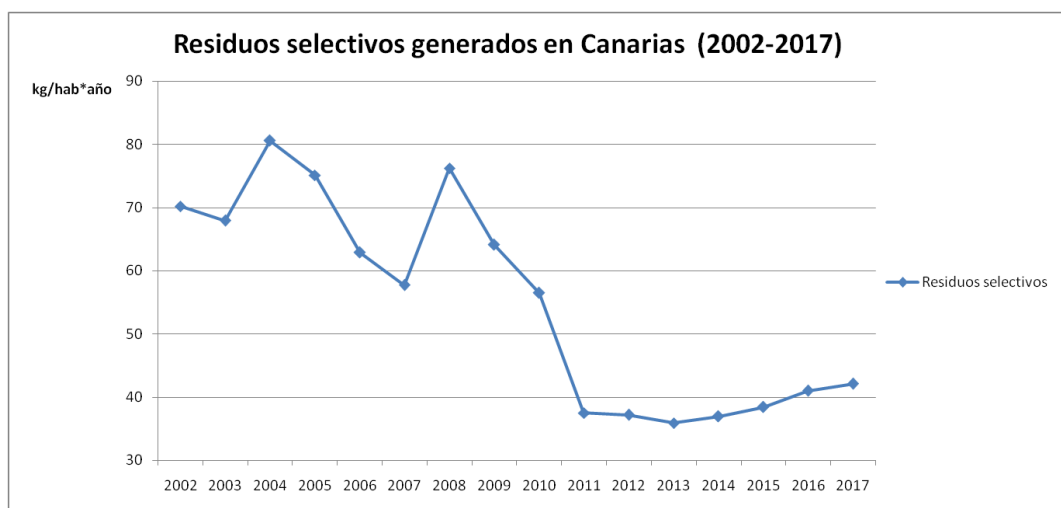
**Gráfico 18.** Total de residuos selectivos generados en Canarias (2004-2017) (t). Fuente: Instituto Canario de Estadística (ISTAC). Elaboración propia.

En el *gráfico 18* con respecto a los residuos selectivos se observa en línea general un descenso continuado entre los años 2004-2015, salvo algunas excepciones, obteniéndose a partir del año 2015 un aumento progresivo con tendencia a estabilizarse en el tiempo.

A continuación, se muestran en las *gráficas 19 y 20* los kg/hab\*año de residuos mezclados y selectivos generados en Canarias entre 2002-2017, según el Instituto Canario de Estadística (ISTAC) a partir de los datos del Instituto Nacional de Estadística (INE):



**Gráfico 19.** Residuos mezclados generados en Canarias (2002-2017) en kg/hab\*año. Fuente: Instituto Canario de Estadística (ISTAC). Elaboración propia.



**Gráfico 20.** Residuos selectivos generados en Canarias (2002-2017) en kg/hab\*año. Fuente: Instituto Canario de Estadística (ISTAC). Elaboración propia.

Se puede observar (*gráfico 19*) como en la generación de residuos mezclados no tiene un comportamiento homogéneo, sino que varía entre los 480-620 kg/hab\*año entre los años 2002-2013, a partir del cual esta generación de residuos mezclados se mantiene con cierta estabilidad entre 510-540 kg/hab\*año. Respecto a los residuos selectivos (*gráfica 20*), entre los años 2002-2013 se mantiene en línea general un descenso poco homogéneo desde 80 a menos de 40 kg/hab\*año, seguido de un ligero aumento desde el año 2013 hasta el 2017, pero siempre manteniéndose alrededor de los 40 kg/hab\*año, esto puede indicar una disminución de la generación de residuos selectivos o un empeoramiento en la recogida selectiva

Para el estudio de la cuantificación y posible aprovechamiento energético y/o bioabono se han escogido dos tipos de residuos orgánicos generados en Canarias, que son biodegradables y pueden transformarse en un subproducto aprovechable energéticamente y que al mismo tiempo tiene un impacto ambiental positivo, además de obtener un subproducto que puede utilizarse como fertilizante de suelos, a continuación, se detallan estos residuos escogidos y se muestra este estudio.

## **5.2. RESIDUOS ESCOGIDOS**

Los residuos generados en Canarias que se escogen para el estudio de cuantificación y posterior valorización energética son los lodos producidos en las Estaciones de Depuración de Aguas Residuales (EDAR) y el estiércol y sus purines, producido por el sector primario de la ganadería (Ovino, caprino, bovino, aviar, cunícola y porcino).

### **5.2.1. LODOS DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES**

Los lodos de depuración son aquellos residuos generados a partir de las diferentes etapas por las que pasan las aguas residuales a su llegada en las estaciones depuradoras, consistiendo en una mezcla de agua y varios elementos sólidos. Estos sufren procesos naturales o artificiales para su separación del agua que los transporta en las estaciones EDAR, los cuales son productores de este residuo y deben asegurar una correcta gestión, directamente o a gestores autorizados, conforme a la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados (PIRCAN, 2020).

La cantidad y calidad de los lodos está directamente relacionado con el volumen y calidad de las aguas que llegan a las depuradoras, dependiendo de los siguientes factores (PIRCAN, 2020):

- Tamaño de la población.
- Tasa de conexión de la población a la red de saneamiento público.
- Tecnología y tratamiento aplicado.
- Tamaño y número de industrias conectadas al saneamiento.

Estos lodos se caracterizan por ser un residuo extremadamente líquido con más del 95% de agua y de composición variable dependiendo de la carga de contaminación del agua residual inicial y de las características técnicas de los tratamientos llevados a cabo en las aguas residuales (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico).

En relación a los tratamientos, el agua concentra la contaminación presente, y por tanto, los lodos contienen una amplia variedad de materias suspendidas o disueltas. Algunas con gran valor agronómico como la materia orgánica (MO), nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), y en menor medida calcio (Ca), magnesio (Mg) y otros micronutrientes esenciales para las plantas, y otras con un potencial contaminante como son los metales pesados, entre ellos el cadmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), mercurio (Hg), níquel (Ni), plomo (Pb) y zinc (Zn), además de patógenos y contaminantes orgánicos. Con carácter general los lodos se tratan en la propia depuradora para reducir su contenido en agua, en patógenos y asegurar la estabilidad de la materia orgánica (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico).

Los tratamientos biológicos más frecuentes son:

- La digestión anaerobia.
- La estabilización aerobia.
- El compostaje.

En algunos casos estos lodos son tratados fuera de las depuradoras en instalaciones específicas de tratamiento de residuos (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico).

## 5.2.2. SITUACIÓN DE LA GESTIÓN DE LOS LODOS DE EDAR EN CANARIAS. CUANTIFICACIÓN

La información disponible sobre producción de lodos de EDAR en Canarias se limita al estudio realizado por el ITC: “Diagnóstico de la producción y gestión de fangos de estaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas y su aprovechamiento” (PIRCAN, 2020).

La realidad de la situación es que estos datos no recogen la producción de lodos para muchas de las EDAR censadas, y con capacidades de tratamiento de caudal superiores a 300 m<sup>3</sup>/día. Sólo se consideraron aquellas estaciones depuradoras que generaban más de 1.000 t/año, por lo que la producción real de lodos es mayor a la reflejada en el mencionado estudio. Por ello, se tendrá una visión más completa de la producción de lodos de EDAR a partir de los datos de su gestión en los Complejos Ambientales (PIRCAN, 2020).

Se observa que las previsiones futuras son ligeramente al alza, no sólo porque irán aproximándose a su capacidad límite de tratamiento de las actuales instalaciones, sino que además se prevé un incremento en el número EDAR y/o ampliaciones de las ya existentes de acuerdo con lo señalado en los diferentes Planes Hidrológicos Insulares (PIRCAN, 2020).

La generación de lodos en Canarias, se encuentra alrededor de las 18.000 a 20.000 toneladas de materia seca año. Y consideraba que estos datos se encontraban por debajo de la cifra real de producción (PIRCAN, 2020). Con respecto a su tratamiento y gestión, en la mayoría de las EDAR, los lodos se someten a procesos de espesamiento y deshidratación, que tienen como objetivo obtener un material más seco de cara a su posterior tratamiento externo, en esos momentos en los Complejos Ambientales y su destino era la eliminación en vertedero (PIRCAN, 2020). A continuación, se muestran en las *tablas 7 y 8* la evolución de la producción de lodos de EDAR en Canarias entre el 2011-2018 (PIRCAN, 2020):

**Tabla 7: Evolución de la producción y tratamiento de lodos de EDAR en Canarias (t). Fuente: Plan Insular de Residuos de Canarias.**

AÑO	VERTEDERO (t)	BIOESTABILIZACIÓN (t)	BIOMETANIZACIÓN (t)	TOTAL (t)
2011	65.017	0	6.013	71.031
2012	69.369	265	6.994	76.629
2013	82.011	562	6.836	89.408
2014	60.715	819	36.937	98.471
2015	27.946	906	67.912	96.764
2016	37.146	989	76.445	114.579
2017	31.675	884	83.744	116.303
2018	35.612	889	90.954	127.455

**Tabla 8.** Evolución del tratamiento de lodos de EDAR en Canarias (% sobre el total). Fuente: Plan Insular de Residuos de Canarias.

AÑO	VERTEDERO (t)	BIOESTABILIZACIÓN (t)	BIOMETANIZACIÓN (t)
2011	91,53%	0,00%	8,47%
2012	90,53%	0,35%	9,13%
2013	91,73%	0,63%	7,65%
2014	61,66%	0,83%	37,51%
2015	28,88%	0,94%	70,18%
2016	32,42%	0,86%	66,72%
2017	27,23%	0,76%	72,00%
2018	27,94%	0,70%	71,36%

A partir de estos datos se puede observar una evolución al alza importante en la producción de lodos año tras año, así como una mejora sustancial en el tratamiento, situando la eliminación en vertedero de los lodos por debajo del 30% y la valorización por encima del 70%, aunque el tratamiento aplicado a los lodos de EDAR varía según la isla (PIRCAN, 2020).

De todo ello, se desprende la necesidad de avanzar en el tratamiento de los lodos de EDAR, de cara a reducir el vertido por debajo del 15% establecido como previsión en el Plan Nacional Integrado de Residuos 2008-2015, especialmente en las islas en que se produce el vertido directo de los mismos, así como en el aprovechamiento de los lodos digeridos, de los que actualmente una pequeña parte se destina a compostaje en Gran Canaria (PIRCAN, 2020).

### 5.2.3. RESIDUOS GANADEROS

Los residuos ganaderos (atendiendo como tales exclusivamente a las excretas), se producen básicamente en las explotaciones con ganado estabulado teniendo en cuenta que determinados residuos de este tipo están excluidos de la aplicación de la “Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados” (PIRCAN, 2020).

La situación de déficit de materia orgánica en Canarias hace que las excretas ganaderas puedan ser incorporadas, bien a la producción de estiércoles o compost, bien directamente a los suelos sin problemas en aquellas islas donde existe un equilibrio entre la actividad agrícola y la cabaña ganadera. Si bien ya están apareciendo excedentes, tanto de gallinaza, como de



purines de cerdo, que llegan a determinados Complejos Ambientales, principalmente en las islas orientales, transformándose en residuo (PIRCAN, 2020).

Estos subproductos están catalogados como subproductos de origen animal no destinados al consumo humano, mediante el reglamento (CE) N° 1069/2009 categorizando los subproductos animales y productos derivados en tres categorías en función del riesgo. Este tipo de subproducto pertenece a la categoría 2 y se les denomina “SANDACH tipo 2”, los cuales se encuentran por ejemplo el estiércol, guano no mineralizado y el contenido del tubo digestivo, partes de animales, entre otros, los cuales se definen como aquellos subproductos que siempre van a transmitir un riesgo (Guía Interpretación Sandach, 2013).

En general se produce una autorregulación del sector, a través de autoconsumo, o de aportes en fincas, directamente del ganadero al agricultor. Hay experiencias para el desarrollo de teteras de compost, en islas como Tenerife o La Palma (también El Hierro va en esta línea) que suponen el uso de estiércoles compostados y de suero procedente de industria láctea (PIRCAN, 2020).

Tanto Lanzarote como Gran Canaria disponen en los Complejos Ambientales de plantas de biometanización con valorización energética del biogás producido, que pueden admitir este tipo de residuos. Las actuaciones solamente deben ir encaminadas al control de la producción y gestión, con objeto de evitar que su aportación directa al terreno pueda inducir procesos de contaminación (PIRCAN, 2020).

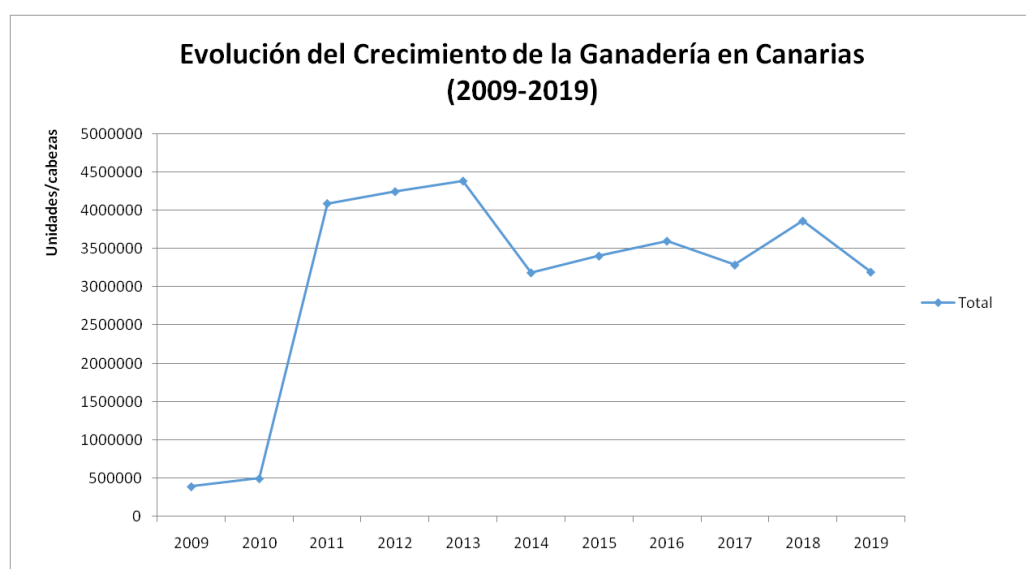
#### **5.2.4. PRODUCCIÓN GANADERA EN CANARIAS. CUANTIFICACIÓN**

Para conocer la cantidad de residuo de estiércol generado se debe conocer primero la producción ganadera en Canarias, ya que el dato directo no está disponible. A continuación, se puede observar en la *tabla 9* la producción ganadera en Canarias según su tipo de ganado entre los años 2009-2019 con sus totales en conjunto, en el cual cabe destacar que la producción aviar y caprina es la más destacable en cada año analizado:

**Tabla 9. Producción Ganadera de Canarias (2009-2019) (unidades/cabeza). Fuente: Instituto Canario de Estadística (ISTAC). Elaboración propia.**

TIPO DE GANADO	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Cunícola</b>	-	-	76622	79205	85192	41797	40779	36379	35614	30431	29938
<b>Ovino</b>	58514	100908	91321	80304	76461	49944	47960	48468	48806	47689	44405
<b>Bovino</b>	18129	18366	19387	19943	17689	16434	18215	19360	19417	19078	19408
<b>Caprino</b>	250921	315856	321646	333917	315707	219115	210593	206166	207026	206973	206066
<b>Porcino</b>	64866	61251	67255	72996	59660	51652	49585	52732	47606	50496	42885
<b>Aviar</b>	-	-	3514228	3660642	3829861	2807441	3037536	3236061	2929102	3507085	2852695
<b>TOTAL</b>	392430	496381	4090459	4247007	4384570	3186383	3404668	3599166	3287571	3861752	3195397

En el *gráfico 21*, se puede observar la evolución en el crecimiento de los tipos de ganadería en Canarias, en el cual se produce un incremento importante en el año 2010 y sigue aumentando hasta el año 2013, a partir del cual se observa un descenso continuado desde con pequeñas fluctuaciones pero con valores que van desde 3.000.000 a 4.000.000 de unidades/cabeza entre los años 2014 y 2019.

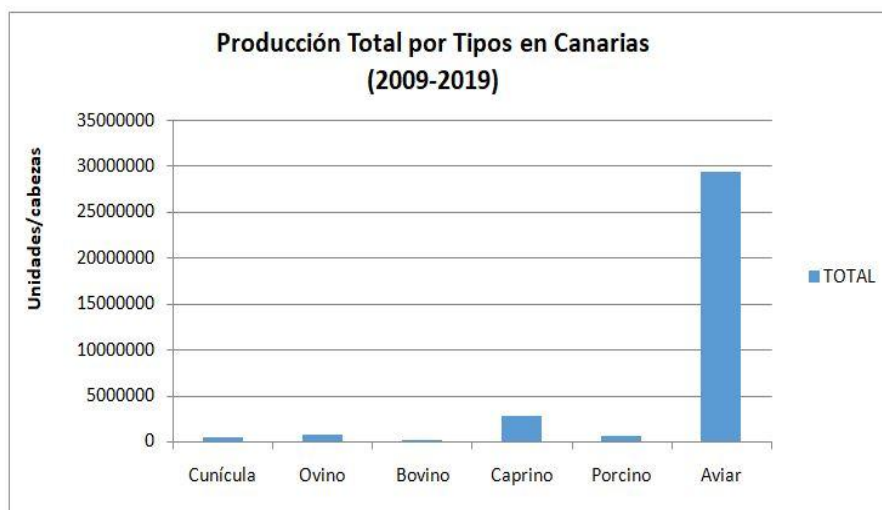


**Gráfico 21. Evolución del Crecimiento de la Ganadería en Canarias (2009-2019) (unidades/cabeza). Fuente: Instituto Canario de Estadística (STAC). Elaboración propia.**

En la *tabla 10* y *gráfico 22* se puede ver qué tipo de ganado es el predominante en Canarias entre los años 2009-2019, destacando la producción aviar con 29.374.651 unidades/cabezas seguido por la producción de caprino en 2.793.986 unidades/cabezas. El resto de las producciones se mantienen en valores entre 200.000-700.000 unidades/cabezas.

**Tabla 10 y Gráfico 22. Producción total de la Ganadería por tipos en Canarias (2009-2019) (unidades/cabeza).**  
 Fuente: Instituto Canario de Estadística (ISTAC). Elaboración propia.

Ganado	unidades/cabezas
Ovino	694.780
Caprino	2.793.986
Cunícola	455.957
Avícola	29.374.624
Porcino	620.984
Bovino	205.426



### 5.3. APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS. VALORIZACIÓN ENERGÉTICA Y USOS COMO MATERIA PRIMA Y COMPOSTAJE

La valorización trata de cualquier operación cuyo resultado principal sea que el residuo sirva a una finalidad útil al sustituir a otros materiales que de otro modo se habrían utilizado para cumplir una función particular, o que el residuo sea preparado para cumplir esa función, en la instalación o en la economía en general. Para la valorización energética, la utilización principal de los residuos será como combustible u otro modo de producir energía (Estudio Técnico PER 2011-2020).

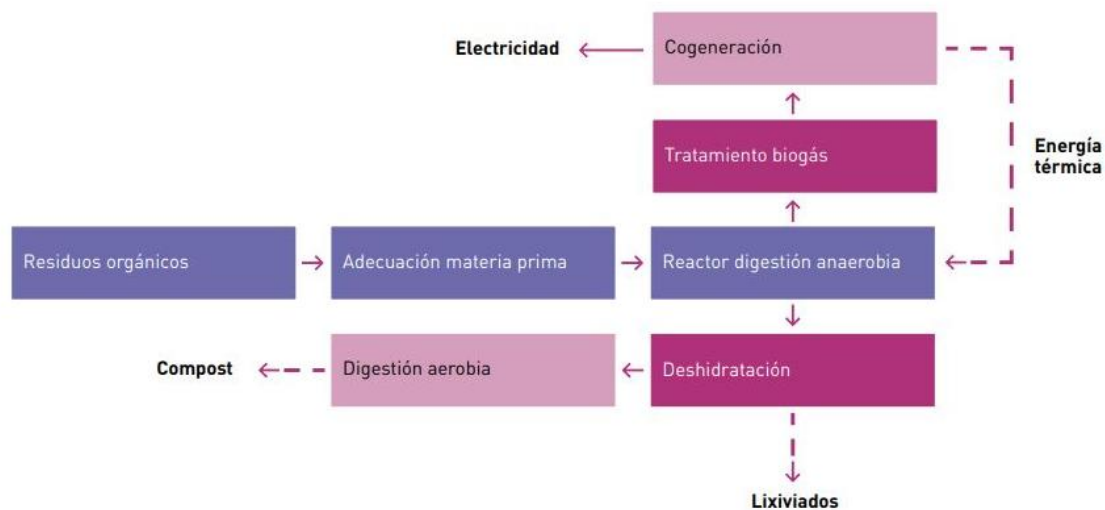
Un ejemplo importante para la valorización de los residuos es la metanización, el cual es un proceso adecuado para el tratamiento y valoración de residuos agrícolas, ganaderos y urbanos, así como para la estabilización de fangos procedentes del tratamiento de aguas residuales urbanas (Estudio Técnico PER 2011-2020), siendo los residuos ganaderos y los lodos procedentes del tratamiento de aguas residuales urbanas como los objetivos principales.

La digestión anaerobia es una tecnología con mucha experiencia por lo que se puede considerar como una tecnología madura y que se presenta como una opción para el tratamiento de los residuos biodegradables, como pueden ser la fracción orgánica de la recogida selectiva (FORSU) o los lodos de depuradora o de origen industrial. También se está utilizando actualmente en el tratamiento de la fracción orgánica de la fracción RESTO, aunque en este caso, el rendimiento de los digestores será menor debido principalmente al

elevado contenido en impropios y a la heterogeneidad de este material. Los problemas mecánicos que estos representan hacen más complicado la operación de estos reactores (Estudio Técnico PER 2011-2020).

Asimismo, esta tecnología requiere de una etapa previa de acondicionamiento del residuo, que normalmente consiste en una separación mecánica y una adecuación del tamaño de partícula para intentar evitar lo más posible los problemas mecánicos que se puedan dar (obturaciones, incrustaciones en los reactores, etc.). También cabe la opción de realizar una co-digestión entre residuos orgánicos de diferentes orígenes como purines, lodos, y otros junto con la fracción orgánica de los RSU, para mejorar el rendimiento (Estudio Técnico PER 2011-2020).

En la *ilustración 2*, se puede ver el proceso de obtención de electricidad y compost a partir de la digestión anaeróbica de los residuos orgánicos, los cuales se someten a un pretratamiento y adecuación de la materia prima para su posterior digestión anaerobia en los digestores, produciendo biogás para la producción de electricidad, y por otro lado, el digestato el cual se somete a una digestión aeróbica para la producción de compost o bioabono.



**Ilustración 2.** Esquema del proceso de digestión anaerobia. Fuente: Estudio Técnico PER 2011-2020.

Por otro lado, el proceso de compostaje de material vegetal con estiércol se basa en la mezcla del estiércol licuado con otros residuos agrícolas, forestales y/o ganaderos, obteniéndose una mezcla con un porcentaje de humedad en torno al 50% y una buena relación C/N, que es fácilmente compostable. Este tipo de compost se incorpora al suelo en barbecho, dejándolo madurar sobre el suelo durante varios días antes de incorporarlo. (Agencia Extremeña de la Energía).

La aplicación de residuos orgánicos, como en el caso del estudio, de estiércol o lodos, constituye uno de los mejores ejemplos de reciclaje de nutrientes en el sistema suelo-cadena trófica, produciendo una reducción o sustitución en el uso de abonos minerales. Resolviendo el problema de generación de residuos ganaderos, ahorro de abonos para el agricultor y una mejora en la gestión ambiental (Agencia Extremeña de la Energía).

Existe un primer grupo de productos ricos en materia orgánica comportada, como el estiércol de rumiantes, compost, etc. Contribuyen a mantener y aumentar la materia orgánica del suelo, mientras que la disponibilidad de los nutrientes aportados para el cultivo, especialmente el nitrógeno, no es inmediata, sino gradual en los años siguientes a la aportación (Agencia Extremeña de la Energía).

Un segundo grupo formado por los productos pobres en materia orgánica, como es el caso del estiércol y el purín de aves, purín de porcino, etc. Los nutrientes que aportan se encuentran mayoritariamente en forma mineral, es decir, inmediatamente disponibles para los cultivos. Otros productos, como el purín de vacuno, se encontrarían en una situación intermedia (Agencia Extremeña de la Energía).

La eficiencia obtenida del nitrógeno procedente del purín respecto al abonado mineral resultó un 60% el primer año, mientras que en el segundo fue nula. Los resultados de los 4 años de duración del ensayo fueron similares. Con 60 toneladas de purín aplicadas por hectárea, se aportaron 130 kg de fósforo ( $P_2O_5$ ) y 227 kg de potasio ( $K_2O$ ). La eficiencia del fósforo y potasio puede considerarse idéntica a los abonos minerales. Es decir, con esta aplicación de purín se puede suprimir el abonado con fósforo y potasio y reducir considerablemente la aportación de nitrógeno (Agencia Extremeña de la Energía; Irañeta y col., 2002).

Además, se puede observar cómo cuando no se aplica los purines como abonado, los rendimientos son inferiores tras haber pasado el año del abonado de las 60 toneladas, por lo que con el tiempo, este continua obteniendo resultados positivos en la aportación de nutrientes (Agencia Extremeña de la Energía; Irañeta y col., 2002).

## **5.4. PRODUCCIÓN ENERGÉTICA EN CANARIAS A PARTIR DE RESIDUOS**

En las Islas Canarias no es posible el desarrollo de cultivos energéticos de forma eficiente, debido a varios factores como su orografía que dificulta la mecanización de la agricultura

extensiva, la falta de agua y la falta de grandes superficies. Por ello, la única biomasa energética que se dispone se limita a residuos susceptibles de ser valorizados energéticamente como son (Plan Estratégico de Valorización de Residuos de Canarias, 2013):

- Residuos Sólidos Urbanos.
- Lodos de depuradora.
- Residuos agrícolas.
- Residuos ganaderos.
- Residuos forestales.

Este estudio se centrará en los residuos de los lodos de depuradora y los residuos ganaderos.

Actualmente los volúmenes de estos residuos destinados a su valorización energética son muy pequeños. Sin embargo suponen un gran potencial, y existe un gran interés por la explotación de estos recursos energéticos. Representan biomasa, y como tal, una fuente de energía renovable; además, es complementaria a otras EERR no gestionables como la eólica o la fotovoltaica (Plan Estratégico de Valorización de Residuos de Canarias, 2013).

La gestión de lodos de las depuradoras de aguas residuales tiene con respecto a otros tipos de residuos, la peculiaridad de que ciertos usos y posibilidades de reciclaje están regulados por normas específicas, algunas de carácter agronómico al existir la posibilidad de utilizarlos como abonos y enmiendas orgánicas en los suelos. Los lodos, en la mayoría de los casos, se destinan a vertedero. Sólo en algunos casos, como en Lanzarote, los lodos de depuradora se introducen en la Planta de Biometanización del Complejo Medio Ambiental de Zonzamas. En Gran Canaria, el tratamiento futuro inmediato previsto para todos los lodos, es su digestión anaerobia en el Complejo Ambiental de Salto del Negro (Plan Estratégico de Valorización de Residuos de Canarias, 2013).

La generación de residuos en un establecimiento ganadero y su gestión adecuada es un problema de responsabilidad privada. Independientemente de ello, se considera que los estiércoles sólidos, provenientes del ganado bovino, ovino, cunícola y caprino, son fácilmente manejables, por lo que generalmente son empleados como abono para terrenos agrícolas. La situación cambia cuando se trata de purines de cerdo o de gallinaza, los cuales son residuos líquidos o semilíquidos que presentan dificultades en su gestión. Estos últimos, se gestionan de distintas formas, porque como ya se ha mencionado, el encargado de dicha gestión es el

propietario o generador del residuo (Plan Estratégico de Valorización de Residuos de Canarias, 2013).

En Lanzarote, estos residuos se gestionan mediante digestión anaerobia, en la planta de biometanización del Complejo Ambiental de Zonzamas. Además, en esta misma isla, existe una planta privada de compostaje en la que se tratan purines con restos de residuos agrícolas para obtener compost. En Gran Canaria los purines se almacenan para que por medio de las condiciones climatológicas se sequen y puedan ser distribuidos en el sector agrícola. Por otro lado, la gallinaza, se trata, por ejemplo en Tenerife, mediante digestión anaerobia en el sector privado, mientras que en Gran Canaria sigue el mismo procedimiento que los purines, se deja secar y se distribuye en el campo o se vende a empresarios que se dedican a la producción de estiércol para su posterior venta (Plan Estratégico de Valorización de Residuos de Canarias, 2013).

Una de las alternativas más interesantes para la valorización energética de residuos es la biodigestión. La biodigestión soluciona por un lado la problemática de la acumulación de residuos orgánicos, generando biogás y un subproducto que puede ser empleado como fertilizante, y por otro reduce las emisiones de efecto invernadero al evitar emisiones de metano debida a la descomposición espontánea de la fracción orgánica de los residuos en los vertederos (considerando que una tonelada de CH<sub>4</sub> equivale a 21 toneladas de CO<sub>2</sub>, con respecto al “Global Warming Potencial” – GWP, que hace referencia a la capacidad de contribuir al calentamiento global de los dos gases) (Plan Estratégico de Valorización de Residuos de Canarias, 2013). En la *tabla 12* la evolución del aprovechamiento energético del biogás generado en la biometanización de lodos de EDAR en Canarias en el periodo entre 2012 y 2018:

**Tabla 12.** Evolución del aprovechamiento energético de biogás biometanización de lodos EDAR en Canarias en el periodo 2012-2018. Fuente: Plan Integral de Residuos de Canarias.

AÑO	BIOGÁS VALORIZADO ENERGÉTICAMENTE (m3)	ENERGÍA TÉRMICA PRODUCIDA (kWh)	ENERGÍA ELÉCTRICA PRODUCIDA (kWh)
2012	394.458	-	404.400
2013	406.632	-	1.002.800
2014	332.155	-	708.100
2015	496.435	-	1.428.600
2016	257.432	-	674.600
2017	905.538	2.393.673	1.416.700
2018	1.620.107	7.122.270	7.624.200

Se observa una evolución positiva en la valorización energética en la producción de biogás a partir de lodos de EDAR marcando unos valores muy altos en el 2018 con respecto a años anteriores, llegando a producir a partir de un volumen de 1.620.107 m<sup>3</sup> de biogás, 7.122.270 kWh de energía térmica y 7.624.200 kWh de energía eléctrica.

#### 5.4.1. VENTAJAS DE LA BIOMETANIZACIÓN

Las ventajas de la biometanización según el Plan Estratégico de Valorización de Residuos de Canarias son las siguientes:

- Elimina los desechos orgánicos, como por ejemplo la excreta animal, contaminante del medio ambiente y fuente de enfermedades para el hombre.
- El proceso al que se someten los residuos orgánicos mejora las condiciones higiénicas a través de la reducción de patógenos, huevos de gusanos y moscas. Aunque el nivel de destrucción de patógenos variará de acuerdo a factores como temperatura y tiempo de retención, se ha demostrado experimentalmente que alrededor del 85% de los patógenos no sobreviven el proceso de biodigestión. En condiciones de laboratorio, con temperaturas de 35 °C los coliformes fecales fueron reducidos en 50 – 70% y los hongos en 95% en 24 horas.
- Produce biogás que se puede emplear como combustible para la producción eléctrica (a través de motores que transforman la energía del biogás en trabajo, y posteriormente en electricidad), calor (en estufas para cocinar), e incluso como combustible de automoción (eliminando previamente el alto porcentaje de CO<sub>2</sub>, con el objetivo de aumentar el poder calorífico del gas).
- Se produce, como subproducto del proceso de biometanización un biofertilizante rico en nitrógeno, fósforo y potasio, capaz de competir con los fertilizantes químicos más caros y que dañan el medio ambiente. Todos los nutrientes tales como nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, así como los elementos menores son conservados en el efluente. En el caso del nitrógeno, buena parte del mismo, presente en el estiércol en forma de macromoléculas, es convertido a formas más simples como amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), las cuales pueden ser aprovechadas directamente por la planta. En este sentido ofrece ventajas en el tratamiento del estiércol, ya que cuando el mismo es secado al medio ambiente, se pierde alrededor de un 50% del nitrógeno.



El proceso de digestión anaerobia, además de generar biogás como energía renovable, produce un material residual que es necesario gestionar adecuadamente para asegurar la viabilidad del proceso, preservando el medio ambiente. Generalmente, este residuo es un material semilíquido (digerido bruto) que puede separarse en dos fracciones: sólida (digerido sólido) y líquida (digerido líquido) (Plan Estratégico de Valorización de Residuos de Canarias).

En general, se obtiene un producto orgánico estabilizado, con una drástica disminución de coliformes totales, lo que mejora la calidad sanitaria, y presenta una buena actividad biológica y un adecuado desarrollo de fermentos nitrosos y nítricos, de la microflora total, hongos y levaduras; esto permitiría incorporarlo a sitios improductivos desde el punto de vista agroindustrial (Plan Estratégico de Valorización de Residuos de Canarias).

#### 5.4.2. PROYECTOS EN CANARIAS

Con una tecnología de bajo coste de inversión y gestión, los proyectos consolidados con éxito en Canarias son según el Plan Estratégico de Valorización de Residuos de Canarias:

- El Hierro, a partir de residuos ganaderos, esta pequeña instalación quema desde el año 2000 unos 1.000 m<sup>3</sup> de gas /año.
- La Gomera, San Sebastián. A partir de residuos ganaderos, se aprovecha el abono resultante, quemando 2.000 m<sup>3</sup> de gas/año.
- La Palma, desde el año 2003, aprovecha el gas para calentar la cama de ganado porcino, con aproximadamente 5.000 m<sup>3</sup> de gas al año.
- Tenerife, Tejina. Ganadero avicultor desde el año 2009 aprovecha el fertilizante líquido generado en la explotación agropecuaria, quemando del orden de 10.000 m<sup>3</sup> de gas al año.

A continuación, se explica brevemente la situación del tratamiento aplicado a los lodos de EDAR en cada isla (PIRCAN, 2020):

- En Gran Canaria y Lanzarote, la práctica totalidad de los lodos producidos se valorizan en sus respectivos Complejos Ambientales (Salto del Negro y Zonzamas), mediante digestión anaerobia con aprovechamiento energético del biogás producido.

- En La Palma, las cantidades entregadas en el Complejo Ambiental de Los Morenos se destinan a bioestabilización mediante su procesamiento en túneles herméticos.
- En Tenerife, La Gomera y Fuerteventura, la totalidad de los LD producidos se disponen en depósito controlado (vertederos).
- En El Hierro, su destino se desconoce, siendo previsiblemente su aplicación directa en terreno agrícola.

## **5.5. AHORRO ENERGÉTICO AL VALORIZAR RESIDUOS. INDEPENDENCIA ENERGÉTICA EN CANARIAS**

Los procesos biológicos de metanización de los residuos orgánicos generados permitirán el aprovechamiento del potencial energético de estos, disminuyendo su carga contaminante y generando subproductos estabilizados con valor fertilizante. La riqueza del biogás depende del material digerido y del funcionamiento del proceso. La producción de biogás para cada tipo de substrato es variable en función de su carga orgánica y de la biodegradabilidad de la misma (Plan Estratégico de Valorización de Residuos de Canarias, 2013).

### **5.5.1. ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE BIOGAS A PARTIR DE RESIDUOS**

En este estudio, se determina en primer lugar la generación de estiércol de los diferentes tipos de animales en Canarias, el total y por isla desde el año 2009 al 2019, para examinar la evolución de la producción de estiércoles en los últimos 10 años, haciendo hincapié en el año 2019 para el cálculo del potencial de biogás que se podría obtener con ese estiércol.

Los cálculos del estiércol fueron estimados a partir del número de cabezas y especies obtenidas del Instituto Canario de Estadística (ISTAC) para ese mismo año, asignando a cada animal un coeficiente de producción de estiércol según la especie (Plan Integral de Residuos de Canarias 2000-2006 (PIRCAN)). Por otro lado, se realiza también un estudio sobre la generación de lodos de Estaciones de Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR) con el fin de calcular su potencial para la producción de biogás. Finalmente, se hace un análisis de la influencia que tendría para las islas la valorización energética de estos residuos, en cuanto a la dependencia energética.

## CÁLCULO DE ESTIÉRCOL PRODUCIDO

Para el cálculo del estiércol producido en el año 2019 se utiliza una estimación de estiércoles producidos en función del sistema productivo publicado en el Anexo III del “Plan Integral de Residuos de Canarias 2000-2006 (PIRCAN)” como se muestra en la tabla 13:

**Tabla 13.** Estimación de estiércoles producidos en función del sistema productivo. Fuente: Plan Integral de Residuos de Canarias 2000-2006 (PIRCAN).

<b>Ganado</b>	<b>Distribución</b>	<b>Estiércol (l/día)</b>	<b>Estiércol (m<sup>3</sup>/año)</b>
<b>Bovino</b>	< 12 meses	10	3,65
	12 y 24 meses	30	10,95
	24 meses	55	20,08
<b>Ovino</b>	Corderos	2	0,73
	Reproductores	7	2,56
<b>Caprino</b>	Chivos	1,5	0,55
	Reproductores	6,0	2,19
<b>Equino</b>		50	18,25
<b>Cunícola</b>		0,3	0,13
<b>Avícola</b>	Ponedoras	0,2	0,77
	Carne	0,1	0,036
<b>Porcino</b>	Cerda en ciclo cerrado (incluye madre y su descendencia hasta la finalización del cebo)	48,63	17-75
	Cerda con lechones destete (0-6 kg)	13,97	5,10
	Cerda con lechones hasta 20 kg	16,77	6,12
	Lechones de 6/20 kg	1,12	0,41
	Cerdo de 20 a 50 kg	4,93	1,80
	Cerdo de 50 a 100 kg	6,85	2,50
	Cerdo de 20 a 100 kg	5,89	2,15
Verracos	16,77	6,12	

En la tabla 14 se presentan los valores de producción de estiércol calculados para el año 2019:

**Tabla 14.** Producción de estiércol calculado a partir de la estimación de estiércol del Plan Integral de Residuos de Canarias 2000-2006 (PIRCAN). Elaboración propia.

<b>Ganado</b>		<b>Estiércol</b>	
<i>unidades/cabezas</i>	<b>2019</b>	<i>m<sup>3</sup></i>	<b>2019</b>
<b>Ovino</b>	44.405	<b>Ovino</b>	96.930,47
<b>Caprino</b>	206.066	<b>Caprino</b>	374.942,54
<b>Cunícola</b>	29.938	<b>Cunícola</b>	3.891,94
<b>Avícola</b>	2.852.695	<b>Avícola</b>	1.670.810,19
<b>Porcino</b>	42.885	<b>Porcino</b>	89.912,11
<b>Bovino</b>	19.408	<b>Bovino</b>	270.111,88

Utilizando la ecuación (1) y a partir de los valores obtenidos en la tabla 14 se calcula un factor para cada tipo de ganado, donde  $f_a$  es el factor para cada tipo de ganado, y por el cual, se le asignará una diferente numeración como se muestra en la tabla 15:

$$(1) \quad f_a = \frac{\text{Estiércol (m}^3\text{)}}{\text{Tipo de ganado } \left(\frac{\text{unidades}}{\text{cabezas}}\right)}$$

**Tabla 15.** Factores para cada tipo de ganado para el posterior cálculo de estiércol para cada tipo de ganado y año. Elaboración propia.

<b>Ganado</b>	<b>Factores</b>	<b>Resultado</b>
<b>Ovino</b>	Factor 1 ( $f_1$ )	2,18
<b>Caprino</b>	Factor 2 ( $f_2$ )	1,82
<b>Cunícola</b>	Factor 3 ( $f_3$ )	0,13
<b>Avícola</b>	Factor 4 ( $f_4$ )	0,59
<b>Porcino</b>	Factor 5 ( $f_5$ )	2,10
<b>Bovino</b>	Factor 6 ( $f_6$ )	13,92

Ejemplo de cálculo de factor:

$$f_1 = \frac{96.930,47}{44.405}$$

$$f_1 = 2,18$$

Tras el cálculo de dicho factor se multiplica este por el número de unidades/cabezas para cada año desde el 2009-2018 y así calcular las producciones de estiércol de cada tipo de ganado y cada año. Para ello se seleccionan las unidades/cabeza de un tipo de ganado y se multiplica por su respectivo factor como se muestra en la tabla 16 para el año 2018, a modo de ejemplo:

**Tabla 16.** Cálculo de producción de estiércol para el año 2018 a partir del factor calculado anteriormente. Elaboración propia.

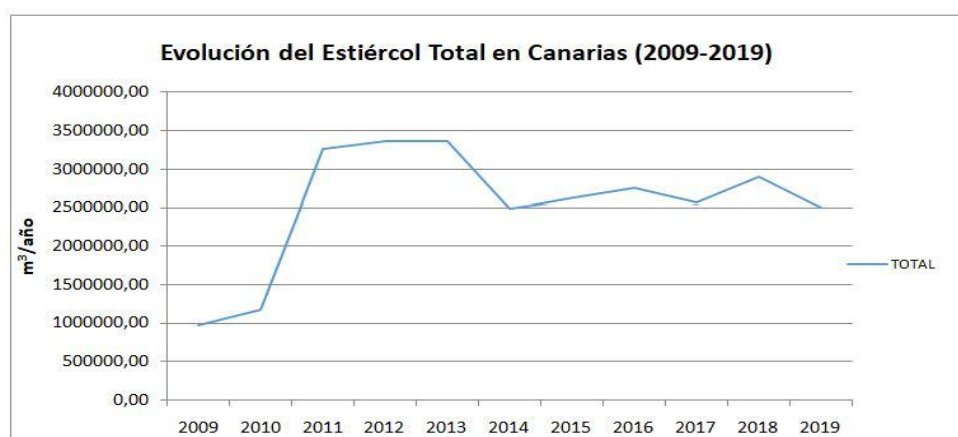
<i>unidades/cabezas</i>	<b>2018</b>	<b>Cálculo ( m<sup>3</sup> )</b>	<b>2018</b>
<b>Ovino</b>	47.689	47.689 * 2,18	104.099,02
<b>Caprino</b>	206.973	206.973 * 1,82	376.592,85
<b>Cunícola</b>	30.431	30.431 * 0,13	3.956,03
<b>Avícola</b>	3.507.058	3.507.058 * 0,59	2.054.067,55
<b>Porcino</b>	50.496	50.496 * 2,10	105.869,23
<b>Bovino</b>	19.078	19.078 * 13,92	265.519,08

Sucesivamente se realiza el mismo procedimiento con cada año y para cada tipo de ganado obteniendo la tabla 17 que contiene los valores completos de producción de estiércol para la serie de años 2009-2018:

**Tabla 17. Producción de Estiércol en Canarias (2009-2019) (m<sup>3</sup>/año). Elaboración propia.**

	Ovino	Caprino	Cunícola	Avícola	Porcino	Bovino
<b>2009</b>	127.728,62	456.557,40	-	-	135.997,18	252.311,32
<b>2010</b>	220.269,34	574.708,35	-	-	128.418,02	255.609,78
<b>2011</b>	199.342,13	585.243,41	9.960,86	2.058.266,99	141.005,92	269.819,61
<b>2012</b>	175.293,42	607.570,82	10.296,65	2.144.020,98	153.042,42	277.557,77
<b>2013</b>	166.904,64	574.437,24	11.074,96	2.243.131,76	125.082,35	246.187,60
<b>2014</b>	109.021,40	398.685,54	5.433,61	1.644.305,13	108.292,88	228.721,07
<b>2015</b>	104.690,58	383.179,54	5.301,27	1.779.070,70	103.959,24	253.508,23
<b>2016</b>	105.799,48	375.124,49	4.729,27	1.895.345,87	110.557,20	269.443,83
<b>2017</b>	106.537,29	376.689,29	4.629,82	1.715.561,41	99.810,09	270.237,13
<b>2018</b>	104.099,02	376.592,85	3.956,03	2.054.067,55	105.869,23	265.519,08
<b>2019</b>	96.930,47	374.942,54	3.891,94	1.670.810,19	89.912,11	270.111,88

En el *gráfico 23*, se observar que la producción de estiércol en general aumenta considerablemente desde el año 2009 hasta el año 2013, en el cual se produce un descenso, seguido de una estabilización en valores entre 2.500.000 y 3.000.000 m<sup>3</sup>/año a partir del 2014 hasta el 2019:

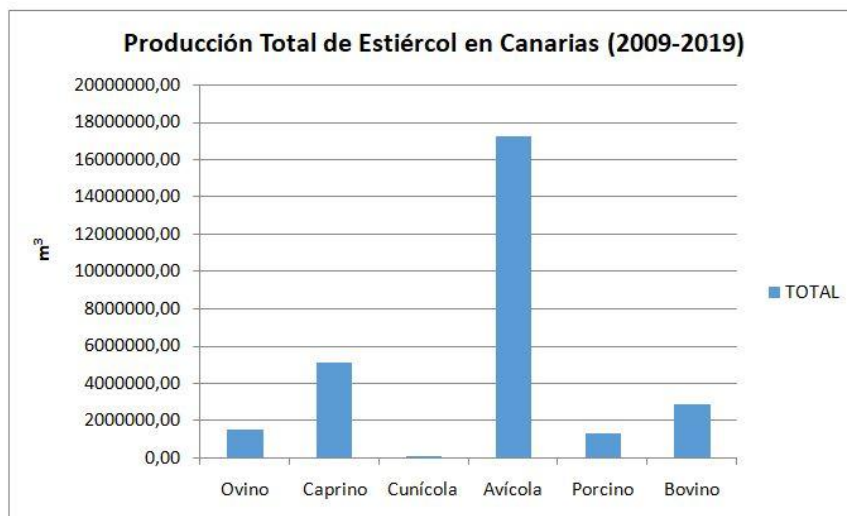


**Gráfico 22. Evolución de la Producción Total de Estiércol en Canarias (2009-2019) (m<sup>3</sup>/año). Fuente: Instituto Canario de Estadística (ISTAC). Elaboración propia.**

En la *tabla 11* y *gráfico 24*, se puede observar como el tipo aviar y el caprino son los mayores productores de estiércol en Canarias, produciendo entre los años 2009-2019 un total de 17.204.580,58 m<sup>3</sup> y de 5.083.731,46 m<sup>3</sup>, seguido por los tipo bovino, ovino y porcino con valores entre 1.000.000 - 3.000.000 m<sup>3</sup>, mientras el de menor producción es el tipo cunícola con 59.274,41 m<sup>3</sup>:

**Tabla 18 y Gráfico 23. Producción Total de Estiércol en Canarias (2009-2019) (m<sup>3</sup>). Fuente: Instituto Canario de Estadística (ISTAC). Elaboración propia.**

Tipo	m <sup>3</sup> /año
Ovino	1.516.616,42
Caprino	5.083.731,46
Cunícola	59.274,41
Avícola	17.204.580,58
Porcino	1.301.946,64
Bovino	2.859.027,31



### **CÁLCULO DE BIOGÁS OBTENIDO A PARTIR DE ESTIÉRCOL**

Para obtener el potencial de generación de biogás de los purines del ganado estudiado se procede al cálculo de producción de biogás con los datos del año 2019. Se toma como referencia para el cálculo el artículo *“Biogas from animal manure: A sustainable energy opportunity in the Canary Islands”* cuyos autores son *J.L. Ramos-Suárez, A. Ritter, J. Mata González, A. Camacho Pérez*. Los coeficientes utilizados para el cálculo de la producción y potencial del biogás son obtenidos del mismo artículo y me muestran en la *tabla 19*:

**Tabla 19.** Coeficientes de cálculo de la producción y potencial del biogás. Fuente: Biogas from animal manure: A sustainable energy opportunity in the Canary Islands. Ramos-Suárez et.al. (2019).

Coefficients used for the calculation of manure production and biogas potential.

Animal	Type	TS (%)	VS (%TS)	Y (L kgVS <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)
Swine	Boar	17.5	75.0	460.8	66.4
	Sows	17.5	75.0	460.8	66.4
	Replacement	17.5	75.0	469.8	57.9
	Raising/Transition	17.5	75.0	469.8	57.9
	Fattening	17.5	75.0	469.8	57.9
	Piglet	17.5	75.0	469.8	57.9
Cows	Breeding female	20.0	80.0	333.3	60.9
	Breeding male	20.0	80.0	333.3	60.9
	Replacement	20.0	80.0	333.3	60.9
	Fattening	20.0	80.0	333.3	60.9
Goats	Breeding female	30.0	80.0	449.3	60.0
	Breeding male	30.0	80.0	449.3	60.0
	No breeders between 4 and 12 months	30.0	80.0	449.3	60.0
	No breeders under 4 months	30.0	80.0	449.3	60.0
		30.0	80.0	449.3	60.0
Sheeps	Breeding female	30.0	80.0	452.4	55.0
	Breeding male	30.0	80.0	452.4	55.0
	No breeders between 4 and 12 months	30.0	80.0	452.4	55.0
	No breeders under 4 months	30.0	80.0	452.4	55.0
Poultry	Laying hens in Cages	40	75	447.0	65.1
	Laying hens in barns	40	75	447.0	65.1
	Hens in breeders	40	75	447.0	65.1
	Broilers	60	75	410.4	54.1

W: Average weight; LSUe: LSU equivalent; R<sub>p</sub>: Manure production; TS: total solids content in manure; VS: volatile solids content, with respect to total solids; Y: biogas yield; CH<sub>4</sub>: biogas methane content.

Debido a que la producción de estiércol se encuentra en unidades de volumen (m<sup>3</sup>/año) y para el cálculo del volumen de biogás se necesitan en unidades de masa (kg/año) se ha de utilizar la densidad de cada tipo de ganado para su conversión. Los valores de densidad tomados de la bibliografía se presentan en la *tabla 13*:

**Tabla 20.** Densidades de los estiércoles de los diferentes tipos de ganados seleccionados. Fuente: Guía de los Tratamientos de las Deyecciones Ganaderas, Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge. Elaboración propia.

GANADO	Densidades (kg/m <sup>3</sup> )
Cunícola	750
Ovino	800
Bovino	800
Caprino	800
Porcino	800
Aviar ponedora	900
Aviar engorde	500

Se utilizan las siguientes ecuaciones para el cálculo de la producción y potencial del biogás:

- Cálculo del volumen de biogás (B<sub>p</sub>) producido al año, *ecuación (2)*:



$$(2) \quad Bp = \text{Estiércol generado} \left( \frac{\text{kg}}{\text{año}} \right) * ST \left( \frac{\text{kg ST}}{\text{kg}} \right) * SV \left( \frac{\text{kg SV}}{\text{kg ST}} \right) * Y \left( \frac{\text{m}^3 \text{ biogás}}{\text{kg SV}} \right)$$

- Cálculo de la producción eléctrica bruta (PB<sub>p</sub>) del biogás, *ecuación (3)*:

$$(3) \quad PBp = Bp \left( \frac{\text{m}^3 \text{ biogás}}{\text{año}} \right) * \%CH_4 * PCI_{CH_4} \left( \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3 \text{ biogás}} \right)$$

- Cálculo de la producción eléctrica del biogás (P<sub>e</sub>) con la eficiencia eléctrica media de los grupos electrógenos de biogás y las unidades de cogeneración, *ecuación (4)*:

$$(4) \quad Pep = PBp \left( \frac{\text{MWh}}{\text{año}} \right) * \left( \frac{\mu_e}{100} \right)$$

- Datos necesarios para el cálculo en las ecuaciones:
  - $\mu_e = 30\%$
  - $PCI_{(CH_4)} = 9,96 \text{ kWh/m}^3 \text{ CH}_4$

En el caso del tipo de ganado cunícola no se realiza el cálculo debido a que no se encuentra información bibliográfica suficiente para realizarlo.

A continuación, se muestran en las *tablas 21 – 25* los resultados obtenidos para los diferentes tipos de ganado seleccionados:

**Tabla 21.** Producción energética a partir de los residuos generados por los estiércoles avícolas en el año 2019. Elaboración propia.

AVÍCOLA	TS	VS	Y (L * kg VS-1)	CH <sub>4</sub> (%)	Bp (L biogás/año)	Bp (m <sup>3</sup> biogás/año)	PBp (kWh/año)	PBp (MWh/año)
Gallinas ponedoras en jaulas	0,40	0,75	447,00	0,65	115.675.863.949,80	115.675.863,95	750.037.674,82	750.037,67
Gallinas ponedoras en graneros	0,40	0,75	447,00	0,65	6.564.388.238,10	6.564.388,24	42.563.230,76	42.563,23
Gallinas en criadoras	0,40	0,75	447,00	0,65	42.597.972.397,80	42.597.972,40	276.203.549,11	276.203,55
Pollo de engorde	0,40	0,75	410,70	0,54	2.430.345.341,88	2.430.345,34	13.095.575,63	13.095,58
<b>TOTAL</b> (MWh/año)							<b>1.081.900,03</b>	



**Tabla 22.** Producción energética a partir de los residuos generados por los estiércoles bovinos en el año 2019. Elaboración propia.

BOVINO	TS	VS	Y (L * kg VS-1)	CH <sub>4</sub> (%)	Bp (L biogás/año)	Bp (m <sup>3</sup> biogás/año)	PBp (kWh/año)	PBp (MWh/año)
Reproductores. Hembras	0,20	0,80	333,30	0,61	6.281.498.720,64	6.281.498,72	38.101.309,90	38.101,31
Reproductores. Machos	0,20	0,80	333,30	0,61	674.483.371,58	674.483,37	4.091.173,32	4.091,17
Reposición	0,20	0,80	333,30	0,61	406.890.506,88	406.890,51	2.468.051,33	2.468,05
Cebo	0,20	0,80	333,30	0,61	4.160.748.256,90	4.160.748,26	25.237.601,06	25.237,60
<b>TOTAL</b>							<b>69.898,14</b>	<b>(MWh/año)</b>

**Tabla 23.** Producción energética a partir de los residuos generados por los estiércoles caprinos en el año 2019. Elaboración propia.

CAPRINO	TS	VS	Y (L * kg VS-1)	CH <sub>4</sub> (%)	Bp (L biogás/año)	Bp (m <sup>3</sup> biogás/año)	PBp (kWh/año)	PBp (MWh/año)
Reproductores. Hembras	0,30	0,80	449,30	0,60	29.030.458.576,90	29.030.458,58	173.486.020,46	173.486,02
Reproductores. Machos	0,30	0,80	449,30	0,60	977.480.689,54	977.480,69	5.841.424,60	5.841,42
No reproductores. Menores de 4 meses	0,30	0,80	449,30	0,60	1.127.888.213,76	1.127.888,21	6.740.259,97	6.740,26
No reproductores. De 4 a 12 meses	0,30	0,80	449,30	0,60	1.080.726.810,24	1.080.726,81	6.458.423,42	6.458,42
Cebo	0,30	0,80	449,30	0,60	128.088.888,19	128.088,89	765.459,20	765,46
<b>TOTAL</b>							<b>193.291,59</b>	<b>(MWh/año)</b>

**Tabla 24.** Producción energética a partir de los residuos generados por los estiércoles porcinos en el año 2019. Elaboración propia.

PORCINO	TS	VS	Y (L * kg VS-1)	CH <sub>4</sub> (%)	Bp (L biogás/año)	Bp (m <sup>3</sup> biogás/año)	PBp (kWh/año)	PBp (MWh/año)
Verraco	0,18	0,75	460,80	0,66	91.498.014,72	91.498,01	605.116,63	605,12
Cerdas	0,18	0,75	460,80	0,66	1.382.414.584,32	1.382.414,58	9.142.515,91	9.142,52
Reposición	0,18	0,75	469,80	0,58	73.073.514,15	73.073,51	421.403,26	421,40
Recria/Transición	0,18	0,75	469,80	0,58	849.625.430,85	849.625,43	4.899.653,92	4.899,65
Cebo	0,18	0,75	469,80	0,58	1.764.582.189,30	1.764.582,19	10.176.063,15	10.176,06
Lechones	0,18	0,75	469,80	0,58	244.417.795,65	244.417,80	1.409.518,32	1.409,52
<b>TOTAL</b>							<b>26.654,27</b>	<b>(MWh/año)</b>

**Tabla 25.** Producción energética a partir de los residuos generados por los estiércoles ovinos en el año 2019. Elaboración propia.

OVINO	TS	VS	Y(L * kg VS-1)	CH <sub>4</sub>	Bp (L biogás/año)	Bp (m <sup>3</sup> biogás/año)	PBp (kWh/año)	PBp (MWh/año)
Reproductores. Hembras	0,30	0,80	452,40	0,55	7.288.635.654,14	7.288.635,65	39.927.146,11	39.927,15
Reproductores. Machos	0,30	0,80	452,40	0,55	343.996.563,46	343.996,56	1.884.413,17	1.884,41
No reproductores. Menores de 4 meses	0,30	0,80	452,40	0,55	326.870.219,52	326.870,22	1.790.595,06	1.790,60
No reproductores. De 4 a 12 meses	0,30	0,80	452,40	0,55	253.379.902,46	253.379,90	1.388.015,11	1.388,02
Cebo	0,30	0,80	452,40	0,55	206.575.828,99	206.575,83	1.131.622,39	1.131,62
							<b>TOTAL</b> (MWh/año)	<b>44.990,17</b>

En la *tabla 26* se muestran los resultados totales de los diferentes tipos de ganados calculados para obtener el total de todo el biogás que se podría producir en Canarias a partir de todos los residuos de estiércol:

**Tabla 26.** Producción energética total a partir de los residuos generados por los estiércoles seleccionados en el año 2019. Elaboración propia.

GANADO	PBp (MWh/año)
Ovino	44.990,17
Bovino	69.898,14
Caprino	193.291,59
Porcino	26.654,27
Avícola	1.081.900,03
<b>TOTAL (MWh/año)</b>	<b>1.416.734,19</b>

Aplicando la *ecuación (4)* para el cálculo de la potencia eléctrica del biogás ( $P_e$ ) con la eficiencia eléctrica media de los grupos electrógenos de biogás y las unidades de cogeneración, se obtiene el resultado:

$$P_{ep\ 2019} = 1.416.734,19 \left( \frac{\text{MWh}}{\text{año}} \right) * \left( \frac{30}{100} \right)$$

$$P_{ep\ 2019} = 425.020,258 \left( \frac{\text{MWh}}{\text{año}} \right)$$

## CÁLCULO DE BIOGÁS A PARTIR DE LODOS DE EDAR

El cálculo del potencial de biogás que los lodos de depuradora podrían producir, se realiza mediante los datos obtenidos en el Plan Estratégico del Sector de la Valorización Energética de Residuos de Canarias como se muestra en la *tabla 27*:

*Tabla 27. Valores de biogás y metano que se obtiene a partir de los lodos EDAR por kilogramo de materia seca. Fuente: Plan Estratégico de Valorización de Residuos de Canarias. Elaboración propia.*

Sustrato	Biogás (m <sup>3</sup> /kg MS)	Metano (m <sup>3</sup> /kg MS)
<b>Fangos EDAR</b>	0,43	0,34

A partir de estas equivalencias y de las producciones anuales de lodos EDAR obtenidas igualmente en el Plan Estratégico del Sector de la Valorización Energética de Residuos de Canarias que se muestran en la *tabla 28*, se calcula la producción de biogás, de metano y la energía producida entre los años 2011-2018, sabiendo que el PCI del metano produce 9,96 kWh/m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> (Situación y Potencial de Generación de Biogás). A modo de ejemplo se presenta el cálculo para el año 2018:

$$\text{Cálculo Biogás} = 127.455.000 \text{ kg} * 0,43 \text{ m}^3/\text{kg} ;$$

$$\text{Cálculo Biogás} = 339.975.200 \text{ m}^3$$

$$\text{Cálculo Metano} = 127.455.000 \text{ kg} * 0,34 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\text{Cálculo Metano} = 43.334.700 \text{ m}^3$$

$$\text{Cálculo Energía} = 43.334.700 \frac{\text{m}^3 \text{ CH}_4}{\text{año}} * 9,96 \text{ kWh/m}^3 \text{ CH}_4$$

$$\text{Cálculo Energía} = 431.613.612 \text{ kWh}$$

$$\text{Cálculo Energía} = 431.613,61 \text{ MWh}$$

En la *tabla 28* se presentan además de la producción de los lodos EDAR los resultados obtenidos de la producción de biogás, metano y energía eléctrica para cada año entre 2011-2018:

**Tabla 28.** Producción de lodos EDAR, biogás, metano y energía entre los años 2011-2018. Fuente: Plan Insular de Residuos de Canarias. Elaboración propia.

	t	kg	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>		
Año	Lodos EDAR	Lodos EDAR	Biogás (MS)	CH <sub>4</sub> (MS)	KWh	MWh
2011	71.031,00	71.031.000,00	30.543.330,00	24.150.540,00	240.539.378,40	240.539,38
2012	76.629,00	76.629.000,00	32.950.470,00	26.053.860,00	259.496.445,60	259.496,45
2013	89.408,00	89.408.000,00	38.445.440,00	30.398.720,00	302.771.251,20	302.771,25
2014	98.471,00	98.471.000,00	42.342.530,00	33.480.140,00	333.462.194,40	333.462,19
2015	96.764,00	96.764.000,00	41.608.520,00	32.899.760,00	327.681.609,60	327.681,61
2016	114.579,00	114.579.000,00	49.268.970,00	38.956.860,00	388.010.325,60	388.010,33
2017	116.303,00	116.303.000,00	50.010.290,00	39.543.020,00	393.848.479,20	393.848,48
2018	<b>127.455,00</b>	<b>127.455.000,00</b>	<b>54.805.650,00</b>	<b>43.334.700,00</b>	<b>431.613.612,00</b>	<b>431.613,61</b>

Finalmente se calcula la potencia eléctrica de este biogás para el año 2018 a partir de la ecuación 3 con la eficiencia eléctrica media de los grupos electrógenos de biogás y las unidades de cogeneración de un 30%:

$$Pep_{2018} = 431.613,62 \text{ MWh} * \left(\frac{30}{100}\right);$$

$$Pep_{2018} = 129.484,09 \text{ MWh}$$

#### **AHORRO ENERGÉTICO:**

A continuación, se muestra la sumatoria de los resultados obtenidos en los cálculos energéticos de los residuos seleccionados en la tabla 29:

**Tabla 29.** Producción energética a partir de los residuos seleccionados. Elaboración propia.

Tipo de Residuo	Energía producida (MWh)	Año seleccionado
Estiércol	425.020,26	2019
Lodos EDAR	129.484,09	2018
<b>TOTAL</b>	<b>554.504,35</b>	

Conociendo el consumo energético de Canarias obtenidos del Instituto Canario de Estadística (ISTAC) como se muestra en la tabla 30, se puede estimar el ahorro energético que se dispondría a partir de los residuos seleccionados:

**Tabla 30.** Consumo energético en Canarias entre los años 2009-2019. Fuente: Instituto Canario de Estadística (ISTAC).  
Elaboración propia.

Año	Consumo (MWh)
2009	8.423.424,00
2010	8.232.080,00
2011	8.231.998,00
2012	8.265.261,00
2013	7.991.568,00
2014	7.930.326,00
2015	8.029.058,00
2016	8.161.928,00
2017	8.326.369,00
2018	8.283.203,00
2019	<b>8.340.263,00</b>

El consumo total de Canarias es de 8.340.263 MWh para el año 2019 y se produce a partir de los residuos seleccionados 554.504,35 MWh, por lo que supondría un ahorro del 6,65% en el consumo total de energía de todo el archipiélago.

Si a este ahorro energético se suma la producción total de energía eléctrica de origen renovable en Canarias para el año 2018, que supone un total de 948.230 MWh (Anuario Energético de Canarias 2018), se tendría en su conjunto un total de energías renovables de 1.502.734,35 MWh, por lo que supondría un ahorro total en la producción energética de Canarias de energías renovables del 18,02% del consumo total de energía de todo el archipiélago.

Conociendo que el precio medio anual de la generación eléctrica en Canarias es de 151,71 €/MWh (Anuario Energético de Canarias 2018), se obtendría un ahorro económico a partir de los residuos escogidos de 84.123.854,94 €, y en su conjunto con todas las energías renovables de 227.979.828,2 €.

Dado los resultados obtenidos en las estimaciones, se ha podido comprobar la viabilidad en la utilización de estos residuos para la obtención de biogás, y con ello, un ahorro energético y económico. Además de una nueva utilidad mediante la valoración energética y la obtención de un sustrato de la digestión anaeróbica, la cual se puede utilizar como fertilizante o bioabono.

## 6. CONCLUSIONES

- Las estimaciones sobre la valorización energética de los dos tipos de residuos estudiados (lodos de EDAR y los estiércoles y sus purines) nos indican que podrían suplir energéticamente un 6,65 % el consumo energético de Canarias. La producción de biogás es una oportunidad para aprovechar dos residuos y evitar que uno se derive al vertedero, como es el caso de los lodos de EDAR, y generar un doble uso en el caso de los estiércoles y sus purines, como valor energético y bioabono.
- Favorecer los procesos de biometanización debido a que solo el 1,8% se destinaron al tratamiento biológico como biometanización y/o compostaje y este proceso proporciona beneficios económicos para Canarias, reduciendo los costes de producción energéticos y sustitución de fertilizantes importados al producir un bioabono el cual es uno de los mejores abonos naturales al concentrar muchos elementos residuales que en la descomposición aeróbica se pierden por su carácter volátil, solucionando la acumulación de residuos orgánicos, generando un biocombustible y reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero debido a su descomposición anaeróbica.
- El conjunto de varias energías renovables supondría un ahorro del 18,02 %, por lo que, dentro de un desarrollo sostenible para Canarias, supondría un aumento en su finalidad de independencia energética, garantizando la diversificación de las fuentes energéticas, y por ello, el suministro energético.
- La valorización energética de los residuos estudiados generaría un ahorro económico estimado de 84.123.854,94 €, y en su conjunto con todas las energías renovables de 227.979.828,2 €.
- Para disminuir el consumo energético en Canarias, y con ello, aumentar el ahorro y aumentar el porcentaje a cubrir por el uso de energías limpias en la producción energética, se ha de implementar la eficiencia y ahorro energético en la edificación, comercios, industrias, etc.
- Se requiere mejorar la información de la gestión de residuos, registrando todas las operaciones de gestión en una base de datos, que permita su explotación estadística, tanto en los Complejos Ambientales, como por parte de los gestores autorizados, de acuerdo con la Lista Europea de Residuos (LER). Es necesario realizar estudios periódicos de composición y caracterización, que permitan tener una visión



actualizada en todo momento, de los residuos domésticos y asimilables que se producen en Canarias.

- Garantizar reservas de suelo público para el desarrollo de la gestión de los residuos de las islas destinados a procesos de biometanización, realizar campañas de sensibilización orientadas a las administraciones, ciudadanos y colectivos, así como a los sectores productivos para promover todo tipo de actuaciones de reducción, reutilización, reciclaje, valorización, etc.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Agarwal, A. K., Gupta, T., & Kothari, A. (2011). Particulate emissions from biodiesel vs diesel fuelled compression ignition engine. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(6), 3278-3300.
- AGENEX (Agencia Extremeña de la Energía). Los residuos ganaderos. Gobierno de España. <http://www.agenex.net/es/>
- Anuario Energético de Canarias 2018. Consejería de Transición Ecológica, Lucha contra el Cambio Climático y Planificación Territorial. Gobierno de Canarias (2019).
- Desarrollo del Plan Estratégico del Sector de la Valorización Energética de Residuos, 2013. Gobierno de Canarias. Documento realizado por el Instituto Tecnológico de Canarias, S.A. dentro de la “*Encomienda para el desarrollo de un programa de actuaciones para la materialización de los ejes y medidas estratégicas asociadas a la EDIC, en 2013*” , realizada por la Consejería de Empleo, Industria y Comercio del Gobierno de Canarias.
- Estrategia Energética de Canarias 2015-2025 (EECan25). Documento preliminar. Gobierno de Canarias, 2017.
- Guía de los Tratamientos de las Deyecciones Ganaderas, 2004. Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge.
- IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía). Biomasa: Digestores Anaeróbios (2007). Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.
- Informe de Inventario Nacional Gases de Efecto Invernadero. Edición 2020 (Serie 1990-2018). Comunicación al Secretariado de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático.

- PIRCAN (Plan Integral de Residuos de Canarias 2000-2006). Plan de residuos ganaderos. Gobierno de Canarias. Consejería de Política Territorial y Medio Ambiente, 2001.
- PIRCAN (Plan Integral de Residuos de Canarias 2020-2026). Programa de prevención y Plan de Gestión de Residuos. Evaluación Ambiental estratégica, 2020. Gobierno de Canarias. Consejería de Transición Ecológica, lucha contra el Cambio Climático y Planificación Territorial.
- PIRCAN (Plan Integral de Residuos de Canarias). Programa de prevención y Plan de Gestión de Residuos. Información y Diagnóstico, 2020. Gobierno de Canarias. Consejería de Transición Ecológica, lucha contra el Cambio Climático y Planificación Territorial.
- PIRCAN (Plan Integral de Residuos de Canarias). Programa de prevención y Plan de Gestión de Residuos. Documento de aprobación final. Ordenación de los residuos. Planificación, 2020. Gobierno de Canarias. Consejería de Transición Ecológica, lucha contra el Cambio Climático y Planificación Territorial.
- SANDACH. Orientación sobre el Nuevo Marco Legal de los SANDACH. Subproductos de origen animal no destinados al consumo humano, 2013. Gobierno de España. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- Situación y potencial de valorización energética directa de residuos. Estudio Técnico PER 2011-2020 Madrid, 2011 Autores: RESA: Armengol Grau, Oriol Farré Coordinación y revisión IDAE: Julio Artigas, Miguel Rodrigo.

## LEGISLACIÓN CONSULTADA

- Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados. BOE Núm 181, de 29/07/2011. BOE-A-2011-13046: <https://www.boe.es/eli/es/l/2011/07/28/22/con>

## PÁGINAS WEBS

- Asociación de Empresas de Energías Renovables (APPA). *Bioenergía para un transporte sostenible*: <https://www.appa.es/appa-biocarburantes/> (Consultado el 20/07/2020).



- Cajamar Caja Rural. Innovación; Investigación; Bioeconomía; Noticias: *Los beneficios del compost*:  
<https://www.cajamar.es/es/agroalimentario/innovacion/investigacion/bioeconomia/noticias/los-beneficios-del-compost/> (Consultado el 31/07/2020).
- Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones hacia una economía circular: *un programa de cero residuos para Europa*: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:52014DC0398R%2801%29&from=EN> (Consultado 17/07/2020).
- De Felipe Blanch, José Juan. Tesis Doctorals en Xarxa (TDX). *Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Cambio Climático*:  
<https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6734/03Jfb03de13.pdf?sequence=4&isAllowed=y> (Consultado el 18/07/2020).
- Energy News: todo energía  
<https://www.energynews.es/residuos-municipales-por-persona-ue/> (Consultado 15/09/2020).
- Greenteach. Plataforma de educación y noticias de medio ambiente. *Compostar: cómo hacer compost en casa. Proceso de compostaje casero*:  
[https://www.greenteach.es/compostar-como-hacer-compost-en-casa-proceso-de-compostaje-casero/#Tipos\\_de\\_compostaje](https://www.greenteach.es/compostar-como-hacer-compost-en-casa-proceso-de-compostaje-casero/#Tipos_de_compostaje) (Consultado el 31/07/2020).
- Gobierno de España. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. *Observatorio de Salud y Cambio Climático*:  
[http://www.oscc.gob.es/es/general/salud\\_cambio\\_climatico/impacto\\_salud\\_es.htm](http://www.oscc.gob.es/es/general/salud_cambio_climatico/impacto_salud_es.htm) (Consultado 15/07/2020).
- Gobierno de España. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. *Calidad y evaluación ambiental; Prevención y gestión de residuos; Flujos de residuos; Biorresiduos*:  
<https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/biorresiduos/#:~:text=Los%20biorresiduos%20dom%C3%A9sticos%20son%20los,sean%20similares%20a%20los%20primeros>. (Consultado 15-17/07/2020).

- Gobierno de España. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). *Energías renovables. Uso térmico: biogás*:  
<https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-termico/biogas> (Consultado el 20/07/2020).
- Gobierno de España. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. *Calidad y evaluación ambiental; Prevención y gestión de residuos; Flujos de residuos; Lodos de depuradora*:  
<https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/lodos-depuradora/> (Consultado el 12/08/2020).
- Gobierno de España. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Publicaciones Ambiental: *Consulta por materia: Desechos ganaderos*:  
[https://www.miteco.gob.es/app/publicaciones/art\\_lista.asp?materia=Desechos+ganaderos&tipo=materia&codrevista=AM](https://www.miteco.gob.es/app/publicaciones/art_lista.asp?materia=Desechos+ganaderos&tipo=materia&codrevista=AM) (Consultado el 13/08/2020).
- Gobierno de España. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Planificación energética:  
<https://energia.gob.es/planificacion/Paginas/Index.aspx> (Consultado el 11/09/2020).
- Instituto Canario de Estadística (ISTAC). Sector primario; *Estadística Agraria de Canarias / Apartado Ganadería*:  
<http://www.gobiernodecanarias.org/istac/estadisticas/sectorprimario/> (Consultado el 18/07/2020).
- IPCC, 2013: Glosario [Planton, S. (ed.)]. En: *Cambio Climático 2013. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América:  
[https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/WGI\\_AR5\\_glossary\\_ES.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/WGI_AR5_glossary_ES.pdf) (Consultado el 18/07/2020).
- LENNTECH: Historia sobre el efecto invernadero y el calentamiento global de la tierra: Maslin, M. (2008). *Global warming: a very short introduction*. OUP Oxford.:

[https://www.lenntech.es/efecto-invernadero/historia-calentamiento-global.htm#:~:text=Svante%20Arrhenius%20\(1859%2D1927\),de%20carbono%20atmosf%C3%A9rico%20y%20temperatura](https://www.lenntech.es/efecto-invernadero/historia-calentamiento-global.htm#:~:text=Svante%20Arrhenius%20(1859%2D1927),de%20carbono%20atmosf%C3%A9rico%20y%20temperatura). (Consultado el 18/07/2020).

- Parlamento Europeo. Gestión de residuos de la UE: hechos y cifras. <https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/society/20180328STO00751/gestion-de-residuos-en-la-ue-hechos-y-cifras-infografia> (Consultado el 15/08/2020).
- Renewable Energy Magazine, 2019. (Javier Rico). El periodismo de las energías limpias: *El biodiesel dispara el consumo de biocarburantes en Europa con una importante subida en España*: <https://www.energias-renovables.com/biocarburantes/el-biodiesel-dispara-el-consumo-de-biocarburantes-20191011#:~:text=Por%20su%20parte%2C%20el%20estudio,y%20desbord%C3%A1ndose%20en%20el%20bioetanol> (Consultado el 20/07/2020).
- Source: Maslin, M., *Global Warming, a very short introduction*. Oxford University Press, Oxford 2004. Lenntech. Water Treatment solutions: *Historia sobre el efecto invernadero y calentamiento global de la Tierra*: [https://www.lenntech.es/efecto-invernadero/historia-calentamiento-global.htm#:~:text=Historia%20sobre%20el%20efecto%20invernadero%20y%20calentamiento%20global%20de%20la%20tierra&text=Svante%20Arrhenius%20\(1859%2D1927\),el%20calentamiento%20de%20la%20tierra.&text=Esto%20se%20denomina%20el%20efecto%20invernadero%20natural](https://www.lenntech.es/efecto-invernadero/historia-calentamiento-global.htm#:~:text=Historia%20sobre%20el%20efecto%20invernadero%20y%20calentamiento%20global%20de%20la%20tierra&text=Svante%20Arrhenius%20(1859%2D1927),el%20calentamiento%20de%20la%20tierra.&text=Esto%20se%20denomina%20el%20efecto%20invernadero%20natural). (Consultado el 18/07/2020).
- Unión Europea. Parlamento Europeo Noticias de Economía. *Economía Circular*: <https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/economy/20151201STO05603/economia-circular-definicion-importancia-y-beneficios> (Consultado 17/07/2020).
- Wikipedia. La enciclopedia libre. *Bibliografía de John Tyndall*: [https://es.wikipedia.org/wiki/John\\_Tyndall#Climatolog%C3%ADa](https://es.wikipedia.org/wiki/John_Tyndall#Climatolog%C3%ADa) (Consultado el 18/07/2020).
- Wikipedia. La enciclopedia libre: Radiación solar. Méndez Muñiz, Javier María; Cuervo García, Rafael; Bureau Veritas Formación (2010). «1». *Energía Solar Térmica. Fundación Confemetal*. p. 37: [https://es.wikipedia.org/wiki/Radiaci%C3%B3n\\_solar#Radiaci%C3%B3n\\_infrarroja](https://es.wikipedia.org/wiki/Radiaci%C3%B3n_solar#Radiaci%C3%B3n_infrarroja) (Consultado el 18/07/2020).
- Wikipedia. La enciclopedia libre: *biodiésel*: <https://es.wikipedia.org/wiki/Biodi%C3%A9sel> (Consultado el 23/07/2020).