



MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

ESPECIALIDAD ENERGÍA

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Estudio del potencial de generación de biometano en
España a partir de residuos agropecuarios, FORSU y
EDAR

Autor: Aurora López Aguilera

Director: María del Mar Cledera Castro

Carlos Morales Polo

Madrid

Junio 2024

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
Estudio del potencial de generación de biometano en España a partir de residuos agropecuarios, FORSU y EDAR en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el

curso académico 2023/24 es de mi autoría, original e inédito y

no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos.

El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada de otros documentos está debidamente referenciada.



Fdo.: Aurora López Aguilera

Fecha: 25/06/2024

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: María del Mar Cledera Castro Fecha: 25/06/2024



Fdo.: Carlos Morales Polo

Fecha: 25/06/2024



MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

ESPECIALIDAD DE ENERGÍA

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Estudio del potencial de generación de biometano en
España a partir de residuos agropecuarios, FORSU y
EDAR

Autor: Aurora López Aguilera

Directores: María del Mar Cledera Castro

Carlos Morales Polo

Madrid

Junio 2024

Agradecimientos

En primer lugar, agradezco a ICAI por brindarme la oportunidad de realizar este máster y por todos los recursos y apoyo ofrecidos durante mi estancia académica.

Agradezco a mis directores, Mar y Carlos, por su guía, paciencia y valiosos consejos a lo largo de todo el proceso. Su experiencia y dedicación han sido cruciales para la finalización exitosa de este trabajo. Gracias por creer en mí y por vuestra dedicación.

También quiero agradecer a mis compañeros y amigos por su apoyo, compañerismo y por los momentos compartidos durante esta etapa.

Finalmente, pero no menos importante, quiero agradecer a mi familia, en especial, a mi madre por su amor y apoyo incondicional. Gracias por estar siempre a mi lado, por comprender los momentos de ausencia y por animarme a seguir adelante. Este logro también es vuestro.

ESTUDIO DEL POTENCIAL DE GENERACIÓN DE BIOMETANO EN ESPAÑA A PARTIR DE RESIDUOS AGROPECUARIOS, FORSU Y EDAR.

Autor: López Aguilera, Aurora.

Director: Cledera Castro, María del Mar; Morales Polo, Carlos

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

Este proyecto estima el potencial de generación de biometano en España para el año 2030 y 2050 según diferentes tipos de materias primas (residuos agropecuarios, EDAR y FORSU). El estudio se hace por comunidad autónoma, teniendo en cuenta el histórico de las cabezas de ganado, terreno cultivado en hectáreas y cambios en la población. Trata de seguir un desarrollo realista por lo que se asume un modelo similar al desarrollo en Alemania.

Palabras clave: biometano, biogás, digestión anaerobia, economía circular, gestión de recursos.

1. Introducción y Estado del Arte

El presente documento responde a la realización del trabajo de fin de máster en el Máster en Ingeniería Industriales (MII) de la Universidad Pontificia de Comillas, ICAI. El proyecto consiste en la determinación del potencial de generación de biometano en España para los años 2030 y 2050 con los recursos disponibles.

El biometano, generado por digestión anaerobia de residuos agroganaderos y urbanos, es una alternativa sostenible que busca reducir las emisiones, promover una gestión eficiente de residuos y fortalecer la independencia energética. Además, fomenta la economía circular al sustituir fertilizantes artificiales por digestato, alineándose con los objetivos globales de sostenibilidad ambiental y económica. El potencial mundial de biogás y biometano es significativo, estimado en 570 Mtoe y 730 Mtoe respectivamente. Sin embargo, la realidad muestra que solo se produjeron 35 Mtoe de biogás y biometano en todo el mundo en 2018 [1]. Esta disparidad entre el potencial teórico y la producción actual se debe a varios factores, incluyendo limitaciones técnicas, económicas y regulatorias.

El proceso de "upgrading" es crucial para convertir el biogás en biometano, un gas de metano puro que puede inyectarse en la red de gas natural después de pasar por procesos de compresión y control de calidad. El biogás obtenido a través del proceso de digestión anaeróbica (DA) es una mezcla de metano, dióxido de carbono y otros gases en proporciones variables, dependiendo de los materiales orgánicos utilizados y el tipo de digestor [1].

En cuanto al aprovechamiento energético, existen varias opciones para el biogás y biometano, incluyendo el uso térmico directo, la generación de electricidad mediante cogeneración, su aplicación como combustible para el transporte tras la purificación a biometano, y la utilización en procesos industriales que requieran gas natural [2].

A nivel global, las barreras para la implementación de biogás y biometano son múltiples y abarcan desde aspectos técnicos como la infraestructura de redes y la gestión de residuos, hasta desafíos económicos como los altos costos de inversión inicial y los problemas de rentabilidad frente a los combustibles fósiles más baratos. Además, existen barreras regulatorias y legislativas, como la complejidad de los permisos y la falta de incentivos económicos adecuados para fomentar la producción y uso de biometano [3].

En Europa, a pesar de avances significativos y políticas ambiciosas para promover las energías renovables, el desarrollo del biogás y biometano varía ampliamente entre países. Alemania se destaca como líder en producción de biogás, seguida por Italia y Francia, cada uno con enfoques y niveles de inversión distintos [4]. La diversidad en las estrategias nacionales refleja la complejidad de los desafíos socioeconómicos y ambientales que rodean a estas tecnologías emergentes.

El biometano, una forma renovable y sostenible de gas natural producido a partir de biomasa orgánica, se introduce en la red de gas natural en toda Europa como parte de los esfuerzos por reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y promover la transición hacia una economía más limpia. Una vez inyectado, se mezcla con el gas natural convencional existente en proporciones que cumplen con las normativas europeas y se considera simplemente gas natural según los criterios establecidos por Eurostat.

Para monitorear y registrar adecuadamente el biometano puro, es decir, aquel que no ha sido mezclado con otros gases fósiles, se utilizan herramientas específicas como SHARES [59]. Esto es crucial para la emisión de Garantías de Origen y Certificados de Combustible Renovable, que son fundamentales para verificar y asegurar la autenticidad y sostenibilidad del biometano utilizado en diferentes aplicaciones energéticas [4].

2. Potencial de generación de biogás y biometano en España

Para determinar el potencial de producción de biogás y biometano en España, se consideran diversas materias primas agrupadas en distintas categorías: ganadería (animales estabulados¹ y no estabulados), sector agrícola, biogás generado en plantas de tratamiento de aguas residuales (EDAR) y los residuos sólidos urbanos (FORSU). La clasificación bajo el Código LER (Lista Europea de Residuos) [5] es importante para la gestión eficiente de estos materiales en digestores anaerobios, asegurando el cumplimiento normativo y optimizando la composición del sustrato.

Generación a partir de residuos animales:

Residuos Bovinos.

Los bovinos se dividen en:

- **Vacas lecheras y terneras de reposición:** Generan 9,25 m³/plaza de purín y 12,35 t/plaza y año [6]. Unidades ganaderas por plaza de estabulación [7].
- **Resto de bovinos:** Producen 4,55 m³/plaza y año de purín y 5,5 t/plaza y año [6].

Los residuos bovinos contienen aproximadamente un 11% de sólidos totales, con un 8% de sólidos volátiles. Se estima que cada kilogramo de sólidos volátiles genera alrededor

¹ Se entiende por *estabulado* aquellos animales que han sido criados y mantenidos en instalaciones cerradas, en vez de pastar libremente en el campo.

de 0,2 N m³ de CH₄, compuesto por un 65% de metano (CH₄), 30% de dióxido de carbono (CO₂) y un 5% de otros gases [8].

Residuos Porcinos

Los porcinos se dividen en:

- **Cerdas reproductoras:** Generan 5,13 m³/plaza y año de purín y 2,27 t/plaza y año de estiércol [6].
- **Resto de porcinos:** Producen 2 m³/plaza y año de purín y 1 t/plaza y año de estiércol [6].

Los residuos porcinos tienen aproximadamente un 34% de sólidos totales, con un 85,4% de sólidos volátiles sobre ST. La producción estimada de biogás es de aproximadamente 50 m³ por tonelada de sólidos volátiles, con una composición de 65% de metano (CH₄), 30% de dióxido de carbono (CO₂) y un 5% de otros gases [9, 10, 11].

Residuos Gallinas Ponedoras

Para las gallinas ponedoras, se estima que 0,037 m³/plaza y año de purín y 0,04 t/plaza y año de estiércol. Los residuos de gallinas ponedoras tienen un contenido de sólidos totales del 24% y un 60% de sólidos volátiles sobre ST. Se calcula que cada tonelada de sólidos volátiles produce alrededor de 490 N m³ de biogás, una proporción de CH₄ de 64,4%, 34% de CO₂ y 1,71% mezcla de otros gases [12, 13, 14].

Residuos Ovinos

Se distinguen dos categorías principales de ovinos:

- **Ovejas madres y corderas de reposición:** Generan 0,38 toneladas de purín y 0,72 toneladas de estiércol por unidad ganadera [15, 16].
- **Otros ovinos:** Producen 0,01 toneladas de purín y 0,45 toneladas de estiércol por unidad ganadera [15, 16].

El estiércol ovino contiene aproximadamente un 38,5% de sólidos totales, con un 84,57% de sólidos volátiles. Se estima que cada tonelada de sólidos volátiles genera alrededor de 158 m³ de biogás, compuesto por un 54% de CH₄, 41% de CO₂ y un 5% de otros gases [84,85].

Residuos Caprinos

Los caprinos se dividen en:

- **Cabras madres y chivos de reposición:** Producen 0,38 toneladas de purín y 0,72 toneladas de estiércol por unidad ganadera [15, 16].
- **Resto de caprinos:** Generan 0,19 toneladas de purín y 0,36 toneladas de estiércol por unidad ganadera [15, 16].

Los residuos caprinos contienen alrededor de un 33,65% de sólidos totales, con un 82,21% de sólidos volátiles. La producción estimada de biogás es de aproximadamente 250,7 m³ por tonelada de sólidos volátiles, con una composición de 65,02% de CH₄, 30% de CO₂ y 4,98% de otros gases [17,18].

Residuos de Conejas Madre

Para las conejas madre, se estima que producen 0,0236 toneladas de purín y 0,1124 toneladas de estiércol por unidad ganadera. Los residuos de conejas madre tienen un contenido de sólidos totales de aproximadamente 61,39% y un 90,26% de sólidos

volátiles sobre la materia seca. Se calcula que cada tonelada de sólidos volátiles produce alrededor de 325,53 m³ de CH₄ en biogás [16, 20, 21].

Residuos de Pollos de Engorde

En el caso de los pollos de engorde, se estima que producen aproximadamente 0,0333 toneladas de purín y 0,036 toneladas de estiércol por unidad ganadera. Estos residuos tienen un contenido de sólidos totales del 11,20% y un 8,27% de sólidos volátiles. La producción estimada de biogás es de alrededor de 500 m³ de CH₄ por tonelada de sólidos volátiles, con una composición de 71,42% de CH₄, 23,57% de CO₂ y 5,01% de otros gases [22].

Proyección y Potencial Energético

El estudio proyecta el potencial de biogás y biometano para los años 2030 y 2050, utilizando coeficientes de utilización obtenidos de experiencias en Alemania. Los resultados indican un incremento significativo en la producción de biometano, que podría contribuir considerablemente a la producción de energía renovable en España.

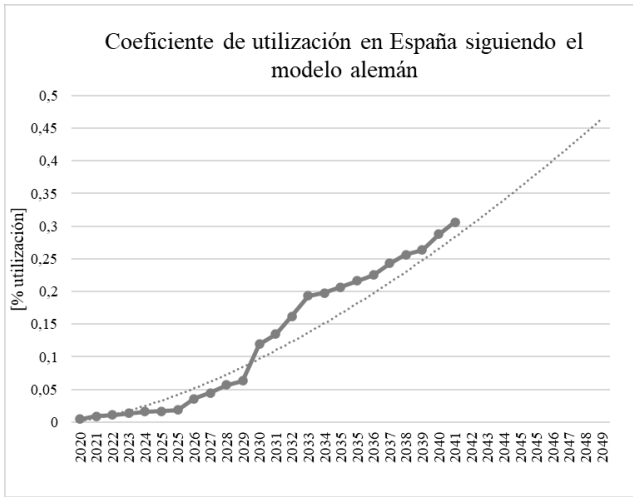


Figura 1: Coeficiente de utilización en España.

Este análisis detallado proporciona una perspectiva integral sobre el potencial de los residuos ganaderos para la generación de biogás y biometano, destacando su relevancia en la transición hacia fuentes de energía más sostenibles y limpias en el país.

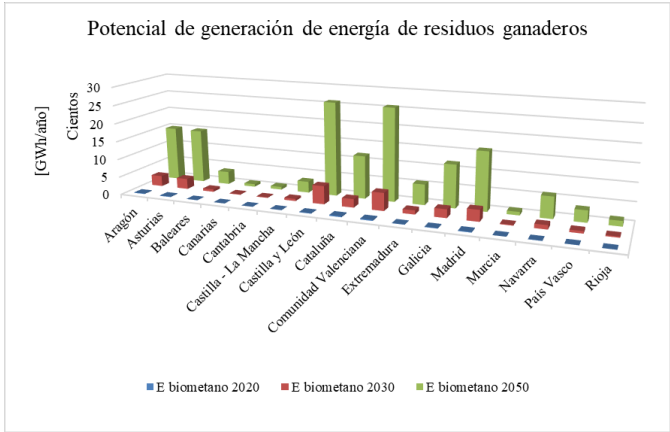


Figura 2: Energía generada por los residuos ganaderos. Fuente: Elaboración propia.

Generación a partir de residuos agrícolas:

Para calcular el biogás generado a partir de residuos agrícolas, se emplea una ratio (tonelada de paja/hectárea) que estima la cantidad de paja según el área arable. Se utilizaron datos de superficie, rendimiento y producción de cereales, olivares y viñedos de 2017 a 2021 del anuario del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación [23]. Los cultivos considerados incluyen diversos tipos de trigo, cebada, centeno, avena, maíz, arroz, sorgo, olivar y viñedo. Para los cereales, se calculó la ratio de paja por hectárea y se proyectó a futuro. En los olivares, el 70% de las aceitunas se destina a orujo, y el 73% son desechos, de los cuales el 30% se utiliza en el proyecto. En los viñedos, el orujo es el 20% del peso de la uva, los ramos el 4%, y las lías de vinificación el 1.5% [24]. Las materias con alto contenido de lignina requieren pretratamiento, con una pérdida del 10-15% de lignina y un 30% de la materia prima [25, 26]. Se realizaron estimaciones de la proporción de paja/hectárea para 2030 y 2050 considerando las Comunidades Autónomas (CC.AA).

Tabla 1: Datos para el cálculo de la DA de los residuos agrícolas

<i>Cultivo</i>	<i>ST (%)</i>	<i>SV (%)</i>	<i>Concentración</i>	<i>Composición del biogás</i>	<i>Referencias de los datos</i>
Trigo	91,6%	87,5%	297 m ³ CH ₄ /t SV	70,2% CH ₄	[27, 28]
				24,6% CO ₂	
				5,2% otros	
Cebada	90,5%	94,3% (/ST)	229 m ³ CH ₄ /t SV	54,9% CH ₄	[29]
				40,01% CO ₂	
				5,09% otros	
Centeno	-	95%	6,16 m ³ biogás/t SV	50,33% CH ₄	[30, 31]
				44,77% CO ₂	
				5% otros	
Avena	-	87%	242 m ³ CH ₄ /t SV	65% CH ₄	[32]
				30% CO ₂	
				5% otros	
Maíz	92,45%	85,24%	275 m ³ biogás/t SV	65% CH ₄	[32, 33]
				30% CO ₂	
				5% otros	
Arroz	88,7%	91,9% (/ST)	195 m ³ CH ₄ /t SV	46,88% CH ₄	[34]
				48,12% CO ₂	
				5% otros	
Triticale	-	-	586,5 m ³ biogás/t paja	57% CH ₄	[35]
				38% CO ₂	
				5% otros	
Sorgo	43%	93% (/ST)	338 m ³ CH ₄ /t SV	55% CH ₄	[35, 36]
				40% CO ₂	

				5% otros	
				81,9% CH ₄	
Olivar	4,6%	97% (/ST)	686 m ³ CH ₄ /t SV	14,1% CO ₂	[37, 38]
				4% otros	
				61,7% CH ₄	
Viñedo	-	-	134 m ³ CH ₄ /t paja	33,3% CO ₂	[39]
				5% otros	

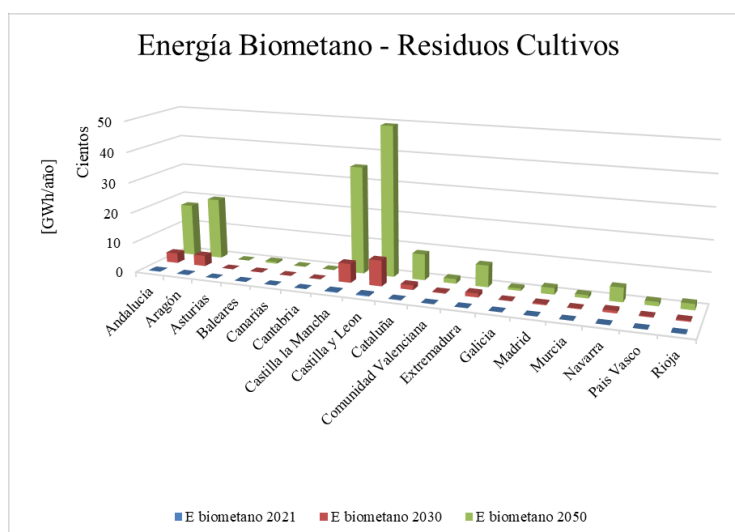


Figura 3: Energía generada por los residuos agrícolas. Fuente: Elaboración propia.

Generación a partir de residuos de EDAR:

Las Estaciones de Depuración de Aguas Residuales (EDAR) tratan aguas residuales urbanas e industriales, generando biogás mediante digestión anaerobia. Este biogás puede convertirse en biometano, compuesto principalmente por CH₄. Para estimar el volumen de biometano, se utiliza la población de cada comunidad autónoma y una ecuación específica. Se asumió una proporción 1:1 entre habitantes reales y equivalentes, aunque los equivalentes serían mayores debido a las industrias. Además, se consideró que entre el 60% y el 80% de la materia disponible genera biogás. Proyectando la población futura, se concluye que Andalucía, Cataluña y Madrid tienen el mayor potencial en digestión anaerobia [40, 41, 42, 43, 44].

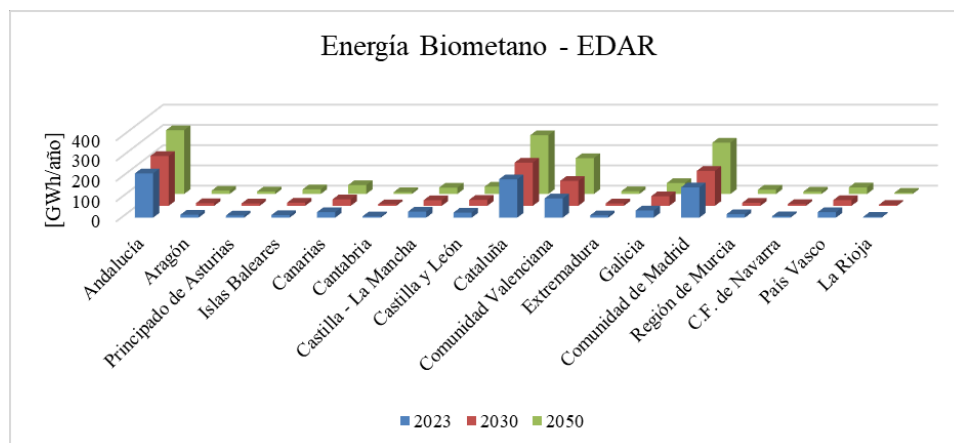


Figura 4: Energía generada EDAR. Fuente: Elaboración propia.

Generación a partir de residuos de FORSU:

Para evaluar los residuos orgánicos en España entre 2011 y 2021, se consideraron las categorías del INE: residuos domésticos y similares, residuos animales y vegetales, y lodos comunes (estos últimos despreciables tras 2012). La fracción orgánica de residuos urbanos en ciudades como Barcelona puede generar 382 N m³/kg de sólidos volátiles (SV) de biometano, con un 98% de CH₄. Se recomienda diferenciar entre grandes ciudades y zonas rurales para mayor precisión. Se calculan los residuos orgánicos totales y el biometano producido en cada comunidad autónoma, proyectando datos hasta 2030 y 2050. Asumiendo que un 24,5% de los residuos se clasifica correctamente y que el aprovechamiento de residuos orgánicos para digestión anaerobia aumentará del 55% en 2021 al 80% en 2050, se estiman los valores de biometano en GWh/año usando un poder calorífico de 9,945 kWh/N m³ [45].

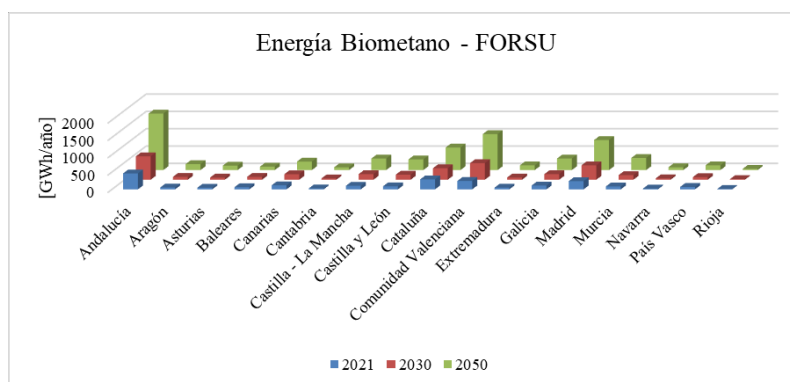
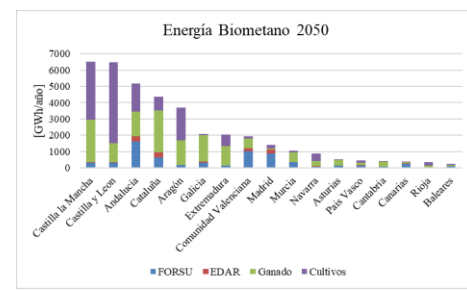
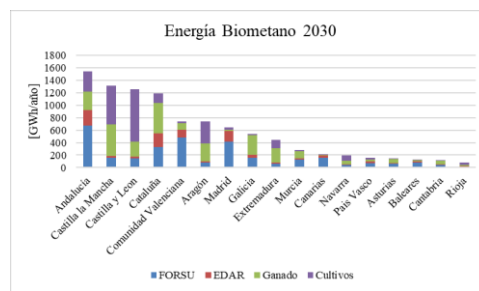
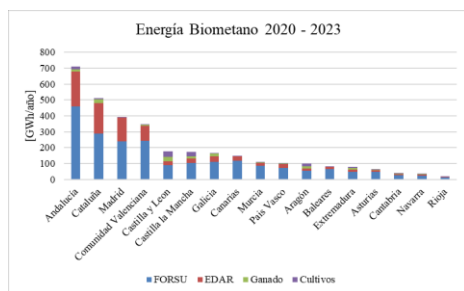


Figura 5: Energía generada FORSU. Fuente: Elaboración propia.

3. Resultados



Figuras 6, 7, 8: Energía en los años 2023, 2030 y 2050, respectivamente. Fuente: Elaboración propia.

La hoja de ruta del biogás en España proyecta alcanzar 10,41 TWh para 2030, pero este proyecto y sus hipótesis sugieren que se podrían generar 9,71 TWh, siempre que se adopte el modelo de inversión y ayudas de Alemania. Actualmente, España carece de la infraestructura necesaria, requiriendo una gran inversión en plantas de upgrading y un tiempo considerable para su construcción.

Análisis Según Tipo de Residuo o Fuente de Materia Prima

FORSU es el principal tipo de residuo para biometano en 2020-2023 con 2079,39 GWh/año. Se proyecta aumentar a 3127 GWh/año en 2030 y a 6632,7 GWh/año en 2050, aunque su participación en el total disminuye del 64,39% al 17,43%.

Los residuos de EDAR aumentan de 0,88 TWh/año en 2020-2023 a 1,35 TWh/año en 2050, bajando su participación del 27,24% al 3,55%.

El sector agropecuario empieza con 0,15 TWh/año de residuos de ganado y 0,12 TWh/año de cultivos. En 2030, estos valores suben a 2,88 TWh/año y 2,69 TWh/año, y en 2050 a 14,83 TWh/año y 15,21 TWh/año, representando el 79,01% del biometano.

Análisis por Región y Año

En 2020-2023, Andalucía lidera en producción de biometano, seguida de Cataluña y Madrid.

Para 2030, Andalucía sigue primera, con Castilla-La Mancha y Castilla y León en segundo y tercer lugar debido a su producción agrícola.

En 2050, Castilla-La Mancha lidera, seguida de cerca por Castilla y León, y Andalucía en tercer lugar con una producción diversificada. Cataluña ocupa el cuarto puesto, impulsada por sus residuos ganaderos.

Ahorro de emisiones en el primer periodo estudiado 4.658.609,27 toneladas de CH₄ [46].

Digestato de origen animal y vegetal disponible en 2020: 1.036.380,8 toneladas [47].

Para cubrir la demanda térmica en España asumiendo una eficiencia del 90% [48].

Tabla 2: Porcentaje de demanda térmica cubierta para el año 2023. Fuente: Elaboración propia.

	Total (%)	Residencial (%)	Terciario (%)	Industria (%)
Andalucía	1,95	9,08	15,96	2,95

Aragón	0,81	2,88	4,56	1,50
Asturias	0,43	4,60	4,27	0,53
Islas Baleares	2,93	7,38	7,06	15,69
Canarias	12,24	-	-	12,24
Cantabria	0,88	17,35	8,68	1,03
Castilla-La Mancha	0,89	2,27	7,01	1,87
Castilla y León	0,72	1,81	3,68	1,79
Cataluña	1,17	4,80	7,10	1,97
Comunidad Valenciana	1,75	9,37	10,72	2,69
Extremadura	1,38	3,51	8,33	3,13
Galicia	0,74	4,34	4,85	1,09
C. de Madrid	1,47	3,58	3,98	6,71
R. de Murcia	2,18	9,00	12,82	3,72
C. F. de Navarra	0,44	2,14	4,62	0,63
País Vasco	0,59	3,92	3,65	0,87
La Rioja	0,11	0,73	0,68	0,16

El hidrógeno actualmente producido mayormente proviene del reactor SMR utilizando vapor de metano del gas natural, resultando en un gas con alta concentración de hidrógeno, pero también con contenido de metano, monóxido de carbono y dióxido de carbono. Este tipo se conoce como "hidrógeno gris". Para ser considerado "hidrógeno dorado", debe tener emisiones negativas mediante la producción de biometano con captura y almacenamiento de carbono (CCS). Comparado con el hidrógeno verde obtenido por electrólisis renovable, el hidrógeno dorado se destaca por ser más sostenible, con menor impacto ambiental y apoyo potencial a la economía circular [49].

4. Referencias

- [1] IEA, "Outlook for biogas and biomethane. Prospects for organic growth," 2020.
- [2] Vicepresidencia tercera del Gobierno de España, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, and Secretaría de Estado de Energía, "Hoja de Ruta del Biogás. Marco Estratégico de Energía y Clima," Madrid, 2022.
- [3] J. P. S. Dabas, N. Sharma, S. K. Dubey, A. Sharma, L. Singh, and A. V. Dubey, "Utilizing cow dung and slurry for energy sufficiency of farms and households: Experiences of field studies across three Indian states," *Indian Journal of Agricultural Sciences*, vol. 88, no. 8, pp. 1208–1213, Aug. 2018, doi: 10.56093/ijas.v88i8.82538.
- [4] C. De Lorgeril, "Benchmark Europe Biomethane," *Sia Partners*, 2022, Accessed: Apr. 03, 2024. [Online]. Available: https://www.sia-partners.com/system/files/document_download/file/2022-05/Sia%20Partners%20Benchmark%20Europe%20Biomethane.pdf
- [5] Medioambiente de Castilla y León. Junta de Castilla y León, "Codificaciones de los Residuos." Accessed: Jun. 17, 2024. [Online]. Available: [https://medioambiente.jcyl.es/web/es/calidad-ambiental/codificacion-residuos.html#:~:text=La%20Lista%20Europea%20de%20Residuos,6%20cifras%20\(c%C3%B3digo%20LER\).](https://medioambiente.jcyl.es/web/es/calidad-ambiental/codificacion-residuos.html#:~:text=La%20Lista%20Europea%20de%20Residuos,6%20cifras%20(c%C3%B3digo%20LER).)

- [6] D. de la Presidencia, “DECRETO 153/2019, de 3 de julio, de gestión de la fertilización del su,” 2019. [Online]. Available: <https://www.gencat.cat/dogc>
- [7] INE. Instituto Nacional de Estadística, “Censo agrario 2020.” Accessed: Jun. 17, 2024. [Online]. Available: <https://www.ine.es/censoagrario2020/presentacion/index.htm>
- [8] I. Aguiriano Guerra, “Diseño y desarrollo de una planta de producción de biogás a partir de estiércol de ganado vacuno.,” *TFM*, 2023.
- [9] D. M. Merino, N. Berano, and U. Neiker, “Cuantificación y caracterización de los residuos ganaderos de Gipuzkoa,” 2006.
- [10] M. Laura, M. Criollo, I. Karla, and L. Ortiz, “Diseño de un biodigestor de estiércol porcino para una granja agrícola ubicada en el barrio La Morita, Parroquia de Tumbaco para el año 2012-2013,” 2012.
- [11] Wilfredo Rogel, “Producción de biogás en 3 granjas porcinas de El Salvador,” *Foro XIV Generacion de biogas en Granja Porcina San Jose*, 2009.
- [12] K. Dalkılıç and A. Ugurlu, “Biogas production from chicken manure at different organic loading rates in a mesophilic-thermophilic two stage anaerobic system,” *J Biosci Bioeng*, vol. 120, no. 3, pp. 315–322, 2015, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2015.01.021>.
- [13] W. L. Duharte-Rodríguez and E. L. Barrera-Cardoso, “Estimación del potencial de biogás a partir de la gallinaza,” 2021. [Online]. Available: <https://orcid.org/0000-0003-0385-7926LeyanetOdales-Bernal1https://orcid.org/0000-0001-7907-2805RozneyR.Álvarez-Meneses2https://orcid.org/0000-0002-2847-5740LisbetM.González-López1https://orcid.orghttps://orcid.org/0000-0003-0207-4188>
- [14] H. Nie, H. F. Jacobi, K. Strach, C. Xu, H. Zhou, and J. Liebetrau, “Mono-fermentation of chicken manure: Ammonia inhibition and recirculation of the digestate,” *Bioresour Technol*, vol. 178, pp. 238–246, 2015, doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.09.029>.
- [15] M. T. Varnero *et al.*, “Aprovechamiento racional de desechos orgánicos,” *Ministerio de Agricultura (FIA). Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Informe Técnico. Santiago, Chile, 98p*, 1990.
- [16] Guipuzkoako Foru Aldundia, “Anexo 1. Censo animales,” 2005.
- [17] T. Zhang *et al.*, “Biogas production by co-digestion of goat manure with three crop residues,” *PLoS One*, vol. 8, no. 6, p. e66845, 2013.
- [18] International, Smart, M. A. Hashem, and Haque, “Efficacy of Biogas Production from Different Types of Livestock Manures,” vol. 5, pp. 158–166, Dec. 2021.
- [19] A. Carabeo-Pérez, L. Odales-Bernal, E. López-Dávila, and J. Jiménez, “Biomethane potential from herbivorous animal’s manures: Cuban case study,” *J Mater Cycles Waste Manag*, vol. 23, no. 4, pp. 1404–1411, 2021.
- [20] D. Trujillo Jacinto del Castillo, J. F. Pérez Gutiérrez, and F. J. Cebreros Ritz, “Digestión anaerobia de residuos cunícolas (I),” *Cunicultura*, vol. 13, no. 73, pp. 108–113, 1988.
- [21] Q. Niu, W. Qiao, H. Qiang, T. Hojo, and Y.-Y. Li, “Mesophilic methane fermentation of chicken manure at a wide range of ammonia concentration: Stability, inhibition and recovery,” *Bioresour Technol*, vol. 137, pp. 358–367, 2013, doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.03.080>.
- [22] P. y Alimentación. G. de España. Ministerio de Agricultura, “Anuario de Estadística.” Accessed: May 29, 2024. [Online]. Available: <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/>
- [23] Biovino, “Inventario de los residuos vitivinícolas de Galicia (España).”

- [24] L. S. Cadavid-Rodríguez and I. V. Bolaños-Valencia, "Aprovechamiento de residuos orgánicos para la producción de energía renovable en una ciudad colombiana," *Energética*, no. 46, pp. 23–28, 2015.
- [25] E. A. R. Aguilera, "Generación de biogás mediante el proceso de digestión anaerobia, a partir del aprovechamiento de sustratos orgánicos," *Revista científica de FAREM-Esteli*, no. 24, pp. 60–81, 2017.
- [26] P. Kaparaju, M. Serrano, A. B. Thomsen, P. Kongjan, and I. Angelidaki, "Bioethanol, biohydrogen and biogas production from wheat straw in a biorefinery concept," *Bioresour Technol*, vol. 100, no. 9, pp. 2562–2568, 2009, doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.11.011>.
- [27] P. Kaparaju, M. Serrano, and I. Angelidaki, "Optimization of biogas production from wheat straw stillage in UASB reactor," *Appl Energy*, vol. 87, no. 12, pp. 3779–3783, 2010, doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.06.005>.
- [28] E. Dinuccio, P. Balsari, F. Gioelli, and S. Menardo, "Evaluation of the biogas productivity potential of some Italian agro-industrial biomasses," *Bioresour Technol*, vol. 101, no. 10, pp. 3780–3783, 2010, doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.12.113>.
- [29] T. Prade, S.-E. Svensson, T. Hörndahl, and E. Kreuger, "Impact of harvest date and cutting length of grass ley and whole-crop cereals on methane yield and economic viability as feedstock for biogas vehicle fuel production," *Bioenergy Res*, vol. 12, pp. 137–149, 2019.
- [30] M. Hübner *et al.*, "Impact of genotype, harvest time and chemical composition on the methane yield of winter rye for biogas production," *Biomass Bioenergy*, vol. 35, no. 10, pp. 4316–4323, 2011, doi: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.07.021>.
- [31] S. Zhou, Y. Zhang, and Y. Dong, "Pretreatment for biogas production by anaerobic fermentation of mixed corn stover and cow dung," *Energy*, vol. 46, no. 1, pp. 644–648, 2012, doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.07.017>.
- [33] E. Dinuccio, P. Balsari, F. Gioelli, and S. Menardo, "Evaluation of the biogas productivity potential of some Italian agro-industrial biomasses," *Bioresour Technol*, vol. 101, no. 10, pp. 3780–3783, 2010, doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.12.113>.
- [34] C. Cantale *et al.*, "Triticale for Bioenergy Production," *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, vol. 8, pp. 609–616, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2016.02.083>.
- [35] L. Wannasek, M. Ortner, B. Amon, and T. Amon, "Sorghum, a sustainable feedstock for biogas production? Impact of climate, variety and harvesting time on maturity and biomass yield," *Biomass Bioenergy*, vol. 106, pp. 137–145, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2017.08.031>.
- [36] A. Mahmood and B. Honermeier, "Chemical composition and methane yield of sorghum cultivars with contrasting row spacing," *Field Crops Res*, vol. 128, pp. 27–33, 2012, doi: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.12.010>.
- [37] M. AYADI, S. AHOUE, S. AWAD, M. ABDERRABBA, and Y. ANDRES, "Production of biogas from olive pomace," 2020.
- [38] A. R. Tekin and A. C. Dalgıç, "Biogas production from olive pomace," *Resour Conserv Recycl*, vol. 30, no. 4, pp. 301–313, 2000, doi: [https://doi.org/10.1016/S0921-3449\(00\)00067-7](https://doi.org/10.1016/S0921-3449(00)00067-7).
- [39] E. A. Martínez Tobía, "Producción de biogás y fertilizantes a partir de residuos vitivinícolas mediante digestión anaerobia," 2019.
- [40] Depuradores, "Glosario." Accessed: May 30, 2024. [Online]. Available: <https://www.depuradores.ad/es/contingut-7/glossari.html#:~:text=Unidad%20de%20medida%20para%20evaluar,de%20DBO5%20al%20d%C3%ADa>.
- [41] Gas Natural Fenosa, "El biogás: retos y oportunidades. Retos y oportunidades del Biometano.," 2017.

- [42] A. Fernández Oreja, “Tratamiento de aguas residuales mixtas para más de 100.000 habitantes equivalentes,” 2010.
- [43] A. Alonso Herbosa, “EDAR para una población de más de 100.000 habitantes equivalentes,” 2011.
- [44] L. Serrat Albano, “Red de distrito basada en bomba de calor geotérmica con motor alternativo alimentado con biometano,” 2021.
- [45] E. Sánchez Nocete, “Análisis del potencial de obtención de biometano en España y Evaluación del impacto ambiental asociado a su proceso de producción ,” Doctoral dissertation, Industriales, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Universidad Politécnica de Madrid, 2021.
- [46] SEDIGAS, “Estudio de la capacidad de producción de biometano en España, 2023. Informe sobre el potencial de producción de biometano y definición de medidas específicas para su desarrollo en las Comunidades Autónomas,” 2023.
- [47] D. Bongiovanni Marcos, M. Rosana, and S. Amín, “Uso de digestato como bioferlizante derivado de la generación de biogás,” in *Congreso Argentino de la Ciencia del suelo*, 2018.
- [48] IDAE and Ministerio para la Transición Ecológica y el reto demográfico, “MAPA DE CALOR DE ESPAÑA.” Accessed: Jun. 14, 2024. [Online]. Available: <https://www.idae.es/tecnologias/eficiencia-energetica/transformacion-de-la-energia/mapa-de-calor-de-espana>
- [49] L. Yagüe, J. I. Linares, E. Arenas, and J. C. Romero, “Levelized Cost of Biohydrogen from Steam Reforming of Biomethane with Carbon Capture and Storage (Golden Hydrogen)—Application to Spain,” *Energies (Basel)*, vol. 17, no. 5, p. 1134, 2024.

STUDY OF THE POTENTIAL FOR BIOMETHANE GENERATION IN SPAIN FROM AGRICULTURAL WASTE, MSW, AND WWTP SLUDGE

Author: López Aguilera, Aurora.

Supervisor: Cledera Castro, María del Mar. Morales Polo, Carlos

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

ABSTRACT

This project estimates the potential for biomethane generation in Spain for the years 2030 and 2050 based on different types of raw materials (agricultural waste, WWTP sludge, and MSW). The study is conducted by autonomous community, considering the historical data of livestock, cultivated land in hectares, and population changes. It aims to follow a realistic development model similar to that of Germany.

Keywords: biomethane, biogas, anaerobic digestion, circular economy, resource management.

1. Introduction and State of the Art

This document is part of the master's thesis for the Master's in Industrial Engineering (MII) at the Comillas Pontifical University, ICAI. The project involves determining the potential for biomethane generation in Spain for the years 2030 and 2050 using available resources.

Biomethane, generated through anaerobic digestion of agricultural and urban waste, is a sustainable alternative that aims to reduce emissions, promote efficient waste management, and strengthen energy independence. It also supports the circular economy by replacing artificial fertilizers with digestate, aligning with global environmental and economic sustainability goals. The global potential for biogas and biomethane is significant, estimated at 570 Mtoe and 730 Mtoe respectively. However, actual production in 2018 was only 35 Mtoe of biogas and biomethane worldwide [1]. This disparity between theoretical potential and current production is due to various factors, including technical, economic, and regulatory limitations.

The "upgrading" process is crucial to convert biogas into biomethane, a pure methane gas that can be injected into the natural gas grid after undergoing compression and quality control processes. Biogas obtained through the anaerobic digestion (AD) process is a mixture of methane, carbon dioxide, and other gases in varying proportions, depending on the organic materials used and the type of digester [1].

Regarding energy utilization, there are several options for biogas and biomethane, including direct thermal use, electricity generation through cogeneration, application as a transport fuel after purification to biomethane, and use in industrial processes requiring natural gas [2].

Globally, there are numerous barriers to the implementation of biogas and biomethane, ranging from technical aspects such as network infrastructure and waste management to economic challenges like high initial investment costs and profitability issues compared to cheaper fossil fuels. Additionally, there are regulatory and legislative barriers, such as

complex permitting processes and the lack of adequate economic incentives to promote biomethane production and use [3].

In Europe, despite significant advancements and ambitious policies to promote renewable energy, the development of biogas and biomethane varies widely among countries. Germany stands out as a leader in biogas production, followed by Italy and France, each with different approaches and investment levels [4]. The diversity in national strategies reflects the complexity of the socio-economic and environmental challenges surrounding these emerging technologies.

Biomethane, a renewable and sustainable form of natural gas produced from organic biomass, is introduced into the natural gas grid across Europe as part of efforts to reduce greenhouse gas emissions and promote the transition to a cleaner economy. Once injected, it blends with existing conventional natural gas in proportions that comply with European regulations and is considered simply natural gas according to Eurostat criteria.

To adequately monitor and record pure biomethane, i.e., that which has not been mixed with other fossil gases, specific tools such as SHARES [59] are used. This is crucial for issuing Guarantees of Origin and Renewable Fuel Certificates, which are fundamental to verifying and ensuring the authenticity and sustainability of the biomethane used in various energy applications [4].

2. Potential for Biogas and Biomethane Generation in Spain

To determine the potential for biogas and biomethane production in Spain, various raw materials are considered, grouped into different categories: livestock (housed and non-housed animals), the agricultural sector, biogas generated in wastewater treatment plants (WWTP sludge), and municipal solid waste (MSW). Classification under the LER Code (European Waste List) [5] is important for efficient management of these materials in anaerobic digesters, ensuring regulatory compliance and optimizing substrate composition.

Generation from Animal Waste:

Bovine Waste:

Bovines are divided into:

- Dairy cows and replacement heifers: Generate 9.25 m³/place of slurry and 12.35 t/place per year [6]. Livestock units per housing place [7].
- Other bovines: Produce 4.55 m³/place per year of slurry and 5.5 t/place per year [6].

Bovine waste contains approximately 11% total solids, with 8% volatile solids. It is estimated that each kilogram of volatile solids generates about 0.2 N m³ of CH₄, composed of 65% methane (CH₄), 30% carbon dioxide (CO₂), and 5% other gases [8].

Porcine Waste:

Pigs are divided into:

- Breeding sows: Generate 5.13 m³/place per year of slurry and 2.27 t/place per year of manure [6].
- Other pigs: Produce 2 m³/place per year of slurry and 1 t/place per year of manure [6].

Porcine waste has approximately 34% total solids, with 85.4% volatile solids. The estimated biogas production is about 50 m³ per ton of volatile solids, with a composition of 65% methane (CH₄), 30% carbon dioxide (CO₂), and 5% other gases [9, 10, 11].

Laying Hen Waste:

For laying hens, it is estimated to be 0.037 m³/place per year of slurry and 0.04 t/place per year of manure. Laying hen waste has a total solids content of 24% and 60% volatile

solids. Each ton of volatile solids is estimated to produce around 490 N m³ of biogas, with a CH₄ proportion of 64.4%, 34% CO₂, and 1.71% of other gases [12, 13, 14].

Ovine Waste:

There are two main categories of ovine:

- Ewes and replacement lambs: Generate 0.38 tons of slurry and 0.72 tons of manure per livestock unit [15, 16].
- Other ovine: Produce 0.01 tons of slurry and 0.45 tons of manure per livestock unit [15, 16].

Ovine manure contains approximately 38.5% total solids, with 84.57% volatile solids. Each ton of volatile solids is estimated to generate around 158 m³ of biogas, composed of 54% CH₄, 41% CO₂, and 5% other gases [84, 85].

Caprine Waste:

Goats are divided into:

- Breeding does and replacement kids: Produce 0.38 tons of slurry and 0.72 tons of manure per livestock unit [15, 16].
- Other goats: Generate 0.19 tons of slurry and 0.36 tons of manure per livestock unit [15, 16].

Caprine waste contains around 33.65% total solids, with 82.21% volatile solids. The estimated biogas production is about 250.7 m³ per ton of volatile solids, with a composition of 65.02% CH₄, 30% CO₂, and 4.98% other gases [17, 18].

Doe Rabbit Waste:

For doe rabbits, it is estimated that they produce 0.0236 tons of slurry and 0.1124 tons of manure per livestock unit. Doe rabbit waste has a total solids content of approximately 61.39% and 90.26% volatile solids on a dry matter basis. Each ton of volatile solids is estimated to produce around 325.53 m³ of CH₄ in biogas [16, 20, 21].

Broiler Chicken Waste:

For broiler chickens, it is estimated that they produce approximately 0.0333 tons of slurry and 0.036 tons of manure per livestock unit. These wastes have a total solids content of 11.20% and 8.27% volatile solids. The estimated biogas production is around 500 m³ of CH₄ per ton of volatile solids, with a composition of 71.42% CH₄, 23.57% CO₂, and 5.01% other gases [22].

Projection and Energy Potential:

The study projects the potential for biogas and biomethane for the years 2030 and 2050, using utilization coefficients obtained from experiences in Germany. The results indicate a significant increase in biomethane production, which could contribute considerably to the production of renewable energy in Spain.

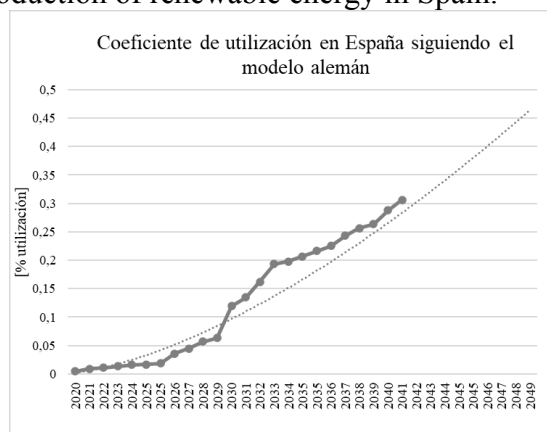


Figure 1: Utilization Coefficient in Spain.

This detailed analysis provides a comprehensive perspective on the potential of livestock waste for biogas and biomethane generation, highlighting its relevance in the transition towards more sustainable and cleaner energy sources in the country.

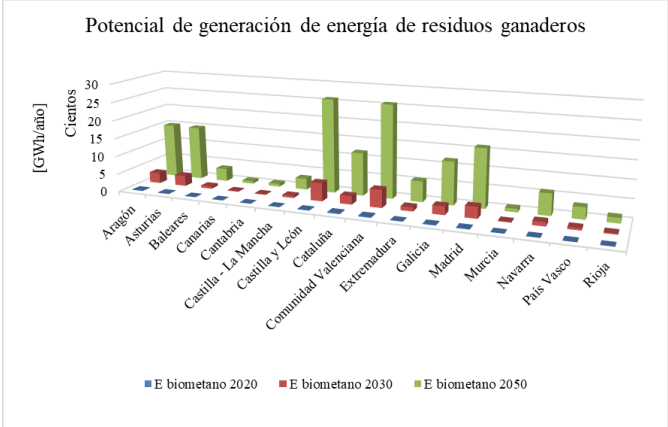


Figure 2: Energy Generated from Livestock Waste. Source: Own elaboration.

Generation from Agricultural Waste:

To calculate the biogas generated from agricultural waste, a ratio (tons of straw/hectare) is used to estimate the amount of straw based on the arable area. Data on surface area, yield, and production of cereals, olive groves, and vineyards from 2017 to 2021 were used from the annual report of the Ministry of Agriculture, Fisheries, and Food [23]. The crops considered include various types of wheat, barley, rye, oats, corn, rice, sorghum, olive groves, and vineyards. For cereals, the ratio of straw per hectare was calculated and projected for the future. In olive groves, 70% of the olives are used for pomace, and 73% are waste, of which 30% is used in the project. In vineyards, pomace is 20% of the grape's weight, grape stalks are 4%, and vinification lees are 1.5% [24]. Materials with a high lignin content require pretreatment, resulting in a 10-15% lignin loss and 30% of the raw material [25, 26]. Estimates of the straw/hectare ratio for 2030 and 2050 were made considering the Autonomous Communities (CC.AA).

Table 1: Data for the Calculation of AD from Agricultural Waste

Cultivo	ST (%)	SV (%)	Concentración	Composición del biogás	Referencias de los datos
Trigo	91,6%	87,5%	297 m ³ CH ₄ /t SV	70,2% CH ₄	[27, 28]
				24,6% CO ₂	
				5,2% otros	
Cebada	90,5%	94,3% (/ST)	229 m ³ CH ₄ /t SV	54,9% CH ₄	[29]
				40,01% CO ₂	
				5,09% otros	
Centeno	-	95%	6,16 m ³ biogás/t SV	50,33% CH ₄	[30, 31]
				44,77% CO ₂	
				5% otros	
Avena	-	87%	242 m ³ CH ₄ /t SV	65% CH ₄	[32]
				30% CO ₂	
				5% otros	

Maíz	92,45%	85,24%	275 m ³ biogás/t SV	65% CH ₄ 30% CO ₂ 5% otros	[32, 33]
Arroz	88,7%	91,9% (/ST)	195 m ³ CH ₄ /t SV	46,88% CH ₄ 48,12% CO ₂ 5% otros	[34]
Triticale	-	-	586,5 m ³ biogás/t paja	57% CH ₄ 38% CO ₂ 5% otros	[35]
Sorgo	43%	93% (/ST)	338 m ³ CH ₄ /t SV	55% CH ₄ 40% CO ₂ 5% otros	[35, 36]
Olivar	4,6%	97% (/ST)	686 m ³ CH ₄ /t SV	81,9% CH ₄ 14,1% CO ₂ 4% otros	[37, 38]
Viñedo	-	-	134 m ³ CH ₄ /t paja	61,7% CH ₄ 33,3% CO ₂ 5% otros	[39]

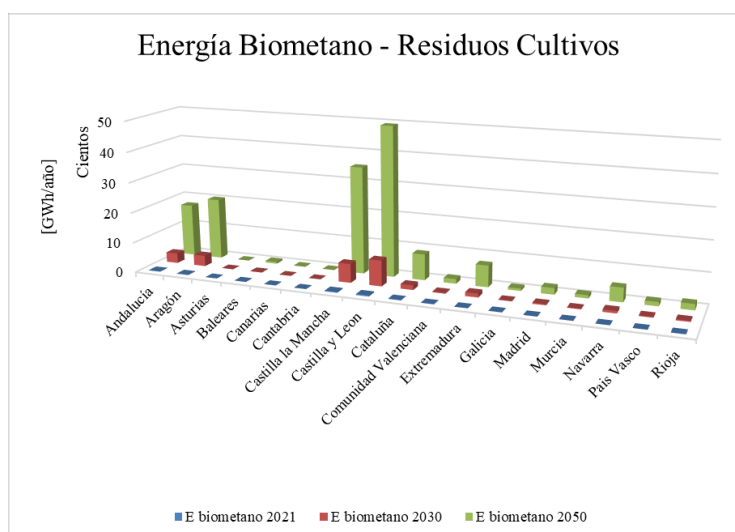


Figure 3: Energy Generated from Agricultural Waste. Source: Own elaboration.

Generation from WWTP Waste:

Wastewater Treatment Plants (WWTP) treat urban and industrial wastewater, generating biogas through anaerobic digestion. This biogas can be converted into biomethane, primarily composed of CH₄. To estimate the volume of biomethane, the population of each autonomous community and a specific equation are used. A 1:1 ratio between actual and equivalent inhabitants was assumed, although the equivalents would be higher due to industries. Additionally, it was considered that between 60% and 80% of the available material generates biogas. Projecting the future population, it is concluded that Andalusia, Catalonia, and Madrid have the greatest potential for anaerobic digestion [40, 41, 42, 43, 44].

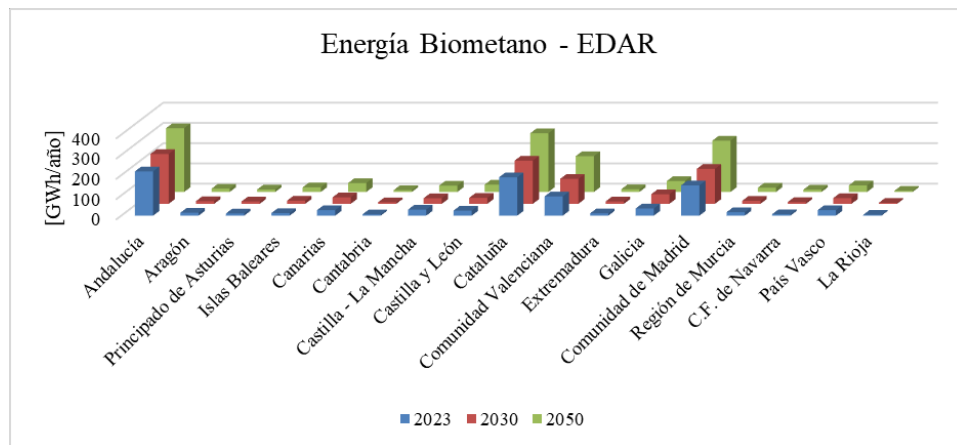


Figure 4: Energy Generated from WWTP. Source: Own elaboration.

Generation from FORSU Waste:

To evaluate organic waste in Spain between 2011 and 2021, the categories from the INE were considered: domestic and similar waste, animal and vegetable waste, and common sludge (the latter negligible after 2012). The organic fraction of urban waste in cities like Barcelona can generate 382 N m³/kg of volatile solids (VS) of biomethane, with 98% CH₄. It is recommended to differentiate between large cities and rural areas for greater accuracy. The total organic waste and the biomethane produced in each autonomous community are calculated, projecting data to 2030 and 2050. Assuming that 24.5% of waste is correctly classified and that the utilization of organic waste for anaerobic digestion will increase from 55% in 2021 to 80% in 2050, the biomethane values are estimated in GWh/year using a calorific value of 9.945 kWh/N m³ [45].

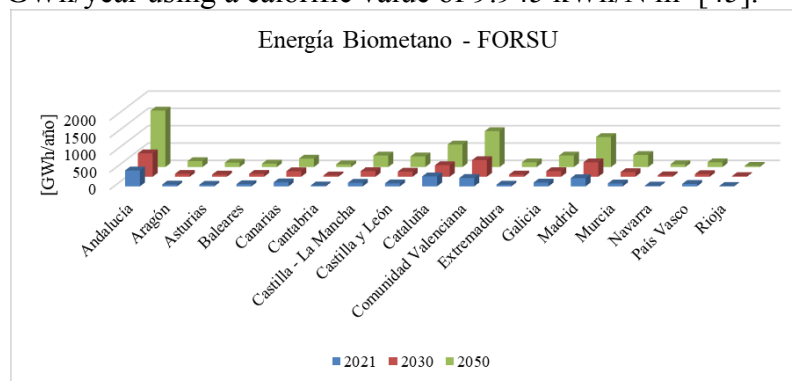
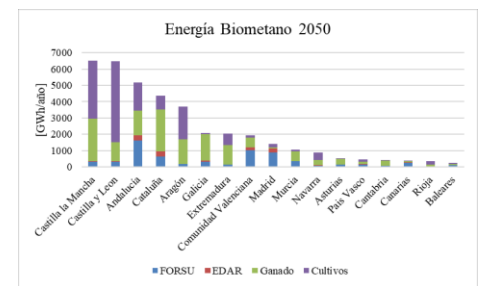
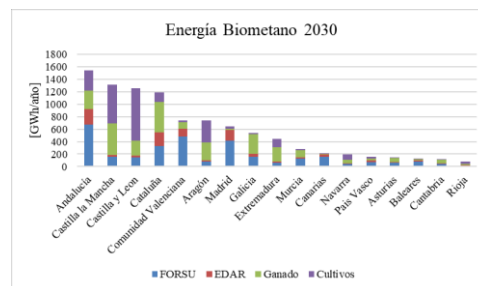
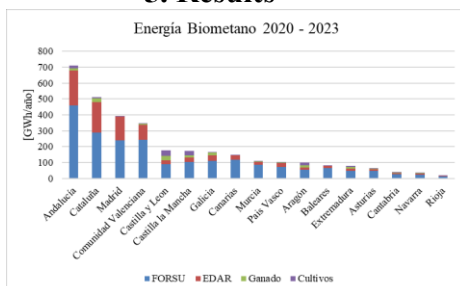


Figure 5: Energy Generated from FORSU. Source: Own elaboration.

5. Results



Figures 6, 7, 8: Energy in the years 2023, 2030, and 2050, respectively. Source: Own elaboration.

The biogas roadmap in Spain projects reaching 10.41 TWh by 2030, but this project and its hypotheses suggest that 9.71 TWh could be generated, provided that the investment and support model of Germany is adopted. Currently, Spain lacks the necessary

infrastructure, requiring significant investment in upgrading plants and considerable time for construction.

Analysis by Type of Waste or Source of Raw Material

FORSU is the main type of waste for biomethane in 2020-2023 with 2079.39 GWh/year. It is projected to increase to 3127 GWh/year in 2030 and 6632.7 GWh/year in 2050, although its share of the total decreases from 64.39% to 17.43%.

Waste from WWTP increases from 0.88 TWh/year in 2020-2023 to 1.35 TWh/year in 2050, with its share dropping from 27.24% to 3.55%.

The agricultural sector starts with 0.15 TWh/year of livestock waste and 0.12 TWh/year of crop waste. In 2030, these values rise to 2.88 TWh/year and 2.69 TWh/year, and in 2050 to 14.83 TWh/year and 15.21 TWh/year, representing 79.01% of biomethane.

Analysis by Region and Year

In 2020-2023, Andalusia leads in biomethane production, followed by Catalonia and Madrid.

By 2030, Andalusia remains first, with Castilla-La Mancha and Castilla y León in second and third place due to their agricultural production.

In 2050, Castilla-La Mancha leads, closely followed by Castilla y León, and Andalusia in third place with diversified production. Catalonia occupies fourth place, driven by its livestock waste.

Emission savings in the first period studied are 4,658,609.27 tons of CH₄ [46].

Digestate of animal and vegetable origin available in 2020: 1,036,380.8 tons [47].

To cover thermal demand in Spain assuming 90% efficiency [48].

Table 2: Percentage of Thermal Demand Covered for the Year 2023. Source: Own elaboration.

	<i>Total (%)</i>	<i>Residencial (%)</i>	<i>Terciario (%)</i>	<i>Industria (%)</i>
Andalucía	1,95	9,08	15,96	2,95
Aragón	0,81	2,88	4,56	1,50
Asturias	0,43	4,60	4,27	0,53
Islas Baleares	2,93	7,38	7,06	15,69
Canarias	12,24	-	-	12,24
Cantabria	0,88	17,35	8,68	1,03
Castilla-La Mancha	0,89	2,27	7,01	1,87
Castilla y León	0,72	1,81	3,68	1,79
Cataluña	1,17	4,80	7,10	1,97
Comunidad Valenciana	1,75	9,37	10,72	2,69
Extremadura	1,38	3,51	8,33	3,13
Galicia	0,74	4,34	4,85	1,09
C. de Madrid	1,47	3,58	3,98	6,71
R. de Murcia	2,18	9,00	12,82	3,72
C. F. de Navarra	0,44	2,14	4,62	0,63
País Vasco	0,59	3,92	3,65	0,87
La Rioja	0,11	0,73	0,68	0,16

Hydrogen currently mostly comes from SMR reactors using methane steam from natural gas, resulting in a gas with high hydrogen concentration but also containing methane, carbon monoxide, and carbon dioxide. This type is known as "gray hydrogen." To be considered "golden hydrogen," it must have negative emissions through biogas

production with carbon capture and storage (CCS). Compared to green hydrogen obtained from renewable electrolysis, golden hydrogen stands out for being more sustainable, with less environmental impact and potential support for the circular economy [49].

3. References

- [1] IEA, “Outlook for biogas and biomethane. Prospects for organic growth,” 2020.
- [2] Vicepresidencia tercera del Gobierno de España, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, and Secretaría de Estado de Energía, “Hoja de Ruta del Biogás. Marco Estratégico de Energía y Clima,” Madrid, 2022.
- [3] J. P. S. Dabas, N. Sharma, S. K. Dubey, A. Sharma, L. Singh, and A. V. Dubey, “Utilizing cow dung and slurry for energy sufficiency of farms and households: Experiences of field studies across three Indian states,” *Indian Journal of Agricultural Sciences*, vol. 88, no. 8, pp. 1208–1213, Aug. 2018, doi: 10.56093/ijas.v88i8.82538.
- [4] C. De Lorgeril, “Benchmark Europe Biomethane,” Sia Partners, 2022, Accessed: Apr. 03, 2024. [Online]. Available: https://www.sia-partners.com/system/files/document_download/file/2022-05/Sia%20Partners%20Benchmark%20Europe%20Biomethane.pdf
- [5] Medioambiente de Castilla y León. Junta de Castilla y León, “Codificaciones de los Residuos.” Accessed: Jun. 17, 2024. [Online]. Available: [https://medioambiente.jcyl.es/web/es/calidad-ambiental/codificacion-residuos.html#:~:text=La%20Lista%20Europea%20de%20Residuos,6%20cifras%20\(c%C3%B3digo%20LER\)](https://medioambiente.jcyl.es/web/es/calidad-ambiental/codificacion-residuos.html#:~:text=La%20Lista%20Europea%20de%20Residuos,6%20cifras%20(c%C3%B3digo%20LER)).
- [6] D. de la Presidencia, “DECRETO 153/2019, de 3 de julio, de gestión de la fertilización del su,” 2019. [Online]. Available: <https://www.gencat.cat/dogc>
- [7] INE. Instituto Nacional de Estadística, “Censo agrario 2020.” Accessed: Jun. 17, 2024. [Online]. Available: <https://www.ine.es/censoagrario2020/presentacion/index.htm>
- [8] I. Aguiriano Guerra, “Diseño y desarrollo de una planta de producción de biogás a partir de estiércol de ganado vacuno,” TFM, 2023.
- [9] D. M. Merino, N. Berano, and U. Neiker, “Cuantificación y caracterización de los residuos ganaderos de Gipuzkoa,” 2006.
- [10] M. Laura, M. Criollo, I. Karla, and L. Ortiz, “Diseño de un biodigestor de estiércol porcino para una granja agrícola ubicada en el barrio La Morita, Parroquia de Tumbaco para el año 2012-2013,” 2012.
- [11] Wilfredo Rogel, “Producción de biogás en 3 granjas porcinas de El Salvador,” *Foro XIV Generacion de biogas en Granja Porcina San Jose*, 2009.
- [12] K. Dalkılıç and A. Ugurlu, “Biogas production from chicken manure at different organic loading rates in a mesophilic-thermophilic two stage anaerobic system,” *J Biosci Bioeng*, vol. 120, no. 3, pp. 315–322, 2015, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2015.01.021>.
- [13] W. L. Duharte-Rodríguez and E. L. Barrera-Cardoso, “Estimación del potencial de biogás a partir de la gallinaza,” 2021. [Online]. Available: <https://orcid.org/0000-0003-0385-7926LeyanetOdales-Bernal1https://orcid.org/0000-0001-7907-2805RozneyR.Álvarez-Meneses2https://orcid.org/0000-0002-2847-5740LisbetM.González-López1https://orcid.org/0000-0003-0207-4188>
- [14] H. Nie, H. F. Jacobi, K. Strach, C. Xu, H. Zhou, and J. Liebetrau, “Mono-fermentation of chicken manure: Ammonia inhibition and recirculation of the digestate,” *Bioresour Technol*, vol. 178, pp. 238–246, 2015, doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.09.029>.
- [15] M. T. Varnero et al., “Aprovechamiento racional de desechos orgánicos,” *Ministerio de Agricultura (FIA). Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Informe Técnico*. Santiago, Chile, 98p, 1990.

- [16] Guipuzkoako Foru Aldundia, “Anexo 1. Censo animales,” 2005.
- [17] T. Zhang et al., “Biogas production by co-digestion of goat manure with three crop residues,” *PLoS One*, vol. 8, no. 6, p. e66845, 2013.
- [18] International, Smart, M. A. Hashem, and Haque, “Efficacy of Biogas Production from Different Types of Livestock Manures,” vol. 5, pp. 158–166, Dec. 2021.
- [19] A. Carabeo-Pérez, L. Odales-Bernal, E. López-Dávila, and J. Jiménez, “Biomethane potential from herbivorous animal’s manures: Cuban case study,” *J Mater Cycles Waste Manag*, vol. 23, no. 4, pp. 1404–1411, 2021.
- [20] D. Trujillo Jacinto del Castillo, J. F. Pérez Gutiérrez, and F. J. Cebreros Ritz, “Digestión anaerobia de residuos cunícolas (I),” *Cunicultura*, vol. 13, no. 73, pp. 108–113, 1988.
- [21] Q. Niu, W. Qiao, H. Qiang, T. Hojo, and Y.-Y. Li, “Mesophilic methane fermentation of chicken manure at a wide range of ammonia concentration: Stability, inhibition and recovery,” *Bioresour Technol*, vol. 137, pp. 358–367, 2013, doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.03.080>.
- [22] P. y Alimentación. G. de España. Ministerio de Agricultura, “Anuario de Estadística.” Accessed: May 29, 2024. [Online]. Available: <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/>
- [23] Biovino, “Inventario de los residuos vitivinícolas de Galicia (España).”
- [24] L. S. Cadavid-Rodríguez and I. V. Bolaños-Valencia, “Aprovechamiento de residuos orgánicos para la producción de energía renovable en una ciudad colombiana,” *Energética*, no. 46, pp. 23–28, 2015.
- [25] E. A. R. Aguilera, “Generación de biogás mediante el proceso de digestión anaerobia, a partir del aprovechamiento de sustratos orgánicos,” *Revista científica de FAREM-Esteli*, no. 24, pp. 60–81, 2017.
- [26] P. Kaparaju, M. Serrano, A. B. Thomsen, P. Kongjan, and I. Angelidaki, “Bioethanol, biohydrogen and biogas production from wheat straw in a biorefinery concept,” *Bioresour Technol*, vol. 100, no. 9, pp. 2562–2568, 2009, doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.11.011>.
- [27] P. Kaparaju, M. Serrano, and I. Angelidaki, “Optimization of biogas production from wheat straw stillage in UASB reactor,” *Appl Energy*, vol. 87, no. 12, pp. 3779–3783, 2010, doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.06.005>.
- [28] E. Dinuccio, P. Balsari, F. Gioelli, and S. Menardo, “Evaluation of the biogas productivity potential of some Italian agro-industrial biomasses,” *Bioresour Technol*, vol. 101, no. 10, pp. 3780–3783, 2010, doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.12.113>.
- [29] T. Prade, S.-E. Svensson, T. Hörndahl, and E. Kreuger, “Impact of harvest date and cutting length of grass ley and whole-crop cereals on methane yield and economic viability as feedstock for biogas vehicle fuel production,” *Bioenergy Res*, vol. 12, pp. 137–149, 2019.
- [30] M. Hübner et al., “Impact of genotype, harvest time and chemical composition on the methane yield of winter rye for biogas production,” *Biomass Bioenergy*, vol. 35, no. 10, pp. 4316–4323, 2011, doi: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.07.021>.
- [31] S. Zhou, Y. Zhang, and Y. Dong, “Pretreatment for biogas production by anaerobic fermentation of mixed corn stover and cow dung,” *Energy*, vol. 46, no. 1, pp. 644–648, 2012, doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.07.017>.
- [33] E. Dinuccio, P. Balsari, F. Gioelli, and S. Menardo, “Evaluation of the biogas productivity potential of some Italian agro-industrial biomasses,” *Bioresour Technol*, vol. 101, no. 10, pp. 3780–3783, 2010, doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.12.113>.

- [34] C. Cantale et al., "Triticale for Bioenergy Production," *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, vol. 8, pp. 609–616, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2016.02.083>.
- [35] L. Wannasek, M. Ortner, B. Amon, and T. Amon, "Sorghum, a sustainable feedstock for biogas production? Impact of climate, variety and harvesting time on maturity and biomass yield," *Biomass Bioenergy*, vol. 106, pp. 137–145, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2017.08.031>.
- [36] A. Mahmood and B. Honermeier, "Chemical composition and methane yield of sorghum cultivars with contrasting row spacing," *Field Crops Res*, vol. 128, pp. 27–33, 2012, doi: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.12.010>.
- [37] M. AYADI, S. AHOU, S. AWAD, M. ABDERRABBA, and Y. ANDRES, "Production of biogas from olive pomace," 2020.
- [38] A. R. Tekin and A. C. Dalgıç, "Biogas production from olive pomace," *Resour Conserv Recycl*, vol. 30, no. 4, pp. 301–313, 2000, doi: [https://doi.org/10.1016/S0921-3449\(00\)00067-7](https://doi.org/10.1016/S0921-3449(00)00067-7).
- [39] E. A. Martínez Tobía, "Producción de biogás y fertilizantes a partir de residuos vitivinícolas mediante digestión anaerobia," 2019.
- [40] Depuradores, "Glosario." Accessed: May 30, 2024. [Online]. Available: <https://www.depuradores.ad/es/contingut-7/glossari.html#:~:text=Unidad%20de%20medida%20para%20evaluar,de%20DBO5%20al%20d%C3%ADa>.
- [41] Gas Natural Fenosa, "El biogás: retos y oportunidades. Retos y oportunidades del Biometano.," 2017.
- [42] A. Fernández Oreja, "Tratamiento de aguas residuales mixtas para más de 100.000 habitantes equivalentes," 2010.
- [43] A. Alonso Herbosa, "EDAR para una población de más de 100.000 habitantes equivalentes," 2011.
- [44] L. Serrat Albano, "Red de distrito basada en bomba de calor geotérmica con motor alternativo alimentado con biometano," 2021.
- [45] E. Sánchez Nocete, "Análisis del potencial de obtención de biometano en España y Evaluación del impacto ambiental asociado a su proceso de producción ," Doctoral dissertation, Industriales, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Universidad Politécnica de Madrid, 2021.
- [46] SEDIGAS, "Estudio de la capacidad de producción de biometano en España, 2023. Informe sobre el potencial de producción de biometano y definición de medidas específicas para su desarrollo en las Comunidades Autónomas," 2023.
- [47] D. Bongiovanni Marcos, M. Rosana, and S. Amín, "Uso de digestato como biofertilizante derivado de la generación de biogás," in *Congreso Argentino de la Ciencia del suelo*, 2018.
- [48] IDAE and Ministerio para la Transición Ecológica y el reto demográfico, "MAPA DE CALOR DE ESPAÑA." Accessed: Jun. 14, 2024. [Online]. Available: <https://www.idae.es/tecnologias/eficiencia-energetica/transformacion-de-la-energia/mapa-de-calor-de-espana>
- [49] L. Yagüe, J. I. Linares, E. Arenas, and J. C. Romero, "Levelized Cost of Biohydrogen from Steam Reforming of Biomethane with Carbon Capture and Storage (Golden Hydrogen)—Application to Spain," *Energies (Basel)*, vol. 17, no. 5, p. 1134, 2024.

Índice de la memoria

Capítulo 1. Introducción	12
1.1 Introducción.....	12
1.2 Alineación con los ODS	13
1.3 Motivación	14
1.4 Glosario	15
Capítulo 2. Estado del Arte.....	18
2.1 Proceso de Digestión Anaerobia	18
2.2 Biogás y Biometano	20
2.2.1 Aprovechamiento energético	22
2.2.2 Digestato	23
2.3 Posibles barreras para la implementación del biogás y el biometano	23
2.3.1 Barreras Técnicas	23
2.3.2 Barreras Económicas	24
2.3.3 Barreras del Mercado	25
2.3.4 Barreras Institucionales, administrativas y legales	25
2.3.5 Barreras Socioculturales.....	26
2.3.6 Barreras Medioambientales	27
2.4 Biogás y Biometano en Europa	28
2.4.1 Inyección en la red	32
2.4.2 Principales sistemas de ayudas	33
2.4.3 Francia	34
2.4.4 Alemania.....	37
2.4.5 Italia	40
2.4.6 Medidas de otros países	42
2.4.7 España	42
Capítulo 3. Potencial de Producción de Biogás	46
3.1 Materias Primas.....	46
3.2 Potencial de Generación de Biogás a Partir de residuos de animales estabulados	48
3.2.1 Residuos Bovinos.....	48
3.2.2 Residuos Porcinos	55
3.2.3 Residuos de Gallinas Ponedoras.....	58
3.3 Potencial de Generación de Biogás a Partir de Residuos de Animales No Estabulados	61
3.3.1 Residuos Ovinos.	61

3.3.2 Residuos Caprinos.....	64
3.3.3 Residuos de Conejas Madre	66
3.3.4 Residuos de Pollos de Engorde	69
3.4 Datos finales ganado	70
3.5 Potencial de Generación de Biogás a Partir de Residuos Agrícolas.....	72
3.6 Potencial de Generación de Biogás a Partir de EDAR.....	77
3.7 Potencial de generación de biogás a partir de FORSU.....	80
Capítulo 4. Análisis de los Resultados y Conclusiones	85
4.1 Análisis según tipo de Residuo o Fuente de materia Prima	89
4.2 Análisis por Región y Año	90
4.3 Ahorro de emisiones.....	92
Capítulo 5. Pasos a Futuro.....	94
Capítulo 6. Bibliografía.....	101
Anexo I	116

Índice de figuras

Figura 1: Emisiones globales de metano 2000-2012[4]	12
Figura 2: Diagrama del proceso de generación y uso del biogás y el biometano [23]... 21	
<i>Figura 3: Producción de biogás en ktoe por país 2022 [63]</i>	<i>29</i>
<i>Figura 4: Producción de biogás [63].....</i>	<i>30</i>
Figura 5: Potencial de producción de biometano en 2050 ordenado por tecnología y por país [64].	31
Figura 6: Comparativa de los incentivos para el desarrollo del biometano en Europa entre los años 2012 y 2020 [65].....	31
Figura 7: Evolución del número de plantas de biometano y su capacidad de producción en los años 2019, 2020 y 2021 [60].....	32
Figura 8: Comparativa de los principales sistemas de ayuda por país [60].....	34
Figura 9: Número de plantas de biometano y la capacidad de producción de biometano de Francia entre los años 2008 y 2021 [60].....	35
Figura 10: Comparativa de las estimaciones de potencial de biometano en Francia en 2050 entre el estudio de Gas for Climate y GRDF en TWh [64]	36
Figura 11: Número de plantas de biogás con upgrading y capacidad de inyección en red [65].	38
Figura 12: Comparativa de las estimaciones de potencial de biometano en Alemania en 2030 entre el estudio de Gas for Climate y DVGW [64]	40
Figura 13: Comparativa de las estimaciones de potencial de biometano en Italia en 2030 entre el estudio de Gas for Climate y Agricultural Biomethane Roadmap [64].....	41
Figura 14: Comparativa de las estimaciones de potencial de biometano en España en 2050 entre el estudio de Gas for Climate y SEDIGAS [64].....	45
Figura 15: Número de cabezas de ganado bovino [76].	49
Figura 16: Caudal de biogás de residuos bovinos por comunidad autónoma en orden descendente. Fuente: Elaboración propia.	52
Figura 17: Proyección de cabezas de ganado bovino. Fuente: Elaboración propia.	53
Figura 18: Coeficiente de utilización en España por año	54
Figura 19: Número de cabezas de ganado porcino [76]	55
Figura 20: Caudal de biogás de residuos porcinos por comunidad autónoma en orden descendente. Fuente: Elaboración propia.	57

Figura 21: Proyección de cabezas de ganado porcino. Fuente: Elaboración propia.	58
Figura 22: Caudal de biogás de gallinaza por comunidad autónoma en orden descendente. Fuente: Elaboración propia.....	60
Figura 23: Proyección de unidades de aves. Fuente: Elaboración propia.	61
Figura 24: Número de cabezas de ganado ovino y caprino [76]	62
Figura 25: Caudal de biogás de residuo ovino por comunidad autónoma en orden descendente. Fuente: Elaboración propia.	63
Figura 26: Proyección de las cabezas de ganado ovino. Fuente: Elaboración propia. ...	64
Figura 27: Caudal de biogás de residuo caprino por comunidad autónoma en orden descendente. Fuente: Elaboración propia.	65
Figura 28: Proyección de las cabezas de ganado caprinas. Fuente: Elaboración propia.	66
Figura 29: Caudal de biogás de residuo coneja madre por comunidad autónoma en orden descendente. Fuente: Elaboración propia.	68
Figura 30: Proyección de las unidades de conejas madre en España. Fuente: Elaboración propia.	68
Figura 31: Caudal de biogás de residuo de pollos de engorde por comunidad autónoma en orden descendente. Fuente: Elaboración propia.	70
Figura 32: Caudal de biogás por CC.AA según los desechos ganaderos para el año 2020. Fuente: Elaboración propia.....	71
Figura 33: Potencial de generación de energía de residuos ganaderos. Fuente: Elaboración propia.	72
Figura 34: Superficie agrícola utilizada de tierra arable [76].	73
Figura 35: Caudal de biogás por CC.AA según los desechos agrícolas para el año 202. Fuente: Elaboración propia.....	76
Figura 36: Potencial de generación de energía de residuos de los cultivos. Fuente: Elaboración propia.....	77
Figura 37: Energía Biometano por EDAR por CC.AA. Fuente: Elaboración Propia. ...	80
Figura 38: Energía biometano debido a FORSU en los años 2021, 2030 y 2050. Fuente: Elaboración Propia.	82
Figura 39: Energía biometano FORSU 2021 orden descendente por CC.AA. Fuente: Elaboración Propia.	83
Figura 40: Energía biometano FORSU 2050 orden descendente por CC.AA. Fuente: Elaboración Propia.	83
Figura 41: Energía Biometano 2021-2023. Fuente: Elaboración propia.....	85

Figura 42: Energía Biometano 2030. Fuente: Elaboración propia.	86
Figura 43: Energía Biometano 2050. Fuente: Elaboración propia.	86
Figura 44: Reparto de beneficiarios de la primera convocatoria de incentivos a proyectos singulares de instalaciones de biogás [123].....	87
Figura 45: Demanda de Calor España por CC.AA [124]	98

Índice de tablas

Tabla 1: Instalaciones de biogás y biometano en Europa 2010-2022 [61][62].....	28
Tabla 2: Código LER de los distintos sustratos.....	48
Tabla 3: Deyecciones Bovinos [78].....	49
Tabla 4: Deyecciones Bovinas por CC.AA. Fuente: Elaboración propia.	50
Tabla 5: Caudal de biogás, biometano y digestato de residuos bovinos por comunidad autónoma. Fuente: Elaboración propia.	51
Tabla 6: Deyecciones de porcinos [78].	55
Tabla 7: Caudal de biogás, biometano y digestato de residuos porcinos por comunidad autónoma. Fuente: Elaboración propia.	56
Tabla 8: Deyecciones Avicultura [78].....	58
Tabla 9: Caudal de biogás, biometano y digestato de gallinaza por comunidad autónoma. Fuente: Elaboración propia.....	59
Tabla 10: Deyecciones Ovinos.....	62
Tabla 11: Deyecciones Caprinos.....	65
Tabla 12: Deyecciones Conejas madre.....	67
Tabla 13: Deyecciones Pollos de engorde.....	69
Tabla 14: Ratio tonelada paja / hectárea cultivo. Fuente: Elaboración propia.	74
Tabla 15: Datos para el cálculo de biogás obtenido de los residuos de los cultivos	74
Tabla 16: Energía del biometano por residuos de EDAR por comunidad autónoma. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INE y TFG Lorenzo Serrat [75].	79
Tabla 17: Biometano generado por FORSU para los años 2021, 2030 y 2050. Fuente: elaboración propia.	82
Tabla 18: Producción Nacional de Biometano por tipo de residuo. Fuente: Elaboración propia.	88
Tabla 19: Factores de emisión de los diferentes residuos. [33].....	92
Tabla 20: Toneladas de CH ₄ que se podrían haber evitado en el periodo 2020-2023. Fuente: Elaboración propia con datos del INE y [33]	93
Tabla 21: Masa digestato (toneladas) por CC.AA, año y materia prima animal. Fuente: Elaboración propia.....	94
Tabla 22: Masa digestato (toneladas) por CC.AA, año y materia prima vegetal. Fuente: Elaboración propia.....	96

Tabla 23: Demanda térmica España [MWh/año [124]].....	97
Tabla 24: Rendimiento Calderas para casar demanda térmica. Fuente: Elaboración propia.	98
Tabla 25: Porcentaje de demanda de calor cubierta	99
Tabla 26: Cálculos base de los bovinos suponiendo 100% de utilización	117
Tabla 27: Cálculo de los bovinos para el año 2030 suponiendo 100% de utilización .	118
Tabla 28: Cálculo de los bovinos para el año 2050 suponiendo 100% de utilización .	119
Tabla 29: Cálculos base de los porcinos suponiendo 100% de utilización	120
Tabla 30: Cálculo de los porcinos para el año 2030 suponiendo 100% de utilización	121
Tabla 31: Cálculo de los porcinos para el año 2050 suponiendo 100% de utilización	122
Tabla 32: Cálculo gallinaza para el año 2020 suponiendo 100% de utilización	123
Tabla 33: Cálculo gallinaza para el año 2030 suponiendo 100% de utilización	124
Tabla 34: Cálculo gallinaza para el año 2050 suponiendo 100% de utilización. Fuente: Elaboración propia.....	125
Tabla 35: Cálculo de los ovinos para el año 2020 suponiendo 100% de utilización. Fuente: Elaboración propia.....	126
Tabla 36: Cálculo de los ovinos para el año 2030 suponiendo 100% de utilización. Fuente: Elaboración propia.....	127
Tabla 37: Cálculo de los ovinos para el año 2050 suponiendo 100% de utilización. Fuente: Elaboración propia.....	128
Tabla 38: Cálculo de los caprinos para el año 2020 suponiendo 100% de utilización. Fuente: Elaboración propia.....	129
Tabla 39: Cálculo de los caprinos para el año 2030 suponiendo 100% de utilización. Fuente: Elaboración propia.....	130
Tabla 40: Cálculo de los caprinos para el año 2050 suponiendo 100% de utilización. Fuente: Elaboración propia.....	131
Tabla 41: Cálculo de las conejas madre para el año 2020 suponiendo 100% de utilización. Fuente: Elaboración propia.....	132
Tabla 42: Cálculo de las conejas madre para el año 2030 suponiendo 100% de utilización. Fuente: Elaboración propia.....	133
Tabla 43: Cálculo de las conejas madre para el año 2050 suponiendo 100% de utilización. Fuente: Elaboración propia.....	134
Tabla 44: Cálculo de los pollos de engorde para el año 2020 suponiendo 100% de utilización. Fuente: Elaboración propia.....	135

Tabla 45: Cálculo de los pollos de engorde para el año 2030 suponiendo 100% de utilización. Fuente: Elaboración propia.....	136
Tabla 46: Cálculo de los pollos de engorde para el año 2050 suponiendo 100% de utilización. Fuente: Elaboración propia.....	137
Tabla 47: Caudal de biogás generado por Comunidad autónoma proveniente de los residuos de ganado (2020) con 100% de utilización. Fuente: Elaboración propia.....	138
Tabla 48: Energía biometano para el año 2020 debido a los residuos ganaderos. Fuente: Elaboración propia.....	138
Tabla 49: Energía biometano para el año 2030 debido a los residuos ganaderos. Fuente: Elaboración propia.....	139
Tabla 50: Energía biometano para el año 2050 debido a los residuos ganaderos. Fuente: Elaboración propia.....	139
Tabla 51: Cálculos Trigo 2021 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.....	140
Tabla 52: Cálculos Trigo 2030 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.....	140
Tabla 53: Cálculos Trigo 2050 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.....	141
Tabla 54: Cálculos Cebada 2021 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.....	141
Tabla 55: Cálculos Cebada 2030 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.....	142
Tabla 56: Cálculos Cebada 2050 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.....	142
Tabla 57: Cálculos Centeno 2021 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.....	143
Tabla 58: Cálculos Centeno 2030 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.....	143
Tabla 59: Cálculos Centeno 2050 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.....	144
Tabla 60: Cálculos Avena 2021 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.....	144
Tabla 61: Cálculos Avena 2030 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.....	145

Tabla 62: Cálculos Avena 2050 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.....	145
Tabla 63: Cálculos Maíz 2021 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.....	146
Tabla 64: Cálculos Maíz 2030 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.....	146
Tabla 65: Cálculos Maíz 2050 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.....	147
Tabla 66: Cálculos Arroz 2021 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.....	147
Tabla 67: Cálculos Arroz 2030 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.....	148
Tabla 68: Cálculos Arroz 2050 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.....	148
Tabla 69: Cálculos Triticale 2021 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.....	149
Tabla 70: Cálculos Triticale 2030 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.....	149
Tabla 71: Cálculos Triticale 2050 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.....	150
Tabla 72: Cálculos Sorgo 2021 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.....	150
Tabla 73: Cálculos Sorgo 2030 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.....	151
Tabla 74: Cálculos Sorgo 2050 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.....	151
Tabla 75: Cálculos Olivar 2021 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.....	152
Tabla 76: Cálculos Olivar 2030 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.....	152
Tabla 77: Cálculos Olivar 2050 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.....	153
Tabla 78: Cálculos Viñedo 2021 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.....	153

Tabla 79: Cálculos Viñedo 2030 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.....	154
Tabla 80: Cálculos Viñedo 2050 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.....	154
Tabla 81: Energía biometano para el año 2021 debido a los residuos agrícolas. Fuente: Elaboración propia.....	155
Tabla 82: Energía biometano para el año 2030 debido a los residuos agrícolas. Fuente: Elaboración propia.....	155
Tabla 83: Energía biometano para el año 2050 debido a los residuos agrícolas. Fuente: Elaboración propia.....	156
Tabla 84: Biometano producido 2020-2023 por CC.AA en orden descendente. Fuente: Elaboración propia.....	156
Tabla 85: Biometano producido 2030 por CC.AA en orden descendente. Fuente: Elaboración propia.....	157
Tabla 86: Biometano producido 2050 por CC.AA en orden descendente. Fuente: Elaboración propia.....	158
Tabla 87: Energía Biometano producida y caudal por residuos EDAR para años 2023, 2030 y 2050. Fuente: Elaboración propia.....	158
Tabla 88: Proyección a futuro de biometano (N m ³) de residuos de FORSU. Fuente: elaboración propia	159
Tabla 89: Proyección a futuro de la población de las CC.AA. Fuente: elaboración propia (años 2030 y 2050) con datos del INE	159
Tabla 90: Proyecciones a futuro del ganado. Fuente: Elaboración propia con datos del INE.	160
Tabla 91: Producción de biogás (N m ³ /año) de residuos ganaderos por CC.AA en el año 2020. Fuente: Elaboración propia.....	160
Tabla 92: Producción de biogás (N m ³ /año) de residuos ganaderos por CC.AA en el año 2030. Fuente: Elaboración propia.....	161
Tabla 93: Producción de biogás (N m ³ /año) de residuos ganaderos por CC.AA en el año 2050. Fuente: Elaboración propia.....	161
Tabla 94: Producción de biometano (GWh/año) de residuos ganaderos por CC.AA en el año 2020. Fuente: Elaboración propia.....	162
Tabla 95: Producción de biometano (GWh/año) de residuos ganaderos por CC.AA en el año 2030. Fuente: Elaboración propia.....	162

Tabla 96: Producción de biometano (GWh/año) de residuos ganaderos por CC.AA en el año 2050. Fuente: Elaboración propia.	163
Tabla 97: Producción de biogás (N m ³ /año) de residuos agrícolas por CC.AA en el año 2020. Fuente: Elaboración propia.	163
Tabla 98: Producción de biogás (N m ³ /año) de residuos agrícolas por CC.AA en el año 2030. Fuente: Elaboración propia.	164
Tabla 99: Producción de biogás (N m ³ /año) de residuos agrícolas por CC.AA en el año 2050. Fuente: Elaboración propia.	164
Tabla 100: Producción de biometano (GWh/año) de residuos agrícolas por CC.AA en el año 2020. Fuente: Elaboración propia.	165
Tabla 101: Producción de biometano (GWh/año) de residuos agrícolas por CC.AA en el año 2030. Fuente: Elaboración propia.	165
Tabla 102: Producción de biometano (GWh/año) de residuos agrícolas por CC.AA en el año 2050. Fuente: Elaboración propia.	166

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

El efecto invernadero es un fenómeno natural que se produce cuando ciertos gases de la atmósfera terrestre atrapan el calor del sol e impiden que se escape al espacio, manteniendo así la temperatura de la Tierra [1]. Los principales gases son el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O) y el vapor de agua (H_2O). Estos gases, conocidos como gases de efecto invernadero (GEI), permiten que la luz del sol entre y caliente la superficie de la Tierra, pero atrapan parte del calor que se irradia desde la superficie.

De manera natural existía un equilibrio entre la emisión de estos gases y su absorción por parte de la tierra y el suelo. Este equilibrio mantiene el clima de la Tierra relativamente estable permitiendo así que se desarrolle la vida.

Sin embargo, con la llegada de la revolución industrial a finales del siglo XVIII, este equilibrio se vio alterado. La Revolución Industrial marcó el inicio de un período de rápida industrialización caracterizado por un aumento en el uso de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas natural [2], [3].

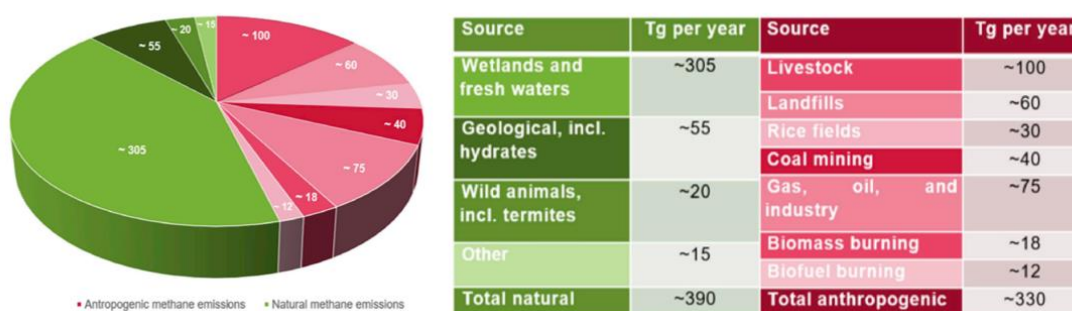


Figura 1: Emisiones globales de metano 2000-2012[4]

La quema de estos combustibles fósiles libera grandes cantidades de dióxido de carbono (CO_2) y otros gases de efecto invernadero a la atmósfera, contribuyendo al calentamiento global y al cambio climático. Además, la extracción y el transporte de estos combustibles

suelen provocar desastres ecológicos, como derrames de petróleo y la degradación de ecosistemas.

Ante estos desafíos, se vuelve necesario desarrollar y adoptar nuevas fuentes de energía sostenibles que puedan satisfacer nuestras necesidades sin comprometer la salud del planeta y de las generaciones futuras [5]. Las energías renovables, como la solar, la eólica y la hidráulica, han demostrado ser opciones viables y cada vez más accesibles y competitivas en los mercados. Sin embargo, es vital aumentar la variedad de fuentes de energía renovables ya que ahora mismo ninguna es completamente confiable. Están sometidas a tantas variables que si solo se tuviese la fuente de energía renovable como suministro no se podría asegurar al 100% el funcionamiento ya que el clima y las mareas influyen en gran medida.

Siguiendo este razonamiento, el biometano producido a través de la digestión anaerobia se presenta como una solución prometedora. Este proceso convierte los residuos agroindustriales, la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos (FORSU) y los lodos de estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) en biogás, que puede ser refinado para obtener biometano. Este biometano es una fuente de energía renovable que no solo reduce la dependencia de los combustibles fósiles, sino que también mitiga las emisiones de gases de efecto invernadero al capturar y reutilizar el metano que de otro modo se liberaría a la atmósfera durante la descomposición natural de los residuos. De esta manera, la digestión anaerobia no solo contribuye a una gestión más sostenible de los residuos, sino que también proporciona una alternativa limpia y eficiente, que se alinea con los objetivos de sostenibilidad global.

1.2 ALINEACIÓN CON LOS ODS

Los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible) son un conjunto de metas adoptadas por las Naciones Unidas (agencia de la ONU) para erradicar la pobreza, proteger el planeta y lograr varios otros objetivos. Se trata de cumplir estos objetivos para 2030 en todo el planeta. Este apartado de la memoria relaciona el proyecto con varios de los ODS.

Objetivo 1: Fin de la pobreza. La pobreza energética atañe a miles de personas en todo el mundo. Mejorar en el ámbito de la energía les ayudaría enormemente a mejorar su calidad

de vida en general. En Asia, por ejemplo, usan digestores anaerobios para las cocinas y las calefacciones en los hogares [6].

Objetivo 7: Energía asequible y no contaminante. Como se ha mencionado previamente la necesidad de una energía verde y asequible es apremiante. Este proyecto pretende introducir en algunos sectores del sistema industrial español una alternativa al combustible tradicional. Favoreciendo en todo momento una economía circular.

Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar el desarrollo. Si la tecnología sigue avanzando en esta dirección pronto podrá ser asequible. Uno de los principales problemas que presentan las energías renovables es que es necesaria una inversión grande al inicio del proyecto. Inversión que no mucha gente es capaz de permitirse por ello se deben abaratar los costes.

Objetivo 11: Ciudades y comunidades sostenibles. A gran escala usar el biogás como combustible alternativo integrado en una economía circular puede ayudar a volver una ciudad o comunidad sostenible.

Objetivo 12: Producción y consumo responsable. El uso del biogás y de los digestores anaerobios promueven un ciclo de vida más sostenible. Usando como materia prima los residuos orgánicos obtenidos de otras actividades, esto fomenta un consumo responsable y un modelo de producción que reduce la huella ecológica.

Objetivo 15: Vida de ecosistemas terrestres. En la actualidad hay muchos climas adversos en diferentes partes del mundo provocados por la contaminación acumulada en los últimos años. Se ha perdido flora y fauna a lo largo de todo el mundo. El biogás que se usa como combustible sería de origen verde y ayudaría a reducir los gases de efecto invernadero liberados a la atmosfera.

1.3 MOTIVACIÓN

El biogás y el biometano tiene un claro beneficio social y económico.

- Reducir las emisiones que se producen en el sector agrónomo gracias a un mejor manejo de los desechos producidos.
- Aumentar la seguridad e independencia energética.

- Sustituir fertilizantes artificiales por digestato y favorecer la economía circular.

1.4 GLOSARIO

Biodigestores: elementos o sistemas diseñados para mejorar y optimizar el biogás y su producción a partir de desechos orgánicos obteniendo, de esta manera, energía limpia y renovable al menor coste disponible [7].

Biocombustibles: tipos de combustible obtenidos a partir de biomasa y residuos orgánicos [8].

Biogás: El biogás es una combinación de gases diversos generados por la descomposición anaeróbica de materia orgánica, como el estiércol y residuos orgánicos. La composición química del biogás revela que el componente predominante es el metano (CH_4) [9].

Biogás de vertedero: La descomposición anaeróbica de la materia orgánica presente en los residuos sólidos urbanos depositados en un vertedero controlado con recubrimiento produce una mezcla gaseosa conocida como biogás o gas de vertedero, que contiene altos niveles de metano [10].

Biometano: Mediante el proceso de upgrading, se produce biometano, el cual puede sustituir al Gas Natural Vehicular (GNV) en vehículos sin afectar su potencia y con mínimas modificaciones en los equipos [11], también puede sustituir al GN inyectándose en la red y usándolo para los fines para los que previamente se usaba el GN.

Compostaje: El compostaje es un proceso donde la materia orgánica se descompone anaeróbicamente y aeróbicamente mediante la acción de diversos microorganismos como hongos y bacterias [12].

Digestato: El digestato es un residuo obtenido del proceso de producción de biogás (metano), mediante la digestión anaerobia de productos vegetales y estiércoles de animales. Debido a su contenido nutricional elevado, puede ser empleado como biofertilizante para fomentar la recirculación de nutrientes. Esto permite considerar la opción de reducir o sustituir por completo el uso de fertilizantes sintéticos, contribuyendo así a la disminución de problemas de contaminación derivados de su concentración en el suelo [13].

Economía circular: Una economía circular está diseñada para ser reconstituyente y regenerativa, con el objetivo de mantener constantemente los productos, componentes y materiales en sus niveles más altos de utilidad. Este enfoque diferencia claramente entre ciclos biológicos y técnicos [14].

EDAR: Estación Depuradora de Aguas Residuales.

Emisiones de Gases de Efecto Invernadero: Los gases de efecto invernadero (GEI) son componentes gaseosos presentes en la atmósfera, tanto naturales como resultado de actividades humanas, que absorben y emiten radiación en longitudes de onda específicas del espectro infrarrojo emitido por la superficie terrestre, la atmósfera y las nubes. Esta característica es responsable del fenómeno conocido como efecto invernadero. Entre los principales GEI en la atmósfera terrestre se encuentran el vapor de agua (H₂O), el dióxido de carbono (CO₂), el óxido nitroso (N₂O), el metano (CH₄) y el ozono (O₃) [15].

Energía Renovable: Dentro de las diversas fuentes de energía, las renovables son aquellas que se generan de manera continua y son inagotables en términos humanos. Es importante destacar que, en el caso de fuentes como la biomasa, esto se cumple siempre y cuando se respeten los ciclos naturales [16].

FORSU: Fracción Orgánica de Residuos Sólidos Urbanos.

Gases renovables: Los gases renovables son gases combustibles que se obtienen a partir de materias primas o fuentes de energía renovables. Estos gases derivan su energía directa o indirectamente del sol, como ocurre con la biomasa forestal o los residuos de alimentos [17].

Microorganismos anaerobios: Las bacterias anaerobias pueden ser definidas como aquellas que requieren una atmósfera carente de oxígeno para su crecimiento en la superficie de un medio de cultivo, dado que el oxígeno es tóxico para ellas. Existen diversos tipos de microorganismos con diferentes niveles de tolerancia y resistencia al oxígeno, desde aquellos muy adaptables y robustos hasta los extremadamente sensibles a este gas [18].

Reacciones Anaerobias: En el metabolismo de la descomposición de macromoléculas, estos microorganismos llevan a cabo varios procesos como la hidrólisis, acetogénesis y metanogénesis, entre otros. Estos procesos incluyen reacciones que se ejecutan según las

características específicas de la bacteria y sus funciones dentro del ciclo de descomposición, dando lugar a la formación de nuevos productos mediante rutas bioquímicas o procesos fermentativos que ocurren en su interior [19].

Sostenibilidad: La sostenibilidad se define como un enfoque de desarrollo que busca satisfacer las necesidades actuales sin poner en riesgo la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas. Esto implica mantener un equilibrio entre el crecimiento económico, la preservación del medio ambiente y el bienestar social.

Upgrading: El proceso de limpieza de biogás, conocido como upgrading, implica mejorar y enriquecer el contenido de metano presente en el biogás. Este proceso tiene como objetivo facilitar su uso para la inyección en la red de gas natural, entre otros.

Valorización energética: proceso mediante el cual se aprovechan los residuos sólidos urbanos o industriales como una fuente de energía.

Capítulo 2. ESTADO DEL ARTE

2.1 PROCESO DE DIGESTIÓN ANAEROBIA

La digestión anaerobia (DA), también conocida como biometanización o producción de biogás, es un proceso biológico, durante este proceso se produce la descomposición de la materia orgánica. Dicha descomposición se produce en ausencia de oxígeno. En este proceso se produce una descomposición de los materiales orgánicos de la materia prima por ciertos microorganismos en condiciones anaerobias, uno de los productos finales que se obtiene es biogás y el digestato.

La DA cuenta con diferentes etapas que se detallaran a continuación [20]:

1. Hidrólisis: los sustratos orgánicos complejos se descomponen en moléculas más simples, los microorganismos (organismos fermentativos) segregan enzimas extracelulares que descomponen los carbohidratos, proteínas y lípidos en azúcares, aminoácidos y ácidos grasos de cadena corta. Esta primera etapa puede limitar la velocidad global del proceso, su eficiencia depende de varios factores como el tamaño de las partículas, el pH, la temperatura y la concentración de ciertos productos.
2. Acidogénesis: los productos obtenidos en la etapa anterior se convierten en ácidos orgánicos más simples gracias a los microorganismos acidogénicos.
3. Acetogénesis: las bacterias acetogénicas son las responsables de que los ácidos orgánicos simples se conviertan durante esta etapa en acetato, dióxido de carbono e hidrógeno.
4. Metanogénesis: en esta etapa las bacterias metanogénicas son los microorganismos que provocan que el acetato, el dióxido de carbono y el hidrogeno se conviertan en metano y dióxido de carbono.
5. Formación del biogás: el principal componente de este biogás es el metano generado en la fase anterior, este biogás no es metano puro, resulta una mezcla de gases, como nitrógeno, sulfuro de hidrógeno, dióxido de carbono y vapor de agua.

La DA se puede ver afectada por diversos factores como ya se ha mencionado con anterioridad. En este caso la atención se centra sobre el tipo de materia prima que se introduce en el digestor.

Las materias primas deben ser fermentables. Existen grandes focos de producción de materia prima, como pueden ser las ciudades, que generan desechos humanos; las granjas, los desechos de los animales y los restos de las cosechas son también muy utilizados o las fábricas que generan basuras industriales químicas y aguas residuales orgánicas.

Para este proyecto se han tenido en cuenta la materia prima obtenida de la agricultura, ganadería, EDAR y FORSU.

Las granjas generan mucho desperdicio que puede ser altamente utilizado, Castilla y León tiene un gran potencial de generación biogás gracias a ello. La descomposición de estiércoles animales depende tanto del tipo de animal como de su alimentación. Los estiércoles generados de los animales herbívoros contienen un mayor porcentaje de materia prima no digeridos. Los animales carnívoros producen desechos con un mayor contenido de materia orgánica animal. La calidad y cantidad de los sustratos fermentables contenidos en el estiércol están directamente relacionados con la cantidad de metano generado en el proceso de digestión. Como también resulta lógico no todos los desechos de cosechas generan el mismo biogás al ser tratados en el proceso de DA. Las diferencias de rendimientos y valores de producción de los diversos autores pueden atribuirse a la diversidad de los desechos usados, diferencias en la metodología y diferentes condiciones experimentales[20].

Ciertos tejidos leñosos de las plantas contienen un compuesto orgánico denominado lignina. Este compuesto básico es resistente y actúa como una barrera física y química, se encuentra en altas cantidades en ciertas plantas esto provoca que ese material no sea aprovechable en la DA [21]. Este compuesto es menos susceptible a la degradación de los microorganismos comparado a otros compuestos o partículas, lo que supone un inconveniente. Para poder ser aprovechado debe, previamente, someterse a un proceso de tratamiento, tales como el cortado, macerado o compostado. Conocer la composición de lignina es imprescindible para determinar la eficiencia del proceso.

En el proceso de DA se genera tanto biogás como digestato, el digestato tiene una gran riqueza nutricional, su composición varía en función del sustrato o materia prima

utilizado. Se puede usar como fertilizante en la agricultura y horticultura. El digestato presenta un menor riesgo de quemaduras en las plantas por la degradación de los ácidos orgánicos. El biogás al convertir parte de los compuestos orgánicos en metano provoca que se reduzca la emisión de gases contaminantes y mejora la aplicación del fertilizante. El digestato produce menos emisiones olorosas que los fertilizantes más convencionales.

El biogás generado en la DA puede ser usado directamente para generar calor o electricidad. Con él también se puede generar biometano, a través del *upgrading*. Según este proceso se mejora y purifica el biogás que se ha producido en la digestión. De esta manera se aumenta su calidad y se convierte en un metano más puro y valioso. En este proceso se eliminan los contaminantes y los componentes no deseados [22]. En la actualidad hay varias tecnologías que pueden realizar este proceso que se suelen clasificar en dos categorías principales “*biogas cleaning*” y “*biogas upgrading*”. El primero, elimina los compuestos no deseados y limpia el biogás. El segundo proceso aumenta el contenido del biometano y convierte el biogás en una nueva versión que es más similar al gas natural. El contenido de metano en el biogás afecta al valor calorífico inferior del gas.

2.2 BIOGÁS Y BIOMETANO

Tanto el biogás como el biometano proceden del proceso de digestión anaerobia mencionado previamente. La diferencia radica en que el biogás se genera durante el proceso de DA mientras que el biometano se obtiene al tratar el biogás con un proceso de “*upgrading*”. Esto hace que ambos gases se obtengan de materias primas orgánicas.

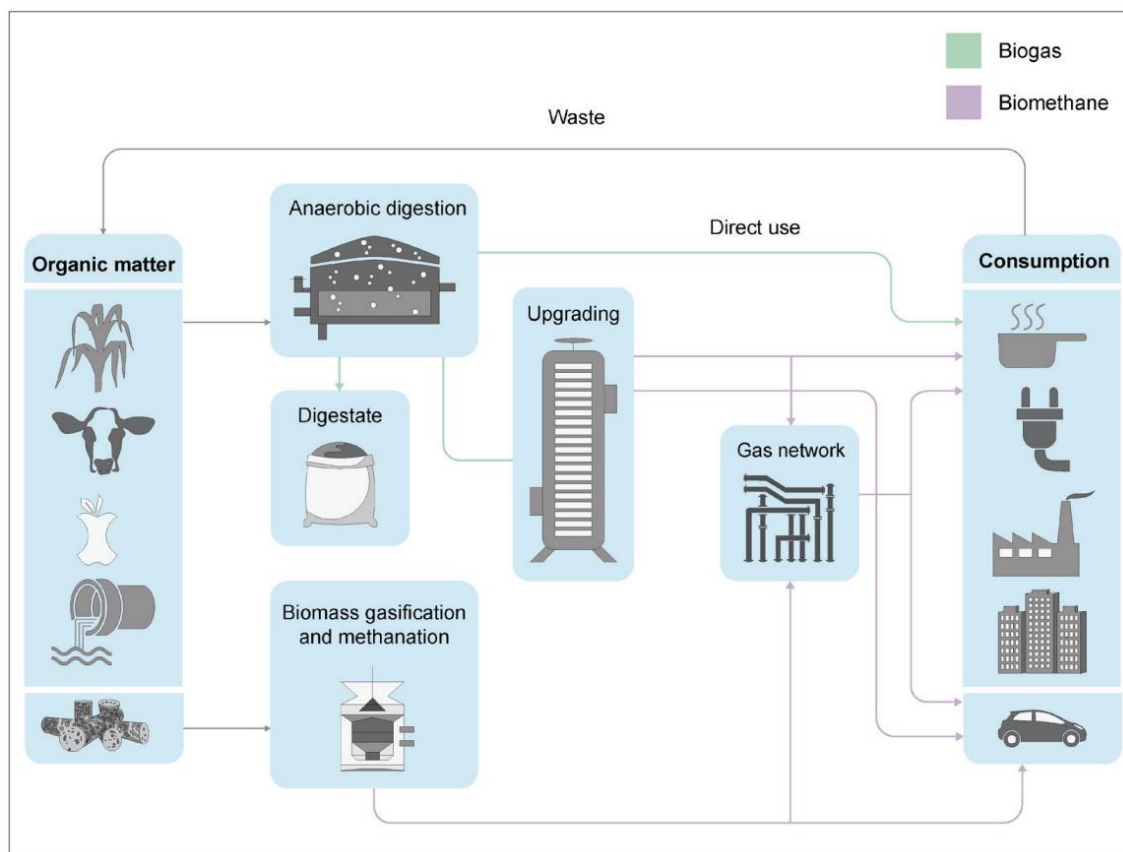


Figura 2: Diagrama del proceso de generación y uso del biogás y el biometano [23].

Se estima que el potencial mundial de biogás es 570 Mtoe y 730 Mtoe de biometano. Sin embargo, esta cifra solo sería cierta si se dedicase toda la materia prima considerada a la producción de biogás y biometano, lo que no sucede en la realidad. En el año 2018 en el mundo se produjeron 35 Mtoe de biogás y biometano [23].

El biometano obtenido del proceso de “upgrading” es un gas que es prácticamente metano puro. Se puede inyectar a la red de gas natural (tras pasar procesos de compresión y control de calidad), lo que ayuda en su transporte y puede ser usado por cualquiera que consuma gas de la red. Al ser generado de esta manera no se producen emisiones en su sintetizado.

El biogás que se obtiene del proceso de DA es una mezcla de metano (CH_4 , que puede ser entre un 45% y un 75%), dióxido de carbono (CO_2 entre un 30% y 70%) y otros gases en cantidades muy pequeñas (hidrogeno H_2 , nitrógeno N_2 , oxígeno O_2 , vapor de agua H_2O_g y ácido sulfhídrico H_2S). Estas cantidades pueden variar en función de las materias primas que se introduzcan en el digestor y del digestor en sí.

El biogás se usa principalmente para generar electricidad o como fuente de calor para los pequeños hogares y cocinas. En cambio, el biometano al tener un PCI mayor que el biogás (gracias a su elevado contenido en metano) se inyecta en la red (se necesita compresión y licuefacción para convertir el biometano en GNL o GNC) o se usa para el transporte.

Prácticamente el 90% del biometano que se produce en el mundo procede del proceso de DA y el posterior tratamiento de “*upgrading*” [23].

2.2.1 APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO

El biogás generado del proceso de DA puede aprovecharse energéticamente de diferentes maneras. En particular, en la hoja de ruta [24], se recogen 5 usos determinados:

- El biogás para uso térmico: es una opción sencilla, rápida e inmediata. El inconveniente que presenta es que el punto de utilización del biogás y la instalación deben estar situadas cerca. Por lo que esto es viable en pequeñas explotaciones del sector agroalimentario que presentan un balance medioambiental y económico favorable. Las estaciones de aguas residuales también usan el biogás generado para cubrir sus propias necesidades térmicas.
- Biogás para uso eléctrico o cogeneración: esta es la opción más usada en España, las instalaciones de este tipo usan materia prima a partir de residuos orgánicos y aguas residuales. Se prioriza la utilización in situ.
- Biogás y biometano para su uso en transporte: para poder usar el biogás como fuente de energía para el transporte primeramente debe ser depurado para obtener biometano. El biometano, en el transporte, se utiliza comprimido (200-250 bares) o licuado.
- Biometano para usos distintos al transporte: usado en cualquier aplicación que requiera gas natural. Se puede inyectar en la red para así desplazar el uso de gas natural de origen fósil.
- Biogás para uso como materia prima: se puede usar para obtener otros vectores energéticos, como el hidrógeno renovable (proceso de reformado de vapor, SMR; reformado autotérmico, ATM; u oxidación parcial, POX).

2.2.2 DIGESTATO

En lo referente a la economía circular y según la Comisión de la Unión Europea recogido en el *artículo 2, apartado 6, de la Decisión 2011/753/UE de la Comisión, por la que se establecen normas y métodos de cálculo para la verificación del cumplimiento de los objetivos previstos en el artículo 11, apartado 2, de la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre los Residuos* [25], para que los residuos que entran como materia prima en el digestor anaerobio solo pueden contabilizarse como reciclados si el tratamiento genera digerido que se use como producto reciclado en un tratamiento de suelo que produzca un beneficio a la agricultura o mejora ecológica. Si esto no se cumple la digestión anaerobia no sería considerada como una operación de reciclado, esto provocaría que se encontrase en una posición más elevada en la jerarquía de valorización energética.

Según la Directiva (UE) 2018/851, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo, desde el 1 de enero de 2027 [26], únicamente podrán ser considerados como reciclados los biorresiduos que sean recogidos separadamente y no tengan que pasar el tratamiento mecánico biológico.

2.3 POSIBLES BARRERAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL BIOGÁS Y EL BIOMETANO

En la actualidad, existen inconvenientes a la hora de implementar nuevas tecnologías y favorecer un vector energético. Este apartado tratará sobre varios de los inconvenientes más importantes.

2.3.1 BARRERAS TÉCNICAS

Los países desarrollados se enfrentan principalmente a retos infraestructurales. Es necesaria una gran inversión para suplir las deficiencias que pueden presentarse y no todos los gobiernos o países están dispuesto o pueden permitirse tal inversión.

Para muchos de los países sería necesario aumentar la red de tuberías de la red nacional de gas y aumentar el número de puntos de inyección ya que el transporte del biogás o el biometano supone un gasto mayor a largo plazo.

Otro de los grandes problemas que se presenta es la recogida de residuos, la asignación y el almacenamiento de dichos residuos o desechos. La segregación incorrecta, la recogida deficiente y la falta de vehículos de transporte hace que la cadena de suministro se vuelva insegura. La mala gestión de varias plantas existentes debido a protocolos no establecidos de la manera o laxos o por la falta de formación de los técnicos ha provocado también un rechazo por el biogás en ciertas poblaciones.

Uno de los grandes problemas a nivel técnico es la falta de eficiencia en el suministro de gas durante invierno. Esto se debe a que el proceso de fermentación se ve afectado por las bajas temperaturas y la actividad de los microorganismos se ve reducida. Esto supondrá una mayor necesidad de energía por parte de los agricultores durante este periodo [27].

2.3.2 BARRERAS ECONÓMICAS

Como se ha mencionado previamente sería necesario una gran inversión para cubrir los costes de una planta de biogás en construcción hasta que esta comience a generar beneficios. Sería necesario cubrir los gastos de construcción, de adquisición de equipos, contratación de personal técnico bien cualificado, introducción a la tecnología [28], etc.

Los costes de la materia prima, del transporte a la central, del almacenaje de la materia prima afectan de manera negativa a la central, en especial, si el transporte es larga distancia [29]. Si es una central de biogás con la capacidad de depurar a biometano, también influye en el coste [30]. Sería necesaria la unidad de depuración y luego la capacidad de transporte adecuada o la instalación necesaria para la inyección en red. Esto implica costes de inversión cada vez más altos [31].

En Alemania, existe una gran competencia por el terreno, lo que provoca que el precio del alquiler aumente. Esto afecta a las explotaciones de biogás ya que se vuelve complicado obtener una mayor rentabilidad [32].

Las plantas de biogás tienen un elevado coste de mantenimiento y de gestión, la falta de ayudas y préstamos blandos son barreras económicas que reducen el atractivo de este tipo de proyectos para los inversores.

En España, la falta de incentivos y de apoyo a la producción es notable. Tampoco hay ayudas por la inyección en red o el consumo de biometano. Los fondos

NextGenerationEU han otorgado unas ayudas de 150 millones de euros. Sin embargo, existe un gran número de limitaciones para que las plantas de biometano sean seleccionadas según el criterio determinado. Existe un gran número de impuestos asociados a la producción de biogás y biometano (impuesto a la producción de energía o de autoconsumo, impuestos asociados a los puntos de consumo de hidrocarburos). Otro de los problemas económicos y logísticos que se presentan en España es la dispersión de los residuos y el coste de inyección en la red gasista [33].

2.3.3 BARRERAS DEL MERCADO

En varios países el precio del biogás tiende a ser más alto que el precio de los combustibles fósiles, el biogás resulta más caro que el gas natural por lo que los consumidores no están dispuestos a pagar un precio más alto [34]. Para poder incluir el biogás en el mercado el precio debe ser competitivo para que pueda llegar al sector público.

El biometano, por otro lado, ofrece la oportunidad de ser inyectado en la red de gas nacional. Esto ofrece algunas ventajas y lo hace más manejable. Esto aumentaría la seguridad para el suministro local de las zonas más densamente pobladas [35].

2.3.4 BARRERAS INSTITUCIONALES, ADMINISTRATIVAS Y LEGALES

Existe una gran falta de apoyo político y específico en lo referente al biogás y a los programas para promover y fomentar su uso, generación y distribución. El panorama político es dinámico e incierto [36], [37], lo que es un problema en sí mismo. Se necesitan políticas estables y claras a largo plazo para que esta industria avance [38], [39].

En Alemania, la cancelación de la exención fiscal y la reducción de las tarifas de alimentación produjeron una reducción del crecimiento de las plantas y la producción sobre el 2016 [40].

Varios autores determinaron que la falta de participación por parte del sector privado y la mala coordinación entre el sector público y privado son factores importantes que también afectan y dificultan la adopción del biogás [30], [41], [42].

En España es necesario realizar muchos trámites y conseguir diferentes permisos para poder construir y gestionar una planta de biogás. Toda esta burocracia provoca que sea

muy complicado lograr la ejecución de los proyectos. Para obtener un permiso es necesaria la intervención de varias administraciones lo que provoca que normalmente haya retrasos. El hecho de que no exista un sistema de tramitación homogéneo, sino que hay 17 procesos diferentes, uno por cada comunidad autónoma es tremendamente ineficaz. Es necesario que se reorganice el marco legislativo y se regulen los trámites a nivel nacional para proporcionar una mayor facilidad a la hora de realizar una actividad en lo relacionado al biogás y al biometano. Muchas de las medidas que se mencionan en la hoja de ruta todavía están por ser desarrolladas y llevadas a cabo.

Es necesario también en España crear un marco legal que permita un acceso competitivo a los residuos y que sea capaz de regular las aplicaciones del biometano, más allá de su uso eléctrico (inyección en la red de gas natural).

En varios países de Europa se están incorporando sistemas de garantías de Origen, para facilitar la tarea de identificar si el biometano es de origen renovable. Esto permitiría conocer y documentar su uso como energía libre de emisiones. Sin embargo, este sistema, aunque se está trabajando en ello, no está incorporado en España.

2.3.5 BARRERAS SOCIOCULTURALES

A nivel mundial la falta de participación pública es la barrera sociocultural más crítica. En muchos países hay falta de familiaridad con la tecnología [43]. En otros países, prima el interés económico sobre la necesidad de segregación de residuos y desarrollo verde y sostenible [31]. En ciertas economías de países asiáticos hay una conciencia limitada por la situación local sobre la protección y el cuidado del medioambiente, la economía y aprovechamiento de los recursos y la consiguiente mejora de la salud [28].

Hay factores específicos que han estigmatizado y perjudicado el desarrollo de esta tecnología [44]. Varios proyectos han fracasado ya que han intentado desarrollarse en el núcleo de una zona rural cuya cultura o creencias locales no son compatibles con los proyectos de biogás [45], [46], [47]. Muchas poblaciones locales no son capaces de aceptar el uso del biogás como fuente de energía y calefacción local debido a la materia prima con la que se alimenta al digestor y su cultura de limpieza [48]. En los países islámicos, por ejemplo, no se pueden comercializar los productos derivados del digestato que contiene purines de cerdo [49].

Ahora mismo, en Madrid, existe una gran polémica ya que se quiere construir una planta de biogás en Cubas de la Sagra. Muchos de los vecinos se oponen a la construcción por diversas razones temiendo que devalúen sus propiedades, que sus hijos desarrollen enfermedades crónicas ya que esta planta provoca un “grave” perjuicio para la salud, según han afirmado los vecinos [50]. La comunidad de vecinos de ese municipios y los otros colindantes con el terreno en el que se planea construir la planta urgen a los ayuntamientos y gobiernos locales a prohibir su construcción.

También es relevante la falta de información, pues muchos individuos desconocen la diferencia entre gas natural, biogás y biometano [51]. La reticencia a cambios de tecnología más novedosos también se considera una barrera sociocultural [52].

2.3.6 BARRERAS MEDIOAMBIENTALES

La DA presenta muchas ventajas para el medioambiente, aunque también es cierto que, como todo, tiene ciertos inconvenientes. Estos obstáculos no suelen ser mencionados, aunque están presentes en todo proceso de DA y generación de biogás.

Es un tratamiento que conlleva contaminación acústica debido a la maquinaria y procesos usados [48], [53]. Los olores generados también son un inconveniente ya que tener un digestor anaerobio cerca puede ser desagradables para los hogares [53], [54], [55]. Otro de los grandes inconvenientes es la cantidad de recursos hídricos que el proceso requiere [30], [43], [45], [52], [56]. Para llevar a cabo el proceso normalmente es necesaria una proporción 1:1 de agua y estiércol que debe ser introducido en el digestor [56]. En las localizaciones que tengan lluvias abundantes y estaciones muy húmedas esto no será un problema [57], pero en aquellas zonas donde el suministro de agua no sea tan vasto o la distancia entre la instalación de biogás [56], [58] y el punto de agua sea alta la producción de biogás puede ser un problema [45].

Si surge algún problema con las tapas del digestor o con las válvulas y estas dejan de ser herméticas, podría llegar a ocasionar grandes problemas ambientales [59]. Ha ocurrido, en diferentes proyectos, y en consecuencia a la negligencia de los operarios o el mantenimiento, fallos en proyectos de biogás que han contaminado aguas subterráneas, lagos y ríos y han provocado olores desagradables.

2.4 BIOGÁS Y BIOMETANO EN EUROPA

Europa tiene en el horizonte un futuro de energía renovable, se están tomando medidas legislativas en lo referente a las necesidades de los países y de las energías con el objeto de llegar a una Europa sostenible. Para el 2050 se pretende que Europa tenga emisiones netas 0 y el poder generar biometano puede ayudar a muchos hogares y compañías económicamente.

El conflicto ruso-ucraniano ha provocado una urgencia en Europa y su transición energética para ser autosuficiente. Esto ha causado que el biogás tome un papel principal en la independencia energética de los países de la UE de Rusia. Sin embargo, los cambios que se realicen ahora no se van a reflejar en las próximas semanas. Construir una planta de biogás puede ser un periodo de años debido a la carga burocrática que conlleva y los planes de construcción.

El plan REPowerEU, se instauró en mayo de 2022, pretende proteger a los ciudadanos europeos y a los negocios de la posible escasez de energía y también acelerar la transición hacia una Europa sostenible.

Estas medidas están impulsando a los gobiernos y a las empresas a invertir recursos y esfuerzos en las infraestructuras de las energías renovables. Gracias a ellos en los últimos años se han realizado muchos avances.

En lo referente a el biogás en Europa, en los últimos años se ha visto un aumento de las instalaciones de biogás y biometano en varios países de Europa. Solo el 5% de las plantas de biogás en Europa tienen unidad de “*upgrading*”, por lo que solo estas plantas pueden producir biometano. En el 2021, la mayoría de las plantas que producían biometano obtenían su materia prima de desechos de la industria agroganadera (incluyendo estiércoles animales, cultivos residuales y cultivos intermedios) [60].

Tabla 1: Instalaciones de biogás y biometano en Europa 2010-2022 [61][62]

Año	2011	2012	2014	2016	2018	2020	2022
Biogás	12398	13814	16977	17426	18113	>18113*	>18113*
Biometano	182	232	373	504	627	886	1323

*No se han encontrado datos actualizados fiables del número exacto de plantas de biogás en los años 2020 y 2022.

En el 2022 (Figura 3), Alemania se presenta como claro líder de la producción de biogás en Europa. Siendo su producción en 2018 de 7631,1 ktoe de biogás y en el año 2022 8124,7 ktoe. Alemania ha pasado de producir el 44% del biogás de la UE al 51,72%, esto, en parte, se debe al Brexit, ya que antes, en el año 2019, Reino Unido era el segundo país que más biogás producía. Sin embargo, comparado con el año 2021, Alemania ha tenido un decremento en la producción de biogás (76,6 ktoe o 0,9%). El segundo país que más produce es Italia con 1899,3 ktoe, que supone el 12,03% de la producción europea. Al igual que Alemania, respecto del año 2021, también ha producido menos biogás (178,9 ktoe o 8,6%). Seguido de cerca por Francia, que produce un total de 1641,7 ktoe (10,45% de la producción en Europa). España se encuentra en el octavo lugar con un total de 333,3 ktoe, que supone el 2,12% de la producción europea. Respecto del año 2018 se ha aumentado la producción nacional en un 20,52% (producción del año 2018: 64,9 ktoe) (según los datos de [63]).

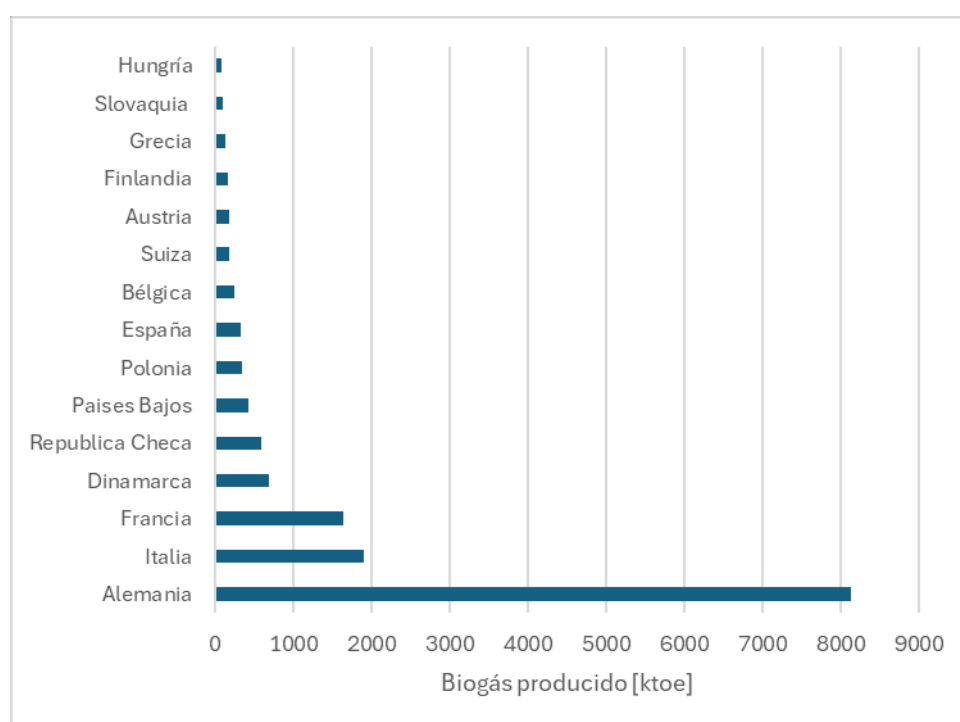


Figura 3: Producción de biogás en ktoe por país 2022 [63]

Este biogás proviene de digestores anaerobios que usan materia prima de vertederos (*Landfill gas*), lodos de depuradora (*Sewage sludge gas*) y otros tipos de digestión anaerobia con materias primas diferentes (incluyendo digestores anaerobios de pequeñas explotaciones agrícolas e industrias y plantas más grandes de metanización).

Los países líderes en Europa obtienen su mayor cantidad de biogás de digestores anaerobios que no son ni vertederos ni lodos de depuradora. Esta materia prima en mayor parte debe ser residuos agropecuarios de las granjas y pequeñas explotaciones situadas por el país correspondiente. En España ese sector es el del que menos biogás se obtiene, no está especialmente explotado, aunque hay estudios que concluyen que España tiene un gran potencial de producción de biogás y biometano.

Siguiendo el ejemplo de los países líderes se debería de desarrollar esa parte del sector para poder llegar a tener mayor independencia energética en España y explotar al máximo los desechos producidos.

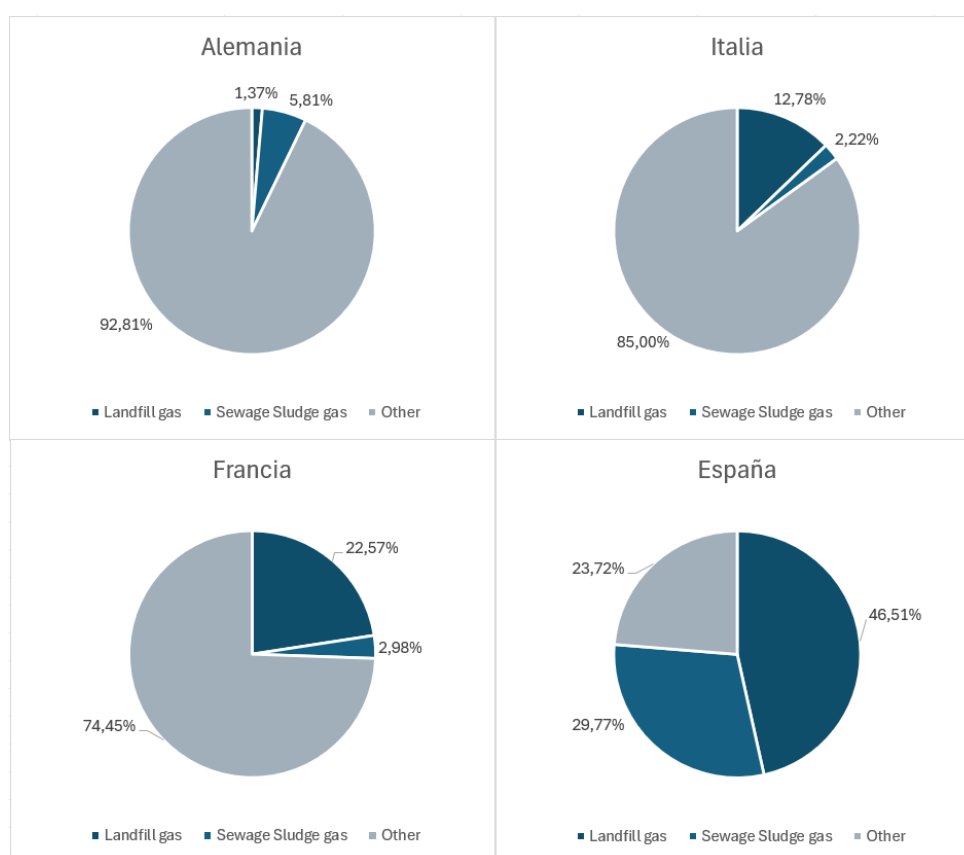


Figura 4: Producción de biogás [63]

Para 2030 se estima que Europa tendrá un potencial de 38 bcm al año y que esta cifra se verá incrementada hasta 91 bcm al año (teniendo en cuenta únicamente lo generado por el proceso de DA) en 2050.

Estando en 2050, Francia a la cabeza de la producción de biogás por las inversiones que han realizado en los últimos años. Seguido de Alemania, para situar a España como el

tercer país que más potencial de generación de biometano tiene entre los 27 Estados Miembros.

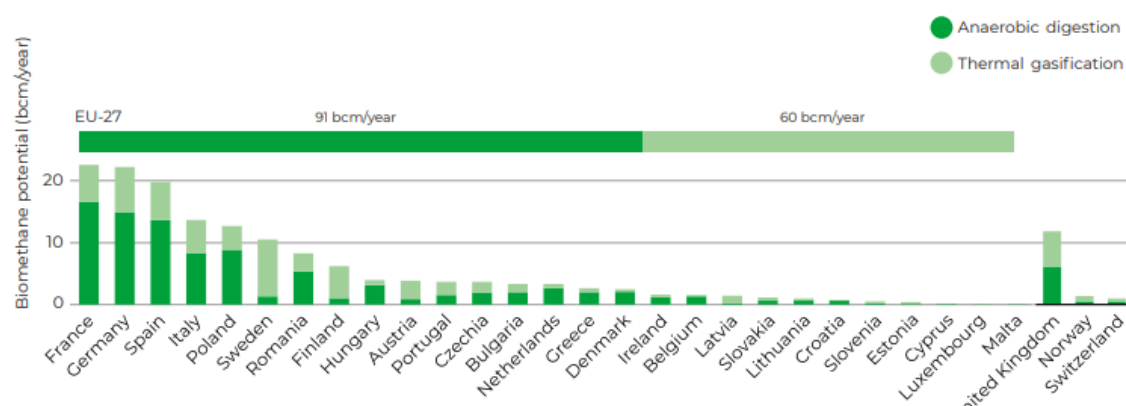


Figura 5: Potencial de producción de biometano en 2050 ordenado por tecnología y por país [64].

Para el 2030 se espera que la materia prima más usada sea estiércol animal (32%), seguidos de desechos agrónomos (24%) y cultivos intermedios (21%). Sin embargo, para el 2050 la primera materia prima se estima que será los cultivos intermedios (47%), seguido del estiércol animal (19%) y luego los residuos agrónomos [64].

En la Figura 6: Comparativa de los incentivos para el desarrollo del biometano en Europa entre los años 2012 y 2020 [65]. Figura 6 se detallan los países que promueven iniciativas para el desarrollo del biometano en Europa y como cada vez más países intentan fomentar esta tecnología.

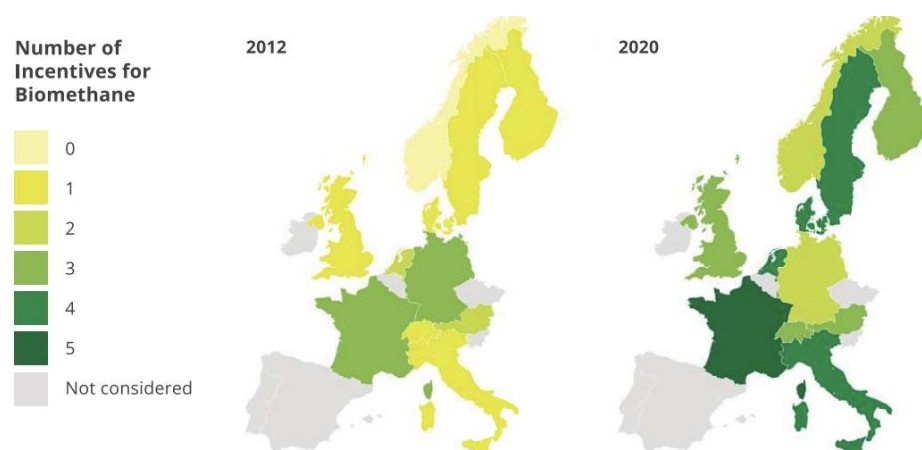


Figura 6: Comparativa de los incentivos para el desarrollo del biometano en Europa entre los años 2012 y 2020 [65].

Varios de los países con sistemas de biometano desarrollados están virando hacia un sistema de licitación que anima a la industria a reducir sus costes y depender menos de los mecanismos de apoyos. En vez de seguir impulsando las subvenciones y las tarifas de alimentación.

Otros países también estimulan la demanda de biometano a través de exenciones fiscales al consumo si es usado como combustible y a las emisiones de carbono. También se están aumentando las cuotas de los combustibles renovables (según la directiva de Energías Renovables, DER II).

En la Figura 7 se aprecia como no todos los países de la de Europa siguen una evolución similar en los últimos años. Para países como Alemania, Austria, Suiza y Suecia el sector del biometano se encuentra bastante estabilizado y ha sufrido pocos cambios en los últimos años. Sin embargo, para países como Francia, Italia y Finlandia este sector está experimentando un gran desarrollo.

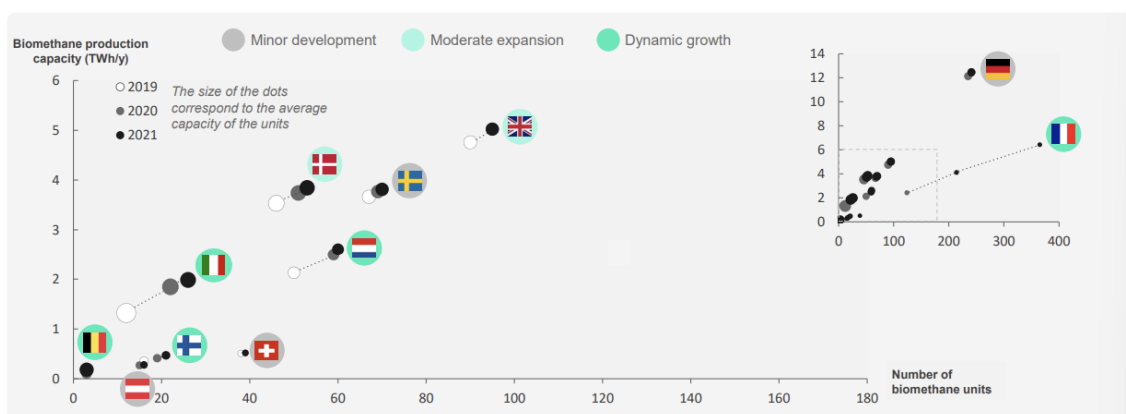


Figura 7: Evolución del número de plantas de biometano y su capacidad de producción en los años 2019, 2020 y 2021 [60]

2.4.1 INYECCIÓN EN LA RED

Al inyectar biometano en la red de gas de Europa se mezcla con el gas natural existente. De forma que está incluido en los indicadores del gas, que caen bajo el criterio de la Eurostat como gas natural. No hay distinción, por tanto, entre biometano y gas natural una vez ha sido usado en los sectores industriales, transporte, fabricación u otros sectores.

Los indicadores y datos publicados por Eurostat se refieren únicamente a los de biogás “puro” que no ha sido mezclado en ningún momento con otro tipo de gas fósil. Los

Estados Miembros pueden comunicar a la Eurostat la inyección de biometano en la red gasista a través de la herramienta SHARES (*SHort Assessment of Renewable Energy Source*) [63], de esta manera se puede determinar cuánto de este biometano acaba dedicado a cada sector.

El registro nacional para rastrear la producción de biometano permite el desarrollo de las Garantías de Origen y los Certificados de Combustible Renovable para el Transporte.

2.4.2 PRINCIPALES SISTEMAS DE AYUDAS

Algunos países centran más sus ayudas en el lado de la generación mientras que otros prefieren fomentar más el uso del biogás desde el punto de vista de la demanda. El precio del gas en los últimos años y el plan de la Comisión Europea de producir 35 bcm para 2030 ha impulsado el debate sobre que mecanismo usar para impulsar el desarrollo del sector del biometano, mientras se intenta mantener el coste bajo control. Los principales sistemas de ayudas que los gobiernos de los Estados Miembros de la Unión Europea ofrecen son los siguientes [60]:

Del lado de la generación:

- Tarifas reguladas y Primas de alimentación: se garantiza remuneración por cada unidad de energía renovable producida (contratos a largo plazo, normalmente) [€/MWh producido].
- Apoyo en las inversiones: Para la etapa de construcción de la planta se otorga una cantidad fija de dinero, independientemente del tamaño o capacidad de producción de la planta [€/planta].

Del lado de la demanda:

- Incentivos fiscales: exención o reducción de impuestos en el producto energético [€/MWh producido o consumido].
- Cuotas y/o certificados:
 - Garantías de Origen: se otorgarán a los productores de biometano para determinar el origen renovable de la energía producida.
 - Certificado de combustible renovable para transporte: se emitirán y se comercializará en el sector del transporte para cumplir con las cuotas de combustible renovable.

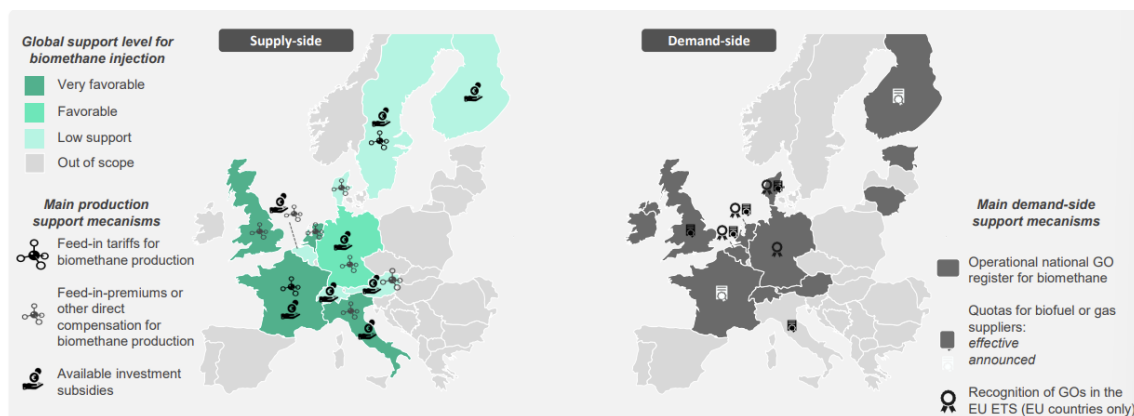


Figura 8: Comparativa de los principales sistemas de ayuda por país [60].

2.4.3 FRANCIA

Francia trata de colocarse a la cabeza de la carrera en el biogás. En los últimos años Francia ha hecho grandes inversiones en este sector, especialmente en tecnología para el desarrollo de biometano.

En 2010 el gobierno francés creó unas primas de alimentación, pero en las políticas más recientes esto ha cambiado.

Para favorecer la transición hacia una economía neta de cero emisiones, alineándose con el Plan Industrial del Pacto Verde [66], la Comisión Europea aprobó un plan de 2.900 millones de euros para apoyar la inversión en industrias sostenibles. Esta ayuda es en forma de crédito fiscal [67]. La Comisión Europea determinó que este tipo de iniciativas son importantes para el correcto desarrollo del Plan REPowerEU.

Entre el 2019 y el 2021, el sector del biometano se ha desarrollado mucho en Francia, 241 plantas han sido puestas en marcha. A 31 de marzo 2023, Francia cuenta con 551 instalaciones de producción de biometano ([68]) De esta manera, Francia se coloca como el país con mayor número de plantas de biometano de Europa. La proporción de cultivos energéticos se ha visto disminuida en gran parte en los últimos años y ha aumentado el uso de los residuos agrícolas, favoreciendo la sostenibilidad de este sector.

El marco regulatorio ha tenido grandes cambios en los últimos años, ahora mismo está evolucionando hacia unas políticas y regulaciones que harán que el sector del biometano sea menos dependiente de las ayudas del estado.

Se estima que el volumen de biometano que inyectó en la red en 2021 fueron 4,3 TWh, siendo el porcentaje de plantas que inyectan biometano en la red del 100%. El 28% de las plantas de biogás pueden depurar para obtener biometano (en comparación con el resto de Europa este porcentaje resulta bastante elevado).

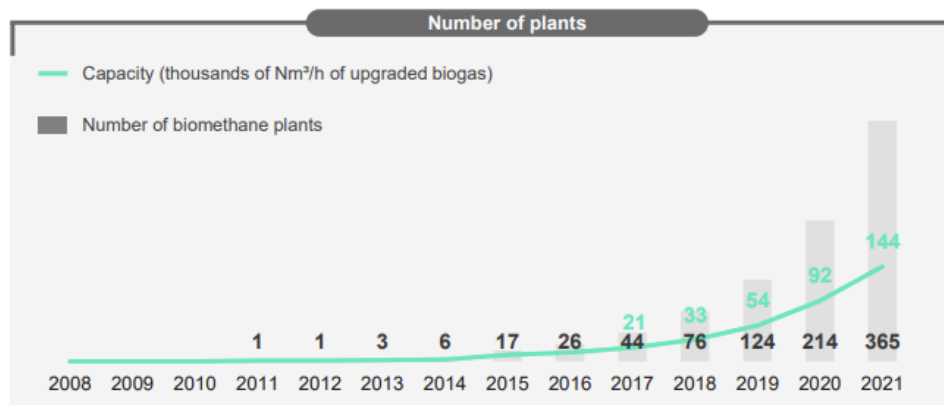


Figura 9: Número de plantas de biometano y la capacidad de producción de biometano de Francia entre los años 2008 y 2021 [60].

El 80% de las materias primas que se usan en Francia para la generación de biometano son desechos de la agricultura, un 11% de desechos orgánicos, y el resto lodos de depuradora y vertederos.

Los sistemas de ayuda del estado que se emplean en Francia son tarifas reguladas y primas de alimentación, junto con cuotas y certificados y apoyo en las inversiones.

En lo referente a las primeras se han llevado a cabo varias regulaciones. Las primas de alimentación (FiT) han sido reformadas y solo los proyectos que generen menos de 25 GWh al año tendrán acceso a las primas sin limitaciones. Los proyectos más grandes deberán pasar un proceso de selección para recibir las ayudas. Se han cambiado los criterios de la sostenibilidad para estar más alineados con RED II. El gobierno ha emitido unos certificados de producción de biogás que implica que se fijará una tasa mínima de incorporación para todos los proveedores de gas natural para favorecer la independencia de este sector del estado.

En lo referente a las cuotas y certificados desde noviembre de 2021, las garantías de origen serán subastadas por el Estado, de esta manera dejará de ser un sistema de venta libre.

En el apoyo a la financiación se crean ciertas ayudas y subvenciones locales para poder financiar los proyectos de biogás y biometano.

Deja de existir una exención del impuesto sobre el consumo interno de gas natural.

2.4.3.1 Estimación del potencial de generación de biogás y biometano en Francia

Según las proyecciones de Gas for Climate y GRFD para el año 2030, Francia podría alcanzar un considerable potencial de generación de biometano. Gas for Climate estima que este potencial podría ascender a 174.8 TWh, mientras que GRFD sugiere una cifra ligeramente inferior de 146.8 TWh. Estas previsiones reflejan un posible aumento significativo en la producción de biometano en el país para la próxima década, indicando un creciente interés y desarrollo en tecnologías energéticas sostenibles.

Gas for Climate		GRTgaz / Teréga / GRDF / FGR / ATEE analysis	
Anaerobic digestion		Anaerobic digestion	
Agricultural residues	31.4	Agricultural residues	28.2
Animal manure	33.7	Animal manure	24.5
Biowaste	0.4		
Industrial wastewater	19.5		
Permanent grassland	0.0	Permanent grassland	11.8
Roadside verge grass	1.1		
Sequential cropping	87.3	Sequential cropping	46.4
Sewage sludge	1.3		
		Industrial waste	7.3
		By-products of food industry	4.5
		Residual waste	2.3
		Seaweed	12.7
		Biogas for cogeneration	9.1
Sub-total anaerobic digestion	174.8	Sub-total anaerobic digestion	146.8

Figura 10: Comparativa de las estimaciones de potencial de biometano en Francia en 2050 entre el estudio de Gas for Climate y GRDF en TWh [64]

2.4.4 ALEMANIA

Alemania fue de los primeros países en empezar a mitigar la emisión de los gases de efecto invernadero en el sector industrial. La mejor manera de hacer esto sería cambiar la producción de electricidad con carbón por energías renovables. El gobierno introdujo grandes incentivos para desarrollar y fomentar las tecnologías renovables. Destacaron la energía solar, la eólica y el biogás [65].

Debido al excedente de producción que hubo en los años 2000 la UE pago a determinados agricultores para que dejaran de producir cultivos alimenticios en parte de su terreno. El gobierno de Alemania tratando de aprovechar esto promovió el *Renewable Energy Sources Act* que incentivaba los cultivos energéticos.

La mayoría de las plantas construidas son de un tamaño similar ya que el gobierno ofrecía incentivos en función de la capacidad de producción de la planta. De esta manera se autorreguló y la mayoría de las plantas de biometano se encuentran entre 350 y 1000 m³/h de capacidad de producción.

Alemania se sitúa a la cabeza de la producción de biogás y biometano en Europa, seguido de Francia e Italia, por el momento (se estima que la inyección de biometano en la red en 2021 fue de 10,7 TWh [60]). El 99% de las plantas que producen biometano inyectan en la red. Las plantas que tienen incluido el proceso de depuración del biometano son el 2% de las plantas de biogás en Alemania. No solo es el país que más biogás produce si no que también hay una gran diferencia de producción entre él y el siguiente de la lista. Reino Unido tiene más producción que Italia y Francia, pero se está teniendo en cuenta solo a los Estados Miembro.

Alemania tuvo un gran desarrollo de sus plantas e instalaciones de biogás durante los años 2006 a 2014, desde entonces por cambios en el mercado, las medidas tomadas por el gobierno y cambio en los incentivos este crecimiento se ha visto detenido.

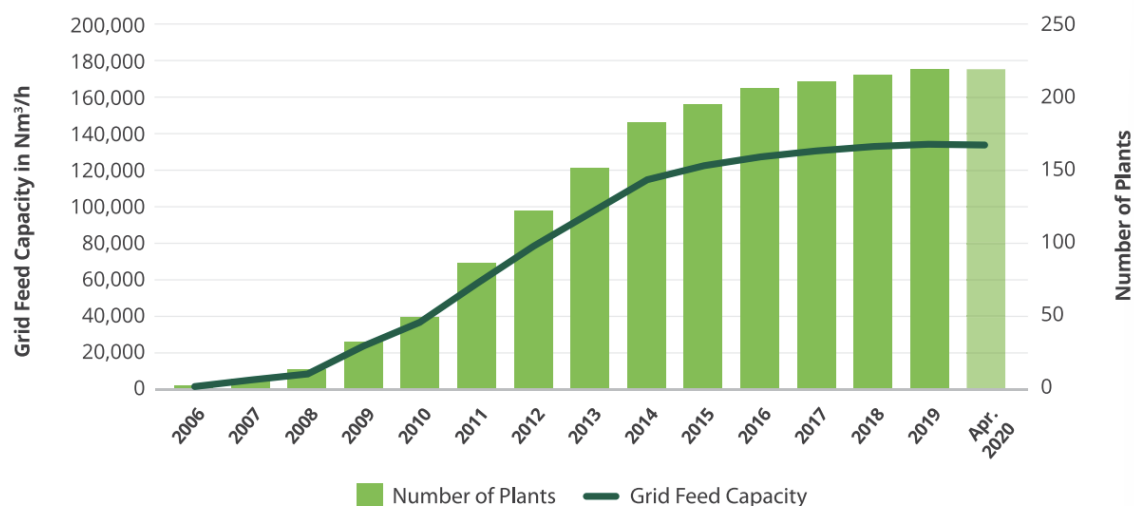


Figura 11: Número de plantas de biogás con upgrading y capacidad de inyección en red [65].

Los principales usos que se le da al biometano en Alemania son para uso eléctrico, para calefacción y como combustible de vehículos. Calefacción y combustible suponen cada uno un 5% del biometano producido, la mayor parte se dedica a la electricidad, esto puede deberse a que está mucho más incentivado ese tipo de uso.

Según el panorama que se planea ahora mismo en Alemania para la producción de biogás y su uso correspondiente los productores están cambiando su sistema. Ya no se centrarán en producción eléctrica, sino que cambiarán a negocios de más largo plazo.

El número de plantas de biogás será limitado en el futuro y se dedicaran pequeñas plantas de DA de desechos animales para la producción de electricidad y plantas de tamaño medio que usen como materia prima los restos orgánicos (biorresiduos) para producir biometano y que este biometano este dedicado completamente al sector automóvil [65].

Actualmente, el 78% de las materias primas usadas en las plantas de alemanas son cultivos energéticos, un 14% son restos y desechos orgánicos, 7 % desechos agroganaderos y 1% lodos de depuradora.

A diferencia de otros países de la UE, Alemania no ofrece incentivos por la inyección de biometano en la red ni por la producción de biometano. Se centran en estrategias más indirectas, fomentando la energía renovable para la producción de electricidad, movilidad y calefacción. Varias de las estrategias más importantes son:

- La generación de potencia con biometano en las plantas CHP.
- Calefacción y refrigeración de edificios.
- Biometano como combustible para vehículos adaptados al gas natural.

También para beneficiarse de las ayudas, el biometano debe ser inyectado en la red para adquirir el certificado de Garantías de Origen y así poder recibir ayudas. La Garantía de Origen la otorga la DENA (Agencia de energía alemana).

¿Qué hace bien Alemania?

- Se debería de considerar el uso del biometano más allá de la generación de electricidad.
- A la hora de determinar las estrategias y los incentivos se deben considerar el efecto incremental que pueden tener las economías de escala. Si se fomenta la industria del biogás, en cierto tiempo se deberá también de fomentar el uso del digestato como fertilizante.
- La DA y la industria del biometano contribuye a la captación y a la mitigación de los gases de efecto invernadero. Solo habrá competitividad con otras posibles energías alternativas cuando el umbral de mitigación de gases de efecto invernadero se alcance y contribuya a la economía. Para ayudar económicamente a la industria del biometano se debería de crear un organismo o mecanismo que favorezca u otorgue cierto valor económico a la mitigación de emisiones de CO₂.
- No solo en Alemania, también en Italia y en Francia (Reino Unido también en este caso), son una demostración del buen uso de las tarifas de alimentación a la red de gas natural. Todos estos países han demostrado un gran crecimiento en lo que se refiere a la producción de biogás y biometano.

2.4.4.1 Estimación del potencial de generación de biogás y biometano en Alemania

Según las proyecciones de Gas for Climate y DVGW para Alemania en el año 2030, se prevé un notable potencial en la generación de biometano. Gas for Climate estima que podría alcanzar los 82,6 TWh, mientras que DVGW sugiere una estimación más alta, con un rango entre 193 y 234 TWh. Estas cifras indican un potencial significativo para el desarrollo y la expansión de la producción de biometano en Alemania para dicho año, reflejando un posible aumento en el uso de energías renovables.

Gas for Climate		DVGW ⁵¹	
Agricultural residues	16.3	Agricultural residues	60
Animal manure	18.3	Animal manure	21.4
Biowaste	2.0	Municipal residues	6.3
Industrial wastewater	9.7	Industrial residues	27.1
Permanent grassland	22.9	Permanent grassland	23
Roadside verge grass	0.9		
Sequential cropping	10.5		
Sewage sludge	2.0		
		Energy crops	55.3
		Extensively used grassland outcrop (optional)	0-12
		Biodiversity areas (optional)	0-30
	82.6 TWh		193-234 TWh

Figura 12: Comparativa de las estimaciones de potencial de biometano en Alemania en 2030 entre el estudio de Gas for Climate y DVGW [64]

2.4.5 ITALIA

Actualmente, el segundo Estado miembro que más biogás produce. El gobierno italiano puso en marcha el plan de recuperación y resiliencia para responder a la crisis del COVID 19. Solo el 1% de las plantas de biogás en Italia pueden producir biometano, su inyección en red para el año 2021 fue de 1,2 TWh. Solo el 85% de las plantas que producen biometano inyectan en red. El 76% de la materia prima para la producción de biogás son desechos orgánicos, un 23% son desechos agropecuarios y un 1% son lodos de depuradora [60].

En lo referente a cuotas y certificados, para la compra de Certificado de suministro para consumo (CIC) es necesario que los proveedores fijen una cuota del 10% de biocarburantes (del cual tiene que haber un 2% incluido) en 2022. Las Garantías de Origen solo serán otorgadas en el caso de que no se haya recibido el CIC. Las Garantías de Origen podrán venderse a un sujeto obligado.

Para las primas y tarifas, el CIC será recibido en función de la producción. Se le concede una bonificación del 20% a aquellos que tengan el CIC y, además, cuenten con una infraestructura de compresión o licuefacción.

2.4.5.1 Estimación del potencial de generación de biogás y biometano en Italia

Italia está integrando el Plan Nacional de resiliencia y recuperación [69], que fue aprobado por la Comisión Europea en agosto del año 2022. Este plan contiene, entre otros objetivos, la producción de 2.3 bcm de biometano a nivel nacional para 2026. Esto tratará de lograrse con un presupuesto de 4.5 mil millones de euros.

Según este plan tratarán de usar todo el biogás producido para generar biometano, a través del upgrading, así como construir nuevas plantas. Tratarán de alinear el consumo del biometano con las necesidades nacionales (tratar de que el transporte y la calefacción residencial se lleven a cabo con biometano).

Para poder cumplir con este plan se instaurarán una serie de regulaciones o medidas:

- Se hará una reconversión y mejora de la eficiencia de las plantas de biogás existentes para favorecer la producción de biometano.
- Se apoyará la construcción de nuevas plantas de biometano, financiando un 40% de la inversión.
- Se promoverá la utilización de nuevos vehículos que usen el biometano como combustible.

Gas for Climate		Agricultural Biomethane Roadmap	
Agricultural residues	0.5	Agricultural residues	0.22
		Agro-industrial residues	0.07
Animal manure	1.0	Animal manure	2.23
		Animal by-product	0.11
Biowaste	0.3	Food residues	0.09
Industrial waste waters	0.3		
Roadside verge grass	0.1		
Sequential cropping	3.2	Sequential cropping	3.8
Sewage sludge	0.1		
	5.5 bcm		6.52 bcm

Figura 13: Comparativa de las estimaciones de potencial de biometano en Italia en 2030 entre el estudio de Gas for Climate y Agricultural Biomethane Roadmap [64]

2.4.6 MEDIDAS DE OTROS PAÍSES

Dinamarca: objetivo nacional de conseguir la consumición total del biometano inyectado en la red para el año 2030. Empezaron promocionando las ventajas que ofrece la producción de biogás. Como puede ser, entre otros, la independencia energética, la producción de energía para la calefacción en pequeñas comunidades. Y la reducción de gases nitrogenados del sector de la agricultura.

Irlanda: al igual que otros países, Irlanda ha marcado un objetivo de producción de biometano de 5.7 TWh (aprox. 0,58 bcm) para 2030 con el objetivo de reducir la emisión de gases de efecto invernadero, para favorecer la descarbonización tanto en el sector agroganadero como en el sector consumidor [70].

Países Bajos: han marcado como objetivo un consumo de biometano de 2 bcm. El biometano deberá ser producido a nivel nacional y ser inyectado en la red. Será prioritario la obligación de mezcla para algunos sectores hasta 2030 [71].

2.4.7 ESPAÑA

Dentro del *Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030* se ha desarrollado un hoja de ruta para el desarrollo del biogás en España. Se proporcionan ciertas medidas con el objetivo de promover esta transición energética y relacionar la cadena de valor del biogás con los marcos regulatorios y normativos de la política energética en España [24].

Tiene impacto sobre cuatro grandes ámbitos: política agroindustrial, economía circular, política energética y política ambiental. Trata sobre la reducción de emisiones de CO₂, la buena gestión de los residuos y diferentes materiales generados en diversas industrias, de esta manera se podría desplazar el uso de las materias primas de origen fósil por materias primas renovables.

La hoja de ruta del biogás contempla solo el uso de determinados residuos orgánicos como materia prima para el digestor anaerobio. Entre ellos se encuentra: lodos de EDAR, estiércoles, biorresiduos de origen doméstico, comercial e industrial, residuos de industrias agroalimentarias y restos de cultivos herbáceos. El aprovechamiento de estos residuos depende de la normativa a la que estén ligados (como, por ejemplo: Subproductos Animales No Destinados a Consumo Humano, SANDCH) y a la disponibilidad y otros detalles técnicos que presenten.

El tener tantos tipos de materia prima no siempre es lo más eficiente ya que las características más favorables para la DA no se encuentran todas en un solo residuo. La codigestión anaerobia trata dos o más residuos a la vez y de esta manera las características de ambos se complementan. Al seleccionar las materias orgánicas ideales para la codigestión se debe tener en cuenta también el digestato producido. Ya que si se quiere obtener un digerido que luego se pueda considerar producto debe seguir la normativa *Reglamento (UE) 2019/1009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de junio de 2019, por el que se establecen disposiciones relativas a la puesta a disposición en el mercado de los productos fertilizantes UE y se modifican los Reglamentos (CE) n.o 1069/2009 y (CE) n.o 1107/2009 y se deroga el Reglamento (CE) n.o 2003/2003* [72], en el que se especifica que materias primas pueden usarse.

Varios de los problemas para la disponibilidad técnica que pueden presentar estos residuos son la sostenibilidad (poder acceder a dichas materias orgánicas según criterios sostenibles), la estacionalidad y la existencia de otros usos alternativos que podría llegar a tener esa materia.

Según el *Proyecto de Ley de Residuos y Suelos Contaminados para una Economía Circular* [73], lo que se refiere a la fracción orgánica de los residuos de competencia local previamente mencionados es legalmente conocido como biorresiduo. Para tratar estos biorresiduos se necesita separación de origen, es decir, antes de empezar el tratamiento de digestión anaerobia la materia prima debe estar bien diferenciada. Para ello será necesario recoger la materia orgánica ya separada o que dicha materia orgánica pase por un tratamiento mecánico de separación. Este proceso puede ser un Tratamiento Mecánico Biológico (TMB), es un tratamiento para la recuperación de materia prima. A pesar de este tipo de procesos si la materia prima ya ha sido mezclada va a contener cierto porcentaje de otros residuos que van a afectar al rendimiento de la DA. De igual manera siempre se va a perder cierta cantidad de materia prima que quede pegada a los residuos eliminados. Este tipo de residuos se ven afectados por la estacionalidad, esto implica que a un tipo de materia ya variable (como se ha mencionado previamente no se va a obtener el 100% de la materia prima recogida como materia para introducir en el digestor) se le va a añadir más variabilidad pues los hábitos de consumo cambian en las distintas épocas del año.

Los residuos de las industrias agroalimentarias también se ven muy afectados por la estacionalidad, al igual que los restos de los cultivos. Para más inri los cultivos también se ven fuertemente afectados por las condiciones climáticas, cosechas enteras se pueden perder por una tormenta y nos solo se pierde el producto que se está generando, si no todos los productos en potencia que se podrían haber obtenido de sus desechos.

Para suplir esta falta se debe tratar de determinar otro tipo de residuos o desechos que también sean estacionales, pero con estaciones inversas. Esto supone cierta dificultada por que se debería de encontrar otro residuo que complemente al residuo que ya se contempla de manera casi perfecta en lo que a estacionalidad se refiere. También debería de ser similar en términos de producción de biogás, es decir, debería de generar aproximadamente el mismo biogás. Se pretende una economía circular, si un hogar, un centro o industria se vuelve dependiente del biogás generado por este tipo de residuos una vez llegue la estación en la que no ofrezca desechos deberían de tener unos desechos alternativos que les puedan ofrecer aproximadamente las mismas características de biogás y potencial energético. De esta manera se podría tener una fuente de energía durante todo el año.

Esto no es tarea fácil y puede acarrear diferentes problemas. En principio no es fácil encontrar un cultivo o fuente de desechos que ofrezca las características mencionadas, pero no solo eso si no que también tiene que estar localizado en un sitio cercano para no incurrir en gastos de transporte (tanto de materia prima, como del biogás generado y transportado al sitio de consumición). También se debe encontrar a trabajadores que estén dispuestos a trabajar con dicho sector de la industria agroalimentaria y que esté dispuesto a ofrecer o vender los residuos de su trabajo para este uso.

En la hoja de ruta del biogás se destaca que uno de los aspectos más críticos para la viabilidad de este tipo de tecnología y producción de biogás consiste en tener un suministro continuo, asequible y estable de materias primas de calidad. Es imprescindible garantizar la seguridad del abastecimiento del digestor.

Por tanto, es vital que las instalaciones se encuentren sitios cercanos a las explotaciones agrícolas o ganaderas. O un compromiso entre la distancia de la instalación a las explotaciones y la distancia entre la instalación y el punto de utilización del biogás, ya que el transporte del biogás también resulta costoso.

Será necesario, para el aprovechamiento del digerido, que se determinen las parcelas agrícolas en las cuales se va a aplicar para poder asegurar que se dispone de la suficiente superficie agrícola en un entorno cercano. También se especifica que será necesario disponer de un sistema de almacenamiento del digerido para asegurar que la aplicación del digerido se hace en el momento correcto (visto desde un punto de vista agronómico).

Según el *Real Decreto Legislativo 1/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Prevención y Control Integrados de la Contaminación* [74], las instalaciones de digestión anaerobia necesitan la Autorización Ambiental Integrada (autorización de carácter ambiental) en la que se determinan los límites de emisión ya que no se deben superar los estándares establecidos en el real decreto mencionado previamente. Por tanto, cualquier industria que use la digestión anaerobia se ve sometida a las obligaciones de autorización, monitorización y registro que se establecen para cada uno de los sectores [24].

2.4.7.1 Estimación del potencial de generación de biogás y biometano en España

Se han realizado varios estudios para determinar el potencial de generación de biogás en España. Dependiendo del estudio se toman en cuenta unos tipos de materias primas u otros o se asume un rendimiento u otro por lo que llegar a un número en concreto y absoluto resulta complicado.

En la Figura 14, se pueden apreciar las diferencias de criterio en la selección de las posibles materias primas que acaban provocando, entre otros factores que también afectan una diferencia de 72.6 TWh.

Gas for Climate		SEDIGA (Spanish gas association)	
Anaerobic digestion			
Agricultural residues	15.7	Agricultural residues	11.3
Animal manure	20.0	Animal manure	15
Biowaste	1.3	Biowaste	
Industrial wastewater	13.2	Industrial wastewater	3.4
Roadside verge grass	0.6		
Sequential cropping	92.3	Sequential cropping	59
Sewage sludge	1.4	Sewage sludge	2
		Waste materials produced in health and physiological research activities	9
Sub-total	144.4	Sub-total	100

Figura 14: Comparativa de las estimaciones de potencial de biometano en España en 2050 entre el estudio de Gas for Climate y SEDIGAS [64]

Capítulo 3. POTENCIAL DE PRODUCCIÓN DE BIOGÁS

3.1 *MATERIAS PRIMAS*

Para determinar el potencial de producción de biogás y biometano en España es necesario acotar las materias primas. Las materias primas que se tendrán en cuenta en este proyecto son las siguientes:

- Ganadería: tanto animales estabulados como no estabulados.
 - Bovinos: serán separados en dos categorías las *vacas lecheras* y *el resto de los bovinos*. Teniendo en cuenta que las excreciones de la vaca lechera incluyen las del ternero durante la fase de cría (se asumen de media 6 meses y se aplica un factor de 0,5 en consecuencia).
 - Porcinos: serán separados en dos categorías las *cerdas reproductoras* y *el resto de los porcinos*, que califican como porcinos de engorde. Al igual que en los bovinos, se tiene en cuenta la fase cría para las excreciones de los lechones (tienen una fase de cría entre 25 y 31 días antes de separarlos de la madre, por lo que se asume un factor de 0,083).
 - Avícola:
 - Gallinas Ponedoras.
 - Pollos de engorde.
 - Ovinos: para los ovinos se tienen dos categorías, *ovejas madre* y *de reposición* y *Resto de ovinos*.
 - Caprinos: dos categorías existentes *cabras madres* y *chivas en reposición* y *resto de caprinos*.
 - Cunicola: Conejas Madre.
- Agricultura: se han tomado los residuos de diferentes cultivos conformado por paja, rastrojos y demás partes desechables.
 - Trigo blando y escanda.
 - Trigo duro.

- Cebada
- Centeno y cereales de invierno.
- Avena y cereales de primavera.
- Maíz
- Arroz
- Triticale
- Sorgo
- Olivar
- Viñedo
- EDAR: para esta categoría se usa el habitante equivalente (medida de DBO5 en el agua que se trata en una depuradora) [75].
- FORSU: se considera el biogás generado en el proceso de depuración de las aguas residuales [76].
 - 10.1.1 Residuos domésticos y similares (domésticos y vías públicas)
 - 09. Residuos animales y vegetales

El Código LER (Lista Europea de Residuos) [77] es un sistema de clasificación de la Unión Europea que identifica y clasifica diferentes tipos de residuos mediante un número de seis dígitos, proporcionando información sobre su origen, características y composición. Este código es importante para la gestión y utilización de residuos como materia prima en digestores anaerobios, ya que permite una identificación precisa de los residuos, asegurando la selección de materiales adecuados y la optimización de la composición del sustrato.

Esto hace que cumplir la normativa ambiental sea más sencillo y supone menos trabajo para las empresas e instalaciones. La documentación requerida y los informes obligatorios garantizan la seguridad y salud mediante la prevención de riesgos asociados a residuos peligrosos.

Además, optimiza el proceso al gestionar mejor los nutrientes y controlar contaminantes, reduciendo los costes y maximizando la producción de biogás. Su uso promueve la sostenibilidad ambiental al reducir emisiones y fomentar la economía circular, contribuyendo a una gestión eficiente, segura y económica de los residuos.

Tabla 2: Código LER de los distintos sustratos.

<i>Sustrato</i>	<i>Código LER</i>
Ganadero	020106
Paja de cereales	020103
Orujos, lías, vinazas	020704
EDAR	200108
FORSU	190805

3.2 POTENCIAL DE GENERACIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE RESIDUOS DE ANIMALES ESTABULADOS

3.2.1 RESIDUOS BOVINOS

Para la determinación del biogás generado a partir de los desechos bovinos es necesario obtener los datos del INE (Instituto Nacional de Estadística) de ganado estabulado [76], plazas de estabulación y cabezas de ganado, en función de las Comunidades Autónomas (CC.AA).

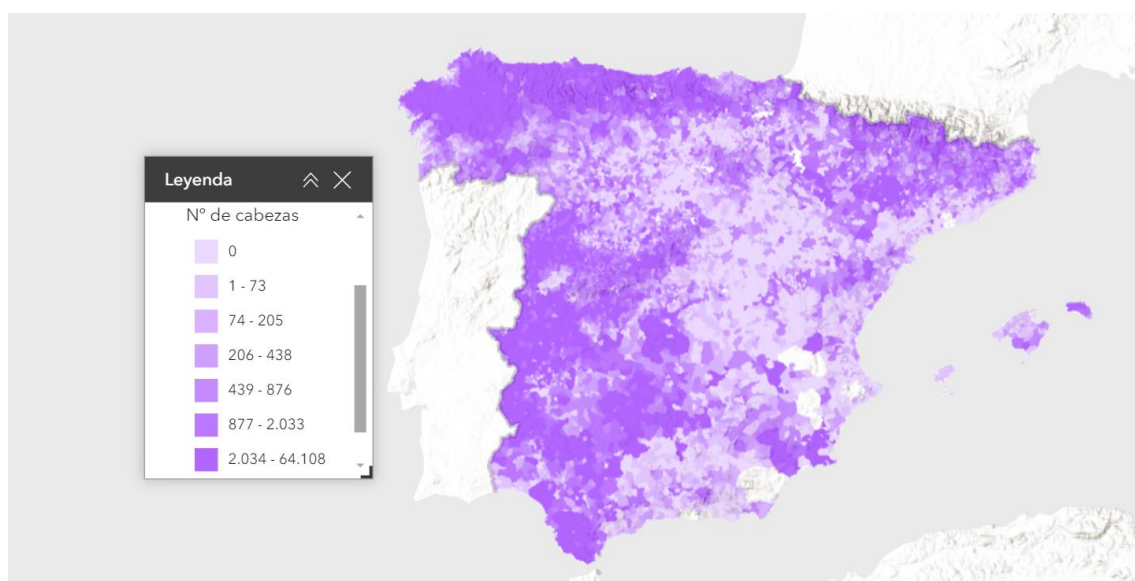


Figura 15: Número de cabezas de ganado bovino [76].

Se conocen los datos de deyecciones de los bovinos del *DECRETO 153/2019, de 3 de julio, de gestión de la fertilización del suelo y de las deyecciones ganaderas y de aprobación del programa de actuación en las zonas vulnerables en relación con la contaminación por nitratos procedentes de fuentes agrarias*, se especifican las deyecciones (purines y estiércol) generado por plaza y por año.

Tabla 3: Deyecciones Bovinos [78]

		<i>Purín</i> (m ³ /plaza y año)	<i>Estiércol</i> (t/plaza y año)	<i>Densidad</i> (t/ m ³)
Bovino	Reproductores	9	12	0,8
	Cría	0,5	0,7	
	Reposición	5,5	7	
	Engorde	3,6	4	

Para los bovinos hay diferenciación en los datos del INE de las vacas lecheras del resto de bovinos. Los datos usados del Decreto 153/2019 son los de bovino reproductor, cría, reposición y engorde, que aparecen en la Tabla 3. Se ha supuesto para el ‘*Resto de Bovinos*’ misma proporción de animales de reposición y de engorde, mientras que para las ‘*Vacas lecheras*’ se ha supuesto que las crías están estabuladas junto a las madres durante al menos 6 meses.

Por tanto, se estima que para las vacas lecheras la excreta de purín es de 9,25 m³/plaza y año y de estiércol es de 12,35 t/plaza y año. Para el resto de los bovinos la excreta de purín es de 4,55 m³/plaza y año y de estiércol es de 5,5 t/plaza y año.

De esta manera se obtienen los datos finales de las deyecciones de los bovinos por comunidad autónoma.

Tabla 4: Deyecciones Bovinas por CC.AA. Fuente: Elaboración propia.

Comunidad Autónoma	Purín (t/año)	Estiércol(t/año)
Andalucía	2469905	3201410
Aragón	1948358	2489524
Principado de Asturias	2071459	2720873
Islas Baleares	220911	293503
Canarias	117620	156891
Cantabria	1822220	2384910
Castilla - La Mancha	1992079	2557348
Castilla y León	7507644	9595420
Cataluña	3327618	4304220
Comunidad Valenciana	505507	667489
Extremadura	3448377	4371227
Galicia	6021348	8076803
Comunidad de Madrid	428283	546126
Región de Murcia	423164	550773
Comunidad Foral de Navarra	595389	776780
País Vasco	675369	877708
La Rioja	231613	296102
Total Nacional	33806862	43867108

Del total de las deyecciones, el estiércol sólido (considerado estiércol puro) contiene un 20% de sólidos totales, de los cuales el 80% son sólidos volátiles (representan un 16% del estiércol puro) [79]. Respecto a las deyecciones totales los sólidos totales suponen un 11% y los sólidos volátiles un 8% (aproximadamente, dependiendo de la comunidad autónoma).

La tasa de eliminación de los sólidos volátiles es del 90%, el factor de producción de CH₄ es de 95% y el potencial de producción CH₄ (B0) es 0,2 N m³ CH₄/kg sv.

$$Q_{\text{metano}} = SV[t] * F_{SV} * F_{CH_4} * B0 [Nm^3 CH_4/t_{SV}]$$

La densidad del CH₄ es de 0,657 kg/ m³ y del CO₂ 1,976 kg/ m³. La composición del biogás que se obtiene tiene una proporción de 65% de CH₄, 30% CO₂ y 5% de mezcla de otros gases [79].

Con estos datos se calcula el caudal de metano, dióxido de carbono y biogás. Para calcular la masa de digestato como subproducto del digestor, se calcula la masa de biogás total y se usa la masa total de sustrato.

Usando un método de separación por membranas para lograr el upgrading del biogás se logra una pureza del 96% y se incurre en unas pérdidas de un 1%. Las tablas de cálculos se adjuntan en el Anexo I.

Tabla 5: Caudal de biogás, biometano y digestato de residuos bovinos por comunidad autónoma. Fuente: Elaboración propia.

Comunidad Autónoma	$Q_{biogás} (m^3)$	$Q_{biometano}^* (m^3)$	Masa digestato(t)
Andalucía	134754728	3201410	16691153
Aragón	104789812	2489524	13751431
Principado de Asturias	114527813	2720873	7631957
Islas Baleares	12354238	293503	7447068
Canarias	6603883	156891	5533885
Cantabria	100386363	2384910	4675531
Castilla - La Mancha	107644685	2557348	4439646
Castilla y León	403893361	9595420	4331012
Cataluña	181174572	4304220	4104751
Comunidad Valenciana	28096144	667489	1515399
Extremadura	183995047	4371227	1338823
Galicia	339971288	8076803	1144342
Comunidad de Madrid	22987723	546126	950293
Región de Murcia	23183292	550773	950965
C.F. de Navarra	32696448	776780	515004
País Vasco	36944766	877708	501814
La Rioja	12463627	296102	267775
Total Nacional	1634738314	43867108	76006782

* Caudal de biometano calculado asumiendo que todo el caudal de biogás se dedique a upgrading.

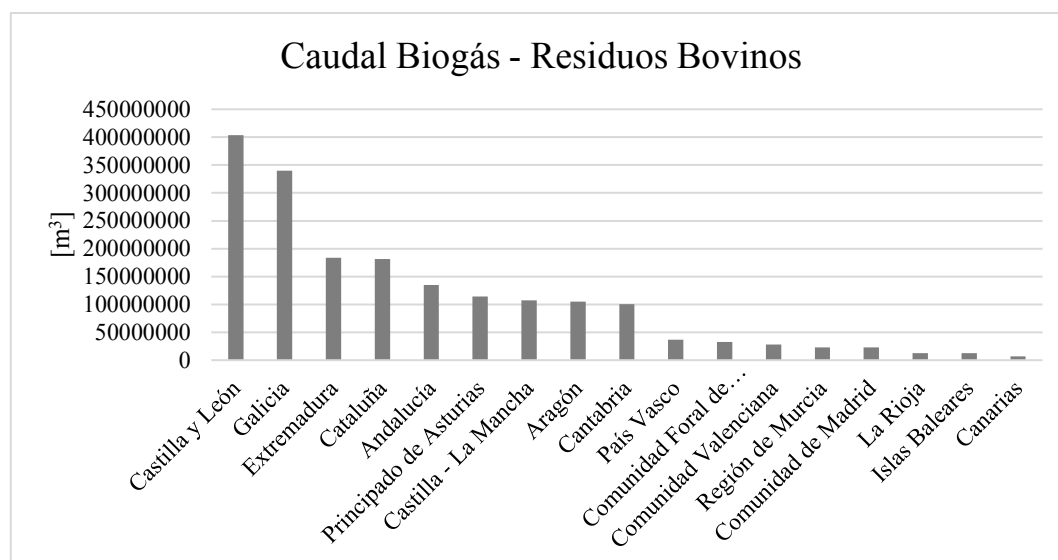


Figura 16: Caudal de biogás de residuos bovinos por comunidad autónoma en orden descendente.

Fuente: Elaboración propia.

El caudal de biogás representado en la Figura 16 es el correspondiente al año del que se han obtenido los datos, (que son el año más reciente posible, 2020). Esto implica que no se están usando todos estos desechos en la actualidad para producir biogás y la cantidad de biogás producida es mucho menor.

Para calcular los años a futuro se han tenido en cuenta el histórico del ganado en España y se ha realizado una proyección a futuro. Se han obtenido los datos de las cabezas de ganado bovinos entre los años 2011 y 2022, se ha estimado una proyección hasta el año 2050. Para hacer la predicción se ha usado una ecuación logarítmica ya que es la que mejor se adapta a los datos. También, las poblaciones de ganado no tienen un crecimiento lineal por lo que esa no sería eficiente. Las predicciones logarítmicas a menudo son más estables en el tiempo y realistas para una predicción a largo plazo.

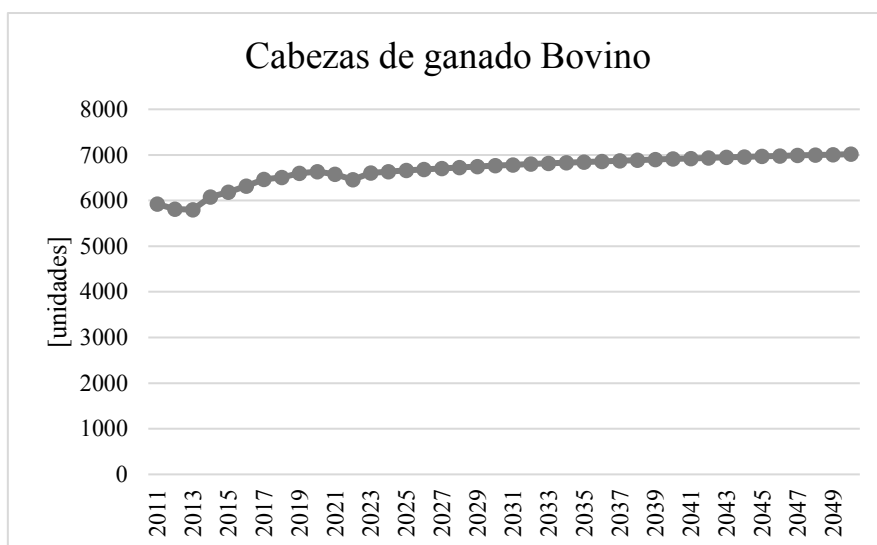


Figura 17: Proyección de cabezas de ganado bovino. Fuente: Elaboración propia.

De esta manera se determina que el número medio de unidades de ganado estabulado en España para el año 2030 es de 6.896.007. Asumiendo que la distribución de ganado es constante a lo largo de la península y que la proporción de ‘vacas lecheras’ y ‘resto de bovinos’ se mantiene constante en cada una de las 17 comunidades autónomas se calcula el número de ‘vacas lecheras’ y de ‘resto de bovinos’ por comunidad.

Teniendo los datos de bovinos de 2030 se sigue el mismo procedimiento que se ha mencionado previamente para calcular el caudal de biogás y el caudal de biometano que se podría llegar a obtener en dicho año (Tabla 27).

De igual manera se obtienen los datos del año 2050, en el que el número medio de unidades de ganado estabulado es de 7.148.701. Se asume la misma distribución de ganado que se ha asumido anteriormente y se realiza el procedimiento previo para obtener el posible biogás y biometano (Tabla 28).

Cabe destacar que los datos que se han obtenido hasta este momento no son los datos reales de utilización, sino que son el máximo posible, teniendo en cuenta que todos los desechos y excreciones fuesen destinadas al digestor anaerobio.

Por lo que el paso posterior sería determinar el porcentaje de utilización de este biogás.

Para determinar el porcentaje de utilización actual es necesario saber cuánto se ha producido en el año estudiado, estos datos están recogidos en la hoja de ruta del biogás [24]. En ella se especifica que ahora mismo se generan 2,74 TWh y que hay 130 plantas

de digestión anaerobia, de las cuales solo 13 se destinan a desechos agropecuarios por lo que se asumió que la energía producida en España debido a los desechos ganaderos es de 147,54 GWh.

Tras calcular lo que proporcionan todos los desechos ganaderos en España se determina que únicamente se está produciendo un 0,45% de lo máximo disponible.

Para estimar un incremento de utilización lo más acertado posible se ha estudiado el crecimiento de esta industria en Alemania. En base a los cambios realizados y a las políticas llevadas a cabo se ha llegado a una gran producción de biogás en este país. Suponiendo que se siguiesen los mismos pasos que Alemania en cuanto a incentivos, ayudas y políticas, se puede asumir que se seguiría una proyección similar.

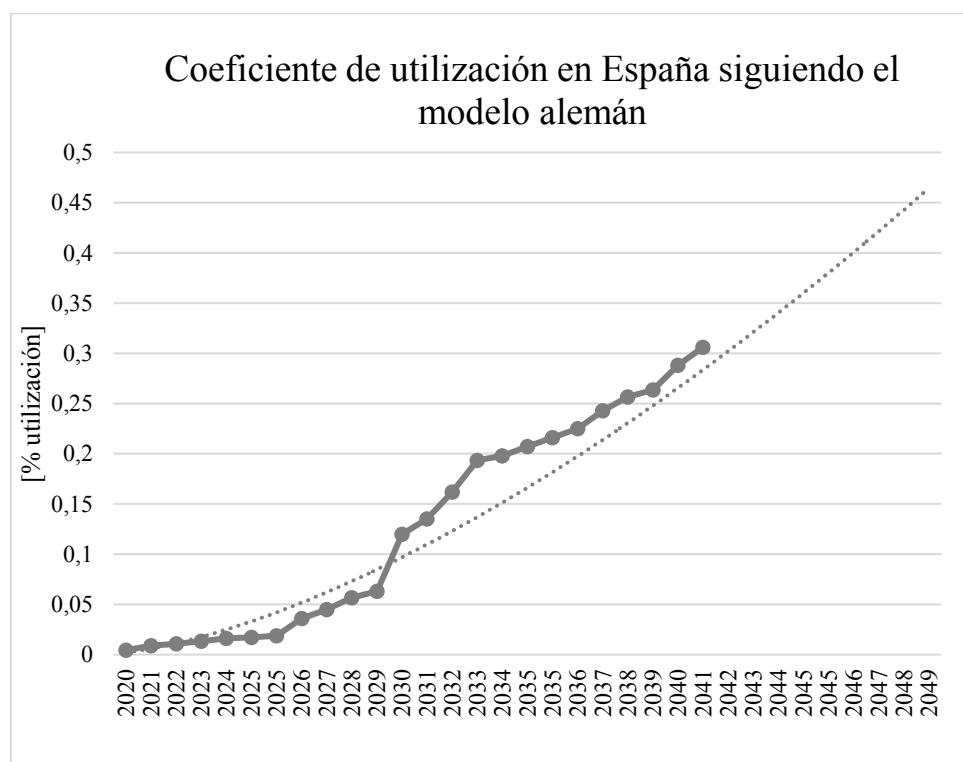


Figura 18: Coeficiente de utilización en España por año

Sabiendo la proyección de la utilización de Alemania y del punto del que se parte de España es fácil determinar el coeficiente de utilización para los años 2030 y 2050, que son en los que se centra este proyecto.

Para el año 2030, se asume una utilización del 8,6%, mientras que para el año 2050 se espera un 42,7%. Cabe destacar que esto es asumiendo una proyección similar a la alemana. Si en algún caso se invirtiese más en España los resultados probablemente

llegarían a ser mejores, de igual manera si no se llevan a cabo medidas similares a las de Alemania en España en los próximos años no se alcanzarán esos resultados.

A continuación, se aplicará el coeficiente de utilización, esta información será recogida en el apartado 3.4.

3.2.2 RESIDUOS PORCINOS

Los datos de los animales estabulados se obtienen de la misma manera que los bovinos, usando el dato obtenido en el *Decreto 153/2019* para las deyecciones de los porcinos. Los datos de INE de porcinos se clasifican en cerdas reproductoras y resto de porcinos. Los datos de las deyecciones están especificados en la Tabla 6.

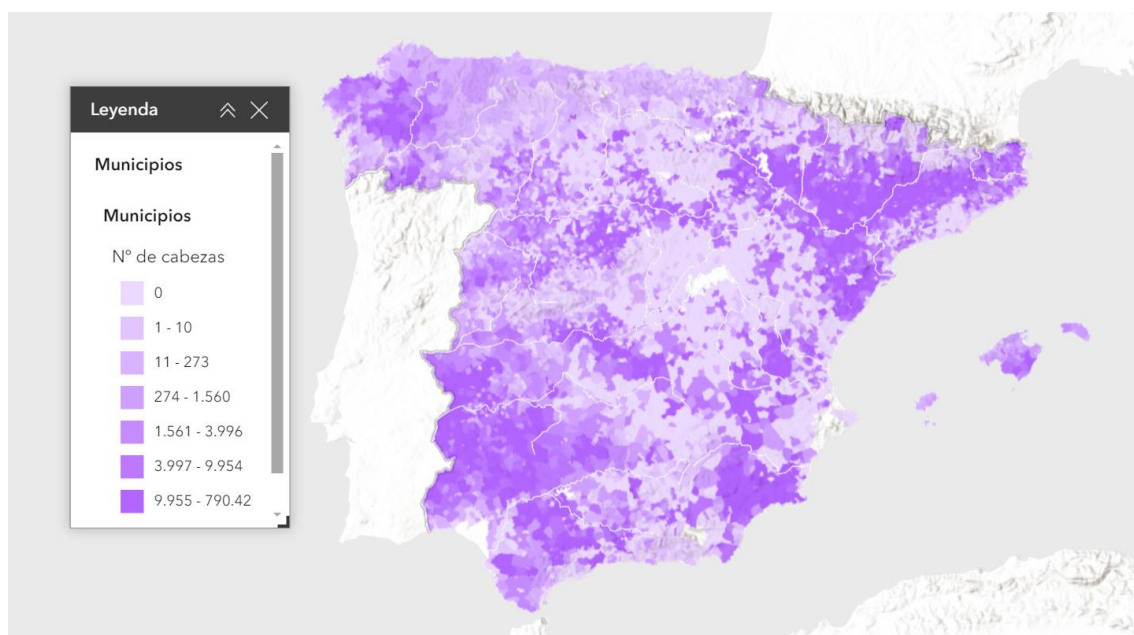


Figura 19: Número de cabezas de ganado porcino [76]

Al igual que en los bovinos, se ha considerado que los lechones están estabulados con las cerdas reproductoras por un periodo de un mes (este periodo cambia en función de la finalidad del lechón suelen ser entre 21 y 35 días, por lo que se ha supuesto un mes).

Tabla 6: Deyecciones de porcinos [78].

		<i>Purín</i> (m ³ /plaza y año)	<i>Estiércol</i> (t/plaza y año)
Porcino	Hembras	5,1	2,25
	Sementales	6,12	6,48

Lechones (6-20 kg)	0,41	0,25
Reposición	2,5	1,14
Engorde	2	1

Por tanto, las cerdas reproductoras generan 5,13 m³/plaza y año de purín y 2,27 t/plaza y año de estiércol. Con estos datos se han obtenido las deyecciones finales de los porcinos divididos por comunidad autónoma.

La densidad de los purines porcinos es de 965 kg/ m³, los sólidos totales constituyen el 34% del estiércol puro y los sólidos volátiles el 85,4% de los sólidos totales [80]. Esto implica que los sólidos totales son el 11% de las deyecciones totales y los sólidos volátiles el 9,7%.

El estiércol porcino genera entre 40 y 60 litros de biogás por kilogramo de estiércol [81]. Se asume que generan 50 L/kg, que equivalen a 50 m³/t. De esta manera se obtiene el caudal de biogás del digestor anaerobio. La composición del biogás varía en función de la materia prima que se le introduce al digestor, en este caso el biogás tiene un 65% de CH₄, un 30% de CO₂ y un 5% mezcla de otros gases [82].

Para el proceso de upgrading se sigue el mismo procedimiento que para el caso de los desechos bovinos. La masa de digestato se calcula a partir de la masa de sustrato y de la masa de biogás, suponiendo que la densidad del metano y del dióxido de carbono son las mismas que en el apartado anterior.

Tabla 7: Caudal de biogás, biometano y digestato de residuos porcinos por comunidad autónoma.

Fuente: Elaboración propia.

Comunidad Autónoma	$Q_{biogás} (m^3)$	$Q_{biometano}^* (m^3)$	Masa digestato(t)
Andalucía	194092204	130102431	11324281
Aragón	265797857	178167626	15599227
Principado de Asturias	689776	462366	40356
Islas Baleares	4674055	3133078	276457
Canarias	2338353	1567427	137780
Cantabria	433178	290365	25376
Castilla - La Mancha	127248146	85296023	7421759
Castilla y León	302729093	202923095	17705539
Cataluña	521076828	349284311	30527567
Comunidad Valenciana	85355966	57215171	4970812
Extremadura	84609880	56715060	4972389

Galicia	104308988	69919618	6098910
Comunidad de Madrid	1170038	784291	69642
Región de Murcia	121844056	81673594	7099989
C.F. de Navarra	38579015	25859996	2244872
País Vasco	1673309	1121640	98186
La Rioja	8478871	5683493	489653
Total Nacional	1865099613	1250199584	109102795

*Caudal de biometano calculado asumiendo que todo el caudal de biogás se dedique a upgrading.

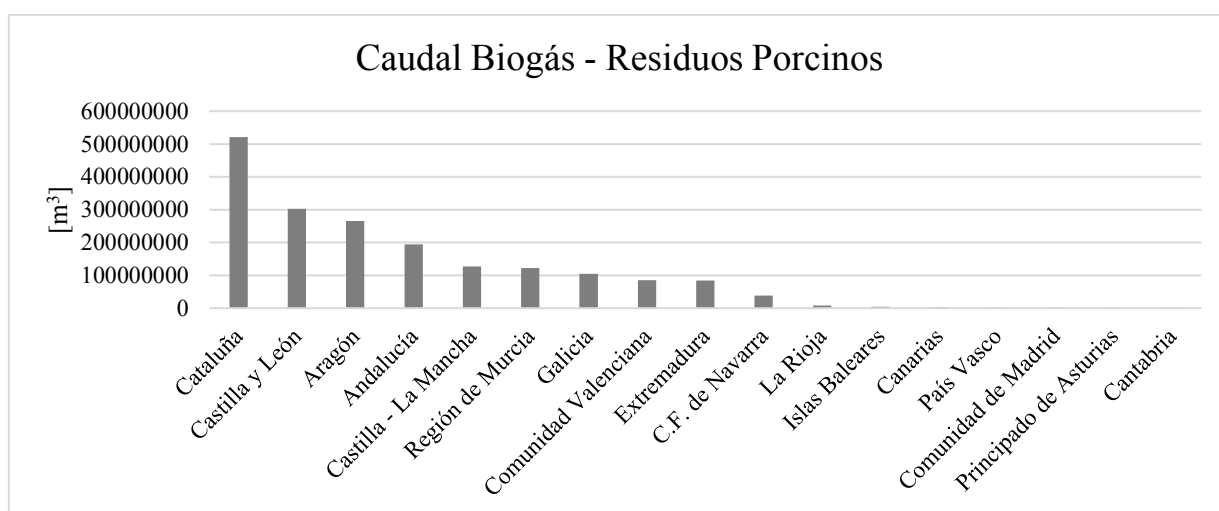


Figura 20: Caudal de biogás de residuos porcinos por comunidad autónoma en orden descendente.

Fuente: Elaboración propia.

De igual manera que en el caso anterior la Figura 20 representa el caudal de biogás total disponible debido a los residuos porcinos. El porcentaje de utilización en el 2020 es de 0,45%.

Se ha obtenido el histórico de las cabezas de ganado porcino entre los años 2011 y 2022 para poder hacer una predicción a futuro lo más exactas posibles. Se ha usado una proyección logarítmica para determinar la cantidad de ganado porcino en 2030 y 2050.

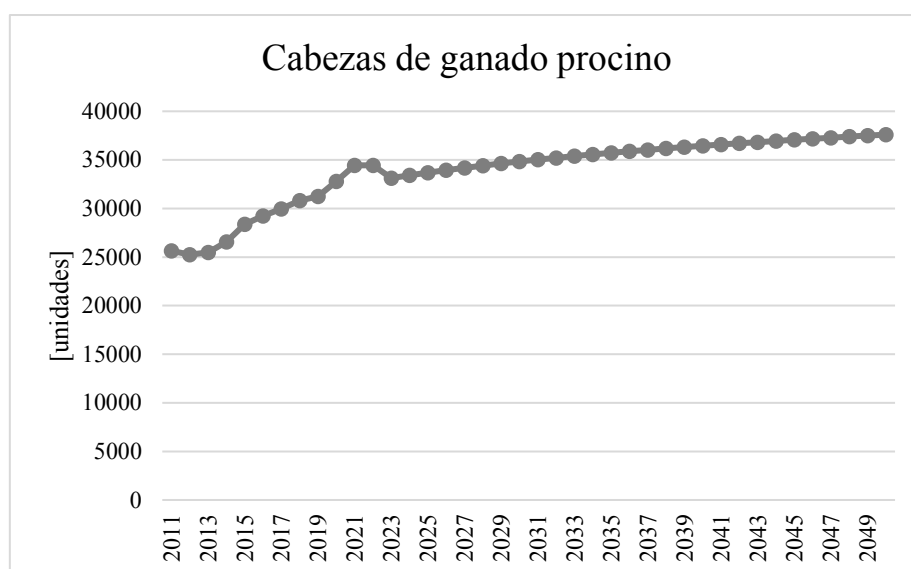


Figura 21: Proyección de cabezas de ganado porcino. Fuente: Elaboración propia.

Se asume que la distribución de ganado porcino por la península se mantiene y que la proporción de ‘cerdas de reproducción’ y ‘resto de porcinos’ se mantiene constante por cada comunidad autónoma.

De esta manera es posible calcular los desechos generados en 2030 y 2050, el biogás y el biometano que sería posible producir en esos años. Los cálculos quedan resumidos en las tablas del Anexo I (Tabla 30 y Tabla 31).

Para el coeficiente de utilización del biogás se han usado los datos calculados con la proyección de Alemania. A continuación, se aplicará el coeficiente de utilización, esta información será recogida en el apartado *Datos finales ganado*.

3.2.3 RESIDUOS DE GALLINAS PONEDORAS

Los datos de las gallinas ponedoras se han obtenido del Instituto Nacional de Estadística, y los datos de las deyecciones del *Decreto 153/2019*.

Tabla 8: Deyecciones Avicultura [78].

		<i>Purín</i> (m ³ /plaza y año)	<i>Estiércol</i> (t/plaza y año)
Avicultura	Reproductoras pesadas	0,02	0,6
	Reproductoras ligeras	0,014	0,6

	Recría	-	0,007
	Engorde	-	0,01
	Ponedoras de huevos consumo	0,037	0,04

Para los desechos de las gallinas ponedoras, es decir, la gallinaza se estima que la cantidad de sólidos totales es de 24% respecto al peso total de los desechos y los sólidos volátiles son un 60% de los sólidos totales [83].

El biogás generado en el digestor anaerobio a partir de la gallinaza está entre 426 y 554 mililitros de biogás por cada gramo de sólidos volátiles, por lo que se asume un valor de 490 m³ biogás/t SV [83].

La densidad del estiércol de gallina ponedora es necesaria para determinar la cantidad de sustrato total, es de 724,6 kg/ m³ [84].

Para obtener la cantidad de metano en el biogás es necesario conocer la composición del biogás que se extrae del digestor como producto. En este caso, con esta materia prima, se obtiene un biogás con una proporción de CH₄ de 64,4%, 34% de CO₂ y 1,71% mezcla de otros gases [85].

Teniendo estos datos ya es posible determinar la cantidad de sustrato, biogás y digestato. La masa de digestato se calcula a partir de la masa de sustrato y de la masa de biogás, suponiendo que la densidad del metano y del dióxido de carbono son las mismas que en el apartado anterior. Se asume que para la obtención del biometano depurado se sigue el mismo procedimiento que para los casos anteriores.

Tabla 9: Caudal de biogás, biometano y digestato de gallinaza por comunidad autónoma. Fuente: Elaboración propia.

Comunidad Autónoma	$Q_{biogás} (m^3)$	$Q_{biometano}^* (m^3)$	Masa digestato(t)
Andalucía	6971147	4629713	157398
Aragón	17727393	11773205	400259
Principado de Asturias	370663	246167	8369
Islas Baleares	756914	502686	17090
Canarias	3898923	2589372	88032
Cantabria	236873	157313	5348
Castilla - La Mancha	40404730	26833792	912280
Castilla y León	23217339	15419215	524214
Cataluña	20200741	13415817	456103

Comunidad Valenciana	13335916	8856715	301106
Extremadura	4408290	2927655	99533
Galicia	9644711	6405294	217764
Comunidad de Madrid	3720208	2470683	83997
Región de Murcia	3705825	2461131	83672
C.F. de Navarra	4324487	2872000	97641
País Vasco	3109226	2064915	70202
La Rioja	1564448	1038989	35323
Total Nacional	157597834	95149693	3558330

*Caudal de biometano calculado asumiendo que todo el caudal de biogás se dedique a upgrading.

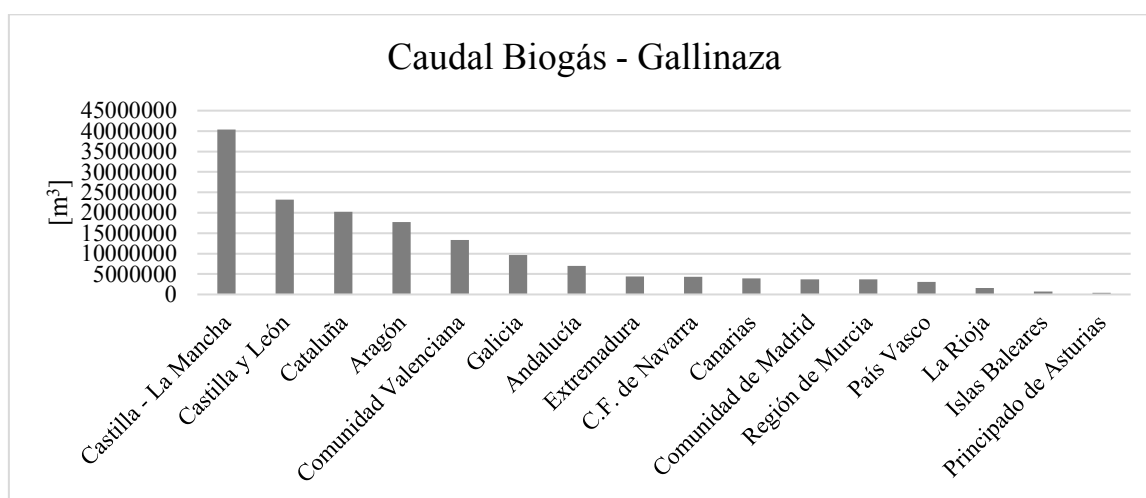


Figura 22: Caudal de biogás de gallinaza por comunidad autónoma en orden descendente. Fuente: Elaboración propia.

Al igual que en los casos previos, para calcular el biogás y biometano real producido es necesario el porcentaje de utilización y los datos históricos de los animales estabulados.

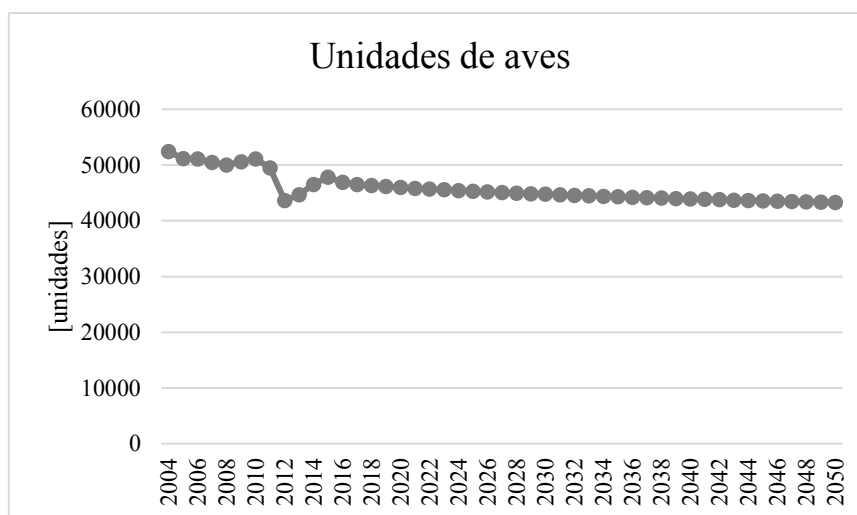


Figura 23: Proyección de unidades de aves. Fuente: Elaboración propia.

Con este dato de predicción se determinan las unidades que proporcionan gallinaza, una vez determinadas las unidades se obtiene la gallinaza y siguiendo el procedimiento anterior se calculan los datos de biogás y biometano para los años 2030 y 2050, Anexo I (Tabla 33 y Tabla 34).

A continuación, se aplicará el coeficiente de utilización, esta información será recogida en el apartado *Datos finales ganado*.

3.3 POTENCIAL DE GENERACIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE RESIDUOS DE ANIMALES NO ESTABULADOS

3.3.1 RESIDUOS OVINOS.

El primer tipo de ganado a analizar no estabulado son los ovinos. Los datos del ganado son obtenidos del INE, diferenciando dos categorías, ‘Ovejas madres y corderas de reposición’ y ‘Otros Ovinos’.

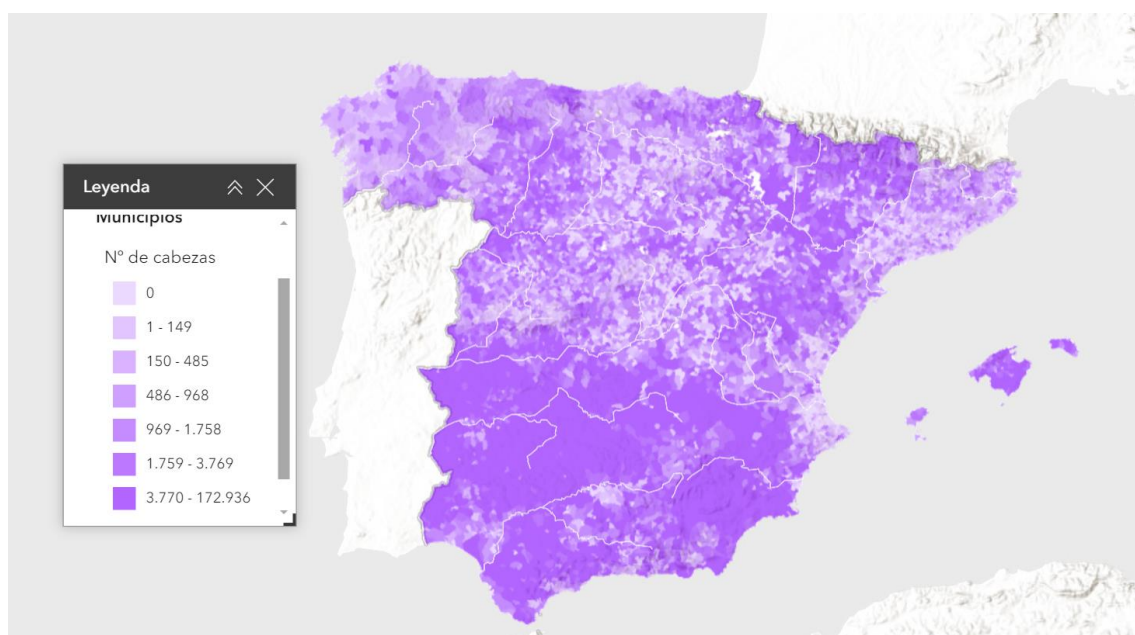


Figura 24: Número de cabezas de ganado ovino y caprino [76]

Se han consultado diferentes fuentes para determinar la cantidad de deyecciones de los animales no estabulados. En este caso, primeramente, se supuso un que un ovino produce 1,5 kg de estiércol al día (suponiendo un peso medio del ovino de 32 kg) [86].

Según Gipuzkoako Foru Aldundia una oveja madre produce 1,1 m³ (o Tm) de purín o estiércol y el resto de los ovinos (lechones, machos...) 0,55 m³ (o Tm) de purín o estiércol [87].

De esta manera y con una estimación de los datos anteriores se elaboran los datos de la Tabla 10.

Tabla 10: Deyecciones Ovinos

		<i>Purín (t/unidad ganadera)</i>	<i>Estiércol (t/Unidad ganadera)</i>
Ovinos	Ovejas madres y corderas de reposición	0,38	0,72
	Otros ovinos	0,01	0,45

Se calculan las deyecciones totales de los ovinos con los datos de las unidades ganaderas y las deyecciones por cabeza de ganado.

Estudios respaldan que los desechos ovinos contienen entre un 32% y un 45% de sólidos totales [88], por lo que se asume que los sólidos totales de los ovinos suponen un 38,5%

del estiércol puro. Los sólidos volátiles se estiman que suponen un 84,57% de los sólidos totales [89]. Quedan así calculados los sólidos volátiles que proporciona el estiércol ovino por comunidad autónoma.

Existe cierta controversia en relación con el biogás generado a partir de estiércol ovino, ciertas fuentes indican 8 m³/t SV [89], mientras que otras indican 3952 m³/t SV [90], y varios se sitúan en este amplio rango. Finalmente se ha usado el dato más razonable posible según los datos proporcionados. El estiércol ovino, por la composición que tiene genera 158 m³ de biogás por cada tonelada de sólidos volátiles [86]. Este biogás generado tiene una composición de 54% de CH₄, 41% de CO₂ y un 5% mezcla de otros gases [89].

Así se calculan el caudal de biogás, y junto con las densidades mencionadas en los apartados anteriores se calculan la masa de gas y, teniendo en cuenta la masa de sustrato que entra al digestor, se obtiene el valor final de digestato que se extrae del digestor anaerobio.

Se asume que el biogás usa el mismo método de upgrading que se ha mencionado previamente para el cálculo del biometano.

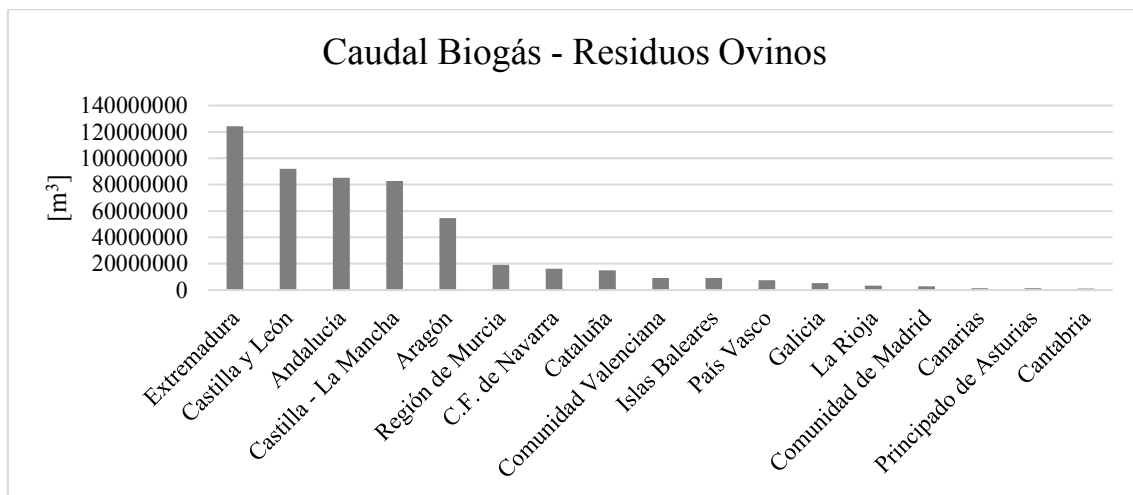


Figura 25: Caudal de biogás de residuo ovino por comunidad autónoma en orden descendente. Fuente: Elaboración propia.

Se obtiene el histórico de las unidades de ganado ovino y se puede empezar a realizar los cálculos.

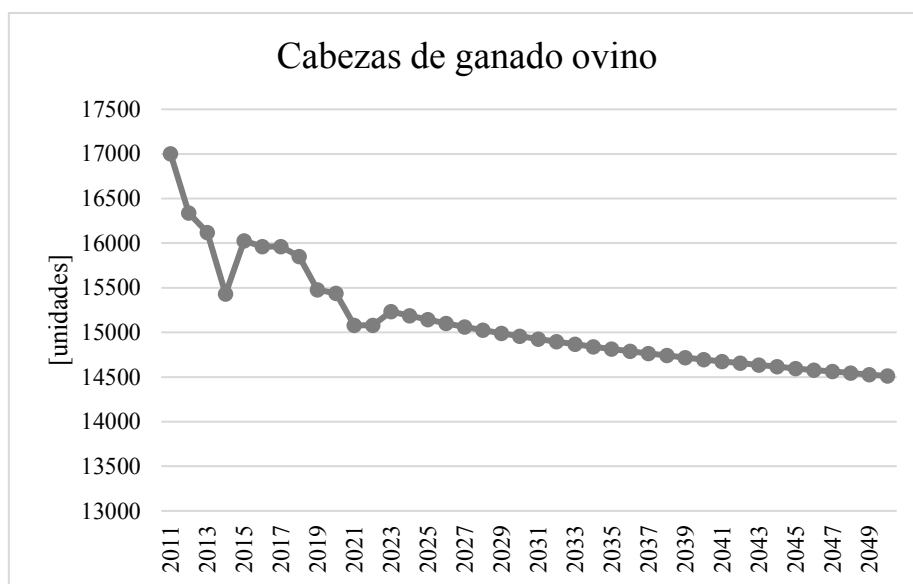


Figura 26: Proyección de las cabezas de ganado ovino. Fuente: Elaboración propia.

Se asume que se mantiene la proporción de ganado por toda la península se mantiene constante y que la proporción de ‘ovejas madre y de reposición’ y ‘resto de ovinos’ por comunidad autónoma se mantiene constante. De esta manera se puede calcular las eyecciones totales de los ovinos en 2030 y 2050 para seguir el mismo procedimiento que en el año 2020. Estas tablas se encuentran recogidas en el Anexo I (Tabla 36 y Tabla 37).

El coeficiente de utilización es el mismo que en los apartados anteriores, obtenido de los datos de Alemania. Tras aplicar el coeficiente de utilización calculado en apartados anteriores se pueden obtener los datos de biogás y biometano y los datos de la energía posible en los años a futuro. Esto queda recogido en el apartado de *Datos finales ganado*.

3.3.2 RESIDUOS CAPRINOS

Los datos de cabezas de ganado se obtienen del INE y se hace una diferenciación entre ‘Cabras madres y chivos de reposición’ y ‘Resto de caprinos’.

Al igual que para los residuos ovinos se han determinado las deyecciones de los caprinos obteniendo datos de varias fuentes y asumiendo el más lógico. El primero indica que un caprino de 50 kg de media tendrá unas deyecciones medias de 2 kg de estiércol al día [86]. Mientras que otras fuentes afirman que las cabras madres producen unas deyecciones de 1,1 m³ o Tm y el resto de los caprinos (chivos, cabritos...) producen unas deyecciones de 0,55 m³ o Tm [87].

Tabla 11: Deyecciones Caprinos

		Purín (t/unidad ganadera)	Estiércol (t/Unidad ganadera)
Caprinos	Cabras madres y chivos de reposición	0,38	0,72
	Resto caprinos	0,19	0,36

Con estos datos quedan calculados las deyecciones totales de los caprinos.

Los sólidos totales de los desechos de los caprinos se estiman en 33,65% del estiércol puro, mientras que los sólidos volátiles suponen el 82,21% de los sólidos totales [91]. Obteniendo así los datos de los sólidos volátiles. El caudal de biogás generado de residuos caprinos es de 250,7 m³/t SV, mientras que el caudal de metano de dicho biogás es de 163 m³/t SV [92]. Se obtiene la composición del biogás: 65,02% CH₄, 30% CO₂ y 4,98% mezcla de otros gases. Asumiendo las mismas densidades previamente mencionadas se calcula el caudal de biogás, la masa de biogás, la masa de sustrato y la masa de digestato.

El biometano calculado se obtiene a través del mismo procedimiento que en los casos anteriores.

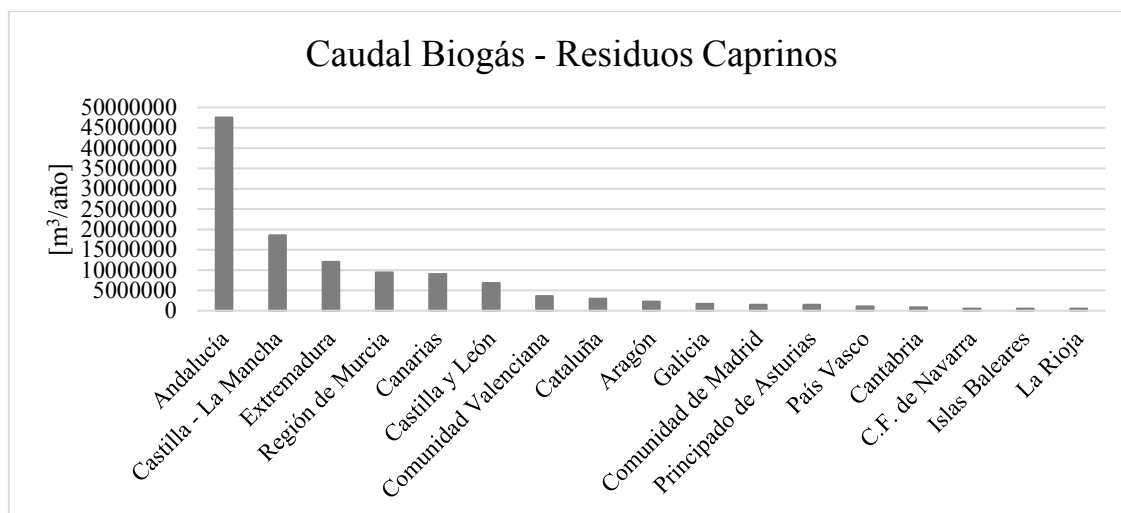


Figura 27: Caudal de biogás de residuo caprino por comunidad autónoma en orden descendente.

Fuente: Elaboración propia.

Los caprinos también tienen diferenciación de ‘*cabras madres y chivos de reposición*’ y ‘*resto de caprinos*’ que se asume que se mantiene constante por cada comunidad

autónoma y que la distribución de ganado se mantiene proporcional en toda la península en los años futuros.

Con el histórico de las cabezas de ganado caprinas del año 2011 al 2022 es posible realizar una proyección a futuro según una ecuación logarítmica. Los datos son muy dispares en los últimos años, por lo que se ha intentado hacer una aproximación más conservadora suponiendo que el número de cabezas de ganado no va a variar tanto en los años futuros.

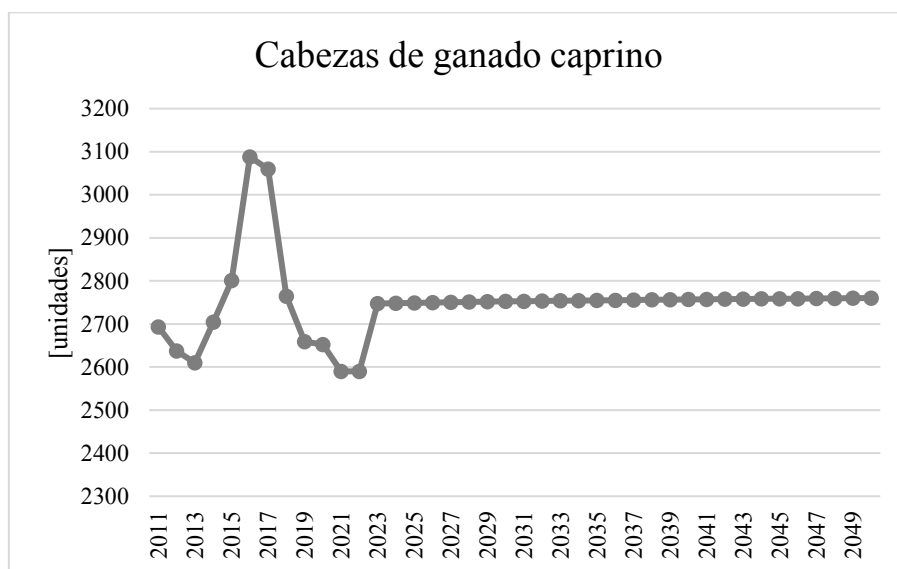


Figura 28: Proyección de las cabezas de ganado caprinas. Fuente: Elaboración propia.

Una vez obtenidos estos datos se determinan las excreciones con el mismo procedimiento que en el caso anterior y se continúan los cálculos hasta obtener el biogás y el biometano que se pueden llegar a obtener de manera realista en 2030 y 2050. (Anexo I, en Tabla 39 y Tabla 40).

3.3.3 RESIDUOS DE CONEJAS MADRE

Los datos de cabezas de ganado se obtienen del INE.

Se han determinado las deyecciones de los conejos obteniendo datos de varias fuentes y asumiendo el más lógico. El primero indica que un conejo de 3 kg de media tendrá unas deyecciones medias de 0,35 kg de estiércol al día [86]. Mientras que otras fuentes afirman que los conejos (sin especificar) producen unas deyecciones de 0,136 m³ o Tm [87] en

total, sabiendo que la parte de estiércol que corresponde a esas deyecciones es 0,1124 toneladas por unidad ganadera [87] al año se obtienen todos los datos.

Tabla 12: Deyecciones Conejas madre

		<i>Purín</i> (t/unidad ganadera)	<i>Estiércol</i> (t/Unidad ganadera)
Cunícola	Conejas madre	0,0236	0,1124

De esta manera se obtienen los datos de deyecciones, siguiendo el mismo procedimiento que en los casos anteriores y sabiendo que los sólidos totales suponen un 61,39% de la materia, mientras que los sólidos volátiles suponen un 90,26% sobre la materia seca [93]. Hay cierta controversia en este aspecto ya que diferentes autores opinan otras cosas, algunos calculan que por cada kilogramo de estiércol se obtienen 0,611 kg de sólidos totales y 0,538 de sólidos volátiles [94]. Sin embargo, esta investigación es poco reciente (de 1990, por lo que se ha optado por usar los datos de la más reciente).

Siguiendo el mismo estudio [93] se determina que cada tonelada de sólidos volátiles proporciona 325, 53 m³ de CH₄ en el biogás. Sabiendo también de este mismo estudio que la concentración del biogás a partir de desechos de conejas madres es tal que hay un 60% de CH₄, un 35% de CO₂ y un 5% de otros gases es posible determinar el caudal final de biogás y biometano. Asumiendo las mismas densidades que en las secciones anteriores se determina la masa de los gases y de digestato.

Se asume que se va a seguir el mismo procedimiento para el *upgrading* del biometano que en los casos anteriores.

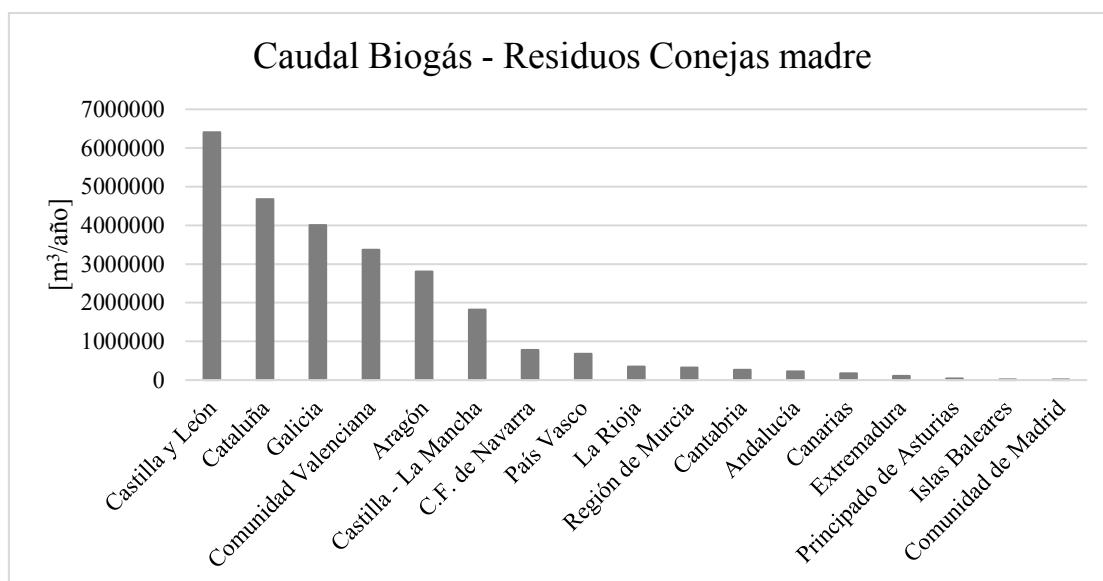


Figura 29: Caudal de biogás de residuo coneja madre por comunidad autónoma en orden descendente.

Fuente: Elaboración propia.

La tabla de cálculos para estos residuos queda recogida en el Anexo I en la Tabla 41.

Para determinar el biogás de años futuros se ha hecho una proyección del número de conejas madre en España, al igual que en las otras secciones.

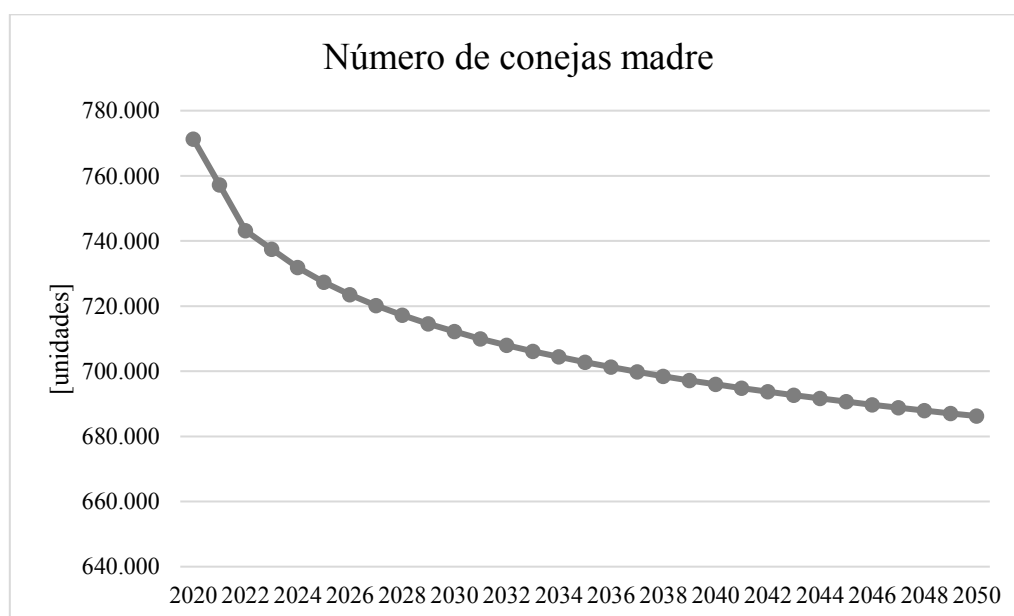


Figura 30: Proyección de las unidades de conejas madre en España. Fuente: Elaboración propia.

Una vez obtenidos los datos de conejas madre en los años 2030 y 2050 se calculan las deyecciones y, siguiendo el procedimiento previo con los datos ya mencionados es posible determinar el caudal de biogás y el biometano disponible en dichos años. (Recogido en: Tabla 42 y Tabla 43).

Con los datos de coeficiente de utilización obtenidos de Alemania es posible determinar una estimación del biogás que será posible usar en esos años, detallado en el apartado *Datos finales ganado*.

3.3.4 RESIDUOS DE POLLOS DE ENGORDE

Igual que en los casos anteriores se han obtenido los datos de las unidades de pollos de engorde del INE del Censo agrario de 2020.

Para obtener los datos de las deyecciones, al no encontrar una fuente clara para los denominados pollos de engorde se ha elegido el valor más realista posible aplicando un factor de corrección de 0,9, de esta manera nos situamos en un caso pesimista a la hora de determinar el biogás que generan y en la realidad debería de ser igual o mejor.

Tabla 13: Deyecciones Pollos de engorde

		<i>Purín (t/unidad ganadera)</i>	<i>Estiércol (t/Unidad ganadera)</i>
Avicultura	Engorde	0,0333	0,036

En este caso se sabe que, de los desechos de los pollos de engorde, un 11,20% suponen los sólidos totales y un 8,27% son los sólidos volátiles [95]. Del mismo estudio, se determina que la composición del biogás resultante es 71,42% metano, 23,57% de CO₂ y 5,01% de otros gases. También que cada tonelada de SV proporciona 500 m³ de CH₄. Con estos datos y las densidades asumidas previamente es posible determinar el caudal de biogás por año, de biometano (siguiendo el proceso de *upgrading* que se ha seguido en los apartados anteriores) y determinar el digestato la cantidad de energía que proporcionaría este biometano (Tabla 44).

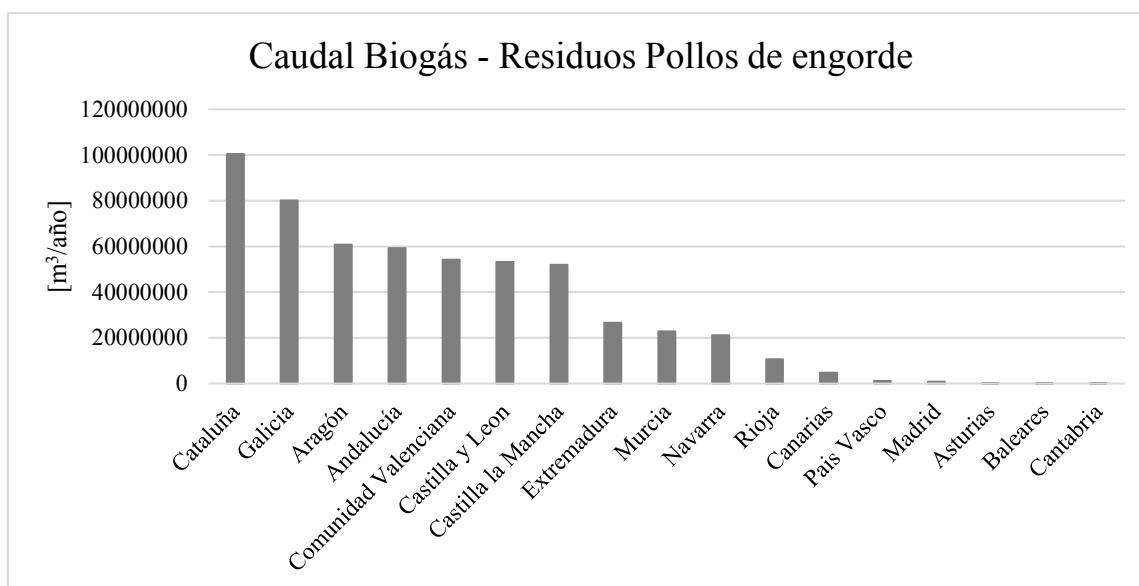


Figura 31: Caudal de biogás de residuo de pollos de engorde por comunidad autónoma en orden descendente. Fuente: Elaboración propia.

Al igual que con los otros animales se ha obtenido el histórico de las aves y se ha seguido una proyección similar a las de las gallinas. De esta manera es posible determinar el biogás y biometano producido en los años 2030 y 2050 asumiendo un 100% de coeficiente de utilización (Anexo I, Tabla 45 y Tabla 46).

El coeficiente de utilización es el mismo que se ha usado en casos anteriores que quedara recogido en el apartado *Datos finales ganado*.

3.4 DATOS FINALES GANADO

Una vez obtenidos todos los datos del ganado es posible hacer una comparativa.

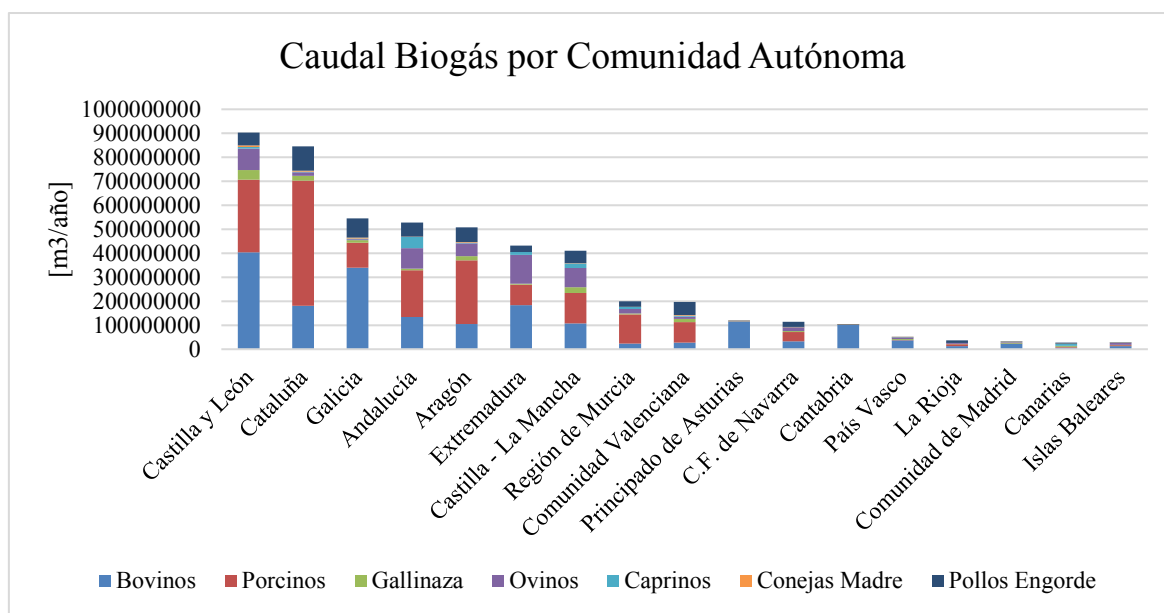


Figura 32: Caudal de biogás por CC.AA según los desechos ganaderos para el año 2020. Fuente: Elaboración propia.

Asumiendo que todo el biogás obtenido se dedicase al proceso de *upgrading* de biometano y sabiendo que, según el IDAE, el PCI del biometano es de 9,96 kWh/ m³ CH₄ [96] se ha calcula la energía que ofrece el biometano en los años 2020, 2030 y 2050 por CC.AA. Sabiendo que el coeficiente de utilización para el año 2020 es de 0,45%, y habiendo calculado el de 2030 (8,6%) y el de 2050 (42,7%) es posible determinar un valor final para la energía que posiblemente se pueda obtener en estos años.

En total, en el año 2020 se estima que se podrían haber producido 0,15 TWh (si se hubiese dedicado todo el biogás para hacer biometano). En el año 2030, se esperan 2,88 TWh y para el año 2050 se esperan 14,83 TWh.

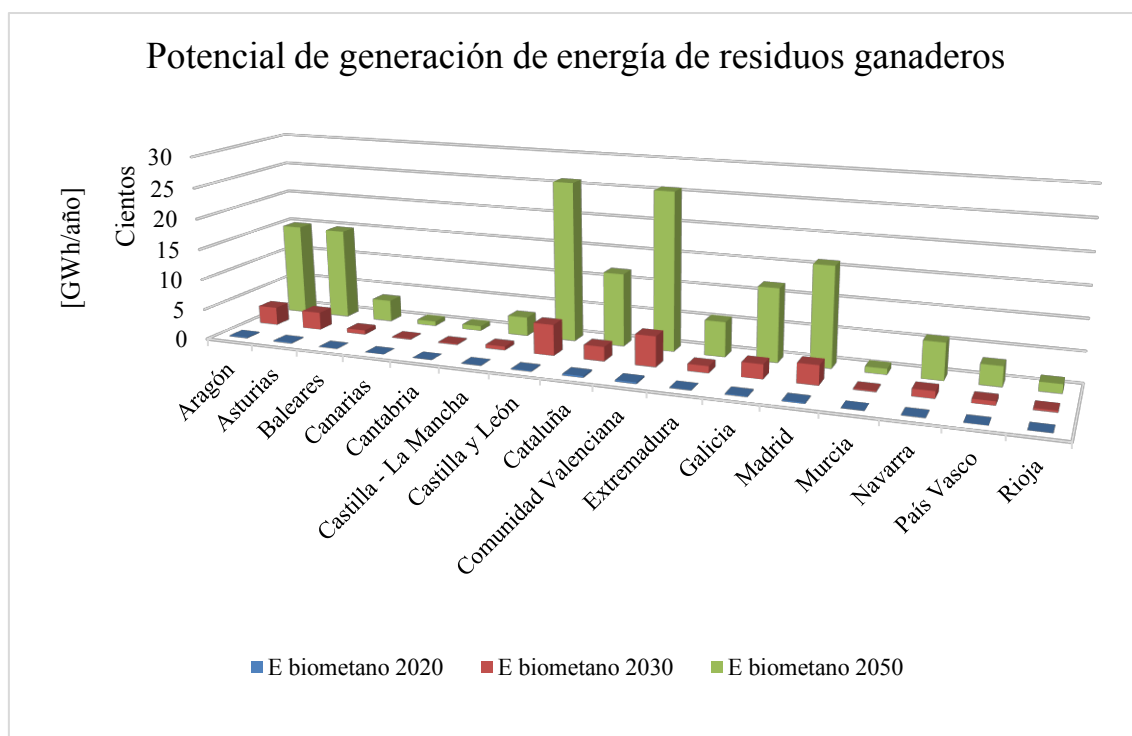


Figura 33: Potencial de generación de energía de residuos ganaderos. Fuente: Elaboración propia.
El desglose de estos datos queda recogido en el Anexo I.

3.5 POTENCIAL DE GENERACIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE RESIDUOS AGRÍCOLAS

Para poder determinar el biogás que se genera a partir de los residuos agrícolas es necesario determinar la cantidad de residuos que ofrecen los cultivos. Para ello se ha determinado un ratio (tonelada de paja/hectárea) que permita saber la cantidad de paja de cada cultivo en función del área arable.

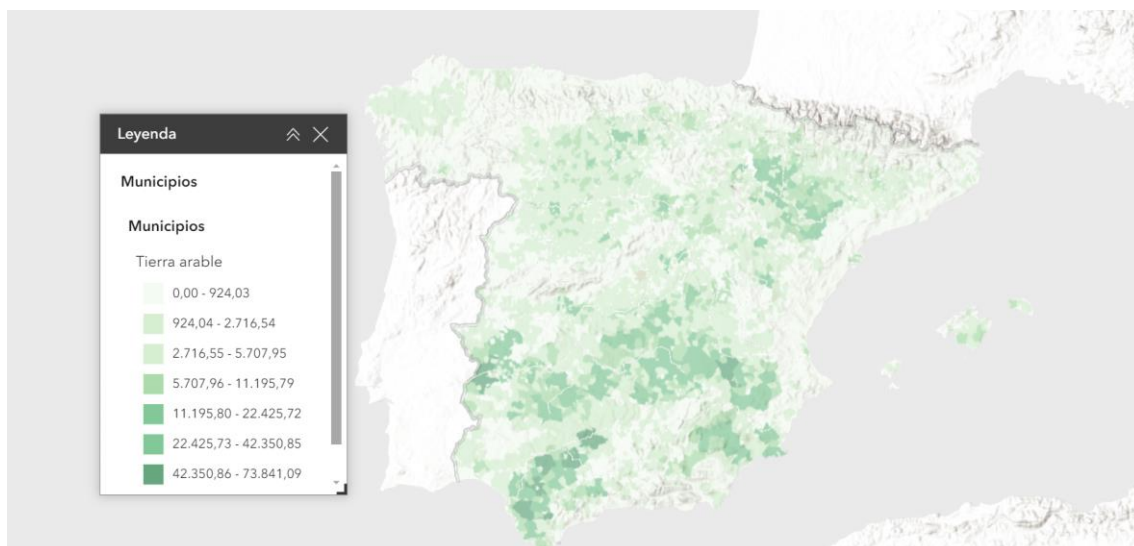


Figura 34: Superficie agrícola utilizada de tierra arable [76].

Para ellos se han obtenido los datos de los cereales de grano, olivares y viñedos de superficie, rendimiento y producción de los años 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021 del anuario del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación [97].

Los cultivos a tener en cuenta han sido: trigo blando y semiduro, trigo duro, cebada, centeno y mezcla de cereales de invierno, avena y cereales de primavera, maíz, arroz, triticale, sorgo, olivar y viñedo.

Para los cereales se ha obtenido el histórico de las hectáreas y la paja obtenida para así calcular el ratio en varios años y hacer la proyección a futuro.

Con el olivar y el viñedo es necesario tener en cuenta otros factores como el peso del hueso (que supone aproximadamente un 15%), se asume que el 70% de las aceitunas es para orujo (que son los desechos que se van a tener en cuenta en este proyecto). Por tanto, de toda la producción se suponen unos desechos del 73%, de los cuales solo el 30% se destina a este fin [21].

$$Ratio\ desechos\ orujo_i = producción_{año_i} * 0,73 * 0,3$$

Para el viñedo, el sarmiento depende de si con conducción en espaldera o de tipo vaso (se ha asumido espaldera), el orujo supone un 20% del peso de la uva, mientras que los rampos, raspones o escobajos son el 4%, y las lías de vinificación son el 1,5% del peso de la uva [98]. También se ha de tener en cuenta la lignina, las materias primas con alto contenido de lignina deben pasar por un pretratamiento para que la digestión anaerobia

sea correcta. Para determinar la cantidad de lignina se ha aplicado un coeficiente de corrección para estar del lado de la seguridad y no asumir grandes cantidades de biogás producido cuando puede que en la realidad no sea de esa manera. Por tanto, se asume que en el pretratamiento de la lignina se pierde entre un 10% y un 15% debido a la pérdida de lignina [99], [100] y que se pierde un 30% de materia prima debido al proceso.

Así se puede calcular la proporción tonelada de paja/hectárea de cada uno de los cultivos. Se realizan los cálculos para todos los años mencionados previamente y de esta manera se hace una estimación de la ratio de 2030 y 2050. Teniendo en cuenta que todo esto se hace para cada una de las CC.AA.

Tabla 14: Ratio tonelada paja / hectárea cultivo. Fuente: Elaboración propia.

	<i>TBS</i>	<i>TD</i>	<i>Ceb.</i>	<i>Cen.</i>	<i>Ave</i>	<i>Maíz</i>	<i>Arroz</i>	<i>Trit.</i>	<i>Sorgo</i>	<i>Olivar</i>	<i>Viñedo</i>
2017	1,26	1,41	1,17	0,74	0,84	0,99	0,86	0,97	1,78	2,57	1,59
2018	2,21	1,81	1,93	1,41	1,45	1,07	0,16	1,72	1,53	3,00	1,70
2019	1,67	1,38	1,46	0,93	0,98	0,92	0,18	1,20	1,62	2,48	1,61
2020	2,36	1,52	2,13	1,46	1,47	1,38	0,88	1,52	1,81	2,68	1,68
2021	2,20	1,16	1,81	1,33	1,29	1,27	0,85	1,38	0,52	2,73	1,63
2030	2,82	1,23	2,37	1,72	1,62	1,44	0,68	1,70	0,70	2,72	1,69
2050	3,33	1,11	2,76	2,03	1,86	1,62	0,73	1,89	0,26	2,73	1,71

Se ha seguido el mismo procedimiento que en el caso del ganado adaptando los datos al tipo de cultivo. Con el fin de resumir, se ha hecho la siguiente tabla:

Tabla 15: Datos para el cálculo de biogás obtenido de los residuos de los cultivos

<i>Cultivo</i>	<i>ST (%)</i>	<i>SV (%)</i>	<i>Concentración</i>	<i>Composición del biogás</i>	<i>Tabla de Cálculos</i>	<i>Referencias de los datos</i>
Trigo	91,6%	87,5%	297 m ³ CH ₄ /t SV	70,2% CH ₄	2021: Tabla 51	[101], [102]
				24,6% CO ₂	2030: Tabla 52	
				5,2% otros	2050: Tabla 53	
Cebada	90,5%	94,3% (/ST)	229 m ³ CH ₄ /t SV	54,9% CH ₄	2021: Tabla 54	[103]
				40,01% CO ₂	2030: Tabla 55	
				5,09% otros	2050: Tabla 56	

Centeno	-	95%	6,16 m ³ biogás/t SV	50,33% CH ₄ 44,77% CO ₂ 5% otros	2021: Tabla 57 2030: Tabla 58 2050: Tabla 59	[104], [105]
Avena	-	87%	242 m ³ CH ₄ /t SV	65% CH ₄ 30% CO ₂ 5% otros	2021: Tabla 60 2030: Tabla 61 2050: Tabla 62	[106]
Maíz	92,45%	85,24%	275 m ³ biogás/t SV	65% CH ₄ 30% CO ₂ 5% otros	2021: Tabla 63 2030: Tabla 64 2050: Tabla 65	[107]
Arroz	88,7%	91,9% (/ST)	195 m ³ CH ₄ /t SV	46,88% CH ₄ 48,12% CO ₂ 5% otros	2021: Tabla 66 2030: Tabla 67 2050: Tabla 68	[108]
Triticale	-	-	586,5 m ³ biogás/t paja	57% CH ₄ 38% CO ₂ 5% otros	2021: Tabla 69 2030: Tabla 70 2050: Tabla 71	[109]
Sorgo	43%	93% (/ST)	338 m ³ CH ₄ /t SV	55% CH ₄ 40% CO ₂ 5% otros	2021: Tabla 72 2030: Tabla 73 2050: Tabla 74	[110], [111]
Olivar	4,6%	97% (/ST)	686 m ³ CH ₄ /t SV	81,9% CH ₄ 14,1% CO ₂ 4% otros	2021: Tabla 75 2030: Tabla 76 2050: Tabla 77	[112], [113]
Viñedo	-	-	134 m ³ CH ₄ /t paja	61,7% CH ₄ 33,3% CO ₂ 5% otros	2021: Tabla 78 2030: Tabla 79 2050: Tabla 80	[114]

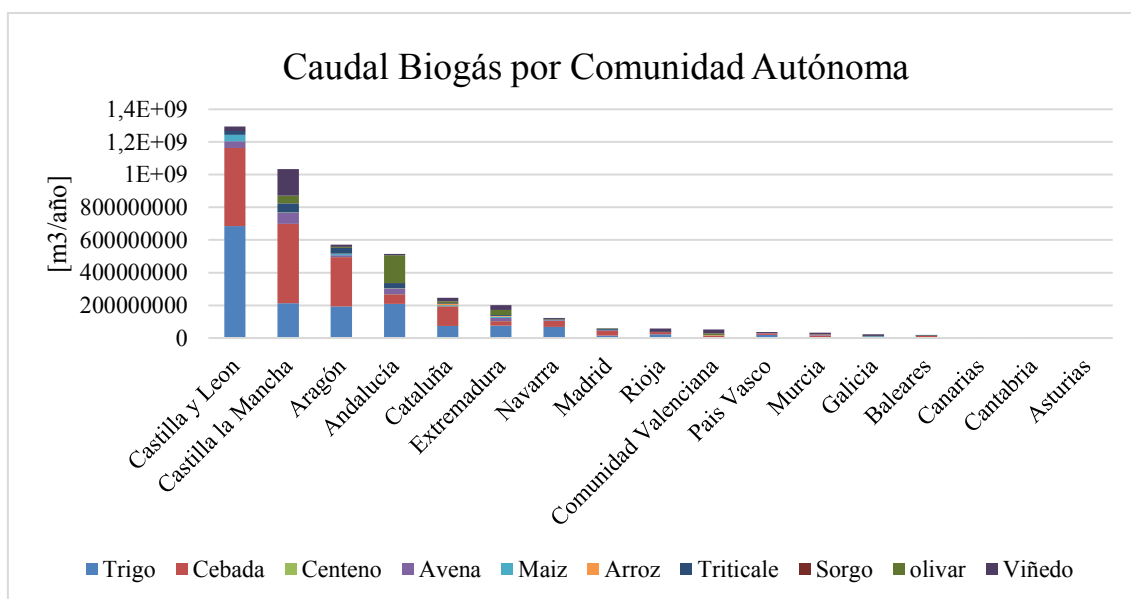


Figura 35: Caudal de biogás por CC.AA según los desechos agrícolas para el año 202. Fuente: Elaboración propia.

Con el caudal de biogás calculado se puede determinar el coeficiente de utilización de la misma manera que con el ganado, lo que resulta en un 0,46% de la utilización en el año 2021. Siguiendo la utilización de Alemania es posible determinar cuánto biometano y, por tanto, cuanta energía se puede generar a partir de estos residuos.

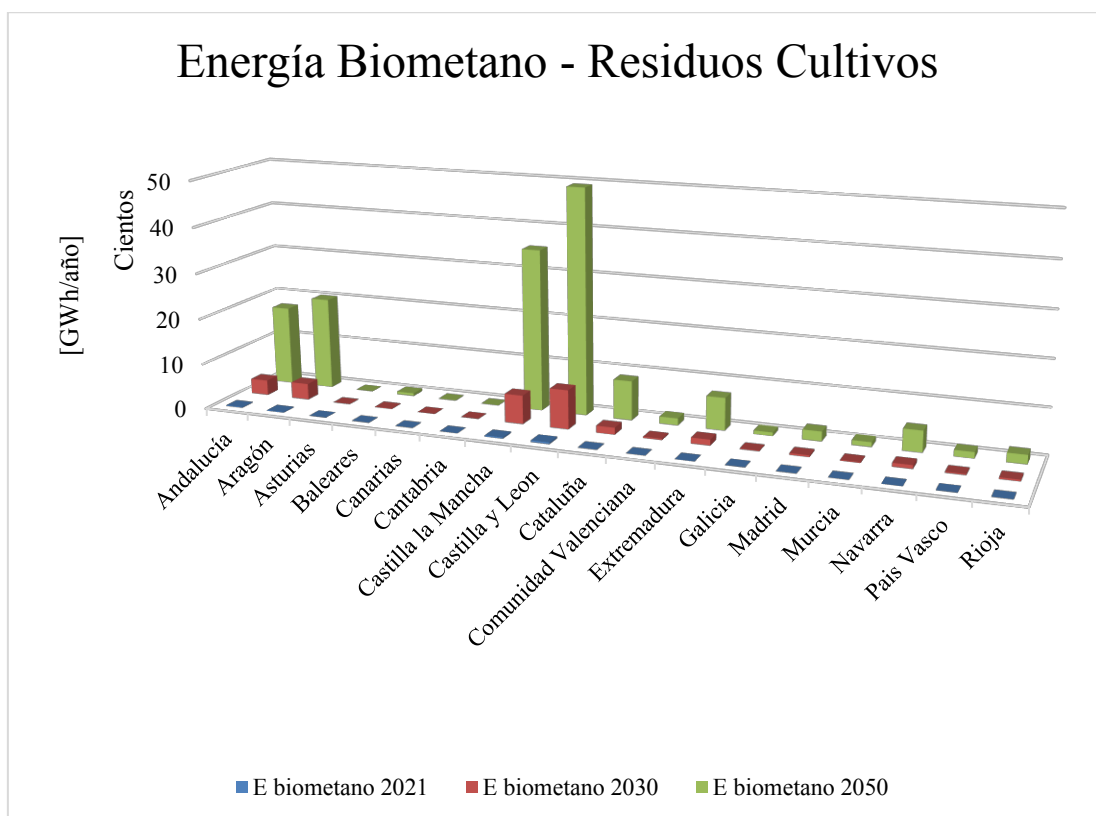


Figura 36: Potencial de generación de energía de residuos de los cultivos. Fuente: Elaboración propia. El desglose de estos datos queda recogido en el Anexo I.

En total, en el año 2020 se estima que se podrían haber producido 0,119 TWh (si se hubiese dedicado todo el biogás para hacer biometano). En el año 2030, se esperan 2,688 TWh y para el año 2050 se esperan 15,214 TWh.

3.6 POTENCIAL DE GENERACIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE EDAR

Una Estación de Depuración de Aguas Residuales tiene como objetivo el tratamiento de las aguas residuales de las ciudades y las industrias [115]. El agua pasa diferentes tratamientos de tipo físico, químico y biológico para su saneamiento [116]. Estas estaciones al llevar a cabo un proceso de digestión anaerobia para eliminar la materia orgánica obtienen como subproducto biogás, dicho biogás se puede convertir en biometano siguiendo el tratamiento adecuado. El biometano obtenido tendrá como composición un 95% de CH₄, 2% de CO₂ y trazas de ácido sulfhídrico y siloxanos [117].

Para estimar el volumen de biometano generado por las EDAR, es necesario saber el número de habitantes por cada comunidad autónoma [118], [119]. Es necesario recalcar, que para un análisis más exacto debería de dividirse las ciudades grandes de las zonas más rurales ya que la composición de los desechos varía en ese caso. Por tanto, la generación de biometano sería diferente. Para este proyecto se ha hecho una aproximación y se ha usado la siguiente ecuación [75]:

$$y = 1 * 10^{-9} * x^2 + 0,003 * x + 929,37$$

Siendo x los habitantes equivalentes de una EDAR e y el volumen de biometano generado por día ($\text{N m}^3/\text{día}$). De esta manera, sabiendo la población de cada una de las comunidades autónomas (datos obtenidos del INE) es posible calcular aproximadamente el volumen de biometano generado.

Los habitantes equivalentes no corresponden en una proporción 1:1 con los habitantes de una población, es una forma de determinar la cantidad de DBO5 que se encuentra en el agua. La ecuación que se usa ha sido obtenida de un proyecto en el que se tuvo en cuenta solo las aguas residuales de partes residenciales, sin tener en cuenta los negocios o industrias que también aportarían DBO5 y contaminan más el agua.

En la realidad (con industrias) el número de habitantes equivalentes sería superior al número de habitantes reales [75]. Cuantificar el número real de habitantes equivalentes es complicado por lo que se ha asumido que los habitantes equivalentes siguen una proporción 1:1 con la población real. De esta manera, al obtener resultados, se estarían obteniendo valores inferiores a los que realmente se podría llegar a tener. Por consiguiente, se puede asumir que se está en un caso no favorable en los resultados y se podría esperar que si esto se lleva a cabo en la realidad los resultados deberían de ser mejores de los aquí detallados.

Otra medida que se ha tomado es asumir que no todos los procesos conllevan una digestión anaerobia y generan biogás o biometano, por lo que para estar del lado de la seguridad se ha asumido que en los primeros años se usa un 60% de la materia disponible y, según pasan los años, aumenta hasta un 80%. En un caso ideal esto sería del 100% pero no resulta realista.

Tabla 16: Energía del biometano por residuos de EDAR por comunidad autónoma. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INE y TFG Lorenzo Serrat [75].

<i>Comunidad Autónoma</i>	<i>Energía Biometano (GWh/año)</i>		
	2023	2030	2050
Andalucía	218,61	245,99	315,09
Aragón	14,71	13,26	16,38
Principado de Asturias	10,80	11,62	12,06
Islas Baleares	13,12	15,51	22,74
Canarias	27,15	32,18	44,01
Cantabria	6,62	7,78	9,14
Castilla - La Mancha	29,98	27,64	31,54
Castilla y León	25,10	29,43	36,38
Cataluña	189,66	213,43	289,87
Comunidad Valenciana	95,37	123,07	176,86
Extremadura	11,33	11,97	13,49
Galicia	35,53	47,36	53,87
Comunidad de Madrid	149,78	172,43	253,15
Región de Murcia	17,41	14,98	21,16
C.F. de Navarra	7,40	8,97	11,43
País Vasco	27,20	28,41	32,70
La Rioja	4,36	5,08	5,84
Total Nacional	884,13	1009,12	1345,71

La Tabla 16 ha sido posible realizarla gracias a la ecuación previamente mencionada y a los datos del INE sobre la población española en los años 2011 a 2023. Con estos datos se ha realizado una proyección a futuro para estimar la población futura. Se ha tratado de que la estimación sea lo mejor posible ajustando el valor R2 al mayor valor que permiten los datos dentro de lo que supone una evolución lógica de la población.

La comunidad autónoma que más potencial presenta en este tipo de digestión anaerobia sería Andalucía ya que es la que más habitantes tiene, seguida de Cataluña y después la Comunidad de Madrid.

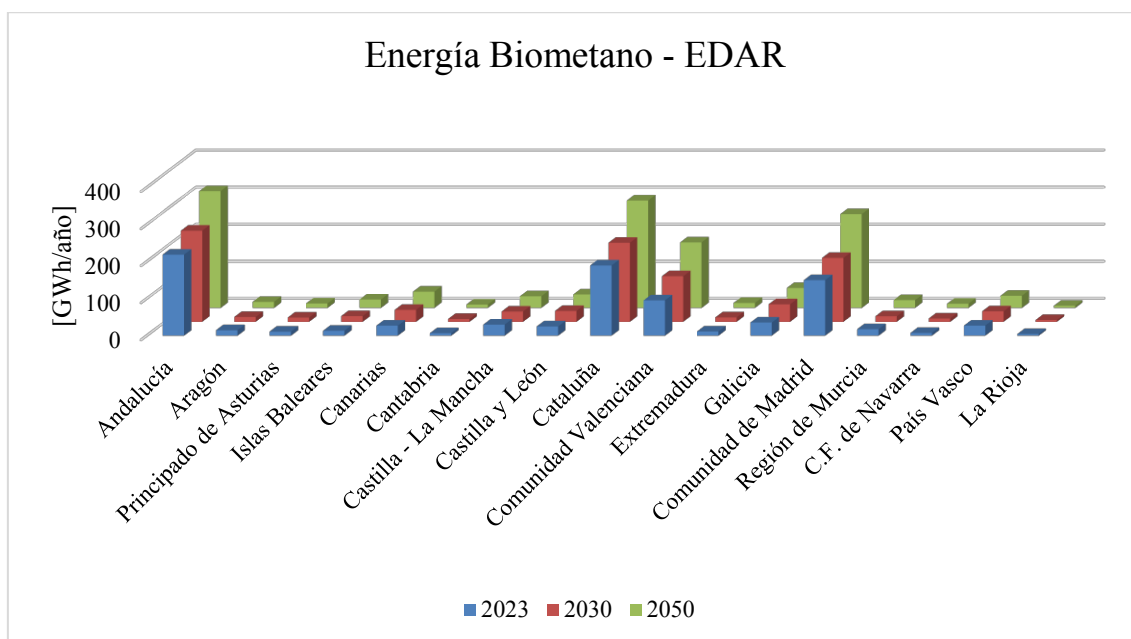


Figura 37: Energía Biometano por EDAR por CC.AA. Fuente: Elaboración Propia.

3.7 POTENCIAL DE GENERACIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE FORSU

Los residuos a considerar deben ser únicamente orgánicos. Del INE se han obtenido los datos de residuos en España entre los años 2011 y 2021. De todas las categorías se han seleccionado: *10.1.1 Residuos domésticos y similares (domésticos y vías públicas)*, *09. Residuos animales y vegetales* y *11. Lodos comunes (secos)*. Esta última categoría resulta despreciable a lo largo de los años ya que pasado el 2012 resulta siempre 0.

La fracción orgánica de residuos urbanos de ciudades como Barcelona, España, contienen un 70,1% de humedad, 29% de ST, 22,3% de SV y una capacidad de generación de biometano de 382 N m³/kg SV [120]. Obteniendo un biometano con una composición de 98% de CH₄ y resto de otros gases. Esto se obtiene por el método de separación por membranas [121].

Sería recomendable, para un estudio en más profundidad hacer una diferenciación de ciudades en función de la población. Los residuos generados en las grandes ciudades son diferentes de aquellos que se puedan obtener en un ámbito más rural, por lo que la digestión anaerobia y sus subproductos serían diferentes. De esta manera se obtendrían resultados más precisos.

De esta manera, para cada una de las comunidades se obtienen los residuos orgánicos totales (suma de *10.1.1 Residuos domésticos y similares (domésticos y vías públicas)* y *09. Residuos animales y vegetales*) y se obtiene el biometano producido por los sólidos volátiles de dicha comunidad autónoma. Se realiza lo mismo con todos los datos de los años 2013 a 2021 para poder realizar una proyección a futuro intentando ajustar el valor de R2 al máximo posible, pero teniendo en cuenta que se debe seguir una progresión realista.

También se debe tener en cuenta la errónea separación de los residuos por la población. Esto llevaría a unos costes extra y a pérdida de la materia prima en el proceso (al pasar por algún tratamiento previo, como puede ser el tratamiento mecánico, para separar los residuos). Se ha supuesto en este caso que los únicos residuos que se han usado de FORSU son los orgánicos que han sido clasificados de manera correcta desde el principio.

Por lo que resulta indispensable determinar qué porcentaje de basura se clasifica de manera correcta. Según el *Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico* (MITECO), en el *Plan estatal marco de gestión de residuos* (PEMAR) [122], emitido en el año 2016, dependiendo de si el modelo de recogida es el de cinco contenedores o si es el modelo húmedo-seco, el contenido varía entre un 12% y un 37%. Se ha optado por la media entre ambas opciones por lo que se asume que ese factor para el 2021 es de 24,5%. Se asume también que no todos los residuos orgánicos se dedican a la DA, en 2021 se presupone un 55% de aprovechamiento, mientras que en los años 2030 y 2050 65% y 80%. Asumiendo que el reciclaje y la separación de los residuos va a ser cada vez mejor por parte de los habitantes de las CC.AA a medida que pasen los años y la mejora de las tecnologías de recogida, se ha supuesto que este factor podría llegar a un 30% en 2030 y un 50% en 2050. Así se obtienen los valores de biometano en metros cúbicos por año para los años 2030 y 2050.

Según el IDAE el poder calorífico del biometano es de 9,945436508 kWh/N m³, por tanto, obtenemos el valor de biometano en GWh/año. Para que sea comparable con los demás datos obtenidos.

Tabla 17: Biometano generado por FORSU para los años 2021, 2030 y 2050. Fuente: elaboración propia.

Biometano (GWh/año)	2021	2030	2050
Andalucía	460	674	1630
Aragón	53	83	174
Asturias	48	62	129
Baleares	64	84	98
Canarias	117	159	247
Cantabria	28	40	81
Castilla - La Mancha	103	161	333
Castilla y León	89	147	307
Cataluña	289	332	651
Comunidad Valenciana	242	479	1039
Extremadura	49	65	137
Galicia	111	161	333
Madrid	238	416	868
Murcia	85	132	350
Navarra	23	40	82
País Vasco	70	75	138
Rioja	12	18	37
Total Nacional (TWh/año)	2,08	3,13	6,63

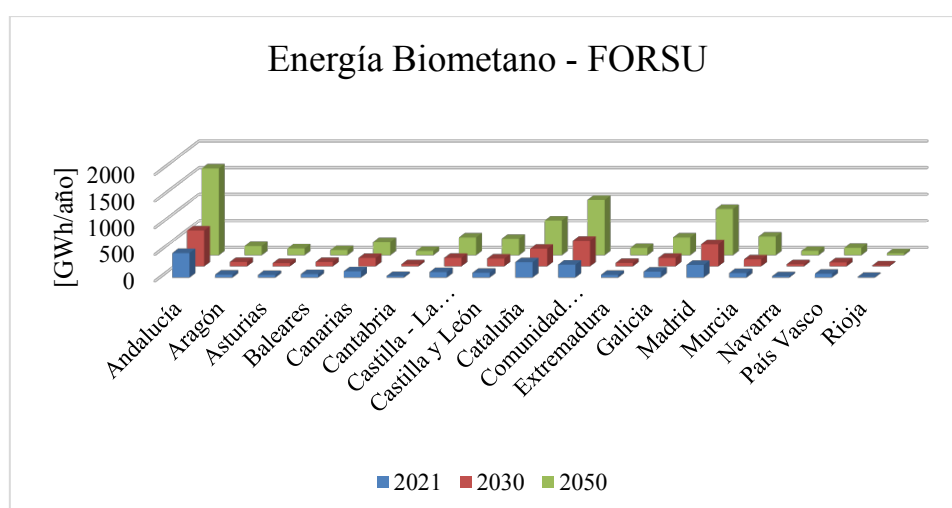


Figura 38: Energía biometano debido a FORSU en los años 2021, 2030 y 2050. Fuente: Elaboración Propia.

Tanto den 2021 como en 2050, Andalucía es la comunidad autónoma que más futuro presenta para este tipo de residuo.

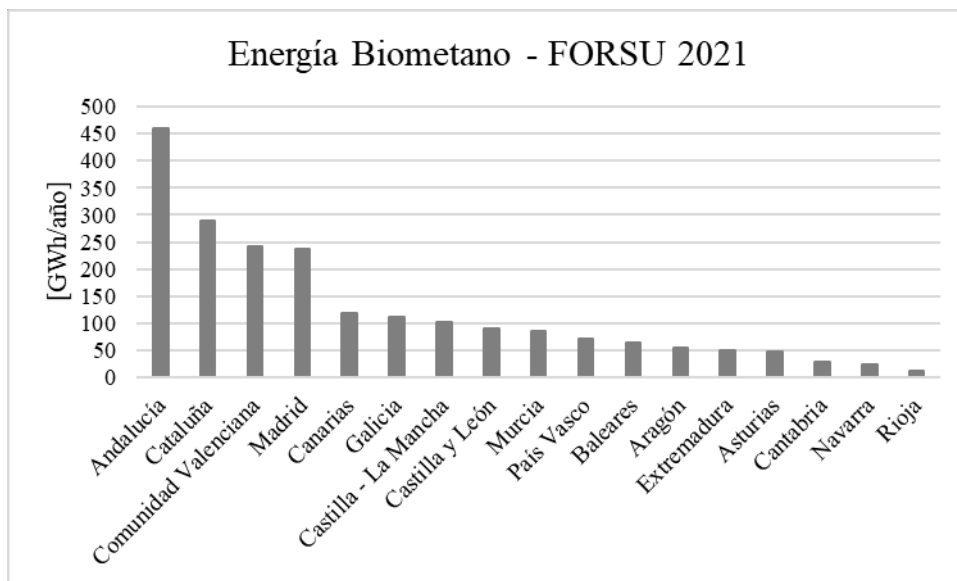


Figura 39: Energía biometano FORSU 2021 orden descendiente por CC.AA. Fuente: Elaboración Propia.

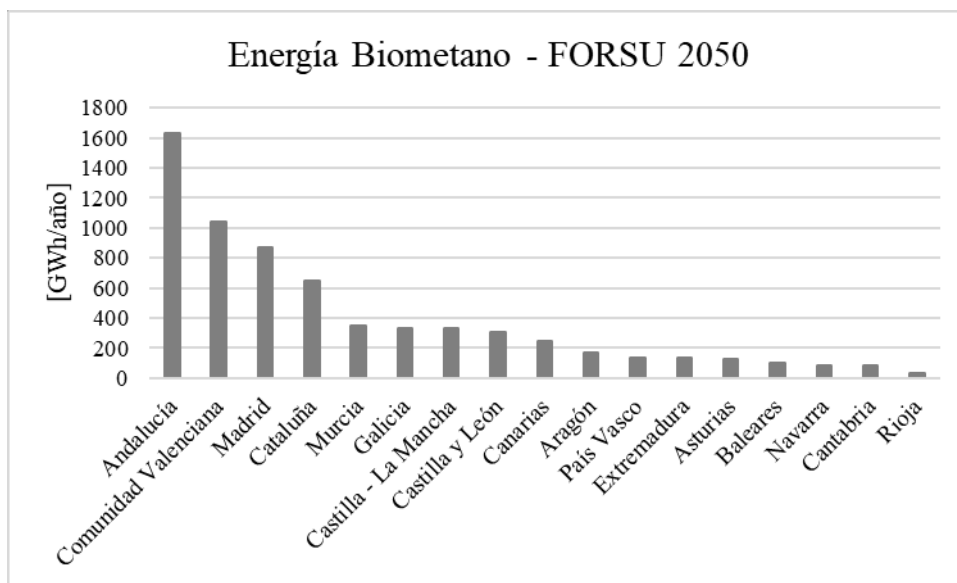


Figura 40: Energía biometano FORSU 2050 orden descendiente por CC.AA. Fuente: Elaboración Propia.

La Figura 39 y Figura 40 representan los mismos datos que aparecen en la Figura 38 para los años 2021 y 2050, respectivamente, solo que en orden descendiente para determinar cuál de las CC.AA tiene mayor potencial y como esto puede variar con los años.

Para el 2021, Andalucía se coloca a la cabeza, seguido de Cataluña, Comunidad Valenciana y la Comunidad de Madrid. Para el año 2050 se espera que Andalucía siga a la cabeza en lo que a desechos orgánicos se refiere, pero Cataluña queda relegada al cuarto puesto. De igual manera se espera que los desechos de Murcia crezcan con gran velocidad ya que se sitúa como la quinta CC.AA con mayor potencial de generación de biometano.

Capítulo 4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En este capítulo se analizan los resultados obtenidos por los cuatro tipos de residuos y se realiza una comparativa entre los cuatro. Las tablas de datos se adjuntan en el Anexo I.

Dependiendo de la procedencia de los datos, el primer año base podría ser en un periodo de tiempo del 2020 al 2023. Esto se mantendrá durante el análisis.

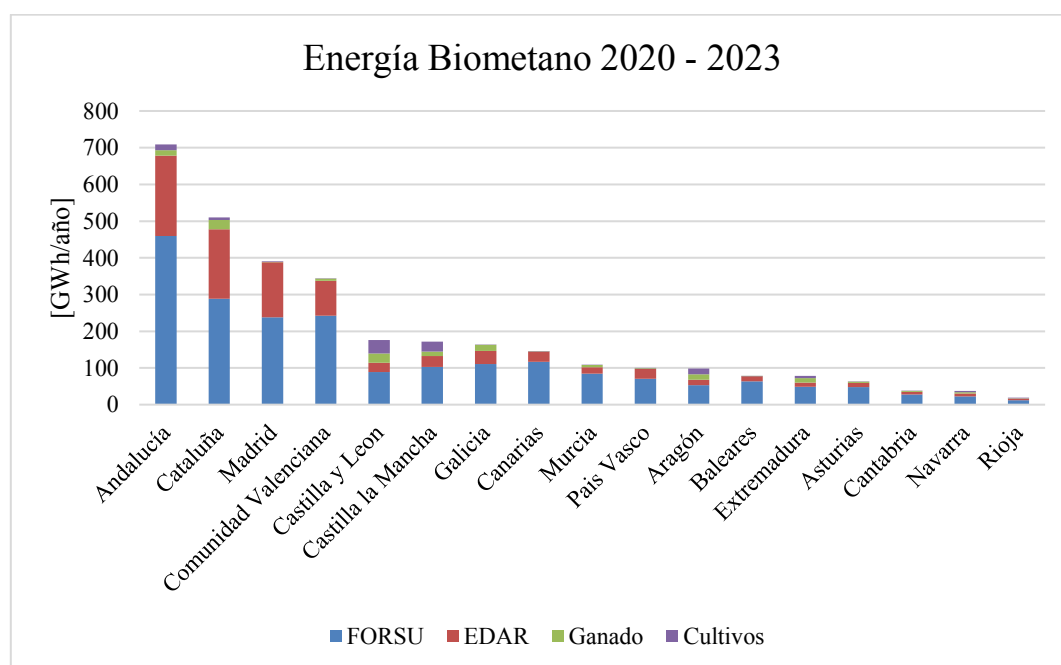


Figura 41: Energía Biometano 2021-2023. Fuente: Elaboración propia.

Para estos primeros años, la mayor fuente de energía sería la obtenida por la DA de los residuos de FORSU. Esto demuestra que en España se tiene poco aprovechado los desechos animales y agrícolas. Desechos que otros países, como Alemania, Francia e Italia tienen mucho más explotados.

Se ha tratado de que en los años futuros se use una mayor parte de los cultivos y de los residuos ganaderos. Como se ha mencionado previamente, este factor sería el coeficiente de utilización derivado de los datos de Alemania.

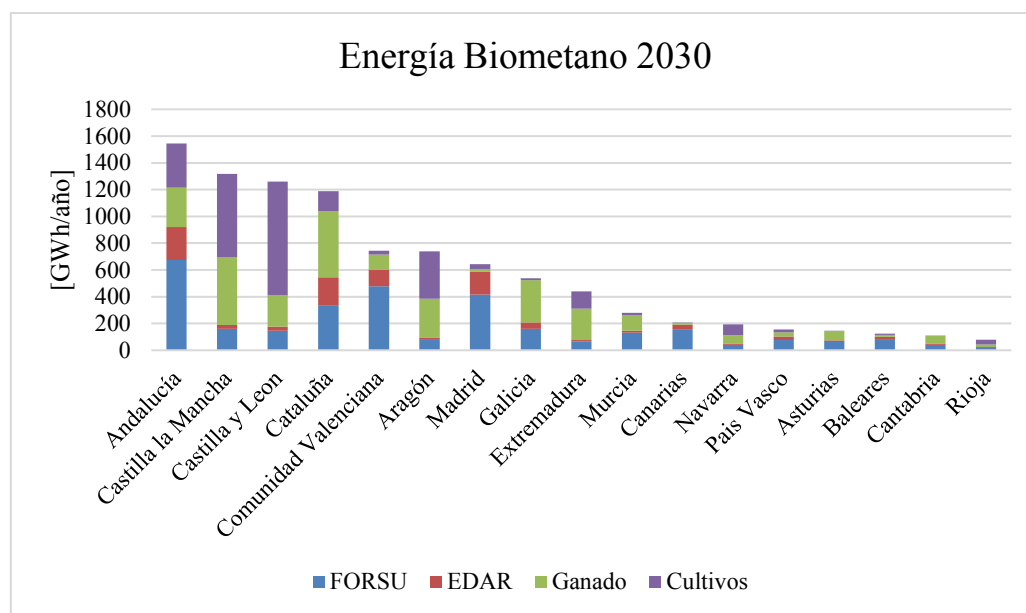


Figura 42: Energía Biometano 2030. Fuente: Elaboración propia.

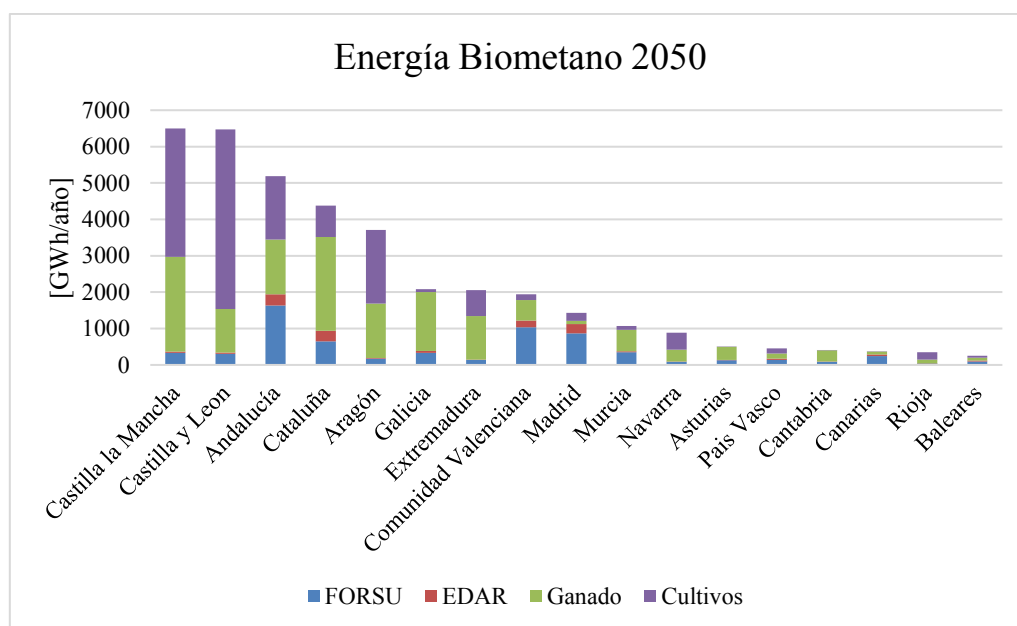


Figura 43: Energía Biometano 2050. Fuente: Elaboración propia.

En la hoja de ruta del biogás en España se determina que para el año 2030 se alcanzarán los 10,41 TWh en España. Según este estudio y las hipótesis realizadas se podrán llegar a generar 9,71 TWh para ese mismo año. Sin embargo, como se ha mencionado previamente, pero es importante recalcar, esto solo sería posible si se siguiese el mismo modelo de inversión y de ayudas de Alemania. Ahora mismo no se tiene la infraestructura

necesaria en este país y se debería de hacer una gran inversión para poder obtener todas las plantas de upgrading necesarias. De igual manera, aunque se hiciese la inversión de inmediato o se hubiese hecho hace poco la construcción de la infraestructura es un periodo extenso.

En la hoja de ruta de 2022 se detallan objetivos que no se han cumplido, por lo que ya se refleja cierto retraso en los planes para el 2030 y el 2050.

En los primeros capítulos, se detalla la diferencia de expectativas entre la hoja de ruta y otros estudios que afirman que el potencial de generación de España es mucho mayor. Sin embargo, la hoja de ruta es más realista, se considera que los otros estudios tienen en cuenta las materias primas potencialmente disponible y no la infraestructura.

En julio de 2023 en España se otorgaron 76,5 millones de euros en ayudas a proyectos singulares de instalaciones de biogás. Del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, con fondos NextGenerationEU [123].

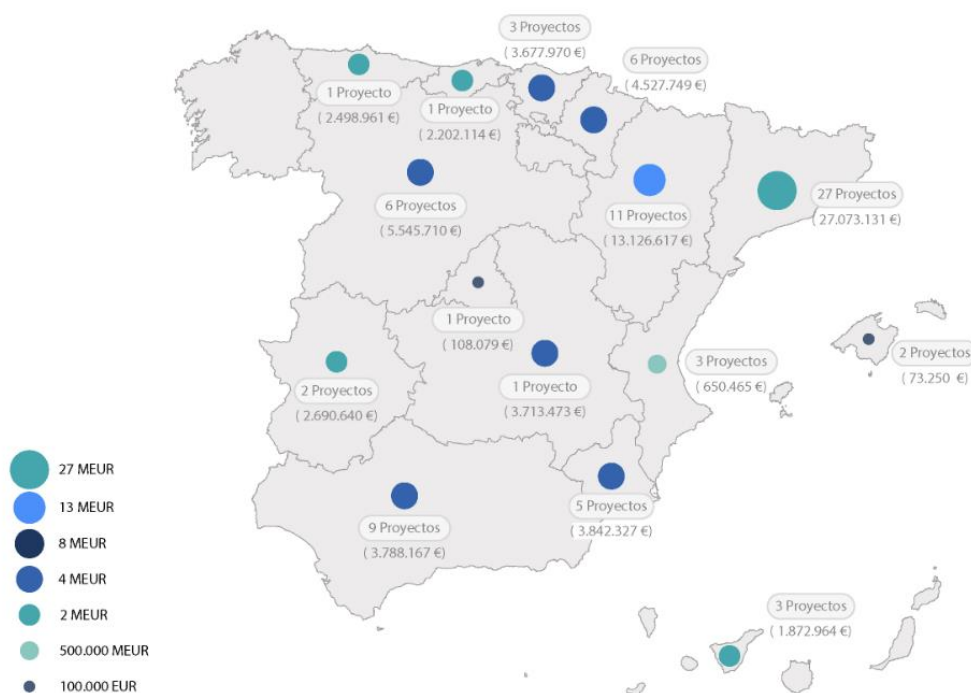


Figura 44: Reparto de beneficiarios de la primera convocatoria de incentivos a proyectos singulares de instalaciones de biogás [123].

27 proyectos con una inversión total de 27.073.131€ fueron dedicados a Cataluña (1.002.708,56 €/proyecto), 6 proyectos con una inversión total de 5.545.710€ fueron destinados a Castilla y León (924.285 €/proyecto), 1 proyecto con inversión de 3.713.473 € fue destinado a Castilla-La Mancha, 9 proyectos con una inversión total de 3.788.167 € fueron destinados a Andalucía (420.907,44 €/proyecto) [123].

Estas son las cuatro comunidades autónomas que más futuro presentan en lo que a digestión anaerobia se refiere. Sin embargo, en los primeros años la que más ventajosa sería Andalucía para más tarde pasar a ser las dos Castillas, no Cataluña. No obstante Cataluña es la que más inversión ha recibido sin lugar a duda.

Aragón sin tener excesivo potencial según este estudio tiene 11 proyectos con 13.126.617 € (1.193.328,82 €/proyecto). Y Canarias, también encontrándose de las últimas CC.AA en generación, ha obtenido 3 proyectos con una inversión de 1.872.964 € (624.321,33 €/proyecto).

Es importante recalcar que en este proyecto no se han tenido en cuenta todas las materias primas que sí se tienen en cuenta a la hora de otorgar estos proyectos. No obstante, otros estudios que también tienen en cuenta estas materias primas obtienen resultados similares: las dos Castillas y Andalucía como las tres CC.AA con más potencial, Canarias como la cuarta comunidad autónoma que menos potencial presenta [33].

Tabla 18: Producción Nacional de Biometano por tipo de residuo. Fuente: Elaboración propia.

Residuo	2020-2023 (TWh/año)	2030 (TWh/año)	2050 (TWh/año)
FORSU	2,08	3,13	6,63
EDAR	0,88	1,01	1,35
Ganado	0,15	2,88	14,83
Cultivos	0,12	2,69	15,21

4.1 ANÁLISIS SEGÚN TIPO DE RESIDUO O FUENTE DE MATERIA PRIMA

FORSU es el tipo de residuo que ofrece la mayor cantidad de biometano para los años 2020-2023, con una producción total de 2079,39 GWh/año. Este valor sería de biometano si se produjese, en realidad lo que más se produce en España en estos años es biogás.

Para el año 2030 se supone una producción de 3127 GWh/año, esto asumiendo una mejora en la recogida y separación de las basuras y un mayor porcentaje de utilización de los residuos orgánicos para este fin. Ya que no es posible asumir que todos los residuos orgánicos correctamente separados se van a dedicar a este fin.

En el año 2050, 6632,7 GWh/año es lo que se calcula que se puede llegar a producir con este tipo de residuo. Sigue siendo un residuo importante, pero en comparación a los demás su participación ha disminuido en gran parte.

En los primeros años, el biometano derivado de los residuos tipo FORSU supone un 64,39% del total de producción, mientras que para el año 2030 supone un 32,23% y en 2050 se ve reducido a un 17,43%. Sigue representando una parte significativa, pero palidece en comparación al sector agropecuario.

EDAR, es el tipo de residuo que se mantiene más estable a lo largo de los años teniendo un ligero crecimiento. Comienza con una supuesta producción de 0,88 TWh/año para los años 2020-2023, pasando por 1,01 TWh/año en 2030 y finalmente 1,35 TWh/año en 2050. Conformando en los primeros años el 27,24% del biometano generado a nivel nacional, hasta 2050 que supone únicamente el 3,55% de todo el biometano producido.

Se asume que en 2030 mejorará la producción debido a mejoras en la eficiencia del proceso y también debido a una mayor utilización de las depuradoras para este uso. Ya que no se debe asumir que siempre con estos desechos se va a generar biometano, es indispensable realizar una transición progresiva, por ellos a medida que pasa el tiempo se asume un mayor coeficiente de participación.

Sector agropecuario, para los primeros años el biometano que se podría producir a partir de residuos de ganado y de cultivos es 0,15 TWh/año y 0,12 TWh/año, respectivamente. Esto refleja una gran falta de aprovechamiento de los recursos en España. Siguiendo la

misma tendencia que se siguió en Alemania entre los años 1998 y 2011 se podría esperar que los productos de estos residuos y la DA sean de gran utilidad para España. En 2030, teniendo en cuenta cierta variabilidad de los animales y los cultivos, se espera que el biometano que se podría producir a partir de residuos de ganado y de cultivos es 2,88 TWh/año y 2,69 TWh/año, respectivamente. Esto supone un aumento del 1820% y 2141% respecto a los primeros años. No se espera que sea posible llegar a este aumento ya que las inversiones deberían de haberse hecho en los años previos al actual. Los datos que se manejan para cultivo y ganado son de 2020 y 2021, ahora, en el 2024, las inversiones necesarias deberían de estar hechas y en la fase final de la construcción de la infraestructura por lo que no se va a alcanzar ese potencial en el año 2030.

Sin embargo, esto no significa que no se deba invertir, es posible alcanzar estos resultados unos cuantos años más tarde. Para el año 2050, al ser un objetivo más lejano en el tiempo, es a la vez más fácil y más difícil determinar lo que puede llegar a ocurrir. Más fácil en el sentido de que se tienen más años para planificar las inversiones y las construcciones de infraestructuras y más difícil por que determinara que de aquí a 15 años va a suceder algo de una determinada manera es, a la vez, un riesgo y un compromiso.

Para el año 2050, se espera que el biometano que se podría producir a partir de residuos de ganado y de cultivos es 14,83 TWh/año y 15,21 TWh/año, respectivamente (+414,9% y +465%). Esto implicaría parecerse más a los países líderes en biogás y biometano en Europa, ya que el sector agropecuario pasaría de conformar el 8,36% del biometano producido a conformar el 79,01%.

4.2 ANÁLISIS POR REGIÓN Y AÑO

En la primera etapa, que sería de los años **2020 a 2023** (Figura 41), Andalucía es la comunidad autónoma que más aporta en lo que a producción de biometano se refiere, esto es debido a que tiene la FORSU mayor. En comparación con la siguiente comunidad autónoma que más tiene, Cataluña, la supera en un 59,17% en toneladas de desechos, por ello resulta la primera en la generación de biometano con este tipo de residuos. Le ofrece tanta ventaja que ninguna otra comunidad es capaz de aproximarse a su valor.

La siguiente comunidad autónoma que más produce es Cataluña, pero, aun así, no se acerca al valor, ya que Andalucía también es la comunidad autónoma con mayor población por lo que sus EDARs pueden llegar a producir una gran cantidad de biometano.

La tercera comunidad autónoma que en este periodo presenta una mayor facilidad para producir biometano sería la Comunidad de Madrid. Como resulta lógico, las comunidades con mayor población y cantidad de residuos orgánicos son las que en estos primeros años puede producir más biometano. Esta es la infraestructura que ahora mismo está más desarrollada en España.

Para el año **2030** (Figura 42), Andalucía sigue siendo la primera comunidad autónoma que más biometano puede llegar a producir según las hipótesis mencionadas, una vez más, debido a la gran FORSU que tiene. Sin embargo, Cataluña ya no es la siguiente comunidad, Castilla-La Mancha y Castillas y León se sitúan en el segundo y tercer puesto, respectivamente.

Esto es gracias al incremento en el biometano producido a partir de los cultivos, ya que Castilla-La Mancha y Castilla y León son de las CC.AA con mayor superficie agrícola utilizada. Castilla y León cuenta con 6.129.122 hectáreas, Andalucía cuenta con 5.642.926 hectáreas y Castilla-La Mancha con 4.996.281 hectáreas. Sin embargo, el tipo de cultivo también es determinante para la producción de biometano, no solo la superficie arable, por ello, aunque Castilla y León tiene menos superficie arable que Andalucía es la que más biometano puede llegar a producir. Andalucía produce un 38,83% de lo que produce Castilla y León, Castilla-La Mancha puede llegar a producir un 73,66% de lo que se calcula que podría llegar a obtener Castilla y León.

No obstante, la comunidad Autónoma que se sitúa en segundo puesto es Castilla-La Mancha, ya que, aunque tenga una menor producción de biometano por residuos de cultivos que Castilla y León, el biometano obtenido de los residuos ganaderos es un 53,49% mayor que el de esta última. Siendo también un 41,69% mayor que el biometano obtenido de los residuos ganaderos en Andalucía.

Para el año **2050** (Figura 43), se espera que Castilla-La Mancha sea la primera comunidad autónoma en producción de biometano, aunque la diferencia con Castilla y León es mínima, ya que la primera produce un total de 6499,29 GWh/año de biometano y la

segunda 6469,18 GWh/año. Ambas tienen una producción similar de biometano de residuos de FORSU y EDAR, por el contrario, el biometano producido por residuos ganaderos es mayor Castilla-La Mancha (+54,28%) mientras que el producido por residuos de la agricultura es mayor en Castilla y León (+28,42%).

Andalucía se coloca como la tercera comunidad autónoma con mayor producción de biometano, con sus fuentes de materias primas bastante diversificadas ya que tiene un 31,44% de FORSU, 6,08% de EDAR, 29% de ganado y un 33,48% de cultivos. Cataluña está en cuarta posición debido a los residuos ganaderos, ya que tiene la mayor proporción de porcinos de toda la península.

4.3 AHORRO DE EMISIONES

Los residuos que se usan para la DA en este proyecto contribuyen significativamente a la reducción de emisiones contaminantes, ya que si se siguiese el proceso de descomposición natural o se quemasen liberarían gases contaminantes. Los residuos orgánicos, al descomponerse de manera natural, en condiciones como las de un vertedero producen metano (CH_4). Como se ha mencionado previamente el metano es un gas de efecto invernadero que es 28 veces (aprox.) más potente que el dióxido de carbono.

Si sometemos estos residuos a la DA de manera controlada y se utiliza el biogás después de capturarlo, para más tarde refinarlo y usarlo como fuente de energía renovable disminuirían las emisiones, ya que ese CH_4 no es liberado a la atmósfera. Disminuyendo así las emisiones de gases de efecto invernadero.

Dependiendo del tipo de residuos que son, al descomponerse, liberan una mayor o menor cantidad de CH_4 .

Tabla 19: Factores de emisión de los diferentes residuos. [33]

<i>Factores de emisión de los residuos</i>		
Agricultura	0,03	t CH_4 /t residuo
Bovinos	37	kg CH_4 /cabeza/año
Ovinos	0,28	kg CH_4 /cabeza/año
Porcinos	11,5	kg CH_4 /cabeza/año

Aves	11	kg CH ₄ /cabeza/año
Caprinos	0,2	kg CH ₄ /cabeza/año
FORSU	0,185	t CH ₄ /t residuo
EDAR	1,185	t CH ₄ /t residuo

Tabla 20: Toneladas de CH₄ que se podrían haber evitado en el periodo 2020-2023. Fuente: Elaboración propia con datos del INE y [33]

	<i>Cultivos</i>	<i>Bovinos</i>	<i>Ovinos</i>	<i>Porcinos</i>	<i>Aves</i>	<i>Caprinos</i>	<i>FORSU</i>	<i>EDAR</i>	<i>Total</i>
Andalucía	766,75	82,83	0,33	183,81	127,37	0,0964	744880	229414	975455,47
Aragón	241,05	70,62	0,21	241,22	316,16	0,0048	86693	35846	123408,82
Asturias	0,03	64,18	0,01	0,64	6,51	0,0029	77747	26887	104705,61
Baleares	10,25	6,35	0,04	4,00	13,29	0,0011	103657	32335	136025,62
Canarias	2,00	3,29	0,01	2,06	68,79	0,0176	189821	59143	249040,95
Cantabria	0,23	57,72	0,00	0,40	4,15	0,0017	45239	15725	61026,67
Castilla-La Mancha	586,60	271,75	0,34	281,77	411,79	0,0130	166179	63705	231436,06
Castilla y León	520,12	70,44	0,31	120,80	713,11	0,0353	144002	55698	201124,95
Cataluña	138,21	112,91	0,06	479,06	362,96	0,0063	467600	211182	679875,88
Comunidad Valenciana	57,55	15,15	0,03	81,90	238,57	0,0072	392304	139404	532101,86
Extremadura	185,17	130,13	0,48	76,01	79,62	0,0242	79180	28177	107828,06
Galicia	12,30	161,88	0,02	97,29	176,07	0,0035	180004	72143	252593,97
Madrid	33,46	15,69	0,01	0,95	65,31	0,0030	385445	183654	569213,91
Murcia	24,65	13,86	0,08	116,42	66,97	0,0190	137001	41469	178692,05
Navarra	52,49	19,22	0,06	37,23	77,67	0,0010	36949	17964	55099,14
País Vasco	15,09	22,31	0,03	1,52	54,63	0,0022	114043	59231	173367,39
Rioja	27,64	8,37	0,01	8,61	28,35	0,0010	18927	8613	27612,86
Total Nacional	2673,58	1126,72	2,02	1733,68	2811,33	0,24	3369671,03	1280590,67	4658609,27

La Tabla 19 resume los factores o coeficientes que se han usado para calcular las emisiones por la descomposición natural de los residuos. La Tabla 20 recoge los valores de las emisiones que se podrían haber evitado en España entre los años 2020 y 2023 (dependiendo del tipo de residuo) ordenados por comunidad autónoma. Siendo el resultado final de 4.658.609,27 de toneladas de CH₄ que se podrían haber evitado.

Capítulo 5. PASOS A FUTURO

Uno de los pasos más importantes para llegar a ser un país sostenible es determinar que se va a realizar en los próximos años. La digestión anaerobia y el uso de sus subproductos puede ser un paso muy grande para avanzar hacia un futuro de economía circular y una mayor sostenibilidad.

El **digestato** es un subproducto de la DA que puede usarse como fertilizante, pudiendo, en un futuro, llegar a sustituir a los fertilizantes químicos que hay ahora mismo en la industria. Esto podría evitar contaminaciones y dar lugar a cultivos de mayor calidad aumentando el aprovechamiento de los recursos que se tienen y disminuyendo los desechos [13].

El efecto que tiene el fertilizante en el suelo depende de la composición que pueda tener en función de la materia prima de la que se ha obtenido dicho digestato. Determinar la composición del digestato como fertilizante escapa al alcance de este proyecto, pero se remarca que sería interesante determinar cuánto podría usarse y en que concentraciones para investigaciones futuras. Por ello se adjunta las siguientes tablas (Tabla 21, Tabla 22), que recoge las toneladas de digestato que se han obtenido por parte de las digestiones anaerobias de los residuos agroganaderos en función de la materia prima y del año.

Tabla 21: Masa digestato (toneladas) por CC.AA, año y materia prima animal. Fuente: Elaboración propia.

	CC.AA	Bovinos	Porcinos	Gallinaza	Ovinos	Caprinos	Conejas madres	Pollos
2020	Andalucía	24902,5	50959,3	708,3	10778,2	4491,3	2,9	4351,9
	Aragón	19489,6	70196,5	1801,2	6956,7	215,9	37,1	4471,3
	Asturias	21039,9	181,6	37,7	171,6	137,8	0,5	11,7
	Baleares	2258,2	1244,1	76,9	1145,6	48,4	0,2	10,0
	Canarias	1205,0	620,0	396,1	172,9	854,5	2,3	352,4
	Cantabria	18471,4	114,2	24,1	149,4	81,0	3,5	0,3
	Castilla-La Mancha	19978,4	33397,9	4105,3	10639,7	1756,8	24,1	3815,6
	Castilla y León	75110,2	79674,9	2359,0	11950,9	642,0	84,7	3912,4
	Cataluña	33511,8	137374,1	2052,5	1844,3	275,6	61,9	7380,7
	Comunidad Valenciana	5149,5	22368,7	1355,0	1170,8	339,6	44,5	3984,5

2030	Extremadura	34343,8	22375,7	447,9	15665,0	1132,9	1,4	1959,9
	Galicia	61881,4	27445,1	979,9	667,3	162,3	52,9	5891,6
	Madrid	4279,3	313,4	378,0	357,7	140,3	0,2	56,6
	Murcia	4276,3	31949,9	376,5	2380,9	886,7	4,3	1682,5
	Navarra	6024,7	10101,9	439,4	2119,0	49,8	10,3	1555,2
	País Vasco	6819,3	441,8	315,9	979,4	104,3	9,0	81,5
	Rioja	2317,5	2203,4	159,0	438,0	47,1	4,6	779,7
	<i>CC.AA</i>	<i>Bovinos</i>	<i>Porcinos</i>	<i>Gallinaza</i>	<i>Ovinos</i>	<i>Caprinos</i>	<i>Conejas madres</i>	<i>Pollos</i>
	Andalucía	484981,1	1037311,6	15120,0	204397,4	89060,2	51,6	81506,5
	Aragón	379563,1	1428995,8	38449,6	131926,8	4280,7	654,6	83741,7
	Asturias	409756,2	3696,8	803,9	3254,4	2732,3	9,4	219,6
	Baleares	43978,2	25327,6	1641,7	21724,5	960,4	4,3	187,4
	Canarias	23467,4	12622,2	8456,5	3279,0	16944,6	40,6	6600,7
	Cantabria	359734,0	2324,6	513,8	2832,8	1606,9	61,9	5,8
	Castilla-La Mancha	1462786,7	1621884,4	50356,9	226636	12731,3	1494,8	73275,1
	Castilla y León	389083,7	679835,4	87635,3	201771	34836,8	425,9	71462,3
	Cataluña	652649,4	2796477,7	43814,1	34975,1	5465,6	1091,4	138231,9
	Comunidad Valenciana	100288,3	455319,9	28924,7	22202,6	6733,3	786,1	74624,7
	Extremadura	668852,8	455511,9	9561,3	297071	22465,6	24,7	36707,4
	Galicia	1205154,0	558678,0	20918,8	12655,0	3218,5	934,3	110343,4
	Madrid	83341,1	6380,7	8068,9	6784,1	2781,5	3,3	1060,7
	Murcia	83282,2	650354,2	8037,7	45151,4	17582,0	76,2	31512,2
	Navarra	117332,4	205625,4	9379,5	40184,0	987,5	182,2	29127,6
	País Vasco	132807,2	8994,5	6743,7	18572,5	2069,1	159,0	1527,1
	Rioja	45134,2	44847,2	3393,2	8306,5	933,7	82,0	14602,6
2050	<i>CC.AA</i>	<i>Bovinos</i>	<i>Porcinos</i>	<i>Gallinaza</i>	<i>Ovinos</i>	<i>Caprinos</i>	<i>Conejas madres</i>	<i>Pollos</i>
	Andalucía	2496224,4	5559381,2	74187,9	963406	443432,8	49,7	384454,6
	Aragón	1953632,5	7658578,4	188657,3	621823	21313,8	630,8	394997,8
	Asturias	2109038,1	19812,5	3944,6	15339,2	13604,3	9,1	1035,8
	Baleares	226358,4	135740,8	8055,2	102396	4781,9	4,2	883,7
	Canarias	120788,0	67647,4	41492,9	15455,3	84367,4	39,1	31134,4
	Cantabria	1851570,7	12458,5	2520,8	13352,1	8000,7	59,7	27,3
	Castilla-La Mancha	7529044,1	8692347,6	247082,1	1068226	63389,5	1440,4	345628,3
	Castilla y León	2002635,2	3643518,3	429992,7	951030	173453,5	410,4	337077,8
	Cataluña	3359222,7	14987477,9	214979,1	164851	27213,6	1051,7	652020,7
	Comunidad Valenciana	516189,6	2440247,1	141922,6	104649	33525,2	757,5	351994,2
	Extremadura	3442622,7	2441276,4	46913,6	1400216	111856,9	23,8	173143,9

Galicia	6202994,5	2994185,9	102640,3	59647,8	16024,8	900,3	520474,3
Madrid	428961,2	34196,8	39591,0	31976,2	13849,0	3,2	5003,3
Murcia	428658,1	3485516,6	39437,9	212816	87541,3	73,4	148638,9
Navarra	603916,2	1102031,6	46021,8	189403	4916,8	175,6	137390,6
País Vasco	683566,1	48205,4	33088,8	87539,8	10302,3	153,2	7202,9
Rioja	232308,1	240354,8	16649,1	39151,7	4649,1	79,0	68878,2

Tabla 22: Masa digestato (toneladas) por CC.AA, año y materia prima vegetal. Fuente: Elaboración propia.

	CC.AA	Trigo	Cebada	Centeno	Avena	Maíz	Arroz	Triticale	Sorgo	Olivar	Viñedo
2020	Andalucía	1686,2	447,6	144,7	333,3	25,0	3,7	79,6	2,5	20477,4	128,9
	Aragón	1562,4	2292,5	73,6	109,4	134,7	6,1	91,6	0,9	749,8	200,6
	Asturias	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Baleares	34,8	67,8	3,3	18,4	0,8	0,0	0,3	0,0	113,5	17,7
	Canarias	0,5	0,0	0,3	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	7,0	43,6
	Cantabria	4,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
	Castilla-La Mancha	1720,9	3700,5	94,8	627,4	67,2	0,1	146,1	0,0	5511,3	2588,5
	Castilla y León	5511,1	3652,2	502,2	377,9	527,6	0,0	62,5	1,1	90,6	440,3
	Cataluña	600,1	900,3	4,1	32,7	74,0	50,8	13,9	3,2	1391,3	331,0
	Comunidad Valenciana	45,3	59,1	3,0	9,8	1,1	36,6	0,5	0,0	1152,3	363,8
	Extremadura	603,8	219,6	3,0	172,0	121,3	28,2	16,7	0,0	3611,5	476,3
	Galicia	70,0	3,4	28,0	0,5	55,3	0,0	0,2	0,0	0,8	146,1
	Madrid	124,1	228,6	2,0	27,7	10,7	0,0	13,4	0,0	363,5	48,9
	Murcia	23,1	95,8	0,0	43,2	0,0	0,9	0,0	0,0	354,4	146,6
	Navarra	542,2	284,2	4,1	47,0	59,8	3,8	1,6	0,1	124,5	103,9
	País Vasco	155,4	67,8	0,0	26,5	0,1	0,0	0,0	0,0	4,1	79,7
	Rioja	186,7	101,3	0,1	2,4	1,9	0,0	2,8	0,0	43,7	306,9
2030	CC.AA	Trigo	Cebada	Centeno	Avena	Maíz	Arroz	Triticale	Sorgo	Olivar	Viñedo
	Andalucía	37060,6	10972,1	3497,6	7836,8	528,6	55,5	1833,0	62,1	380657,4	2491,0
	Aragón	36567,2	56191,3	1779,4	2571,2	2847,3	91,2	2108,6	21,4	13938,4	3874,4
	Asturias	0,0	0,0	0,0	0,0	14,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
	Baleares	799,6	1660,7	80,3	433,8	17,9	0,0	6,5	0,0	2109,5	342,0
	Canarias	11,8	0,0	6,6	1,0	21,1	0,0	0,0	0,0	131,0	842,9
	Cantabria	117,6	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3
	Castilla-La Mancha	41203,2	90703,6	2292,2	14751,1	1421,2	0,9	3362,7	0,0	102449,6	50005,6
	Castilla y León	132239	89520,4	12139,6	8885,7	11154	0,0	1438,2	28,3	1683,5	8505,7
	Cataluña	14366,4	22066,7	98,0	768,5	1564,7	753,2	320,6	80,1	25862,1	6393,5
	Comunidad Valenciana	1073,4	1448,1	72,4	230,1	22,2	542,7	12,1	0,4	21420,7	7027,1
	Extremadura	14438,9	5382,1	73,1	4044,5	2563,6	419,0	384,3	0,3	67134,7	9200,5
	Galicia	1678,4	82,3	676,6	11,4	1168,8	0,0	4,2	0,0	14,4	2822,8
	Madrid	2975,8	5603,2	48,1	652,1	226,3	0,0	309,5	0,0	6756,9	945,2
	Murcia	514,8	2348,6	0,0	1016,7	0,0	13,1	0,0	0,0	6588,8	2832,6

	Navarra	12982,6	6965,7	98,0	1104,7	1265,3	56,1	36,9	2,5	2314,3	2007,0
	País Vasco	3730,8	1660,7	0,0	623,0	1,2	0,0	0,0	0,0	75,9	1540,2
	Rioja	4478,6	2482,4	2,1	56,3	39,3	0,0	65,0	0,0	813,1	5929,2
2050	CC.AA	Trigo	Cebada	Centeno	Avena	Maíz	Arroz	Triticale	Sorgo	Olivar	Viñedo
	Andalucía	194000,0	63413,6	20556,7	44679,2	2955,0	296,6	10155,7	113,3	1899535,6	12534,3
	Aragón	208135,6	324760,2	10458,3	14659,1	15915	487,6	11682,5	39,1	69554,5	19495,7
	Asturias	0,0	0,0	0,0	0,0	82,7	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5
	Baleares	4438,9	9598,3	472,0	2473,1	100,0	0,0	36,0	0,0	10526,9	1721,0
	Canarias	69,4	0,0	38,5	5,7	118,2	0,0	0,0	0,0	653,5	4241,2
	Cantabria	689,8	0,0	0,0	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	11,8
	Castilla-La Mancha	241059,9	524225,4	13471,9	84099,3	7943,9	4,6	18630,9	0,0	511238,2	251621,9
	Castilla y León	775645,9	517387,0	71348,1	50659,5	62352	0,0	7968,4	51,7	8400,8	42799,8
	Cataluña	84039,7	127535,4	576,2	4381,5	8746,0	4028,5	1776,5	146,0	129055,9	32171,2
	Comunidad Valenciana	6196,7	8369,5	425,4	1311,6	124,2	2902,5	66,8	0,8	106892,2	35359,7
	Extremadura	84351,7	31106,0	429,4	23058,9	14329	2240,9	2129,1	0,5	335011,9	46295,8
	Galicia	9840,2	475,9	3976,6	65,0	6533,3	0,0	23,3	0,0	71,8	14204,2
	Madrid	17447,8	32384,1	282,4	3717,9	1265,0	0,0	1714,8	0,0	33718,1	4756,1
	Murcia	2742,0	13574,0	0,0	5796,3	0,0	70,2	0,0	0,0	32879,1	14253,3
	Navarra	75964,7	40258,8	576,2	6298,0	7072,5	300,3	204,2	4,5	11548,8	10099,0
	País Vasco	21888,5	9598,1	0,0	3551,8	6,5	0,0	0,0	0,0	378,7	7749,9
	Rioja	26262,2	14347,3	12,6	320,8	219,9	0,0	360,2	0,0	4057,3	29835,0

Otro uso interesante del biometano generado sería para el uso de calderas residenciales. Se puede usar para casar la **demanda térmica** en España, siendo una solución eficiente y sostenible. Una vez se ha refinado y se ha pasado de biogás a biometano, se puede inyectar en la red nacional de gas natural, permitiendo así que se use en calderas y sistemas de calefacción tanto residenciales como industriales, desplazando los combustibles fósiles. Por ahora, el objetivo será centrarse en las residenciales, siendo la demanda térmica residencial en España en el año 2023 la siguiente.

Tabla 23: Demanda térmica España [MWh/año [124]]

	Industria	Terciario	Residencial	Total (GWh/año)
Andalucía	21650740,2	3997935,2	7029708,4	32678,38
Aragón	5875092	1937885,9	3071637,4	10884,62
Asturias	10591586,3	1312365,7	1220209,6	13124,16
Islas Baleares	449018,1	997764,4	955327,4	2402,11
Canarias	1067795,4	0	0	1067,80
Cantabria	3274621,1	390484,4	195246,8	3860,35
Castilla-La Mancha	8255649,9	2208790,2	6827406	17291,85

Castilla y León	8849336,8	4309999,5	8788784,3	21948,12
Cataluña	23251520,5	6465872,7	9557464,9	39274,86
Comunidad Valenciana	11526838,6	2892730,4	3308733,4	17728,30
Extremadura	2250334,7	845566,5	2007223,4	5103,12
Galicia	13479877	3035731,3	3393005,4	19908,61
C. de Madrid	5235427,3	8826056,9	9815719	23877,20
R. de Murcia	2628325,6	762939,3	1086745,5	4478,01
C. F. de Navarra	5296581,6	720765,2	1560064	7577,41
País Vasco	10394690,1	2468879,4	2296744,3	15160,31
La Rioja	10394690,1	2468879,4	2296744,3	15160,31

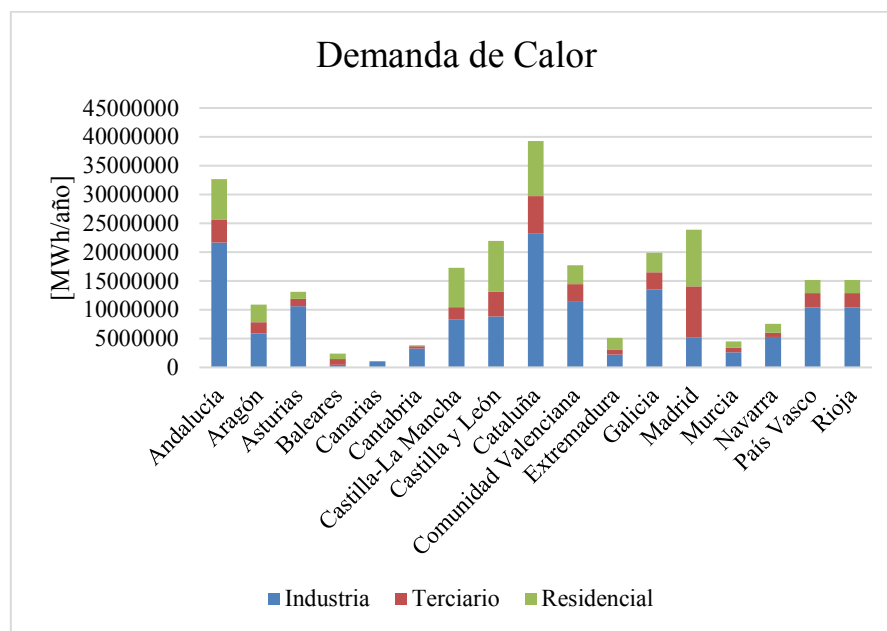


Figura 45: Demanda de Calor España por CC.AA [124]

Asumiendo que las calderas tengan un 90% del rendimiento (criterio conservador) [125] y los resultados obtenidos en 2020-2023 para el biometano se obtendrían los siguientes datos para casar la demanda:

Tabla 24: Rendimiento Calderas para casar demanda térmica. Fuente: Elaboración propia.

	2023 (GWh/año)	90% rdto. (GWh/año)
Andalucía	709,14	638,23
Aragón	98,21	88,39
Asturias	62,33	56,10
Islas Baleares	78,30	70,47
Canarias	145,17	130,65

Cantabria	37,65	33,88
Castilla-La Mancha	171,93	154,74
Castilla y León	176,40	158,76
Cataluña	509,93	458,94
Comunidad Valenciana	344,58	310,12
Extremadura	78,22	70,40
Galicia	163,64	147,28
C. de Madrid	390,20	351,18
R. de Murcia	108,64	97,78
C. F. de Navarra	37,01	33,31
País Vasco	100,08	90,07
La Rioja	18,70	16,83

Por tanto, la demanda que se debería de poder cubrir en lo que se ha considerado el periodo 2020-2023, es la que se muestra en la Tabla 25. En cada uno de los cuatro casos (total, residencial, terciario e industria) se asume que toda la energía se dedica a cada una de las cuatro categorías, es decir, si en Andalucía se decidiese cubrir la demanda residencial con todo el biometano disponible se cubriría un 8,07%, mientras que si se decidiese cubrir la parte de industria se cubriría el 2,62%. Si se decidiese cubrir el total, eso implicaría cubrir solo 1,74% de toda la demanda de calor.

Tabla 25: Porcentaje de demanda de calor cubierta

	Total (%)	Residencial (%)	Terciario (%)	Industria (%)
Andalucía	1,95	9,08	15,96	2,95
Aragón	0,81	2,88	4,56	1,50
Asturias	0,43	4,60	4,27	0,53
Islas Baleares	2,93	7,38	7,06	15,69
Canarias	12,24	-	-	12,24
Cantabria	0,88	17,35	8,68	1,03
Castilla-La Mancha	0,89	2,27	7,01	1,87
Castilla y León	0,72	1,81	3,68	1,79
Cataluña	1,17	4,80	7,10	1,97
Comunidad Valenciana	1,75	9,37	10,72	2,69
Extremadura	1,38	3,51	8,33	3,13
Galicia	0,74	4,34	4,85	1,09
C. de Madrid	1,47	3,58	3,98	6,71
R. de Murcia	2,18	9,00	12,82	3,72
C. F. de Navarra	0,44	2,14	4,62	0,63

País Vasco	0,59	3,92	3,65	0,87
La Rioja	0,11	0,73	0,68	0,16

Actualmente, mucho del **hidrógeno** que se produce en el mundo, viene del reactor SMR que es reformado con vapor de metano del gas natural. Este tipo de proceso genera un gas con mayor composición de hidrógeno (75%), un contenido de metano de 2-6%, monóxido de carbono 7-10% y dióxido de carbono 6-14% [126].

Este hidrógeno se considera “*hidrógeno gris*”, para que pueda considerarse *hidrógeno dorado* debe tener emisiones negativas. Es producido a partir de biometano, mediante el proceso de reformado de vapor de metano (SMR), siempre que incluya la captura y el almacenamiento del carbono (CCS). Como se ha mencionado esto sería un biohidrógeno renovable y podría generar emisiones negativas.

El *hidrógeno verde* sería el producido por la electrólisis usando energía renovable. El *hidrógeno gris* sería el producido por SMR del gas natural sin captura de CO₂. En comparación a estos dos, el *hidrógeno dorado*, resulta una opción más sostenible ya que su impacto ambiental es menor y favorece la economía circular si se usa en estas condiciones.

Capítulo 6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] R. Garduño, “¿Qué es el efecto invernadero,” *Cambio climático: una visión desde México*, vol. 29, 2004.
- [2] R. O. A. Moscoso, “La Industria y sus efectos en el cambio climático Global,” *RECIAMUC*, vol. 2, no. 2, pp. 595–611, 2018.
- [3] A. Miranda Ruiz, “El efecto invernadero,” 2017.
- [4] M. Saunois *et al.*, “The global methane budget 2000–2012,” *Earth System Science Data ESSD*, 2016, doi: 10.5194/essd-8-697-2016.
- [5] R. Quiroga Martínez, *Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas*. cepal, 2001.
- [6] S. Xue *et al.*, “A systematic comparison of biogas development and related policies between China and Europe and corresponding insights,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 117. Elsevier Ltd, Jan. 01, 2020. doi: 10.1016/j.rser.2019.109474.
- [7] O. Rivas-Solano, M. Faith-Vargas, and R. Guillén-Watson, “Biodigestores: factores químicos, físicos y biológicos relacionados con su productividad,” *Revista Tecnología en Marcha*, vol. 23, no. 1, p. ág-39, 2010.
- [8] Repsol, “A la vanguardia en el desarrollo de biocombustibles.”
- [9] C. A. S. Sierra and R. L. A. Barrios, “Biogás a partir de residuos orgánicos y su apuesta como combustibles de segunda generación,” *Ingenium Revista de la facultad de ingeniería*, vol. 14, no. 28, pp. 6–15, 2013.
- [10] S. Martín González, *Producción y recuperación del biogás en vertederos controlados de residuos sólidos urbanos: análisis de variables y modelización*. 1997.
- [11] J. Souza and L. Schaeffer, “Sistema de compresión de biogás y biometano,” *Información tecnológica*, vol. 24, no. 6, pp. 3–8, 2013.

- [12] W. Bohórquez Santana, *El proceso de compostaje*, vol. 1. Universidad de la Salle, 2019.
- [13] D. Bongiovanni Marcos, M. Rosana, and S. Amín, “Uso de digestato como bioferilizante derivado de la generación de biogás,” in *Congreso Argentino de la Ciencia del suelo*, 2018.
- [14] E. Cerdá and A. Khalilova, “Economía circular,” *Economía industrial*, vol. 401, no. 3, pp. 11–20, 2016.
- [15] H. B. Ballesteros and G. L. Aristizabal, “Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático,” *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM. Subdirección de Meteorología (Bogotá, Colombia)*. 96p, 2007.
- [16] L. Merino, “Las energías renovables,” *Madrid, España: Haya Comunicación*, 2007.
- [17] X. Flotats Ripoll, “Los gases renovables: un vector energético olvidado en España,” *The Conversation*, 2020.
- [18] S. C. Predari, “Microorganismos anaerobios,” *Manual de microbiología clínica de la Asociación Argentina de Microbiología. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Asociación Argentina de Microbiología*, pp. 1–305, 2016.
- [19] L. C. Corrales, D. M. Antolinez Romero, J. A. Bohórquez Macías, and A. M. Corredor Vargas, “Bacterias anaerobias: procesos que realizan y contribuyen a la sostenibilidad de la vida en el planeta,” *Nova*, vol. 13, no. 24, pp. 55–81, 2015.
- [20] E. Antonio and R. Aguilera, “Generación de biogás mediante el proceso de digestión anaerobia, a partir del aprovechamiento de sustratos orgánicos.”
- [21] A. Moya López and S. Quero, “Aprovechamiento de los residuos del olivar,” 2013, pp. 593–608.
- [22] I. Angelidaki *et al.*, “Biogas upgrading and utilization: Current status and perspectives,” *Biotechnology Advances*, vol. 36, no. 2. Elsevier Inc., pp. 452–466, Mar. 01, 2018. doi: 10.1016/j.biotechadv.2018.01.011.

- [23] IEA, “Outlook for biogas and biomethane. Prospects for organic growth,” 2020.
- [24] Vicepresidencia tercera del Gobierno de España, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, and Secretaría de Estado de Energía, “Hoja de Ruta del Biogás. Marco Estratégico de Energía y Clima,” Madrid, 2022.
- [25] Comisión Europea, “Decisión de la Comisión, de 18 de noviembre de 2011, por la que se establecen normas y métodos de cálculo para la verificación del cumplimiento de los objetivos previstos en el artículo 11, apartado 2, de la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo [notificada con el número C(2011) 8165],” 2011. Accessed: Apr. 02, 2024. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32011D0753>
- [26] Parlamento y Consejo Europeo and BOE, “Directiva (UE) 2018/ del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, por la que se modifica la Directiva 2008/98/CE sobre los residuos,” 2018. Accessed: Apr. 03, 2024. [Online]. Available: <https://www.boe.es/doue/2018/150/L00109-00140.pdf>
- [27] J. P. S. Dabas, N. Sharma, S. K. Dubey, A. Sharma, L. Singh, and A. V. Dubey, “Utilizing cow dung and slurry for energy sufficiency of farms and households: Experiences of field studies across three Indian states,” *Indian Journal of Agricultural Sciences*, vol. 88, no. 8, pp. 1208–1213, Aug. 2018, doi: 10.56093/ijas.v88i8.82538.
- [28] Q. Chen and T. Liu, “Biogas system in rural China: Upgrading from decentralized to centralized?,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 78, pp. 933–944, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.113>.
- [29] A. J. Satchwell *et al.*, “Accelerating the Deployment of Anaerobic Digestion to Meet Zero Waste Goals,” *Environ Sci Technol*, vol. 52, no. 23, pp. 13663–13669, 2018, doi: 10.1021/acs.est.8b04481.
- [30] S. Mittal, E. O. Ahlgren, and P. R. Shukla, “Barriers to biogas dissemination in India: A review,” *Energy Policy*, vol. 112, pp. 361–370, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.10.027>.

- [31] C. P. Chien Bong *et al.*, “Review on the renewable energy and solid waste management policies towards biogas development in Malaysia,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 70, pp. 988–998, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.004>.
- [32] F. Appel, A. Ostermeyer-Wiethaup, and A. Balmann, “Effects of the German Renewable Energy Act on structural change in agriculture – The case of biogas,” *Util Policy*, vol. 41, pp. 172–182, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jup.2016.02.013>.
- [33] SEDIGAS, “Estudio de la capacidad de producción de biometano en España, 2023. Informe sobre el potencial de producción de biometano y definición de medidas específicas para su desarrollo en las Comunidades Autónomas,” 2023.
- [34] T. Hoppe and M. PhTh Sanders, “Environmental Engineering and Management,” 2014. [Online]. Available: <http://omicron.ch.tuiasi.ro/EEMJ/>
- [35] T. Nevzorova and V. Kutcherov, “Barriers to the wider implementation of biogas as a source of energy: A state-of-the-art review,” *Energy Strategy Reviews*, vol. 26. Elsevier Ltd, Nov. 01, 2019. doi: 10.1016/j.esr.2019.100414.
- [36] J. Ammenberg, S. Anderberg, T. Lönnqvist, S. Grönkvist, and T. Sandberg, “Biogas in the transport sector—actor and policy analysis focusing on the demand side in the Stockholm region,” *Resour Conserv Recycl*, vol. 129, pp. 70–80, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.010>.
- [37] M. Lauer and D. Thrän, “Biogas plants and surplus generation: Cost driver or reducer in the future German electricity system?,” *Energy Policy*, vol. 109, pp. 324–336, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.07.016>.
- [38] B. Blumenstein, T. Siegmeier, and D. Möller, “Economics of anaerobic digestion in organic agriculture: Between system constraints and policy regulations,” *Biomass Bioenergy*, vol. 86, pp. 105–119, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2016.01.015>.

- [39] M. Martin, “Potential of biogas expansion in Sweden: identifying the gap between potential studies and producer perspectives,” *Biofuels*, vol. 6, no. 5–6, pp. 233–240, 2015, doi: 10.1080/17597269.2015.1090769.
- [40] A. Purkus *et al.*, “Contributions of flexible power generation from biomass to a secure and cost-effective electricity supply—a review of potentials, incentives and obstacles in Germany,” *Energy Sustain Soc*, vol. 8, no. 1, p. 18, 2018, doi: 10.1186/s13705-018-0157-0.
- [41] T. Lönnqvist *et al.*, “Large-scale biogas generation in Bolivia – A stepwise reconfiguration,” *J Clean Prod*, vol. 180, pp. 494–504, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.174>.
- [42] L. L. M. Delly Mahachi and J. Pansiri, “Exploitation of Renewable Energy in the Hospitality Sector: Case Studies of Gaborone Sun and the Cumberland Hotel in Botswana,” *International Journal of Hospitality & Tourism Administration*, vol. 16, no. 4, pp. 331–354, 2015, doi: 10.1080/15256480.2015.1090253.
- [43] M. G. Mengistu, B. Simane, G. Eshete, and T. S. Workneh, “A review on biogas technology and its contributions to sustainable rural livelihood in Ethiopia,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 48, pp. 306–316, 2015, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.026>.
- [44] S. Kumar Ghosh and S. Mandal, “Evaluation of Biogas as an Alternative Driving Force of Electrically Operated Vehicles: A Case Study,” *International Journal of Engineering*, vol. 31, no. 5, pp. 834–840, 2018, [Online]. Available: https://www.ije.ir/article_73187.html
- [45] J. M. Shane, E. L. Piza, and M. Mandala, “Situational crime prevention and worldwide piracy: A cross-continent analysis,” *Crime Sci*, vol. 4, no. 1, 2015, doi: 10.1186/s40163-015-0032-7.
- [46] A. Giwa, A. Alabi, A. Yusuf, and T. Olukan, “A comprehensive review on biomass and solar energy for sustainable energy generation in Nigeria,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 69, pp. 620–641, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.160>.

- [47] B. Amuzu-Sefordzi, K. Martinus, P. Tschakert, and R. Wills, “Disruptive innovations and decentralized renewable energy systems in Africa: A socio-technical review,” *Energy Res Soc Sci*, vol. 46, pp. 140–154, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.06.014>.
- [48] B. K. Sovacool, M. Kryman, and T. Smith, “Scaling and commercializing mobile biogas systems in Kenya: A qualitative pilot study,” *Renew Energy*, vol. 76, pp. 115–125, 2015, doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.10.070>.
- [49] J. Dahlin, C. Herbes, and M. Nelles, “Biogas digestate marketing: Qualitative insights into the supply side,” *Resour Conserv Recycl*, vol. 104, pp. 152–161, 2015, doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.08.013>.
- [50] Héctor González and Andrea San Martín, “Ayuntamiento y vecinos de Cubas de la Sagra y otros municipios colindantes se oponen a la construcción de una planta de biogás,” *El periódico de España*, 2024, Accessed: Jun. 24, 2024. [Online]. Available: https://www.epe.es/es/madrid/20240313/ayuntamiento-vecinos-cubas-sagra-municipios-oposicion-planta-biogas-99389579?utm_source=copy-url&utm_medium=social&utm_campaign=btn-share
- [51] C. Herbes, S. Chouvellon, and J. Lacombe, “Towards marketing biomethane in France—French consumers’ perception of biomethane,” *Energy Sustain Soc*, vol. 8, no. 1, p. 37, 2018, doi: 10.1186/s13705-018-0179-7.
- [52] L. M. Kamp and E. Bermúdez Forn, “Ethiopia’s emerging domestic biogas sector: Current status, bottlenecks and drivers,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 60, pp. 475–488, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.068>.
- [53] A. Pazera *et al.*, “Biogas in Europe: Food and Beverage (FAB) Waste Potential for Biogas Production,” *Energy & Fuels*, vol. 29, no. 7, pp. 4011–4021, Jul. 2015, doi: 10.1021/ef502812s.
- [54] Y. Shen, J. L. Linville, M. Urgun-Demirtas, M. M. Mintz, and S. W. Snyder, “An overview of biogas production and utilization at full-scale wastewater treatment plants (WWTPs) in the United States: Challenges and opportunities towards

- energy-neutral WWTPs,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 50, pp. 346–362, 2015, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.129>.
- [55] A. J. Satchwell *et al.*, “Accelerating the Deployment of Anaerobic Digestion to Meet Zero Waste Goals,” *Environ Sci Technol*, vol. 52, no. 23, pp. 13663–13669, Dec. 2018, doi: 10.1021/acs.est.8b04481.
- [56] H. E. Kelebe, “Returns, setbacks, and future prospects of bio-energy promotion in northern Ethiopia: the case of family-sized biogas energy,” *Energy Sustain Soc*, vol. 8, no. 1, p. 30, 2018, doi: 10.1186/s13705-018-0171-2.
- [57] E. R. Orskov, K. Yongabi Anchang, M. Subedi, and J. Smith, “Overview of holistic application of biogas for small scale farmers in Sub-Saharan Africa,” *Biomass Bioenergy*, vol. 70, pp. 4–16, 2014, doi: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.02.028>.
- [58] S. S. Msibi and G. Kornelius, “Potential for domestic biogas as household energy supply in South Africa,” *Journal of Energy in Southern Africa*, vol. 28, no. 2, pp. 1–13, Jun. 2017, doi: 10.17159/2413-3051/2017/v28i2a1754.
- [59] S. Cheng, M. Zhao, H.-P. Mang, X. Zhou, and Z. Li, “Development and application of biogas project for domestic sewage treatment in rural China: opportunities and challenges,” *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development*, vol. 7, no. 4, pp. 576–588, Oct. 2017, doi: 10.2166/washdev.2017.011.
- [60] C. De Lorgeril, “Benchmark Europe Biomethane,” *Sia Partners*, 2022, Accessed: Apr. 03, 2024. [Online]. Available: https://www.sia-partners.com/system/files/document_download/file/2022-05/Sia%20Partners%20Benchmark%20Europe%20Biomethane.pdf
- [61] European Biogas Association (EBA), “Mapa Biometano 2023,” 2024.
- [62] Á. S. Arnau *et al.*, “Annual Report 2020,” 2021.
- [63] EurObserv’ER, “The State of Renewable Energies in Europe. 2023.” Accessed: Mar. 13, 2024. [Online]. Available: <https://www.eurobserv-er.org/22nd-annual-overview-barometer/>

- [64] S. Alberici, W. Grimme, and G. Toop, “Biomethane production potentials in the EU. Feasibility of REPOWEREU 2030 targets, production potenciales in the Member States and outlook to 2050.,” 2022. [Online]. Available: <https://gasforclimate2050.eu/>
- [65] Y. Yuxia, M. Ryssel, F. Scholwin, J. Grope, A. Clinkscates, and S. Bowe, “Biomethane production and grid injection: German experiences, policies, business models and standards,” Beijing, 2020. Accessed: Apr. 03, 2024. [Online]. Available: https://www.energypartnership.cn/fileadmin/user_upload/china/media_elements/publications/Biomethane_German_Experience_Study_EN_Final.pdf
- [66] European Comission, “A Green Deal Industrial Plan for the Net-Zero Age,” *Communication from the Comission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions*, 2023.
- [67] European Comissions, “French State Aid Scheme,” Brussels, 2024. Accessed: Apr. 03, 2024. [Online]. Available: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_6751
- [68] Statinfo energie, “Cuadro de mando: biometano inyectado en redes de gas Primer trimestre 2023,” 2023. Accessed: Jun. 17, 2024. [Online]. Available: <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/publicationweb/551?type=versionimprimable>
- [69] Piano nazionale di ripresa e resilienza, “Biomethane development,” Italia Domani. Accessed: Apr. 02, 2024. [Online]. Available: <https://www.italiadomani.gov.it/en/Interventi/investimenti/sviluppo-biometano.html>
- [70] Departamento del Taoiseach, “Government announces sectoral emissions ceilings, setting Ireland on a pathway to turn the tide on climate change,” *Comunicado de prensa del gobierno*, 2022, Accessed: Apr. 04, 2024. [Online]. Available: <https://www.gov.ie/ga/preasraitis/dab6d-government-announces-sectoral->

emissions-ceilings-setting-ireland-on-a-pathway-to-turn-the-tide-on-climate-change/

- [71] Directoraat-generaal Klimaat en Energie and Directie Elektriciteit, “Bijmengverplichting groen gas,” Den Haag, 2022. doi: DGKE-E / 22261940.
- [72] El Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea, “Reglamento (UE) 2019/1009 del Parlamento Europeo y del Consejo de 5 de junio de 2019 por el que se establecen disposiciones relativas a la puesta a disposición en el mercado de los productos fertilizantes UE y se modifican los Reglamentos (CE) n.o 1069/2009 y (CE) n.o 1107/2009 y se deroga el Reglamento (CE) n.o 2003/2003,” 2019. Accessed: Apr. 02, 2024. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32019R1009>
- [73] Jefatura Del Estado, “BOE: Disposición 5809 del BOE núm. 85 de 2022. Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular.,” 2022. [Online]. Available: <https://www.boe.es>
- [74] Jefatura del Estado, “BOE: Real Decreto Legislativo 1/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de prevención y control integrados de la contaminación,” 2016. Accessed: Apr. 02, 2024. [Online]. Available: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2016-12601>
- [75] L. Serrat Albano, “Red de distrito basada en bomba de calor geotérmica con motor alternativo alimentado con biometano,” 2021.
- [76] INE. Instituto Nacional de Estadística, “Censo agrario 2020.” Accessed: Jun. 17, 2024. [Online]. Available: <https://www.ine.es/censoagrario2020/presentacion/index.htm>
- [77] Medioambiente de Castilla y León. Junta de Castilla y León, “Codificaciones de los Residuos.” Accessed: Jun. 17, 2024. [Online]. Available: [https://medioambiente.jcyl.es/web/es/calidad-ambiental/codificacion-residuos.html#:~:text=La%20Lista%20Europea%20de%20Residuos,6%20cifras%20\(c%3%B3digo%20LER\).](https://medioambiente.jcyl.es/web/es/calidad-ambiental/codificacion-residuos.html#:~:text=La%20Lista%20Europea%20de%20Residuos,6%20cifras%20(c%3%B3digo%20LER).)

- [78] D. de la Presidencia, “DECRETO 153/2019, de 3 de julio, de gestión de la fertilización del su,” 2019. [Online]. Available: <https://www.gencat.cat/dogc>
- [79] I. Aguiriano Guerra, “Diseño y desarrollo de una planta de producción de biogás a partir de estiércol de ganado vacuno.,” *TFM*, 2023.
- [80] D. M. Merino, N. Berano, and U. Neiker, “Cuantificación y caracterización de los residuos ganaderos de Gipuzkoa,” 2006.
- [81] M. Laura, M. Criollo, I. Karla, and L. Ortiz, “Diseño de un biodigestor de estiércol porcino para una granja agrícola ubicada en el barrio La Morita, Parroquia de Tumbaco para el año 2012-2013,” 2012.
- [82] Wilfredo Rogel, “Producción de biogás en 3 granjas porcinas de El Salvador,” *Foro XIV Generacion de biogas en Granja Porcina San Jose*, 2009.
- [83] K. Dalkılıç and A. Ugurlu, “Biogas production from chicken manure at different organic loading rates in a mesophilic-thermophilic two stage anaerobic system,” *J Biosci Bioeng*, vol. 120, no. 3, pp. 315–322, 2015, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2015.01.021>.
- [84] W. L. Duharte-Rodríguez and E. L. Barrera-Cardoso, “Estimación del potencial de biogás a partir de la gallinaza,” 2021. [Online]. Available: <https://orcid.org/0000-0003-0385-7926LeyanetOdales-Bernal1https://orcid.org/0000-0001-7907-2805RozneyR.Álvarez-Meneses2https://orcid.org/0000-0002-2847-5740LisbetM.González-López1https://orcid.org/0000-0003-0207-4188>
- [85] H. Nie, H. F. Jacobi, K. Strach, C. Xu, H. Zhou, and J. Liebetrau, “Mono-fermentation of chicken manure: Ammonia inhibition and recirculation of the digestate,” *Bioresour Technol*, vol. 178, pp. 238–246, 2015, doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.09.029>.
- [86] M. T. Varnero *et al.*, “Aprovechamiento racional de desechos orgánicos,” *Ministerio de Agricultura (FIA). Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Informe Técnico. Santiago, Chile, 98p*, 1990.

- [87] Guipuzkoako Foru Aldundia, “Anexo 1. Censo animales,” 2005.
- [88] M. A. Loaiza Chuquimia and F. H. Alarcón Collao, “Producción de biogás utilizando tres tipos de estiércol (ovino, equino y vacuno) en sustrato de silo de maíz en la zona de Sama Inclán, Tacna,” 2020.
- [89] S. Achinas, Y. Li, V. Achinas, and G. J. Willem Euverink, “Influence of sheep manure addition on biogas potential and methanogenic communities during cow dung digestion under mesophilic conditions,” *Sustainable Environment Research*, vol. 28, no. 5, pp. 240–246, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.serj.2018.03.003>.
- [90] T. D. Duran Mucha, “Producción de biogás a partir de la mezcla del estiércol del ganado ovino con microorganismos eficientes a escala de un biodigestor, para su utilización como fuente de energía renovable, en las zonas ganaderas del distrito de Ninacaca–2018,” 2022.
- [91] T. Zhang *et al.*, “Biogas production by co-digestion of goat manure with three crop residues,” *PLoS One*, vol. 8, no. 6, p. e66845, 2013.
- [92] International, Smart, M. A. Hashem, and Haque, “Efficacy of Biogas Production from Different Types of Livestock Manures,” vol. 5, pp. 158–166, Dec. 2021.
- [93] A. Carabeo-Pérez, L. Odales-Bernal, E. López-Dávila, and J. Jiménez, “Biomethane potential from herbivorous animal’s manures: Cuban case study,” *J Mater Cycles Waste Manag*, vol. 23, no. 4, pp. 1404–1411, 2021.
- [94] D. Trujillo Jacinto del Castillo, J. F. Pérez Gutiérrez, and F. J. Cebreneros Ritz, “Digestión anaerobia de residuos cunícolas (I),” *Cunicultura*, vol. 13, no. 73, pp. 108–113, 1988.
- [95] Q. Niu, W. Qiao, H. Qiang, T. Hojo, and Y.-Y. Li, “Mesophilic methane fermentation of chicken manure at a wide range of ammonia concentration: Stability, inhibition and recovery,” *Bioresour Technol*, vol. 137, pp. 358–367, 2013, doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.03.080>.
- [96] A. Pascual, B. Ruiz, P. Gómez, X. Flotats Ripoll, and B. Fernández García, “Situación y potencial de generación de biogás,” 2011.

- [97] P. y Alimentación. G. de España. Ministerio de Agricultura, “Anuario de Estadística.” Accessed: May 29, 2024. [Online]. Available: <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/>
- [98] Biovino, “Inventario de los residuos vitivinícolas de Galicia (España).”
- [99] L. S. Cadavid-Rodríguez and I. V. Bolaños-Valencia, “Aprovechamiento de residuos orgánicos para la producción de energía renovable en una ciudad colombiana,” *Energética*, no. 46, pp. 23–28, 2015.
- [100] E. A. R. Aguilera, “Generación de biogás mediante el proceso de digestión anaerobia, a partir del aprovechamiento de sustratos orgánicos,” *Revista científica de FAREM-Esteli*, no. 24, pp. 60–81, 2017.
- [101] P. Kaparaju, M. Serrano, A. B. Thomsen, P. Kongjan, and I. Angelidaki, “Bioethanol, biohydrogen and biogas production from wheat straw in a biorefinery concept,” *Bioresour Technol*, vol. 100, no. 9, pp. 2562–2568, 2009, doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.11.011>.
- [102] P. Kaparaju, M. Serrano, and I. Angelidaki, “Optimization of biogas production from wheat straw stillage in UASB reactor,” *Appl Energy*, vol. 87, no. 12, pp. 3779–3783, 2010, doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.06.005>.
- [103] E. Dinuccio, P. Balsari, F. Gioelli, and S. Menardo, “Evaluation of the biogas productivity potential of some Italian agro-industrial biomasses,” *Bioresour Technol*, vol. 101, no. 10, pp. 3780–3783, 2010, doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.12.113>.
- [104] T. Prade, S.-E. Svensson, T. Hörndahl, and E. Kreuger, “Impact of harvest date and cutting length of grass ley and whole-crop cereals on methane yield and economic viability as feedstock for biogas vehicle fuel production,” *Bioenergy Res*, vol. 12, pp. 137–149, 2019.
- [105] M. Hübner *et al.*, “Impact of genotype, harvest time and chemical composition on the methane yield of winter rye for biogas production,” *Biomass Bioenergy*, vol.

- 35, no. 10, pp. 4316–4323, 2011, doi: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.07.021>.
- [106] S. Kusch, B. Schumacher, H. Oechsner, and W. Schäfer, “Methane yield of oat husks,” *Biomass Bioenergy*, vol. 35, no. 7, pp. 2627–2633, 2011, doi: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.02.044>.
- [107] S. Zhou, Y. Zhang, and Y. Dong, “Pretreatment for biogas production by anaerobic fermentation of mixed corn stover and cow dung,” *Energy*, vol. 46, no. 1, pp. 644–648, 2012, doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.07.017>.
- [108] E. Dinuccio, P. Balsari, F. Gioelli, and S. Menardo, “Evaluation of the biogas productivity potential of some Italian agro-industrial biomasses,” *Bioresour Technol*, vol. 101, no. 10, pp. 3780–3783, 2010, doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.12.113>.
- [109] C. Cantale *et al.*, “Triticale for Bioenergy Production,” *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, vol. 8, pp. 609–616, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2016.02.083>.
- [110] L. Wannasek, M. Ortner, B. Amon, and T. Amon, “Sorghum, a sustainable feedstock for biogas production? Impact of climate, variety and harvesting time on maturity and biomass yield,” *Biomass Bioenergy*, vol. 106, pp. 137–145, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2017.08.031>.
- [111] A. Mahmood and B. Honermeier, “Chemical composition and methane yield of sorghum cultivars with contrasting row spacing,” *Field Crops Res*, vol. 128, pp. 27–33, 2012, doi: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.12.010>.
- [112] M. AYADI, S. AHOU, S. AWAD, M. ABDERRABBA, and Y. ANDRES, “Production of biogas from olive pomace,” 2020.
- [113] A. R. Tekin and A. C. Dalgıç, “Biogas production from olive pomace,” *Resour Conserv Recycl*, vol. 30, no. 4, pp. 301–313, 2000, doi: [https://doi.org/10.1016/S0921-3449\(00\)00067-7](https://doi.org/10.1016/S0921-3449(00)00067-7).

- [114] E. A. Martínez Tobía, “Producción de biogás y fertilizantes a partir de residuos vitivinícolas mediante digestión anaerobia,” 2019.
- [115] Depuradores, “Glosario.” Accessed: May 30, 2024. [Online]. Available: <https://www.depuradores.ad/es/contingut-7/glossari.html#:~:text=Unidad%20de%20medida%20para%20evaluar,de%20DBO5%20al%20d%C3%ADa>.
- [116] J. L. García Morales, “Como funciona una estación depuradora de aguas residuales (EDAR),” 2010.
- [117] Gas Natural Fenosa, “El biogás: retos y oportunidades. Retos y oportunidades del Biometano,” 2017.
- [118] A. Fernández Oreja, “Tratamiento de aguas residuales mixtas para más de 100.000 habitantes equivalentes,” 2010.
- [119] A. Alonso Herbosa, “EDAR para una población de más de 100.000 habitantes equivalentes,” 2011.
- [120] R. Campuzano and S. González-Martínez, “Characteristics of the organic fraction of municipal solid waste and methane production: A review,” *Waste Management*, vol. 54, pp. 3–12, 2016.
- [121] E. Sánchez Nocete, “Análisis del potencial de obtención de biometano en España y Evaluación del impacto ambiental asociado a su proceso de producción,” Doctoral dissertation, Industriales, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Universidad Politécnica de Madrid, 2021.
- [122] A. y M. A. Ministerio de Agricultura, “Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos (PEMAR) 2016-2022.” Secretaría de Estado de Medio Ambiente—Dirección General de Calidad y ..., 2016.
- [123] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. IDAE and Ministerio para la Transición Ecológica y el reto demográfico. MITECO, “El MITECO otorga 76,5 millones en ayudas a proyectos singulares de instalaciones de biogás,”

<https://www.idae.es/noticias/el-miteco-otorga-765-millones-en-ayudas-proyectos-singulares-de-instalaciones-de-biogas>, Madrid, Jul. 13, 2023.

- [124] IDAE and Ministerio para la Transición Ecológica y el reto demográfico, “MAPA DE CALOR DE ESPAÑA.” Accessed: Jun. 14, 2024. [Online]. Available: <https://www.idae.es/tecnologias/eficiencia-energetica/transformacion-de-la-energia/mapa-de-calor-de-espana>
- [125] transformación y resiliencia Plan de recuperación and NextGenerationEU, “PRIMERA CONVOCATORIA DEL PROGRAMA DE INCENTIVOS A PROYECTOS SINGULARES DE INSTALACIONES DE BIOGÁS EN EL MARCO DEL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA (ORDEN TED/706/2022). GUÍA PARA LA JUSTIFICACIÓN DE LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO,” 2022.
- [126] L. Yagüe, J. I. Linares, E. Arenas, and J. C. Romero, “Levelized Cost of Biohydrogen from Steam Reforming of Biomethane with Carbon Capture and Storage (Golden Hydrogen)—Application to Spain,” *Energies (Basel)*, vol. 17, no. 5, p. 1134, 2024.

ANEXO I

Tabla 26: Cálculos base de los bovinos suponiendo 100% de utilización

CCAA	Vacas lecheras		Resto Bovinos		Total Bovinos		Estiercol Puro		% ST	% SV	Total Deyecciones	
	Purín (m3/año)	Estiercol(t/año)	Purín (m3/año)	Estiercol(t/año)3	Purín (t/año)	Estiercol(t/año)4	ST (20%)	SV (80% /ST)			ST (t/año)	SV(t/año)
Andalucía	628269	838824	1954503	2362586	2469905	3201410	640282	512226	0,1129	0,0903	640282	512226
Aragón	211668	282605	1825724	2206919	1948358	2489524	497905	398324	0,1122	0,0898	497905	398324
Asturias	811179	1083033	1354940	1637840	2071459	2720873	544175	435340	0,1136	0,0908	544175	435340
Baleares	112915	150756	118091	142747	220911	293503	58701	46961	0,1141	0,0913	58701	46961
Canarias	65028	86821	57967	70070	117620	156891	31378	25102	0,1143	0,0914	31378	25102
Cantabria	645622	861993	1259868	1522917	1822220	2384910	476982	381586	0,1134	0,0907	476982	381586
Castilla - La Mancha	311068	415318	1772043	2142030	1992079	2557348	511470	409176	0,1124	0,0899	511470	409176
Castilla y León	835321	1115267	7015399	8480153	7507644	9595420	1919084	1535267	0,1122	0,0898	1919084	1535267
Cataluña	775770	1035757	2703910	3268463	3327618	4304220	860844	688675	0,1128	0,0902	860844	688675
Comunidad Valenciana	225682	301315	302925	366174	505507	667489	133498	106798	0,1138	0,0910	133498	106798
Extremadura	97967	130799	3507991	4240429	3448377	4371227	874245	699396	0,1118	0,0894	874245	699396
Galicia	3685524	4920672	2610981	3156131	6021348	8076803	1615361	1292289	0,1146	0,0917	1615361	1292289
Madrid	37712	50351	410142	495776	428283	546126	109225	87380	0,1121	0,0897	109225	87380
Murcia	125698	167824	316803	382949	423164	550773	110155	88124	0,1131	0,0905	110155	88124
Navarra	191466	255633	431131	521147	595389	776780	155356	124285	0,1132	0,0906	155356	124285
País Vasco	190134	253854	516097	623854	675369	877708	175542	140433	0,1130	0,0904	175542	140433
Rioja	26409	35259	215788	260843	231613	296102	59220	47376	0,1122	0,0898	59220	47376
Total Nacional	8977430	11986083	26374303	31881025	33806862	43867108	8773422	7018737			7767397	6213918

CCAA	Qch4 (m3/año)	Qco2 (Nm3/año)	Qotros (m3/año)	Qbiogas (Nm3/año)	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	Q biom CH4 (m3/año)	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
Andalucía	87590573	40426419	6737736	134754728	57547	79883	137430	5671315	5533885	86714668	90327779	900
Aragón	68113378	31436944	5239491	104789812	44750	62119	106870	4437882	4331012	67432244	70241921	700
Asturias	74443078	34358344	5726391	114527813	48909	67892	116801	4792332	4675531	73698648	76769425	765
Baleares	8030254	3706271	617712	12354238	5276	7324	12599	514414	501814	7949952	8281200	82
Canarias	4292524	1981165	330194	6603883	2820	3915	6735	274510	267775	4249599	4426665	44
Cantabria	65251136	30115909	5019318	100386363	42870	59509	102379	4207130	4104751	64598625	67290234	670
Castilla - La Mancha	69969045	32293406	5382234	107644685	45970	63812	109781	4549427	4439646	69269355	72155578	719
Castilla y León	262530684	121168008	20194668	403893361	172483	239428	411911	17103064	16691153	259905378	270734768	2697
Cataluña	117763472	54352371	9058729	181174572	77371	107400	184771	7631838	7447068	116585837	121443580	1210
Comunidad Valenciana	18262494	8428843	1404807	28096144	11998	16655	28654	1172996	1144342	18079869	18833196	188
Extremadura	119596780	55198514	9199752	183995047	78575	109072	187647	7819605	7631957	118400812	123334180	1228
Galicia	220981337	101991386	16998564	339971288	145185	201535	346720	14098151	13751431	218771524	227887004	2270
Madrid	14942020	6896317	1149386	22987723	9817	13627	23444	974409	950965	14792599	15408958	153
Murcia	15069140	6954988	1159165	23183292	9900	13743	23643	973936	950293	14918448	15540050	155
Navarra	21252691	9808934	1634822	32696448	13963	19382	33345	1372169	1338823	21040164	21916838	218
País Vasco	24014098	11083430	1847238	36944766	15777	21901	37678	1553077	1515399	23773957	24764538	247
Rioja	8101358	3739088	623181	12463627	5323	7388	12711	527715	515004	8020344	8354525	83
Total Nacional	1062579904	490421494	81736916	1634738314	698115	969073	1667188	77673970	76006782	1051954105	1095785526	12328

Tabla 27: Cálculo de los bovinos para el año 2030 suponiendo 100% de utilización

2030	Vacas lecheras		Resto Bovinos		Total Bovinos		Estiercol Puro				Total Deyecciones			
CCAA	Purin (m3/año)	Estiercol(t/año)	Purin (m3/año)2	Estiercol(t/año)3	Purin (t/año)	Estiercol(t/año)4	ST (20%)	SV (80% /ST)	% ST	% SV	ST (t/año)	SV(t/año)	Qch4 (m3/año)	Qco2 (Nm3/año)
Andalucía	640239	854805	1991739	2407597	2516960	3262402	652480	521984	0,1129	0,0903	652480	521984	89259319	41196609
Aragón	215700	287989	1860507	2248964	1985477	2536954	507391	405913	0,1122	0,0898	507391	405913	69411051	32035870
Asturias	826633	1103667	1380754	1669043	2110924	2772710	554542	443634	0,1136	0,0908	554542	443634	75861343	35012927
Baleares	115066	153629	120341	145467	225119	299095	59819	47855	0,1141	0,0913	59819	47855	8183244	3776882
Canarias	66266	88475	59071	71405	119860	159880	31976	25581	0,1143	0,0914	31976	25581	4374304	2018909
Cantabria	657922	878415	1283870	1551931	1856936	2430346	486069	388855	0,1134	0,0907	486069	388855	66494279	30689667
Castilla - La Mancha	851236	1136514	7149054	8641714	7650677	9778228	1955646	1564517	0,1122	0,0898	1955646	1564517	267532329	123476460
Castilla y León	316995	423231	1805803	2182839	2030032	2606070	521214	416971	0,1124	0,0899	521214	416971	71302072	32908649
Cataluña	790549	1055490	2755424	3330733	3391015	4386223	877245	701796	0,1128	0,0902	877245	701796	120007061	55387874
Comunidad Valenciana	229981	307056	308697	373150	515137	680206	136041	108833	0,1138	0,0910	136041	108833	18610424	8589427
Extremadura	99833	133291	3574824	4321216	3514075	4454506	890901	712721	0,1118	0,0894	890901	712721	121875297	56250137
Galicia	3755739	5014419	2660725	3216261	6136064	8230680	1646136	1316909	0,1146	0,0917	1646136	1316909	225191398	103934491
Madrid	38431	51310	417955	505221	436442	556531	111306	89045	0,1121	0,0897	111306	89045	15226690	7027703
Murcia	128093	171021	322838	390244	431226	561266	112253	89803	0,1131	0,0905	112253	89803	15356232	7087492
Navarra	195113	260503	439344	531076	606732	791579	158316	126653	0,1132	0,0906	158316	126653	21657590	9995811
País Vasco	193756	258691	525930	635739	688236	894430	178886	143109	0,1130	0,0904	178886	143109	24471606	11294587
Rioja	26912	35931	219899	265812	236026	301743	60349	48279	0,1122	0,0898	60349	48279	8255702	3810324
Total Nacional	9148465	12214437	26876777	32488411	34450939	44702849	8940570	7152456			7915379	6332303	1082823814	499764837

2030										
CCAA	Qotros (m3/año)	Qbiogas (Nm3/año)	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	Q biom CH4 (m3/año)	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
Andalucía	6866101	137322030	58643	81404	140048	5779362	5639315	88366726	92048673	917
Aragón	5339312	106786232	45603	63303	108906	4522431	4413525	68716940	71580146	713
Asturias	5835488	116709758	49841	69186	119026	4883634	4764607	75102729	78232010	779
Baleares	629480	12589606	5376	7463	12840	524214	511375	8101412	8438970	84
Canarias	336485	6729698	2874	3989	6863	279740	272877	4330561	4511001	45
Cantabria	5114945	102298890	43687	60643	104330	4287283	4182953	65829336	68572225	683
Castilla - La Mancha	20579410	411588199	175769	243989	419758	17428906	17009147	264857006	275892715	2748
Castilla y León	5484775	109695495	46845	65027	111873	4636102	4524229	70589051	73530262	732
Cataluña	9231312	184626248	78845	109446	188291	7777238	7588947	118806990	123757282	1233
Comunidad Valenciana	1431571	28631422	12227	16973	29200	1195343	1166143	18424320	19192000	191
Extremadura	9375023	187500457	80072	111150	191222	7968581	7777359	120656544	125683900	1252
Galicia	17322415	346448305	147951	205375	353325	14366744	14013419	222939484	232228629	2313
Madrid	1171284	23425677	10004	13887	23891	992973	969082	15074423	15702524	156
Murcia	1181249	23624972	10089	14005	24094	992492	968398	15202669	15836114	158
Navarra	1665968	33319370	14229	19752	33981	1398311	1364330	21441014	22334390	222
País Vasco	1882431	37648625	16078	22318	38396	1582666	1544270	24226890	25236344	251
Rioja	635054	12701080	5424	7529	12953	537769	524816	8173145	8513693	85
Total Nacional	83294140	1665882790	711415	987535	1698951	79153788	77454837	1071995576	1116662058	12562

Tabla 28: Cálculo de los bovinos para el año 2050 suponiendo 100% de utilización

2050	Vacas lecheras		Resto Bovinos		Total Bovinos		Estiercol Puro		% ST	% SV	Total Devecciones		Qch4 (m3/año)
CCAA	Purin (m3/año)	Estiercol(t/año)	Purin (m3/año)	Estiercol(t/año)	Purin (t/año)	Estiercol(t/año)	ST (20%)	SV (80% /ST)			ST (t/año)	SV(t/año)	
Andalucía	663699	886128	2064723	2495819	2609191	3381948	676390	541112	0,1129	0,0903	676390	541112	92530092
Aragón	223604	298542	1928682	2331374	2058232	2629916	525983	420787	0,1122	0,0898	525983	420787	71954514
Asturias	856924	1144109	1431349	1730203	2188276	2874312	574862	459890	0,1136	0,0908	574862	459890	78641167
Baleares	119282	159258	124750	150797	233368	310055	62011	49609	0,1141	0,0913	62011	49609	8483107
Canarias	68695	91717	61236	74021	124253	165738	33148	26518	0,1143	0,0914	33148	26518	4534594
Cantabria	682031	910604	1330916	1608799	1924981	2519403	503881	403104	0,1134	0,0907	503881	403104	68930861
Castilla - La Mancha	882428	1178160	7411021	8958377	7931025	10136537	2027307	1621846	0,1122	0,0898	2027307	1621846	277335646
Castilla y León	328610	438739	1871974	2262826	2104419	2701565	540313	432250	0,1124	0,0899	540313	432250	73914828
Cataluña	819518	1094167	2856393	3452782	3515273	4546949	909390	727512	0,1128	0,0902	909390	727512	124404538
Comunidad Valenciana	238408	318307	320008	386823	534014	705131	141026	112821	0,1138	0,0910	141026	112821	19292375
Extremadura	103491	138175	3705818	4479560	3642842	4617735	923547	738838	0,1118	0,0894	923547	738838	126341233
Galicia	3893362	5198165	2758223	3334116	6360911	8532281	1706456	1365165	0,1146	0,0917	1706456	1365165	233443196
Madrid	39839	53190	433271	523734	452435	576924	115385	92308	0,1121	0,0897	115385	92308	15784649
Murcia	132787	177288	334668	404544	447027	581833	116367	93093	0,1131	0,0905	116367	93093	15918938
Navarra	202263	270049	455444	550536	628965	820585	164117	131294	0,1132	0,0906	164117	131294	22451200
País Vasco	200856	268170	545202	659035	713455	927205	185441	148353	0,1130	0,0904	185441	148353	25368331
Rioja	27898	37248	227957	275553	244674	312800	62560	50048	0,1122	0,0898	62560	50048	8558220
Total Nacional	9483697	12662017	27861635	33678900	35713341	46340917	9268183	7414547			8205426	6564341	1122502252

2050												
CCAA	Qco2 (Nm3/año)	Qotros gases (Nm3/año)	Qbiogas (Nm3/año)	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	Q biom CH4 (m3/año)	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)	
Andalucía	42706196	7117699	142353987	60792	84387	145180	5991138	5845959	91604791	95421657	950	
Aragón	33209776	5534963	110699252	47274	65623	112897	4688148	4575252	71234969	74203092	739	
Asturias	36295923	6049321	120986410	51667	71721	123388	5062587	4939199	77854755	81098703	808	
Baleares	3915280	652547	13050933	5573	7737	13310	543423	530113	8398276	8748204	87	
Canarias	2092889	348815	6976298	2979	4136	7115	289991	282876	4489248	4676300	47	
Cantabria	31814243	5302374	106047478	45288	62865	108153	4444384	4336231	68241552	71084950	708	
Castilla - La Mancha	128001068	21333511	426670225	182210	252930	435140	18067561	17632422	274562290	286002385	2849	
Castilla y León	34114536	5685756	113715120	48562	67410	115972	4805984	4690012	73175680	76224667	759	
Cataluña	57417479	9569580	191391597	81734	113457	195191	8062223	7867032	123160493	128292180	1278	
Comunidad Valenciana	8904173	1484029	29680577	12675	17595	30270	1239145	1208875	19099451	19895262	198	
Extremadura	58311338	9718556	194371128	83006	115223	198229	8260578	8062348	125077821	130289397	1298	
Galicia	107743013	17957169	359143378	153372	212900	366272	14893192	14526919	231108764	240738296	2398	
Madrid	7285223	1214204	24284075	10371	14396	24766	1029359	1004593	15626802	16277919	162	
Murcia	7347202	1224534	24490673	10459	14518	24977	1028860	1003883	15759748	16416404	164	
Navarra	10362092	1727015	34540307	14750	20475	35226	1449550	1414324	22226688	23152800	231	
País Vasco	11708460	1951410	39028202	16667	23136	39803	1640660	1600857	25114648	26161091	261	
Rioja	3949947	658325	13166492	5623	7805	13428	557475	544047	8472637	8825664	88	
Total Nacional	518077963	86346327	1726926542	737484	1023722	1761206	82054258	80293052	1111277230	1157580448	13023	

Tabla 29: Cálculos base de los porcinos suponiendo 100% de utilización

2020	Cerdas reproductoras		Resto Porcinos		Total Porcinos		Estiercol Puro		% ST	% SV	Total Deyecciones		biogas (m3/año)
CCAA	Purin (m3/año)	Estiercol(t/año)	Purin (m3/año)	Estiercol(t/año)	Purin (ton/año)	Estiercol(t/año)	ST (34%)	SV (85,4% /ST)			ST (t/año)	SV(t/año)	
Andalucía	1332768	589481	6584726	3292363	7640382	3881844	1319826,988	1127132,248	0,1145	0,0978	1319827	1127132	194092204,2
Aragón	2644892	1169831	8292252	4146126	10554344	5315957	1807425,43	1543541,317	0,1139	0,0973	1807425	1543541	265797857,3
Asturias	5735	2537	22518	11259	27264	13796	4690,477083	4005,667429	0,1142	0,0976	4690	4006	689776,0417
Baleares	65764	29087	128788	64394	187742	93481	31783,57542	27143,17341	0,1130	0,0965	31784	27143	4674055,208
Canarias	28171	12460	68614	34307	93398	46767	15900,80125	13579,28427	0,1134	0,0969	15901	13579	2338353,125
Cantabria	3897	1724	13880	6940	17155	8664	2945,61125	2515,552008	0,1141	0,0974	2946	2516	433178,125
Castilla - La Mancha	851183	376477	4336972	2168486	5006570	2544963	865287,3917	738955,4325	0,1146	0,0979	865287	738955	127248145,8
Castilla y León	2463563	1089630	9929904	4964952	11959696	6054582	2058557,83	1758008,387	0,1143	0,0976	2058558	1758008	302729092,7
Cataluña	4704247	2080681	16681712	8340856	20637450	10421537	3543322,431	3025997,356	0,1141	0,0974	3543322	3025997	521076828,1
Comunidad Valenciana	502876	222421	2969396	1484698	3350743	1707119	580420,5663	495679,1636	0,1148	0,0980	580421	495679	85355965,63
Extremadura	902797	399306	2585784	1292892	3366481	1692198	575347,1854	491346,4963	0,1137	0,0971	575347	491346	84609880,21
Galicia	833152	368502	3435356	1717678	4119110	2086180	709301,115	605743,1522	0,1143	0,0976	709301	605743	104308987,5
Madrid	20393	9020	28762	14381	47434	23401	7956,255	6794,64177	0,1123	0,0959	7956	6795	1170037,5
Murcia	755986	334371	4205020	2102510	4787370	2436881	828539,5825	707572,8035	0,1147	0,0979	828540	707573	121844056,3
Navarra	210901	93281	1356598	678299	1512637	771580	262337,2992	224036,0535	0,1148	0,0981	262337	224036	38579014,58
País Vasco	16496	7296	52340	26170	66427	33466	11378,50375	9717,242203	0,1139	0,0973	11379	9717	1673309,375
Rioja	12918	5713	327728	163864	328723	169577	57656,32167	49238,4987	0,1157	0,0988	57656	49238	8478870,833
Total Nacional	15355738	6791817	61020350	30510175	73702925	37301992	12682677,37	10831006,47	0,1143	0,0976	12682677	10831006	1865099613

2020	biogas (m3/año)	CH4(m3/año)	CO2 (m3/año)	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa biogas (ton)	Masa Sustrato (ton)	Masa digestato (ton)	biom CH4(m3/año)	biom (m3/año)	Ebiometano (GWh/año)
CCAA	biogas (m3/año)	CH4(m3/año)	CO2 (m3/año)	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa biogas (ton)	Masa Sustrato (ton)	Masa digestato (ton)	biom CH4(m3/año)	biom (m3/año)	Ebiometano (GWh/año)
Andalucía	194092204,2	126159932,7	58227661,25	82887	115058	197945	11522226	11324281	124898333,4	130102431	1296
Aragón	265797857,3	172768607,2	79739357,19	113509	157565	271074	15870301	15599227	171040921,2	178167626	1775
Asturias	689776,0417	448354,4271	206932,8125	295	409	703	41060	40356	443870,8828	462366	5
Baleares	4674055,208	3038135,885	1402216,563	1996	2771	4767	281223	276457	3007754,527	3133078	31
Canarias	2338353,125	1519929,531	701505,9375	999	1386	2385	140165	137780	1504730,236	1567427	16
Cantabria	433178,125	281565,7813	129953,4375	185	257	442	25818	25376	278750,1234	290365	3
Castilla - La Mancha	127248145,8	82711294,79	38174443,75	54341	75433	129774	7551533	7421759	81884181,84	85296023	850
Castilla y León	302729092,7	196773910,3	90818727,81	129280	179458	308738	18014278	17705539	194806171,2	202923095	2021
Cataluña	521076828,1	338699938,3	156323048,4	222526	308894	531420	31058987	30527567	335312938,9	349284311	3479
Comunidad Valenciana	85355965,63	55481377,66	25606789,69	36451	50599	87050	5057862	4970812	54926563,88	57215171	570
Extremadura	84609880,21	54996422,14	25382964,06	36133	50157	86289	5058678	4972389	54446457,91	56715060	565
Galicia	104308987,5	67800841,88	31292696,25	44545	61834	106380	6205290	6098910	67122833,46	69919618	696
Madrid	1170037,5	760524,375	351011,25	500	694	1193	70835	69642	752919,1313	784291	8
Murcia	121844056,3	79198636,56	36553216,88	52034	72229	124263	7224251	7099989	78406650,2	81673594	813
Navarra	38579014,58	25076359,48	11573704,38	16475	22870	39345	2284217	2244872	24825595,88	25859996	258
País Vasco	1673309,375	1087651,094	501992,8125	715	992	1707	99893	98186	1076774,583	1121640	11
Rioja	8478870,833	5511266,042	2543661,25	3621	5026	8647	498300	489653	5456153,381	5683493	57
Total Nacional	1865099613	1212314748	559529883,8	796491	1105631	1902122	111004917	109102795	1200191601	1250199584	12452

Tabla 30: Cálculo de los porcinos para el año 2030 suponiendo 100% de utilización

2030	Cerdas reproductoras		Resto Porcinos		Total Porcinos		Estiercol Puro				Total Deyecciones	
CCAA	Purin (m3/año)	Estiercol(t/año)	Purin (m3/año)	Estiercol(t/año)	Purin (ton/año)	Estiercol(t/año)	ST (34%)	SV (85,4% /ST)	% ST	% SV	ST (t/año)	SV(t/año)
Andalucía	1385655	612873	6846023	3423012	8231678	4035885	1372200,764	1171859,452	0,1119	0,0955	1372201	1171859
Aragón	2749847	1216253	8621308	4310654	11371155	5526907	1879148,235	1604792,592	0,1112	0,0950	1879148	1604793
Asturias	5962	2637	23412	11706	29374	14343	4876,60602	4164,621541	0,1115	0,0953	4877	4165
Baleares	68373	30241	133899	66949	202272	97191	33044,82091	28220,27706	0,1103	0,0942	33045	28220
Canarias	29289	12955	71337	35668	100626	48623	16531,78168	14118,14155	0,1108	0,0946	16532	14118
Cantabria	4051	1792	14431	7215	18482	9007	3062,499891	2615,374907	0,1114	0,0951	3062	2615
Castilla - La Mancha	2561323	1132869	10323945	5161973	12885268	6294842	2140246,148	1827770,21	0,1116	0,0953	2140246	1827770
Castilla y León	884960	391416	4509073	2254537	5394033	2645953	899623,9888	768278,8865	0,1119	0,0956	899624	768279
Cataluña	4890922	2163247	17343681	8671840	22234603	10835087	3683929,628	3146075,903	0,1114	0,0951	3683930	3146076
Comunidad Valenciana	522832	231248	3087228	1543614	3610060	1774862	603452,9915	515348,8547	0,1121	0,0957	603453	515349
Extremadura	938622	415151	2688394	1344197	3627016	1759348	598178,2872	510844,2573	0,1111	0,0948	598178	510844
Galicia	866213	383125	3571679	1785839	4437892	2168964	737447,8173	629780,436	0,1116	0,0953	737448	629780
Madrid	21202	9378	29903	14952	51105	24329	8271,977528	7064,268809	0,1097	0,0936	8272	7064
Murcia	785985	347640	4371885	2185942	5157870	2533582	861417,9419	735650,9224	0,1120	0,0956	861418	735651
Navarra	219270	96983	1410431	705215	1629701	802198	272747,4476	232926,3202	0,1122	0,0958	272747	232926
País Vasco	17151	7586	54417	27208	71568	34794	11830,02899	10102,84476	0,1112	0,0950	11830	10103
Rioja	13430	5940	340733	170367	354163	176307	59944,25734	51192,39577	0,1130	0,0965	59944	51192
Total Nacional	15965089	7061332	63441778	31720889	79406867	38782221	13185955	11260806	2	2	13185955	11260806

2030												
CCAA	biogas (m3/año)	QCH4(m3/año)	QCO2 (m3/año)	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa biogas (ton)	Masa Sustrato (ton)	Masa digestato (ton)	Q biom CH4(m3/año)	Qbiom (m3/año)	Ebiometano (GWh/año)	
Andalucía	201794230	131166249,5	60538268,99	86176	119624	205800	12267563	12061763	129854587	135265195	1347	
Aragón	276345328,6	179624463,6	82903598,58	118013	163818	281831	16898061	16616230	177828219	185237728	1845	
Asturias	717147,9441	466146,1637	215144,3832	306	425	731	43717	42986	461484,702	480713	5	
Baleares	4859532,487	3158696,117	1457859,746	2075	2881	4956	299462	294506	3127109,155	3257405	32	
Canarias	2431144,364	1580243,837	729343,3092	1038	1441	2479	149249	146769	1564441,398	1629626	16	
Cantabria	450367,631	292738,9601	135110,2893	192	267	459	27490	27030	289811,5705	301887	3	
Castilla - La Mancha	314742080,5	204582352,3	94422624,16	134411	186579	320990	19180110	18859120	202536528,8	210975551	2101	
Castilla y León	132297645,4	85993469,52	39689293,62	56498	78426	134924	8039986	7905062	85133534,82	88680765	883	
Cataluña	541754357,1	352140332,1	162526307,1	231356	321152	552508	33069690	32517182	348618928,8	363144718	3617	
Comunidad Valenciana	88743086,98	57683006,54	26622926,1	37898	52607	90505	5384922	5294417	57106176,47	59485600	592	
Extremadura	87967395,18	57178806,87	26390218,55	37566	52147	89714	5386364	5296650	56607018,8	58965645	587	
Galicia	108448208,4	70491335,48	32534462,53	46313	64288	110601	6606856	6496256	69786422,13	72694190	724	
Madrid	1216467,284	790703,7343	364940,1851	519	721	1241	75435	74194	782796,697	815413	8	
Murcia	126679109,1	82341420,92	38003732,73	54098	75095	129194	7691452	7562258	81518006,71	84914590	846	
Navarra	40109918,76	26071447,19	12032975,63	17129	23777	40906	2431900	2390994	25810732,72	26886180	268	
País Vasco	1739710,146	1130811,595	521913,0438	743	1031	1774	106362	104588	1119503,479	1166149	12	
Rioja	8815331,962	5729965,775	2644599,589	3765	5226	8990	530470	521479	5672666,117	5909027	59	
Total Nacional	1939111062	1260422190	581733319	828097	1149505	1977602	118189088	116211486	1200191601	1250199584	12946	

Tabla 31: Cálculo de los porcinos para el año 2050 suponiendo 100% de utilización

2050	Cerdas reproductoras		Resto Porcinos		Total Porcinos		Estiercol Puro				Total Deyecciones	
CCAA	Purin (m3/año)	Estiercol(t/año)	Purin (m3/año)	Estiercol(t/año)	Purin (ton/año)	Estiercol(t/año)	ST (34%)	SV (85,4% /ST)	% ST	% SV	ST (t/año)	SV(t/año)
Andalucía	1495695	661543	7389689	3694844	8885384	4356388	1481171,806	1264920,722	0,1119	0,0955	1481172	1264921
Aragón	2968222	1312839	9305954	4652977	12274176	5965817	2028377,667	1732234,527	0,1112	0,0950	2028378	1732235
Asturias	6436	2847	25271	12635	31707	15482	5263,873577	4495,348035	0,1115	0,0953	5264	4495
Baleares	73803	32643	144532	72266	218335	104909	35669,02041	30461,34343	0,1103	0,0942	35669	30461
Canarias	31615	13983	77002	38501	108617	52484	17844,62563	15239,31028	0,1108	0,0946	17845	15239
Cantabria	4373	1934	15577	7788	19950	9723	3305,703226	2823,070555	0,1114	0,0951	3306	2823
Castilla - La Mancha	2764726	1222834	11143804	5571902	13908531	6794736	2310210,236	1972919,542	0,1116	0,0953	2310210	1972920
Castilla y León	955238	422500	4867154	2433577	5822391	2856077	971066,1318	829290,4766	0,1119	0,0956	971066	829290
Cataluña	5279327	2335037	18721000	9360500	24000327	11695538	3976482,774	3395916,289	0,1114	0,0951	3976483	3395916
Comunidad Valenciana	564351	249612	3332396	1666198	3896747	1915809	651375,2073	556274,427	0,1121	0,0957	651375	556274
Extremadura	1013161	448119	2901888	1450944	3915049	1899064	645681,6211	551412,1045	0,1111	0,0948	645682	551412
Galicia	935002	413550	3855318	1927659	4790320	2341209	796011,0094	679793,402	0,1116	0,0953	796011	679793
Madrid	22886	10122	32278	16139	55164	26261	8928,882867	7625,265969	0,1097	0,0936	8929	7625
Murcia	848402	375247	4719071	2359535	5567473	2734782	929826,0153	794071,417	0,1120	0,0956	929826	794071
Navarra	236683	104685	1522438	761219	1759121	865904	294407,2325	251423,7766	0,1122	0,0958	294407	251424
País Vasco	18513	8188	58738	29369	77251	37557	12769,49107	10905,14538	0,1112	0,0950	12769	10905
Rioja	14497	6412	367792	183896	382288	190308	64704,63085	55257,75475	0,1130	0,0965	64705	55258
Total Nacional	17232930	7622096	68479901	34239951	85712831	41862047	14233096	12155064	2	2	14233096	12155064

2050												
CCAA	biogas (m3/año)	QCH4(m3/año)	QCO2 (m3/año)	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa biogas (ton)	Masa Sustrato (ton)	Masa digestato (ton)	biom CH4(m3/año)	Qbiom (m3/año)	Ebiometano (GWh/año)	
Andalucía	217819383,2	141582599,1	65345814,95	93020	129123	222143	13241771	13019628	140166773,1	146007055	1454	
Aragón	298290833,3	193889041,7	89487250	127385	176827	304212	18239993	17935781	191950151,2	199948074	1991	
Asturias	774099,0555	503164,3861	232229,7166	331	459	789	47189	46399	498132,7422	518888	5	
Baleares	5245444,178	3409538,716	1573633,253	2240	3109	5350	323244	317894	3375443,329	3516087	35	
Canarias	2624209,651	1705736,273	787262,8953	1121	1556	2676	161101	158425	1688678,91	1759041	18	
Cantabria	486132,8274	315986,3378	145839,8482	208	288	496	29673	29177	312826,4744	325861	3	
Castilla - La Mancha	339736799,5	220828919,6	101921039,8	145085	201396	346481	20703267	20356786	218620630,4	227729823	2268	
Castilla y León	142803842,9	92822497,9	42841152,88	60984	84654	145638	8678468	8532830	91894272,92	95723201	953	
Cataluña	584776878,5	380104971	175433063,5	249729	346656	596385	35695865	35099480	376303921,3	391983251	3904	
Comunidad Valenciana	95790471,66	62263806,58	28737141,5	40907	56785	97692	5812556	5714864	61641168,51	64209551	640	
Extremadura	94953179,58	61719566,73	28485953,87	40550	56288	96838	5814113	5717275	61102371,06	63648303	634	
Galicia	117060442,6	76089287,66	35118132,77	49991	69393	119384	7131529	7012145	75328394,79	78467078	782	
Madrid	1313071,01	853496,1564	393921,303	561	778	1339	81425	80086	844961,1949	880168	9	
Murcia	136739119,9	88880427,93	41021735,97	58394	81059	139453	8302256	8162802	87991623,65	91657941	913	
Navarra	43295181,26	28141867,82	12988554,38	18489	25665	44155	2625025	2580870	27860449,14	29021301	289	
País Vasco	1877866,334	1220613,117	563359,9002	802	1113	1915	114808	112893	1208406,986	1258757	13	
Rioja	9515386,89	6185001,478	2854616,067	4064	5641	9704	572596	562892	6123151,464	6378283	64	
Total Nacional	2093102342	1360516522	627930703	893859	1240791	2134650	127574878	125440228	1200191601	1250199584	13974	

Tabla 32: Cálculo gallinaza para el año 2020 suponiendo 100% de utilización

2020	Gallinas Ponedoras		Estiercol Puro				Total Deyecciones				
CCAA	Purin (ton/año)	Estiercol(t/año)	ST (24%)	SV (60% /ST)	% ST	% SV	ST (t/año)	SV(t/año)	Qbiogas (m3/año)	Qch4 (m3/año)	QCO2 (m3/año)
Andalucía	66219	98797	23711	14227	0,1437	0,0862	23711	14227	6971147	4489419	2362852
Aragón	168394	251239	60297	36178	0,1437	0,0862	60297	36178	17727393	11416441	6008653
Asturias	3521	5253	1261	756	0,1437	0,0862	1261	756	370663	238707	125635
Baleares	7190	10727	2575	1545	0,1437	0,0862	2575	1545	756914	487453	256554
Canarias	37036	55257	13262	7957	0,1437	0,0862	13262	7957	3898923	2510906	1321530
Cantabria	2250	3357	806	483	0,1437	0,0862	806	483	236873	152546	80287
Castilla la Mancha	383808	572629	137431	82459	0,1437	0,0862	137431	82459	40404730	26020646	13695077
Castilla y Leon	220543	329044	78971	47382	0,1437	0,0862	78971	47382	23217339	14951966	7869456
Cataluña	191888	286292	68710	41226	0,1437	0,0862	68710	41226	20200741	13009277	6846988
Comunidad Valenciana	126679	189001	45360	27216	0,1437	0,0862	45360	27216	13335916	8588330	4520174
Extremadura	41875	62476	14994	8997	0,1437	0,0862	14994	8997	4408290	2838939	1494178
Galicia	91616	136688	32805	19683	0,1437	0,0862	32805	19683	9644711	6211194	3269049
Madrid	35339	52724	12654	7592	0,1437	0,0862	12654	7592	3720208	2395814	1260955
Murcia	35202	52520	12605	7563	0,1437	0,0862	12605	7563	3705825	2386552	1256080
Navarra	41079	61288	14709	8825	0,1437	0,0862	14709	8825	4324487	2784970	1465773
País Vasco	29535	44065	10576	6345	0,1437	0,0862	10576	6345	3109226	2002342	1053864
Rioja	14861	22172	5321	3193	0,1437	0,0862	5321	3193	1564448	1007504	530265
Total Nacional	1497034	2233529	536047	321628	0,1437	0,0862	536047	321628	157597834	101493005	53417371

2020								
CCAA	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa biogas (ton)	Masa Sustrato (ton)	Masa digestato (ton)	Q biom_CH4 (m3/año)	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
Andalucía	2950	4669	7619	165017	157398	4444525	4629713	46
Aragón	7501	11873	19374	419632	400259	10274797	10702913	107
Asturias	157	248	405	8774	8369	214836	223788	2
Baleares	320	507	827	17917	17090	438707	456987	5
Canarias	1650	2611	4261	92293	88032	2259816	2353975	23
Cantabria	100	159	259	5607	5348	137291	143012	1
Castilla la Mancha	17096	27061	44157	956437	912280	23418582	24394356	243
Castilla y Leon	9823	15550	25373	549587	524214	13456770	14017468	140
Cataluña	8547	13530	22077	478180	456103	11708349	12196197	121
Comunidad Valenciana	5643	8932	14574	315680	301106	7729497	8051559	80
Extremadura	1865	2952	4818	104350	99533	2555045	2661505	27
Galicia	4081	6460	10540	228304	217764	5590074	5822994	58
Madrid	1574	2492	4066	88063	83997	2156233	2246076	22
Murcia	1568	2482	4050	87722	83672	2147896	2237392	22
Navarra	1830	2896	4726	102367	97641	2506473	2610909	26
País Vasco	1316	2082	3398	73600	70202	1802108	1877195	19
Rioja	662	1048	1710	37033	35323	906754	944535	9
Total Nacional	66681	105553	172234	3730564	3558330	91343705	95149693	948

Tabla 33: Cálculo gallinaza para el año 2030 suponiendo 100% de utilización

2030	Gallinas Ponedoras		Estiercol Puro				Total Deyecciones				
CCAA	Purin (ton/año)	Estiercol(t/año)	ST (24%)	SV (60% /ST)	% ST	% SV	ST (t/año)	SV(t/año)	Qbiogas (m3/año)	Qch4 (m3/año)	QCO2 (m3/año)
Andalucía	88007	95143	22834	13701	0,1247	0,0748	22834	13701	6713293	4323361	2275453
Aragón	223800	241946	58067	34840	0,1247	0,0748	58067	34840	17071679	10994161	5786401
Asturias	4679	5059	1214	728	0,1247	0,0748	1214	728	356953	229877	120988
Baleares	9556	10330	2479	1488	0,1247	0,0748	2479	1488	728917	469422	247064
Canarias	49222	53213	12771	7663	0,1247	0,0748	12771	7663	3754706	2418031	1272648
Cantabria	2990	3233	776	466	0,1247	0,0748	776	466	228111	146904	77318
Castilla la Mancha	293108	316873	76050	45630	0,1247	0,0748	76050	45630	22358559	14398912	7578375
Castilla y Leon	510090	551449	132348	79409	0,1247	0,0748	132348	79409	38910210	25058175	13188513
Cataluña	255024	275702	66169	39701	0,1247	0,0748	66169	39701	19453541	12528080	6593727
Comunidad Valenciana	168359	182010	43682	26209	0,1247	0,0748	43682	26209	12842637	8270659	4352978
Extremadura	55652	60165	14440	8664	0,1247	0,0748	14440	8664	4245233	2733930	1438910
Galicia	121760	131632	31592	18955	0,1247	0,0748	31592	18955	9287965	5981450	3148131
Madrid	46966	50774	12186	7311	0,1247	0,0748	12186	7311	3582602	2307196	1214314
Murcia	46784	50578	12139	7283	0,1247	0,0748	12139	7283	3568751	2298276	1209619
Navarra	54595	59021	14165	8499	0,1247	0,0748	14165	8499	4164530	2681957	1411556
Pais Vasco	39252	42435	10184	6111	0,1247	0,0748	10184	6111	2994220	1928278	1014883
Rioja	19750	21352	5124	3075	0,1247	0,0748	5124	3075	1506581	970238	510652
Total Nacional	1989595	2150914	516219	309732	0,1247	0,0748	516219	309732	151768489	97738907	51441530

2030								
CCAA	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa biogas (ton)	Masa Sustrato (ton)	Masa digestato (ton)	Q biom CH4 (m3/año)	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
Andalucía	2840	4496	7337	183150	175814	4280127	4458466	44
Aragón	7223	11434	18657	465745	447088	9894745	10307026	103
Asturias	151	239	390	9738	9348	206890	215510	2
Baleares	308	488	797	19886	19090	422480	440083	4
Canarias	1589	2515	4103	102435	98332	2176228	2266904	23
Cantabria	97	153	249	6223	5974	132213	137722	1
Castilla la Mancha	9460	14975	24435	609981	585546	12959021	13498980	134
Castilla y Leon	16463	26061	42524	1061538	1019015	22552358	23492039	234
Cataluña	8231	13029	21260	530727	509466	11275272	11745075	117
Comunidad Valenciana	5434	8601	14035	350370	336334	7443593	7753742	77
Extremadura	1796	2843	4639	115817	111178	2460537	2563059	26
Galicia	3930	6221	10151	253392	243241	5383305	5607609	56
Madrid	1516	2399	3915	97740	93824	2076476	2162996	22
Murcia	1510	2390	3900	97362	93462	2068448	2154634	21
Navarra	1762	2789	4551	113616	109064	2413761	2514335	25
Pais Vasco	1267	2005	3272	81688	78415	1735450	1807760	18
Rioja	637	1009	1646	41102	39456	873214	909598	9
Total Nacional	64214	101648	165863	4140509	3974646	87965016	91630225	913

Tabla 34: Cálculo gallinaza para el año 2050 suponiendo 100% de utilización. Fuente: Elaboración propia.

2050	Gallinas Ponedoras		Estiercol Puro				Total Deyecciones				
CCAA	Purin (ton/año)	Estiercol(t/año)	ST (24%)	SV (60% /ST)	% ST	% SV	ST (t/año)	SV(t/año)	Qbiogas (m3/año)	Qch4 (m3/año)	QCO2 (m3/año)
Andalucía	86970	94022	22565	13539	0,1247	0,0748	22565	13539	6634197	4272423	2248643
Aragón	221163	239095	57383	34430	0,1247	0,0748	57383	34430	16870538	10864627	5718225
Asturias	4624	4999	1200	720	0,1247	0,0748	1200	720	352747	227169	119563
Baleares	9443	10209	2450	1470	0,1247	0,0748	2450	1470	720329	463892	244153
Canarias	48642	52586	12621	7572	0,1247	0,0748	12621	7572	3710468	2389541	1257653
Cantabria	2955	3195	767	460	0,1247	0,0748	767	460	225423	145173	76407
Castilla la Mancha	289654	313140	75153	45092	0,1247	0,0748	75153	45092	22095128	14229262	7489085
Castilla y Leon	504080	544951	130788	78473	0,1247	0,0748	130788	78473	38451766	24762937	13033125
Cataluña	252020	272454	65389	39233	0,1247	0,0748	65389	39233	19224337	12380473	6516039
Comunidad Valenciana	166376	179866	43168	25901	0,1247	0,0748	43168	25901	12691324	8173213	4301691
Extremadura	54997	59456	14269	8562	0,1247	0,0748	14269	8562	4195215	2701718	1421957
Galicia	120325	130081	31220	18732	0,1247	0,0748	31220	18732	9178533	5910976	3111040
Madrid	46412	50176	12042	7225	0,1247	0,0748	12042	7225	3540392	2280012	1200006
Murcia	46233	49982	11996	7197	0,1247	0,0748	11996	7197	3526704	2271197	1195367
Navarra	53951	58326	13998	8399	0,1247	0,0748	13998	8399	4115463	2650358	1394925
Pais Vasco	38790	41935	10064	6039	0,1247	0,0748	10064	6039	2958942	1905559	1002926
Rioja	19518	21100	5064	3038	0,1247	0,0748	5064	3038	1488830	958807	504635
Total Nacional	1966154	2125572	510137	306082	0,1247	0,0748	510137	306082	149980336	96587337	50835440

2050									
CCAA	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa biogas (ton)	Masa Sustrato (ton)	Masa digestato (ton)	Q biom CH4 (m3/año)	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)	
Andalucía	2807	4443	7250	180992	173742	4229698	4405936	44	
Aragón	7138	11299	18437	460258	441820	9778164	10185588	101	
Asturias	149	236	386	9624	9238	204452	212971	2	
Baleares	305	482	787	19652	18865	417502	434898	4	
Canarias	1570	2485	4055	101228	97173	2150587	2240195	22	
Cantabria	95	151	246	6150	5904	130655	136099	1	
Castilla la Mancha	9349	14798	24147	602794	578647	12806336	13339933	133	
Castilla y Leon	16269	25753	42023	1049031	1007009	22286644	23215254	231	
Cataluña	8134	12876	21010	524473	503464	11142426	11606694	116	
Comunidad Valenciana	5370	8500	13870	346241	332372	7355891	7662387	76	
Extremadura	1775	2810	4585	114453	109868	2431546	2532861	25	
Galicia	3884	6147	10031	250406	240375	5319878	5541540	55	
Madrid	1498	2371	3869	96588	92719	2052011	2137512	21	
Murcia	1492	2362	3854	96215	92360	2044078	2129248	21	
Navarra	1741	2756	4498	112277	107779	2385322	2484711	25	
Pais Vasco	1252	1982	3234	80725	77491	1715003	1786461	18	
Rioja	630	997	1627	40618	38991	862926	898881	9	
Total Nacional	63458	100451	163909	4091725	3927817	86928603	90550628	902	

Tabla 35: Cálculo de los ovinos para el año 2020 suponiendo 100% de utilización. Fuente: Elaboración propia.

CCAA	Ovejas madres y de reposición		Resto Ovinos		Total Ovinos		Estiercol Puro		% ST	% SV	Total Deyecciones	
	Purin (ton/año)	Estiercol(t/año)	Purin (ton/año)	Estiercol(t/año)	Purin (ton/año)	Estiercol(t/año)	ST (38,5%)	SV (84,57% /ST)			ST (t/año)	SV(t/año)
Andalucía	774280	1354991	66372	298673	840652	1653663	636660	538441	0,255	0,2159	636660	538441
Aragón	508743	890301	38293	172318	547036	1062618	409108	345994	0,254	0,2149	409108	345994
Principado de Asturias	12838	22466	799	3596	13637	26061	10034	8486	0,253	0,2138	10034	8486
Islas Baleares	78598	137546	8924	40159	87522	177705	68416	57862	0,258	0,2182	68416	57862
Canarias	12963	22685	791	3559	13754	26244	10104	8545	0,253	0,2136	10104	8545
Cantabria	11416	19979	573	2579	11990	22558	8685	7345	0,251	0,2126	8685	7345
Castilla - La Mancha	811918	1420857	41454	186543	853372	1607400	618849	523378	0,251	0,2127	618849	523378
Castilla y León	943822	1651688	30455	137047	974277	1788735	688663	582421	0,249	0,2108	688663	582421
Cataluña	115294	201764	20054	90242	135347	292005	112422	95078	0,263	0,2225	112422	95078
Comunidad Valenciana	86971	152199	5761	25923	92732	178122	68577	57997	0,253	0,2141	68577	57997
Extremadura	1103416	1930979	107553	483986	1210969	2414965	929762	786325	0,256	0,2169	929762	786325
Galicia	48164	84288	3995	17978	52159	102265	39372	33298	0,255	0,2156	39372	33298
Comunidad de Madrid	27116	47454	1486	6687	28603	54141	20844	17629	0,252	0,2131	20844	17629
Región de Murcia	156030	273053	22252	100132	178282	373185	143676	121511	0,261	0,2203	143676	121511
C.F. de Navarra	169579	296763	4270	19216	173849	315979	121652	102884	0,248	0,2100	121652	102884
País Vasco	75655	132396	3351	15077	79005	147473	56777	48018	0,251	0,2120	56777	48018
La Rioja	32266	56466	2292	10316	34559	66782	25711	21745	0,254	0,2146	25711	21745
Total Nacional	4969070	8695872	358674	1614031	5327743	10309903	3969313	3260600	0,254	0,2085	3969313	3260600

2020												
CCAA	Qch4 (m3/año)	Qco2 (Nm3/año)	Qotros gases (Nm3/año)	Qbiogas (Nm3/año)	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	Q biom CH4 (m3/año)	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
Andalucía	45965705	34899887	4256084	85121677	30199	68962	99162	2494315	2395154	41369135	43092849	429,2047738
Aragón	29536843	22426122	2734893	54697858	19406	44314	63720	1609654	1545934	26583159	27690791	275,8002735
Principado de Asturias	724407	550013	67075	1341495	476	1087	1563	39698	38135	651967	679132	6,764154489
Islas Baleares	4939531	3750385	457364	9147280	3245	7411	10656	265227	254570	4445578	4630811	46,12287354
Canarias	729484	553868	67545	1350897	479	1094	1574	39998	38424	656536	683892	6,811560904
Cantabria	627031	476079	58058	1161169	412	941	1353	34548	33195	564328	587842	5,854906447
Castilla - La Mancha	44679754	33923517	4137014	82740286	29355	67033	96387	2460772	2364385	40211779	41887270	417,1972076
Castilla y León	49720192	37750516	4603721	92074429	32666	74595	107261	2763011	2655750	44748173	46612680	464,2622918
Cataluña	8116668	6162655	751543	15030867	5333	12177	17510	427353	409843	7305001	7609376	75,78938792
Comunidad Valenciana	4951132	3759193	458438	9168763	3253	7428	10681	270854	260172	4456019	4641686	46,23119584
Extremadura	67127065	50966846	6215469	124309380	44102	100710	144813	3625934	3481121	60414359	62931624	626,7989704
Galicia	2842593	2158265	263203	5264061	1868	4265	6132	154425	148292	2558334	2664931	26,5427132
Comunidad de Madrid	1504923	1142627	139345	2786895	989	2258	3247	82744	79497	1354431	1410865	14,0522193
Región de Murcia	10373169	7875925	960479	19209573	6815	15563	22378	551467	529089	9335853	9724846	96,85946973
C.F. de Navarra	8783051	6668613	813245	16264909	5770	13177	18948	489828	470881	7904746	8234110	82,01173626
País Vasco	4099206	3112360	379556	7591123	2693	6150	8843	226478	217635	3689286	3843006	38,27633961
La Rioja	1856292	1409407	171879	3437577	1220	2785	4005	101341	97336	1670663	1740274	17,33312479
Total Nacional	14085790	10694766	1304240	26084796	9254	21133	30387	15637646	15607259	12677211	13205428	131,5260642

Tabla 36: Cálculo de los ovinos para el año 2030 suponiendo 100% de utilización. Fuente: Elaboración propia.

2030	Ovejas madres y de reposición		Resto Ovinos		Total Ovinos		Estiercol Puro				Total Deyecciones		
CCAA	Purin (ton/año)	Estiercol(t/año)	Purin (ton/año)	Estiercol(t/año)	Purin (ton/año)	Estiercol(t/año)	ST (38,5%)	SV (84,57% /ST)	% ST	% SV	ST (t/año)	SV(t/año)	Qch4 (m3/año)
Andalucía	768319	1344559	65861	296373	834180	1640932	631759	534296	0,255	0,2159	631759	534296	45611829
Aragón	504827	883446	37998	170991	542825	1054437	405958	343330	0,254	0,2149	405958	343330	29309448
Principado de Asturias	12739	22293	793	3568	13532	25861	9956	8420	0,253	0,2138	9956	8420	718830
Islas Baleares	77993	136487	8855	39850	86848	176337	67890	57416	0,258	0,2182	67890	57416	4901503
Canarias	12863	22510	785	3532	13648	26042	10026	8479	0,253	0,2136	10026	8479	723868
Cantabria	11329	19825	569	2560	11897	22384	8618	7288	0,251	0,2126	8618	7288	622204
Castilla - La Mancha	936555	1638972	30220	135992	966776	1774964	683361	577938	0,249	0,2108	683361	577938	49337411
Castilla y León	805667	1409918	41135	185107	846802	1595025	614085	519348	0,251	0,2127	614085	519348	44335779
Cataluña	114406	200210	19899	89547	134305	289757	111557	94347	0,263	0,2225	111557	94347	8054180
Comunidad Valenciana	86301	151027	5716	25724	92018	176751	68049	57551	0,253	0,2141	68049	57551	4913015
Extremadura	1094922	1916113	106724	480260	1201646	2396373	922604	780272	0,256	0,2169	922604	780272	66610274
Galicia	47794	83639	3964	17839	51758	101478	39069	33042	0,255	0,2156	39069	33042	2820709
Comunidad de Madrid	26908	47088	1475	6636	28382	53724	20684	17493	0,252	0,2131	20684	17493	1493337
Región de Murcia	154829	270951	22080	99361	176909	370312	142570	120576	0,261	0,2203	142570	120576	10293310
C.F. de Navarra	168273	294478	4237	19068	172511	313547	120715	102092	0,248	0,2100	120715	102092	8715433
País Vasco	75072	131377	3325	14961	78397	146338	56340	47648	0,251	0,2120	56340	47648	4067648
La Rioja	32018	56031	2275	10236	34293	66268	25513	21577	0,254	0,2146	25513	21577	1842001
Total Nacional	4930814	8628925	355912	1601605	5286727	10230530	3938754	3331114	0,254	0,2147	3938754	3331114	14390413

2030	Qco2 (Nm3/año)	Qotros gases (Nm3/año)	Qbiogas (Nm3/año)	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	Q biom CH4 (m3/año)	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
CCAA	Qco2 (Nm3/año)	Qotros gases (Nm3/año)	Qbiogas (Nm3/año)	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	Q biom CH4 (m3/año)	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
Andalucía	34631204	4223318	84466351	29967	68431	98398	2475112	2376714	41050646	42761090	425,9004567
Aragón	22253470	2713838	54276756	19256	43973	63229	1597262	1534033	26378503	27477608	273,676971
Principado de Asturias	545779	66558	1331167	472	1078	1551	39392	37842	646947	673904	6,712079318
Islas Baleares	3721512	453843	9076858	3220	7354	10574	263185	252611	4411353	4595159	45,76778755
Canarias	549604	67025	1340497	476	1086	1562	39690	38128	651482	678627	6,759120766
Cantabria	472414	57611	1152230	409	933	1342	34282	32939	559984	583316	5,8098313
Castilla - La Mancha	37459886	4568279	91365576	32415	74021	106435	2741740	2635304	44403670	46253823	460,6880774
Castilla y León	33662350	4105165	82103294	29129	66517	95645	2441827	2346182	39902201	41564792	413,9853331
Cataluña	6115211	745757	14915149	5292	12084	17375	424063	406687	7248762	7550794	75,20590845
Comunidad Valenciana	3730252	454909	9098176	3228	7371	10599	268768	258170	4421713	4605951	45,8752759
Extremadura	50574467	6167618	123352360	43763	99935	143698	3598019	3454321	59949247	62447132	621,9734355
Galicia	2141649	261177	5223535	1853	4232	6085	153236	147151	2538638	2644415	26,33836892
Comunidad de Madrid	1133830	138272	2765439	981	2240	3222	82107	78885	1344003	1400004	13,94403553
Región de Murcia	7815291	953084	19061684	6763	15443	22206	547222	525016	9263979	9649978	96,1137781
C.F. de Navarra	6617273	806985	16139690	5726	13076	18802	486057	467256	7843889	8170718	81,38035282
País Vasco	3088399	376634	7532681	2672	6103	8775	224735	215960	3660883	3813420	37,9816617
La Rioja	1398556	170556	3411113	1210	2764	3974	100561	96587	1657801	1726876	17,19968233
Total Nacional	10926054	1332446	26648912	9455	21590	31044	15517257	15486212	12951371	13491012	134,3704785

Tabla 37: Cálculo de los ovinos para el año 2050 suponiendo 100% de utilización. Fuente: Elaboración propia.

2050	Ovejas madres y de reposición		Resto Ovinos		Total Ovinos		Estiercol Puro				Total Deyecciones		
CCAA	Purin (ton/año)	Estiercol(t/año)	Purin (ton/año)	Estiercol(t/año)	Purin (ton/año)	Estiercol(t/año)	ST (38,5%)	SV (84,57% /ST)	% ST	% SV	ST (t/año)	SV(t/año)	Qch4 (m3/año)
Andalucía	729368	1276393	62522	281348	791889	1557741	599730	507209	0,255	0,2159	599730	507209	43299429
Aragón	479233	838658	36072	162322	515305	1000980	385377	325924	0,254	0,2149	385377	325924	27823535
Principado de Asturias	12093	21163	753	3387	12846	24550	9452	7993	0,253	0,2138	9452	7993	682388
Islas Baleares	74038	129567	8407	37829	82445	167397	64448	54505	0,258	0,2182	64448	54505	4653010
Canarias	12211	21369	745	3353	12956	24722	9518	8049	0,253	0,2136	9518	8049	687170
Cantabria	10754	18820	540	2430	11294	21250	8181	6919	0,251	0,2126	8181	6919	590660
Castilla - La Mancha	889074	1555880	28688	129098	917763	1684978	648716	548638	0,249	0,2108	648716	548638	46836133
Castilla y León	764822	1338439	39050	175723	803872	1514161	582952	493019	0,251	0,2127	582952	493019	42088070
Cataluña	108606	190060	18890	85007	127496	275067	105901	89563	0,263	0,2225	105901	89563	7645854
Comunidad Valenciana	81926	143370	5427	24419	87353	167790	64599	54633	0,253	0,2141	64599	54633	4663938
Extremadura	1039412	1818971	101314	455912	1140726	2274883	875830	740714	0,256	0,2169	875830	740714	63233307
Galicia	45371	79399	3763	16935	49134	96333	37088	31367	0,255	0,2156	37088	31367	2677706
Comunidad de Madrid	25543	44701	1400	6300	26943	51001	19635	16606	0,252	0,2131	19635	16606	1417629
Región de Murcia	146980	257215	20961	94324	167941	351538	135342	114463	0,261	0,2203	135342	114463	9771466
C.F. de Navarra	159742	279549	4023	18102	163765	297651	114595	96917	0,248	0,2100	114595	96917	8273583
País Vasco	71266	124716	3156	14203	74423	138919	53484	45233	0,251	0,2120	53484	45233	3861429
La Rioja	30395	53191	2159	9717	32554	62908	24220	20483	0,254	0,2146	24220	20483	1748616
Total Nacional	4680835	8191461	337868	1520408	5018703	9711869	3739070	3162235	0,254	0,2147	3739070	3162235	13660856

2050	Qco2 (Nm3/año)	Qotros gases (Nm3/año)	Qbiogas (Nm3/año)	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	Q biom CH4 (m3/año)	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
CCAA	Qco2 (Nm3/año)	Qotros gases (Nm3/año)	Qbiogas (Nm3/año)	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	Q biom CH4 (m3/año)	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
Andalucía	32875492	4009206	80184127	28448	64962	93410	2349631	2256221	38969486	40593214	404,3084147
Aragón	21125277	2576253	51525066	18280	41744	60024	1516285	1456261	25041182	26084565	259,8022626
Principado de Asturias	518109	63184	1263681	448	1024	1472	37395	35923	614149	639738	6,371794409
Islas Baleares	3532841	430834	8616685	3057	6981	10038	249842	239804	4187709	4362197	43,44748013
Canarias	521740	63627	1272537	451	1031	1482	37678	36195	618453	644222	6,416450978
Cantabria	448464	54691	1093815	388	886	1274	32544	31270	531594	553744	5,515288011
Castilla - La Mancha	35560768	4336679	86733580	30771	70268	101039	2602741	2501701	42152520	43908875	437,3323939
Castilla y León	31955757	3897044	77940871	27652	63145	90796	2318033	2227237	37879263	39457566	392,9973568
Cataluña	5805186	707949	14158990	5023	11471	16494	402564	386069	6881269	7167988	71,3931651
Comunidad Valenciana	3541138	431846	8636922	3064	6997	10061	255142	245081	4197544	4372442	43,54951911
Extremadura	48010474	5854936	117098717	41544	94869	136413	3415609	3279196	56909976	59281225	590,4410051
Galicia	2033073	247936	4958715	1759	4017	5777	145467	139690	2409936	2510350	25,00308233
Comunidad de Madrid	1076348	131262	2625239	931	2127	3058	77944	74886	1275866	1329027	13,23710931
Región de Murcia	7419076	904765	18095307	6420	14660	21080	519479	498399	8794319	9160749	91,24106031
C.F. de Navarra	6281794	766072	15321450	5436	12413	17849	461415	443567	7446225	7756484	77,25458125
País Vasco	2931825	357540	7150794	2537	5793	8330	213341	205011	3475286	3620089	36,05609055
La Rioja	1327653	161909	3238178	1149	2623	3772	95462	91690	1573755	1639328	16,32770331
Total Nacional	10372132	1264894	25297882	8975	20495	29471	14730572	14701102	12294771	12807053	127,5582458

Tabla 38: Cálculo de los caprinos para el año 2020 suponiendo 100% de utilización. Fuente: Elaboración propia.

CCAA	Cabras madres y chivas para reposición		Resto caprinos		Total Caprinos		Estiercol Puro		% ST	% SV	Total Deyecciones		Qch4 (m3/año)
	Purin (ton/año)	Estiercol(t/año)	Purin (ton/año)	Estiercol(t/año)	Purin (ton/año)	Estiercol(t/año)	ST (33,65%)	SV (82,21% /ST)			ST (t/año)	SV(t/año)	
Andalucía	316122	598969	45402	86026	361525	684994	230501	189495	0,22025455	0,18107126	230501	189495	30887609
Aragón	14652	27762	2725	5163	17377	32925	11079	9108	0,22025455	0,18107126	11079	9108	1484625
Principado de Asturias	9897	18752	1195	2264	11091	21015	7072	5814	0,22025455	0,18107126	7072	5814	947620
Islas Baleares	3059	5796	840	1591	3899	7387	2486	2043	0,22025455	0,18107126	2486	2043	333086
Canarias	63089	119537	5694	10790	68784	130327	43855	36053	0,22025455	0,18107126	43855	36053	5876668
Cantabria	5922	11220	601	1139	6523	12359	4159	3419	0,22025455	0,18107126	4159	3419	557296
Castilla - La Mancha	133716	253356	7698	14586	141414	267943	90163	74123	0,22025455	0,18107126	90163	74123	12082023
Castilla y León	48270	91459	3410	6462	51681	97921	32950	27089	0,22025455	0,18107126	32950	27089	4415435
Cataluña	17842	33806	4345	8232	22187	42038	14146	11629	0,22025455	0,18107126	14146	11629	1895581
Comunidad Valenciana	24472	46369	2860	5419	27333	51788	17427	14327	0,22025455	0,18107126	17427	14327	2335220
Extremadura	80196	151950	11000	20842	91195	172791	58144	47800	0,22025455	0,18107126	58144	47800	7791469
Galicia	11433	21663	1632	3092	13065	24754	8330	6848	0,22025455	0,18107126	8330	6848	1116216
Comunidad de Madrid	9983	18916	1308	2478	11291	21393	7199	5918	0,22025455	0,18107126	7199	5918	964665
Región de Murcia	62407	118244	8965	16986	71371	135230	45505	37409	0,22025455	0,18107126	45505	37409	6097746
C.F. de Navarra	3597	6816	412	780	4009	7595	2556	2101	0,22025455	0,18107126	2556	2101	342485
País Vasco	7640	14476	759	1438	8399	15915	5355	4403	0,22025455	0,18107126	5355	4403	717614
La Rioja	3390	6424	400	758	3790	7182	2417	1987	0,22025455	0,18107126	2417	1987	323833
Total Nacional	815688	1545514	99245	188044	914933	1733558	583342	479566	0,22025455	0,18107126	583342	479566	78169191

CCAA	Qco2 (Nm3/año)	Qotros gases (Nm3/año)	Qbiogas (Nm3/año)	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	biom CH4 (m3/a)	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
Andalucía	14251884	2366787	47506280	20293	28162	48455	1046519	998064	27798848	28957133	288
Aragón	685022	113761	2283408	975	1354	2329	50301	47972	1336163	1391836	14
Principado de Asturias	437242	72612	1457474	623	864	1487	32107	30620	852858	888394	9
Islas Baleares	153689	25523	512298	219	304	523	11285	10763	299777	312268	3
Canarias	2711560	450304	9038532	3861	5358	9219	199110	189891	5289002	5509377	55
Cantabria	257143	42703	857142	366	508	874	18882	18008	501567	522465	5
Castilla - La Mancha	5574779	925794	18582597	7938	11016	18954	409357	390404	10873821	11326897	113
Castilla y León	2037331	338336	6791102	2901	4026	6927	149602	142675	3973892	4139471	41
Cataluña	874642	145250	2915473	1245	1728	2974	64225	61251	1706023	1777107	18
Comunidad Valenciana	1077496	178938	3591654	1534	2129	3663	79121	75457	2101698	2189269	22
Extremadura	3595070	597027	11983566	5119	7104	12223	263987	251764	7012322	7304502	73
Galicia	515034	85531	1716782	733	1018	1751	37819	36068	1004595	1046453	10
Comunidad de Madrid	445107	73918	1483690	634	880	1513	32684	31171	868198	904373	9
Región de Murcia	2813567	467244	9378558	4006	5560	9566	206601	197035	5487972	5716637	57
C.F. de Navarra	158026	26243	526754	225	312	537	11604	11067	308236	321079	3
País Vasco	331115	54988	1103717	471	654	1126	24314	23188	645853	672763	7
La Rioja	149420	24814	498067	213	295	508	10972	10464	291450	303593	3
Total Nacional	36068128	5989774	120227093	51357	71271	122628	2648491	2525863	70352272	73283617	730

Tabla 39: Cálculo de los caprinos para el año 2030 suponiendo 100% de utilización. Fuente: Elaboración propia.

2030	Cabras madres y chivas para reposición		Resto caprinos		Total Caprinos		Estiercol Puro				Total Deyecciones		
CCAA	Purín (ton/año)	Estiercol(t/año)	Purín (ton/año)2	Estiercol(t/año)3	Purín (ton/año)4	Estiercol(t/año)5	ST (33,65%)	SV (82,21% /ST)	% ST	% SV	ST (t/año)	SV(t/año)	Qch4 (m3/año)
Andalucía	328006	621485	47109	89259	375115	710744	239166	196618	0,22025455	0,18107126	239166	196618	32048728
Aragón	15203	28805	2827	5357	18030	34162	11496	9451	0,22025455	0,18107126	11496	9451	1540435
Principado de Asturias	10269	19457	1240	2349	11508	21805	7338	6032	0,22025455	0,18107126	7338	6032	983243
Islas Baleares	3174	6014	871	1651	4045	7665	2579	2120	0,22025455	0,18107126	2579	2120	345607
Canarias	65461	124031	5909	11195	71369	135226	45504	37408	0,22025455	0,18107126	45504	37408	6097583
Cantabria	6144	11642	624	1182	6768	12824	4315	3548	0,22025455	0,18107126	4315	3548	578246
Castilla - La Mancha	50085	94898	3539	6705	53623	101602	34189	28107	0,22025455	0,18107126	34189	28107	4581419
Castilla y León	138743	262881	7988	15135	146730	278015	93552	76909	0,22025455	0,18107126	93552	76909	12536208
Cataluña	18513	35077	4508	8542	23021	43619	14678	12066	0,22025455	0,18107126	14678	12066	1966839
Comunidad Valenciana	25392	48112	2968	5623	28360	53735	18082	14865	0,22025455	0,18107126	18082	14865	2423005
Extremadura	83210	157662	11413	21625	94624	179287	60330	49597	0,22025455	0,18107126	60330	49597	8084364
Galicia	11863	22477	1693	3208	13556	25685	8643	7105	0,22025455	0,18107126	8643	7105	1158177
Comunidad de Madrid	10359	19627	1357	2571	11715	22198	7469	6141	0,22025455	0,18107126	7469	6141	1000928
Región de Murcia	64753	122689	9302	17624	74054	140313	47215	38816	0,22025455	0,18107126	47215	38816	6326971
C.F. de Navarra	3732	7072	427	809	4159	7881	2652	2180	0,22025455	0,18107126	2652	2180	355359
País Vasco	7927	15021	788	1492	8715	16513	5557	4568	0,22025455	0,18107126	5557	4568	744590
La Rioja	3518	6665	415	786	3933	7452	2507	2061	0,22025455	0,18107126	2507	2061	336006
Total Nacional	846351	1603612	102976	195113	949327	1798725	605271	497593	0,22025455	0,18107126	605271	497593	81107706

2030												
CCAA	Qco2 (Nm3/año)	Qotros gases (Nm3/año)	Qbiogas (Nm3/año)	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	Q biom CH4	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)	
Andalucía	14787637	2455758	49292123	21056	29220	50276	1085860	1035583	28843855	30045682	299	
Aragón	710774	118037	2369245	1012	1404	2417	52192	49776	1386391	1444157	14	
Principado de Asturias	453679	75342	1512263	646	896	1542	33314	31771	884918	921790	9	
Islas Baleares	159467	26482	531556	227	315	542	11710	11168	311046	324007	3	
Canarias	2813492	467232	9378306	4006	5559	9566	206595	197030	5487824	5716484	57	
Cantabria	266809	44309	889364	380	527	907	19592	18685	520422	542106	5	
Castilla - La Mancha	2113917	351055	7046391	3010	4177	7187	155225	148038	4123277	4295080	43	
Castilla y León	5784345	960597	19281149	8236	11430	19666	424746	405080	11282587	11752695	117	
Cataluña	907521	150711	3025070	1292	1793	3085	66639	63554	1770155	1843911	18	
Comunidad Valenciana	1118001	185665	3726671	1592	2209	3801	82095	78294	2180704	2271567	23	
Extremadura	3730215	619471	12434049	5311	7371	12682	273911	261228	7275927	7579091	75	
Galicia	534396	88746	1781318	761	1056	1817	39241	37424	1042359	1085791	11	
Comunidad de Madrid	461839	76697	1539464	658	913	1570	33913	32343	900835	938370	9	
Región de Murcia	2919334	484809	9731114	4157	5769	9925	214367	204442	5694274	5931535	59	
C.F. de Navarra	163967	27230	546556	233	324	557	12040	11483	319823	333149	3	
País Vasco	343562	57055	1145207	489	679	1168	25228	24060	670131	698053	7	
La Rioja	155037	25747	516790	221	306	527	11384	10857	302406	315006	3	
Total Nacional	37423991	6214940	124746638	53288	73950	127238	2748052	2620815	72996936	76038475	757	

Tabla 40: Cálculo de los caprinos para el año 2050 suponiendo 100% de utilización. Fuente: Elaboración propia.

2050	Cabras madres y chivas para reposición		Resto caprinos		Total Caprinos		Estiercol Puro				Total Deyecciones		
CCAA	Purin (ton/año)	Estiercol(t/año)	Purin (ton/año)2	Estiercol(t/año)3	Purin (ton/año)4	Estiercol(t/año)5	ST (33,65%)	SV (82,21% /ST)	% ST	% SV	ST (t/año)	SV(t/año)	Qch4 (m3/año)
Andalucía	328925	623226	47241	89510	376166	712736	239836	197169	0,22025455	0,18107126	239836	197169	32138509
Aragón	15245	28886	2835	5372	18081	34258	11528	9477	0,22025455	0,18107126	11528	9477	1544750
Principado de Asturias	10298	19511	1243	2355	11541	21866	7358	6049	0,22025455	0,18107126	7358	6049	985997
Islas Baleares	3183	6031	874	1655	4056	7686	2586	2126	0,22025455	0,18107126	2586	2126	346575
Canarias	65644	124378	5925	11227	71569	135605	45631	37513	0,22025455	0,18107126	45631	37513	6114664
Cantabria	6161	11674	626	1186	6787	12860	4327	3557	0,22025455	0,18107126	4327	3557	579866
Castilla - La Mancha	50225	95163	3548	6723	53774	101887	34285	28186	0,22025455	0,18107126	34285	28186	4594253
Castilla y León	139131	263617	8010	15177	147141	278794	93814	77125	0,22025455	0,18107126	93814	77125	12571327
Cataluña	18565	35175	4521	8566	23085	43741	14719	12100	0,22025455	0,18107126	14719	12100	1972349
Comunidad Valenciana	25463	48247	2976	5639	28440	53886	18132	14907	0,22025455	0,18107126	18132	14907	2429793
Extremadura	83443	158103	11445	21686	94889	179789	60499	49736	0,22025455	0,18107126	60499	49736	8107011
Galicia	11896	22540	1698	3217	13594	25757	7125	5867	0,22025455	0,18107126	7125	5867	1161421
Comunidad de Madrid	10388	19682	1361	2578	11748	22260	7490	6158	0,22025455	0,18107126	7490	6158	1003732
Región de Murcia	64934	123033	9328	17673	74262	140706	47348	38925	0,22025455	0,18107126	47348	38925	6344695
C.F. de Navarra	3743	7092	428	811	4171	7903	2659	2186	0,22025455	0,18107126	2659	2186	356355
País Vasco	7950	15063	790	1496	8739	16559	5572	4581	0,22025455	0,18107126	5572	4581	746676
La Rioja	3528	6684	416	788	3944	7472	2514	2067	0,22025455	0,18107126	2514	2067	336948
Total Nacional	848722	1608105	103265	195659	951987	1803764	606967	498987	0,22025455	0,18107126	606967	498987	81334922

2050	Qco2 (Nm3/año)	Qotros gases (Nm3/año)	Qbiogas (Nm3/año)	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	Q biom CH4	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
CCAA	Qco2 (Nm3/año)	Qotros gases (Nm3/año)	Qbiogas (Nm3/año)	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	Q biom CH4	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
Andalucía	14829063	2462638	49430210	21115	29302	50417	1088901	1038484	28924658	30129852	300
Aragón	712765	118368	2375882	1015	1408	2423	52338	49915	1390275	1448203	14
Principado de Asturias	454950	75553	1516500	648	899	1547	33407	31860	887397	924372	9
Islas Baleares	159914	26557	533045	228	316	544	11742	11199	311918	324914	3
Canarias	2821374	468541	9404579	4017	5575	9592	207174	197582	5503198	5732498	57
Cantabria	267557	44433	891855	381	529	910	19647	18737	521879	543624	5
Castilla - La Mancha	2119839	352038	7066131	3018	4189	7207	155660	148453	4134828	4307113	43
Castilla y León	5800549	963288	19335163	8259	11462	19721	425936	406214	11314194	11785619	117
Cataluña	910063	151133	3033545	1296	1798	3094	66826	63732	1775114	1849077	18
Comunidad Valenciana	1121133	186185	3737111	1596	2215	3812	82325	78513	2186814	2277931	23
Extremadura	3740665	621206	12468882	5326	7392	12718	274678	261960	7296310	7600323	76
Galicia	535893	88995	1786309	763	1059	1822	39351	37529	1045279	1088832	11
Comunidad de Madrid	463133	76912	1543777	659	915	1575	34008	32433	903359	940999	9
Región de Murcia	2927513	486167	9758375	4168	5785	9953	214968	205015	5710226	5948152	59
C.F. de Navarra	164426	27306	548087	234	325	559	12074	11515	320719	334083	3
País Vasco	344525	57215	1148415	491	681	1171	25299	24127	672009	700009	7
La Rioja	155471	25819	518238	221	307	529	11416	10888	303253	315888	3
Total Nacional	37528831	6232351	125096104	53437	74157	127594	2755751	2628157	73201430	76251489	759

Tabla 41: Cálculo de las conejas madre para el año 2020 suponiendo 100% de utilización. Fuente: Elaboración propia.

CCAA	Conejas Madres		Estiercol Puro		% ST	% SV	Total Deyecciones		Qch4 (m3/año)	Qco2 (Nm3/año)	Qotros gases (Nm3/año)	Qbiogas (Nm3/año)	Masa CH4 (ton)
	Purín (ton/año)	Estiercol(t/año)	ST (61,39%)	SV (90,26% /ST)			ST (t/año)	SV(t/año)					
Andalucía	154	735	451	408	0,5074	0,4580	451	408	132656	77383	11055	221093	87
Aragón	1959	9330	5728	5170	0,5074	0,4580	5728	5170	1682885	981683	140240	2804809	1106
Principado de Asturias	28	134	82	74	0,5074	0,4580	82	74	24187	14109	2016	40312	16
Islas Baleares	13	62	38	34	0,5074	0,4580	38	34	11151	6505	929	18585	7
Canarias	121	579	355	321	0,5074	0,4580	355	321	104373	60884	8698	173955	69
Cantabria	185	883	542	489	0,5074	0,4580	542	489	159256	92899	13271	265427	105
Castilla - La Mancha	1275	6070	3727	3364	0,5074	0,4580	3727	3364	1094965	638730	91247	1824942	719
Castilla y León	4473	21305	13079	11805	0,5074	0,4580	13079	11805	3842992	2241745	320249	6404987	2525
Cataluña	3266	15556	9550	8620	0,5074	0,4580	9550	8620	2805992	1636828	233833	4676653	1844
Comunidad Valenciana	2352	11204	6878	6208	0,5074	0,4580	6878	6208	2020882	1178848	168407	3368136	1328
Extremadura	74	352	216	195	0,5074	0,4580	216	195	63439	37006	5287	105732	42
Galicia	2796	13317	8175	7379	0,5074	0,4580	8175	7379	2402124	1401239	200177	4003539	1578
Comunidad de Madrid	10	47	29	26	0,5074	0,4580	29	26	8414	4908	701	14023	6
Región de Murcia	228	1086	667	602	0,5074	0,4580	667	602	195892	114270	16324	326487	129
C.F. de Navarra	545	2597	1594	1439	0,5074	0,4580	1594	1439	468483	273282	39040	780805	308
País Vasco	476	2266	1391	1256	0,5074	0,4580	1391	1256	408795	238464	34066	681325	269
La Rioja	245	1168	717	647	0,5074	0,4580	717	647	210713	122916	17559	351188	138
Total Nacional	18202	86691	53220	48036	0,5074	0,4580	53220	48036	15637200	9121700	1303100	26062000	10274

CCAA	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	Q biom CH4 (m3/año)	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
Andalucía	153	240	890	650	119390	124365	1,238676297
Aragón	1940	3045	11289	8243	1514597	1577705	15,71394254
Principado de Asturias	28	44	162	118	21769	22676	0,225850653
Islas Baleares	13	20	75	55	10036	10454	0,104122262
Canarias	120	189	700	511	93936	97850	0,974584377
Cantabria	184	288	1068	780	143331	149303	1,487055221
Castilla - La Mancha	1262	1982	7345	5363	985469	1026530	10,22423824
Castilla y León	4430	6955	25779	18824	3458693	3602805	35,88393929
Cataluña	3234	5078	18822	13744	2525393	2630617	26,2009475
Comunidad Valenciana	2329	3657	13556	9899	1818794	1894577	18,86998297
Extremadura	73	115	426	311	57095	59474	0,592361017
Galicia	2769	4347	16113	11766	2161911	2251991	22,42982847
Comunidad de Madrid	10	15	56	41	7573	7888	0,07856498
Región de Murcia	226	354	1314	960	176303	183649	1,829144182
C.F. de Navarra	540	848	3143	2295	421635	439203	4,374460216
País Vasco	471	740	2742	2002	367915	383245	3,817122142
La Rioja	243	381	1413	1032	189642	197543	1,967532134
Total Nacional	18024	28298	104893	76595	14073480	14659875	146,0123525

Tabla 42: Cálculo de las conejas madre para el año 2030 suponiendo 100% de utilización. Fuente: Elaboración propia.

CCAA	Conejas Madres		Estiercol Puro		% ST	% SV	Total Deyecciones		Qch4 (m3/año)	Qco2 (Nm3/año)	Qotros gases (Nm3/año)	Qbiogas (Nm3/año)
	Purin (ton/año)	Estiercol(t/año)	ST (61,39%)	SV (90,26% /ST)			ST (t/año)	SV(t/año)				
Andalucía	143	679	417	376	0,5074	0,4580	417	376	122489	71452	10207	204149
Aragón	1809	8615	5289	4773	0,5074	0,4580	5289	4773	1553908	906446	129492	2589846
Principado de Asturias	26	124	76	69	0,5074	0,4580	76	69	22334	13028	1861	37223
Islas Baleares	12	57	35	32	0,5074	0,4580	35	32	10296	6006	858	17161
Canarias	112	534	328	296	0,5074	0,4580	328	296	96374	56218	8031	160623
Cantabria	171	815	500	452	0,5074	0,4580	500	452	147051	85780	12254	245085
Castilla - La Mancha	4130	19672	12077	10901	0,5074	0,4580	12077	10901	3548462	2069936	295705	5914103
Castilla y León	1177	5605	3441	3106	0,5074	0,4580	3441	3106	1011046	589777	84254	1685077
Cataluña	3016	14364	8818	7959	0,5074	0,4580	8818	7959	2590938	1511380	215911	4318230
Comunidad Valenciana	2172	10345	6351	5732	0,5074	0,4580	6351	5732	1865999	1088500	155500	3109999
Extremadura	68	325	199	180	0,5074	0,4580	199	180	58577	34170	4881	97628
Galicia	2582	12297	7549	6814	0,5074	0,4580	7549	6814	2218023	1293846	184835	3696704
Comunidad de Madrid	9	43	26	24	0,5074	0,4580	26	24	7769	4532	647	12948
Región de Murcia	211	1003	616	556	0,5074	0,4580	616	556	180879	105513	15073	301465
C.F. de Navarra	504	2398	1472	1329	0,5074	0,4580	1472	1329	432578	252337	36048	720963
País Vasco	439	2093	1285	1160	0,5074	0,4580	1285	1160	377464	220188	31455	629107
La Rioja	226	1079	662	598	0,5074	0,4580	662	598	194564	113495	16214	324273
Total Nacional	16807	80047	49141	44355	0,5074	0,4580	49141	44355	14438750	8422604	1203229	24064584

CCAA	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	Q biom_CH4 (m3/año)	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
Andalucía	80	141	222	822	600	110240	114834	1,143742994
Aragón	1021	1791	2812	10424	7611	1398517	1456788	14,50961137
Principado de Asturias	15	26	40	150	109	20100	20938	0,208541249
Islas Baleares	7	12	19	69	50	9267	9653	0,096142235
Canarias	63	111	174	646	472	86737	90351	0,899891324
Cantabria	97	170	266	986	720	132346	137860	1,373085926
Castilla - La Mancha	2331	4090	6422	23803	17381	3193615	3326683	33,13376081
Castilla y León	664	1165	1830	6782	4952	909942	947856	9,440643109
Cataluña	1702	2986	4689	17380	12691	2331844	2429004	24,19288252
Comunidad Valenciana	1226	2151	3377	12517	9140	1679400	1749374	17,42376993
Extremadura	38	68	106	393	287	52719	54916	0,546961918
Galicia	1457	2557	4014	14878	10864	1996220	2079396	20,71078556
Comunidad de Madrid	5	9	14	52	38	6992	7284	0,072543687
Región de Murcia	119	208	327	1213	886	162791	169574	1,688956871
C.F. de Navarra	284	499	783	2902	2119	389320	405542	4,039197517
País Vasco	248	435	683	2532	1849	339718	353873	3,524574352
La Rioja	128	224	352	1305	953	175107	182403	1,816738642
Total Nacional	9486	16643	26129	96854	70725	12994875	13536328	134,82183

Tabla 43: Cálculo de las conejas madre para el año 2050 suponiendo 100% de utilización. Fuente: Elaboración propia.

2050	Conejas Madres		Estiercol Puro				Total Deyecciones					
CCAA	Purin (ton/año)	Estiercol(t/año)	ST (61,39%)	SV (90,26% /ST)	% ST	% SV	ST (t/año)	SV(t/año)	Qch4 (m3/año)	Qco2 (Nm3/año)	Qotros gases (Nm3/año)	Qbiogas (Nm3/año)
Andalucía	137	654	402	363	0,5074	0,4580	402	363	118032	68852	9836	196720
Aragón	1743	8301	5096	4600	0,5074	0,4580	5096	4600	1497363	873462	124780	2495605
Principado de Asturias	25	119	73	66	0,5074	0,4580	73	66	21521	12554	1793	35868
Islas Baleares	12	55	34	30	0,5074	0,4580	34	30	9922	5788	827	16536
Canarias	108	515	316	285	0,5074	0,4580	316	285	92867	54172	7739	154778
Cantabria	165	786	482	435	0,5074	0,4580	482	435	141700	82658	11808	236166
Castilla - La Mancha	3980	18956	11637	10504	0,5074	0,4580	11637	10504	3419338	1994614	284945	5698896
Castilla y León	1134	5401	3316	2993	0,5074	0,4580	3316	2993	974255	568316	81188	1623759
Cataluña	2906	13841	8497	7670	0,5074	0,4580	8497	7670	2496657	1456383	208055	4161095
Comunidad Valenciana	2093	9968	6120	5524	0,5074	0,4580	6120	5524	1798098	1048891	149842	2996830
Extremadura	66	313	192	173	0,5074	0,4580	192	173	56445	32926	4704	94076
Galicia	2488	11849	7274	6566	0,5074	0,4580	7274	6566	2137311	1246765	178109	3562186
Comunidad de Madrid	9	42	25	23	0,5074	0,4580	25	23	7486	4367	624	12477
Región de Murcia	203	966	593	535	0,5074	0,4580	593	535	174297	101673	14525	290495
C.F. de Navarra	485	2311	1419	1280	0,5074	0,4580	1419	1280	416837	243155	34736	694728
País Vasco	423	2016	1238	1117	0,5074	0,4580	1238	1117	363729	212175	30311	606215
La Rioja	218	1039	638	576	0,5074	0,4580	638	576	187484	109366	15624	312473
Total Nacional	16195	77134	47353	42741	0,5074	0,4580	47353	42741	13913342	8116116	1159445	23188903

2050								
CCAA	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	Q biom CH4 (m3/año)	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
Andalucía	78	136	214	792	578	106229	110655	1,102123591
Aragón	984	1726	2710	10044	7334	1347626	1403778	13,98162443
Principado de Asturias	14	25	39	144	105	19369	20176	0,200952689
Islas Baleares	7	11	18	67	49	8930	9302	0,092643738
Canarias	61	107	168	623	455	83580	87063	0,867145384
Cantabria	93	163	256	951	694	127530	132843	1,323121015
Castilla - La Mancha	2247	3941	6188	22937	16749	3077404	3205629	31,92806394
Castilla y León	640	1123	1763	6535	4772	876830	913364	9,097109699
Cataluña	1640	2878	4518	16747	12229	2246991	2340616	23,31253323
Comunidad Valenciana	1181	2073	3254	12062	8808	1618288	1685717	16,78974034
Extremadura	37	65	102	379	276	50801	52918	0,527058645
Galicia	1404	2464	3868	14337	10469	1923580	2003729	19,9571455
Comunidad de Madrid	5	9	14	50	37	6738	7018	0,069903911
Región de Murcia	115	201	315	1169	854	156867	163403	1,627497804
C.F. de Navarra	274	480	754	2796	2042	375153	390785	3,89221608
País Vasco	239	419	658	2440	1782	327356	340996	3,396319419
La Rioja	123	216	339	1258	918	168735	175766	1,750629754
Total Nacional	9141	16037	25179	93330	68151	12522008	13043758	129,9158292

Tabla 44: Cálculo de los pollos de engorde para el año 2020 suponiendo 100% de utilización. Fuente: Elaboración propia.

2020	Pollos de engorde		Estiercol Puro				Total Deyecciones					
CCAA	Purin (ton/año)	Estiercol(t/año)	ST (21,56%)	SV (73,84% /ST)	% ST	% SV	ST (t/año)	SV(t/año)	Qch4 (m3/año)	Qco2 (Nm3/año)	Qotros gases (Nm3/año)	Qbiogas (Nm3/año)
Andalucía	491301	531136	114513	84555	0,112	0,0827	114513	84555	42277742	13951655	2959442	59188839
Aragón	504774	545701	117653	86874	0,112	0,0827	117653	86874	43437154	14334261	3040601	60812016
Asturias	1324	1431	309	228	0,112	0,0827	309	228	113900	37587	7973	159460
Baleares	1129	1221	263	194	0,112	0,0827	263	194	97182	32070	6803	136055
Canarias	39787	43013	9274	6848	0,112	0,0827	9274	6848	3423791	1129851	239665	4793307
Cantabria	35	38	8	6	0,112	0,0827	8	6	2997	989	210	4196
Castilla la Mancha	430757	465683	100401	74136	0,112	0,0827	100401	74136	37067808	12232377	2594747	51894931
Castilla y Leon	441684	477496	102948	76016	0,112	0,0827	102948	76016	38008091	12542670	2660566	53211328
Cataluña	833228	900786	194210	143403	0,112	0,0827	194210	143403	71701479	23661488	5019104	100382070
Comunidad Valenciana	449819	486291	104844	77416	0,112	0,0827	104844	77416	38708135	12773684	2709569	54191389
Extremadura	221263	239204	51572	38081	0,112	0,0827	51572	38081	19040303	6283300	1332821	26656425
Galicia	665122	719051	155027	114471	0,112	0,0827	155027	114471	57235573	18887739	4006490	80129802
Madrid	6394	6912	1490	1100	0,112	0,0827	1490	1100	550207	181568	38514	770289
Murcia	189948	205349	44273	32691	0,112	0,0827	44273	32691	16345535	5394027	1144187	22883750
Navarra	175574	189809	40923	30217	0,112	0,0827	40923	30217	15108587	4985834	1057601	21152022
País Vasco	9205	9951	2145	1584	0,112	0,0827	2145	1584	792094	261391	55447	1108931
Rioja	88021	95157	20516	15149	0,112	0,0827	20516	15149	7574404	2499553	530208	10604166
Total Nacional	4549363	4918230	1060370	782970	0,112	0,0827	1060370	782970	391484983	129190044	27403949	548078976

2020								
CCAA	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	Q biom CH4 (m3/año)	Qbiom (m3/año)	biometano (GWh/año)
Andalucía	27776	27568	55345	1022436	967091	38049968	39635383	395
Aragón	28538	28324	56863	1050475	993613	39093439	40722332	406
Asturias	75	74	149	2755	2605	102510	106781	1
Baleares	64	63	127	2350	2223	87464	91109	1
Canarias	2249	2233	4482	82800	78318	3081412	3209804	32
Cantabria	2	2	4	72	69	2698	2810	0
Castilla la Mancha	24354	24171	48525	896440	847916	33361027	34751070	346
Castilla y Leon	24971	24784	49756	919180	869424	34207282	35632585	355
Cataluña	47108	46755	93863	1734014	1640151	64531331	67220136	670
Comunidad Valenciana	25431	25241	50672	936110	885438	34837321	36288876	361
Extremadura	12509	12416	24925	460467	435542	17136273	17850284	178
Galicia	37604	37322	74926	1384173	1309248	51512015	53658349	534
Madrid	361	359	720	13306	12586	495186	515819	5
Murcia	10739	10659	21398	395297	373899	14710982	15323940	153
Navarra	9926	9852	19778	365383	345605	13597728	14164300	141
País Vasco	520	517	1037	19156	18119	712884	742588	7
Rioja	4976	4939	9916	183178	173262	6816964	7101004	71
Total Nacional	257206	255280	512485	9467593	8955108	352336485	367017172	3655

Tabla 45: Cálculo de los pollos de engorde para el año 2030 suponiendo 100% de utilización. Fuente: Elaboración propia.

2030	Pollos de engorde		Estiercol Puro				Total Deyecciones					
CCAA	Purin (ton/año)	Estiercol(t/año)	ST (21,56%)	SV (73,84% /ST)	% ST	% SV	ST (t/año)	SV(t/año)	Qch4 (m3/año)	Qco2 (Nm3/año)	Qotros gases (Nm3/año)	Qbiogas (Nm3/año)
Andalucía	481475	520513	112223	82864	0,112	0,0827	112223	82864	41432187	13672622	2900253	58005062
Aragón	494678	534787	115300	85137	0,112	0,0827	115300	85137	42568411	14047576	2979789	59595776
Asturias	1297	1402	302	223	0,112	0,0827	302	223	111622	36835	7814	156271
Baleares	1107	1196	258	190	0,112	0,0827	258	190	95239	31429	6667	133334
Canarias	38991	42153	9088	6711	0,112	0,0827	9088	6711	3355315	1107254	234872	4697441
Cantabria	34	37	8	6	0,112	0,0827	8	6	2937	969	206	4112
Castilla la Mancha	432850	467946	100889	74496	0,112	0,0827	100889	74496	37247929	12291817	2607355	52147101
Castilla y Leon	422142	456370	98393	72653	0,112	0,0827	98393	72653	36326452	11987729	2542852	50857032
Cataluña	816563	882771	190325	140535	0,112	0,0827	190325	140535	70267449	23188258	4918721	98374429
Comunidad Valenciana	440823	476565	102747	75868	0,112	0,0827	102747	75868	37933972	12518211	2655378	53107561
Extremadura	216838	234419	50541	37319	0,112	0,0827	50541	37319	18659497	6157634	1306165	26123296
Galicia	651820	704670	151927	112182	0,112	0,0827	151927	112182	56090861	18509984	3926360	78527206
Madrid	6266	6774	1460	1078	0,112	0,0827	1460	1078	539202	177937	37744	754883
Murcia	186149	201242	43388	32037	0,112	0,0827	43388	32037	16018625	5286146	1121304	22426075
Navarra	172062	186013	40104	29613	0,112	0,0827	40104	29613	14806415	4886117	1036449	20728982
País Vasco	9021	9752	2103	1553	0,112	0,0827	2103	1553	776252	256163	54338	1086753
Rioja	86260	93254	20106	14846	0,112	0,0827	20106	14846	7422916	2449562	519604	10392082
Total Nacional	4458376	4819866	1039163	767311	0,112	0,0827	1039163	767311	383655283	126606244	26855870	537117397

2030								
CCAA	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	Q biom CH4 (m3/año)	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
Andalucía	27221	27017	54238	1001988	947750	37288969	38842676	387
Aragón	27967	27758	55725	1029466	973740	38311570	39907886	397
Asturias	73	73	146	2699	2553	100460	104646	1
Baleares	63	62	125	2303	2179	85715	89286	1
Canarias	2204	2188	4392	81144	76752	3019784	3145608	31
Cantabria	2	2	4	71	67	2644	2754	0
Castilla la Mancha	24472	24289	48761	900796	852036	33523136	34919934	348
Castilla y Leon	23866	23688	47554	878512	830957	32693807	34056049	339
Cataluña	46166	45820	91986	1699334	1607348	63240704	65875734	656
Comunidad Valenciana	24923	24736	49659	917387	867729	34140575	35563099	354
Extremadura	12259	12167	24427	451257	426831	16793548	17493279	174
Galicia	36852	36576	73427	1356490	1283063	50481775	52585182	524
Madrid	354	352	706	13040	12334	485282	505502	5
Murcia	10524	10445	20970	387391	366422	14416762	15017461	150
Navarra	9728	9655	19383	358075	338693	13325774	13881014	138
País Vasco	510	506	1016	18773	17757	698627	727736	7
Rioja	4877	4840	9717	179514	169797	6680624	6958984	69
Total Nacional	252062	250174	502235	9278241	8776006	345289755	359676828	3582

Tabla 46: Cálculo de los pollos de engorde para el año 2050 suponiendo 100% de utilización. Fuente: Elaboración propia.

2050	Pollos de engorde		Estiercol Puro				Total Deyecciones					
CCAA	Purin (ton/año)	Estiercol(t/año)	ST (21,56%)	SV (73,84% /ST)	% ST	% SV	ST (t/año)	SV(t/año)	Qch4 (m3/año)	Qco2 (Nm3/año)	Qotros gases (Nm3/año)	Qbiogas (Nm3/año)
Andalucía	457401	494487	106611	78721	0,112	0,0827	106611	78721	39360578	12988991	2755240	55104809
Aragón	469944	508048	109535	80880	0,112	0,0827	109535	80880	40439991	13345197	2830799	56615987
Asturias	1232	1332	287	212	0,112	0,0827	287	212	106041	34994	7423	148457
Baleares	1051	1137	245	181	0,112	0,0827	245	181	90477	29857	6333	126668
Canarias	37042	40045	8634	6375	0,112	0,0827	8634	6375	3187549	1051891	223128	4462569
Cantabria	32	35	8	6	0,112	0,0827	8	6	2791	921	195	3907
Castilla la Mancha	411208	444549	95845	70771	0,112	0,0827	95845	70771	35385533	11677226	2476987	49539746
Castilla y Leon	401035	433551	93474	69020	0,112	0,0827	93474	69020	34510129	11388343	2415709	48314181
Cataluña	775735	838632	180809	133508	0,112	0,0827	180809	133508	66754077	22028845	4672785	93455707
Comunidad Valenciana	418781	452737	97610	72075	0,112	0,0827	97610	72075	36037273	11892300	2522609	50452183
Extremadura	205996	222699	48014	35453	0,112	0,0827	48014	35453	17726522	5849752	1240857	24817131
Galicia	619229	669437	144331	106573	0,112	0,0827	144331	106573	53286318	17584485	3730042	74600845
Madrid	5953	6435	1387	1024	0,112	0,0827	1387	1024	512242	169040	35857	717139
Murcia	176842	191180	41218	30435	0,112	0,0827	41218	30435	15217694	5021839	1065239	21304771
Navarra	163459	176713	38099	28132	0,112	0,0827	38099	28132	14066095	4641811	984627	19692533
País Vasco	8570	9264	1997	1475	0,112	0,0827	1997	1475	737439	243355	51621	1032415
Rioja	81947	88591	19100	14104	0,112	0,0827	19100	14104	7051770	2327084	493624	9872478
Total Nacional	4235457	4578872	987205	728945	0,112	0,0827	987205	728945	364472519	120275931	25513076	510261527

2050								
CCAA	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	Q biom CH4 (m3/año)	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
Andalucía	25860	25666	51526	951888	900362	35424520	36900542	368
Aragón	26569	26370	52939	977993	925053	36395992	37912491	378
Asturias	70	69	139	2564	2426	95437	99413	1
Baleares	59	59	118	2188	2070	81429	84822	1
Canarias	2094	2079	4173	77087	72914	2868794	2988327	30
Cantabria	2	2	4	67	64	2511	2616	0
Castilla la Mancha	23248	23074	46322	855757	809434	31846980	33173937	330
Castilla y Leon	22673	22503	45177	834586	789409	31059116	32353246	322
Cataluña	43857	43529	87386	1614367	1526981	60078669	62581947	623
Comunidad Valenciana	23676	23499	47176	871518	824342	32433546	33784944	336
Extremadura	11646	11559	23205	428695	405489	15953870	16618615	166
Galicia	35009	34747	69756	1288665	1218909	47957686	49955923	498
Madrid	337	334	671	12388	11717	461018	480227	5
Murcia	9998	9923	19921	368022	348100	13695924	14266588	142
Navarra	9241	9172	18414	340172	321758	12659485	13186964	131
País Vasco	484	481	965	17834	16869	663695	691349	7
Rioja	4633	4598	9231	170539	161307	6346593	6611035	66
Total Nacional	239458	237665	477124	8814329	8337206	328025267	341692987	3403

Tabla 47: Caudal de biogás generado por Comunidad autónoma proveniente de los residuos de ganado (2020) con 100% de utilización. Fuente: Elaboración propia.

CCAA	Bovinos	Porcinos	Gallinaza	Ovinos	Caprinos	Conejas Madre	Pollos Engorde	Total
Andalucía	134754728	194092204	6971147	85121677	47506280	221093	59188839	527855969
Aragón	104789812	265797857	17727393	53127801	2283408	2804809	60812016	507343097
Principado de Asturias	114527813	689776	370663	1302989	1457474	40312	159460	118548488
Islas Baleares	12354238	4674055	756914	8884715	512298	18585	136055	27336860
Canarias	6603883	2338353	3898923	1312121	9038532	173955	4793307	28159075
Cantabria	100386363	433178	236873	1127839	857142	265427	4196	103311019
Castilla - La Mancha	107644685	127248146	23217339	80365295	18582597	1824942	51894931	410777935
Castilla y León	403893361	302729093	40404730	89431509	6791102	6404987	53211328	902866109
Cataluña	181174572	521076828	20200741	14599418	2915473	4676653	100382070	845025755
Comunidad Valenciana	28096144	85355966	13335916	8905581	3591654	3368136	54191389	196844786
Extremadura	183995047	84609880	4408290	120741182	11983566	105732	26656425	432500121
Galicia	339971288	104308988	9644711	5112961	1716782	4003539	80129802	544888069
Comunidad de Madrid	22987723	1170038	3720208	2706899	1483690	14023	770289	32852869
Región de Murcia	23183292	121844056	3705825	18658178	9378558	326487	22883750	199980146
C.F. de Navarra	32696448	38579015	4324487	15798038	526754	780805	21152022	113857569
País Vasco	36944766	1673309	3109226	7373226	1103717	681325	1108931	51994500
La Rioja	12463627	8478871	1564448	3338905	498067	351188	10604166	37299271
Total Nacional	1846467789	1865099613	157597834	517908333	120227093	26062000	548078976	5081441637

Tabla 48: Energía biometano para el año 2020 debido a los residuos ganaderos. Fuente: Elaboración propia.

E biometano (GWh/año) 2020	Bovinos	Porcinos	Gallinaza	Ovinos	Caprinos	Conejas madres	Pollos	Total
Andalucía	4	6	0	2	1	0	2	15
Aragón	3	8	0	1	0	0	2	15
Asturias	3	0	0	0	0	0	0	4
Baleares	0	0	0	0	0	0	0	1
Canarias	0	0	0	0	0	0	0	1
Cantabria	3	0	0	0	0	0	0	3
Castilla - La Mancha	3	4	1	2	1	0	2	12
Castilla y León	12	9	1	2	0	0	2	26
Cataluña	5	16	1	0	0	0	3	25
Comunidad Valenciana	1	3	0	0	0	0	2	6
Extremadura	6	3	0	3	0	0	1	12
Galicia	10	3	0	0	0	0	2	16
Madrid	1	0	0	0	0	0	0	1
Murcia	1	4	0	0	0	0	1	6
Navarra	1	1	0	0	0	0	1	3
País Vasco	1	0	0	0	0	0	0	1
Rioja	0	0	0	0	0	0	0	1
Total Nacional (TWh/año)	0,06	0,06	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,15

Tabla 49: Energía biometano para el año 2030 debido a los residuos ganaderos. Fuente: Elaboración propia.

E biometano (GWh/año) 2030	Bovinos	Porcinos	Gallinaza	Ovinos	Caprinos	Conejas madres	Pollos	Total
Andalucía	79	116	4	37	26	0,1	33	294
Aragón	61	159	9	24	1	1,2	34	289
Asturias	67	0	0	1	1	0,0	0	69
Baleares	7	3	0	4	0	0,0	0	15
Canarias	4	1	2	1	5	0,1	3	15
Cantabria	59	0	0	0	0	0,1	0	60
Castilla - La Mancha	236	181	12	40	4	2,8	30	504
Castilla y León	63	76	20	36	10	0,8	29	234
Cataluña	106	311	10	6	2	2,1	56	493
Comunidad Valenciana	16	51	7	4	2	1,5	30	112
Extremadura	108	50	2	53	6	0,0	15	235
Galicia	199	62	5	2	1	1,8	45	316
Madrid	13	1	2	1	1	0,0	0	18
Murcia	14	73	2	8	5	0,1	13	114
Navarra	19	23	2	7	0	0,3	12	64
País Vasco	22	1	2	3	1	0,3	1	29
Rioja	7	5	1	1	0	0,2	6	21
Total Nacional (TWh/año)	1,08	1,11	0,08	0,23	0,07	0,01	0,31	2,88

Tabla 50: Energía biometano para el año 2050 debido a los residuos ganaderos. Fuente: Elaboración propia.

E biometano (GWh/año) 2050	Bovinos	Porcinos	Gallinaza	Ovinos	Caprinos	Conejas madres	Pollos	Total
Andalucía	406	621	19	173	128	0,47	157	1504
Aragón	316	851	43	111	6	5,97	161	1494
Asturias	345	2	1	3	4	0,09	0	355
Baleares	37	15	2	19	1	0,04	0	74
Canarias	20	7	10	3	24	0,37	13	77
Cantabria	302	1	1	2	2	0,57	0	310
Castilla - La Mancha	1217	969	57	187	18	13,64	141	2602
Castilla y León	324	407	99	168	50	3,89	138	1190
Cataluña	546	1668	49	30	8	9,96	266	2577
Comunidad Valenciana	85	273	33	19	10	7,17	144	570
Extremadura	554	271	11	252	32	0,23	71	1191
Galicia	1024	334	24	11	5	8,52	213	1618
Madrid	69	4	9	6	4	0,03	2	94
Murcia	70	390	9	39	25	0,70	61	594
Navarra	98	123	11	33	1	1,66	56	325
País Vasco	111	5	8	15	3	1,45	3	147
Rioja	38	27	4	7	1	0,75	28	106
Total Nacional (TWh/año)	5,56	5,97	0,39	1,08	0,32	0,06	1,45	14,83

Tabla 51: Cálculos Trigo 2021 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.

CCAA	TBE Paja (t)	TD paja (t)	ST (91,6%) [t]	SV(87,5%) [t]	Q CH4 (m3)	Q CO2 (m3)	Q otros gases (m3)	Qbiogas (m3)	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	biom CH4 (m3/a)	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
Andalucía	287853	277966	518290	495091	147042163	51946519	10473089	209461770	96607	102646	199253	565819	366566	132337946	137852027	1373
Aragón	448324	75958	480242	458747	136247725	48133099	9704254	194085078	89515	95111	184626	524282	339656	122622952	127732242	1272
Asturias	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Baleares	8702	2990	10710	10230	3038354	1073379	216407	4328139	1996	2121	4117	11692	7574	2734519	2848457	28
Canarias	165	0	151	145	42974	15182	3061	61217	28	30	58	165	107	38677	40288	0
Cantabria	1644	0	1506	1438	427171	150909	30425	608506	281	298	579	1644	1065	384454	400473	4
Castilla la Mancha	569406	8047	528948	505272	150065758	53014684	10688444	213768886	98593	104757	203350	577454	374103	135059182	140686648	1401
Castilla y León	1846899	2393	1693951	1618130	480584611	169779179	34229673	684593463	315744	335484	651228	1849291	1198064	432526150	450548073	4487
Cataluña	198427	2937	184450	176194	52329516	18486780	3727173	74543469	34380	36530	70910	201364	130454	47096564	49058921	489
Comunidad Valenciana	14016	1196	13935	13311	3953344	1396623	281577	5631544	2597	2760	5357	15212	9855	3558009	3706260	37
Extremadura	198326	4283	185590	177283	52652967	18601048	3750211	75004226	34593	36756	71349	202609	131260	47387670	49362156	492
Galicia	23396	85	21509	20546	6102204	2155764	434630	8692598	4009	4260	8269	23481	15212	5491983	5720816	57
Madrid	41494	135	38132	36426	10818388	3821880	770540	15410808	7108	7552	14660	41629	26969	9736549	10142238	101
Murcia	4462	3301	7112	6793	2017617	712777	143705	2874099	1326	1408	2734	7764	5030	1815856	1891516	19
Navarra	179507	2422	166647	159188	47278917	16702523	3367444	67348885	31062	33004	64066	181929	117863	42551025	44323985	441
País Vasco	52161	0	47780	45641	13555403	4788803	965485	19309691	8906	9463	18369	52161	33793	12199863	12708190	127
Rioja	62482	162	57382	54814	16279715	5751238	1159524	23190477	10696	11364	22060	62644	40584	14651744	15262233	152
Total Nacional	3937265	381876	3956333	3779249	1122436825	396530388	79945643	1598912856	737441	783544	1520985	4319141	2798156	1010193143	1052284523	10481

Tabla 52: Cálculos Trigo 2030 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.

2030	TBE Paja (t)	TD paja (t)	ST (91,6%) [t]	SV(87,5%) [t]	Q CH4 (m3)	Q CO2 (m3)	Q otros gases (m3)	Qbiogas (m3)	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	biom CH4 (m3/a)	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
Andalucía	369530	295650	609305	582032	172863639	61068636	12312225	246244500	113571	120672	234243	665180	430937	155577275	162059662	1614
Aragón	575535	80790	601194	574284	170562442	60255678	12148322	242966442	112060	119065	231125	656325	425200	153506198	159902290	1593
Asturias	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Baleares	11171	3180	13145	12557	3729428	1317519	265629	5312576	2450	2603	5054	14351	9297	3356485	3496339	35
Canarias	212	0	194	186	55168	19490	3929	78587	36	39	75	212	138	49651	51720	1
Cantabria	2110	0	1933	1846	548380	193730	39058	781168	360	383	743	2110	1367	493542	514106	5
Castilla la Mancha	730974	8559	677412	647092	192186214	67894845	13688477	273769536	126266	134160	260427	739533	479107	172967593	180174576	1795
Castilla y León	2370952	2545	2174123	2076810	616812534	217905283	43932517	878650333	405246	430581	835827	2373497	1537670	555131280	578261750	5759
Cataluña	254730	3124	236195	225623	67009883	23673007	4772784	95455674	44025	46778	90803	257854	167051	60308895	62821766	626
Comunidad Valenciana	17993	1272	17647	16857	5006656	1768733	356599	7131989	3289	3495	6784	19266	12481	4505991	4693740	47
Extremadura	254600	4555	237387	226761	67348118	23792497	4796874	95937489	44248	47014	91262	259156	167894	60613306	63138860	629
Galicia	30035	90	27595	26360	7828825	2765739	557609	11152172	5144	5465	10609	30125	19517	7045942	7339523	73
Madrid	53268	143	48925	46735	13880363	4903604	988630	19772597	9119	9690	18809	53412	34603	12492327	13012840	130
Murcia	5729	3511	8464	8085	2401247	848304	171029	3420580	1578	1676	3254	9240	5986	2161122	2251169	22
Navarra	230442	2577	213445	203891	60555627	21392871	4313079	86261576	39785	42272	82057	233018	150961	54500064	56770900	565
País Vasco	66962	0	61337	58592	17401718	6147615	1239439	24788772	11433	12148	23581	66962	43381	15661546	16314110	162
Rioja	80212	172	73632	70336	20889774	7379863	1487876	29757512	13725	14583	28307	80384	52077	18800796	19584163	195
Total Nacional	5054455	406171	5001933	4778047	1419080015	501327413	101074075	2021481503	932336	990623	1922959	5460625	3537667	1277172014	1330387514	13251

Tabla 53: Cálculos Trigo 2050 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.

2050	TBE	Paja (t)	TD paja (t)	ST (91,6%) [t]	SV(87,5%) [t]	Q CH4 (m3)	Q CO2 (m3)	Q otros gases (m3)	Qbiogas (m3)	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	biom CH4 (m3/año)	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
Andalucía	436652	264641	642384	613631	182248447	64384067	12980659	259613173	119737	127223	246960	701293	454333	164023603	170857919	1702	
Aragón	680075	72317	689191	658343	195527797	69075347	13926481	278529625	128462	136493	264955	752392	487437	175975017	183307309	1826	
Asturias	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Baleares	13200	2847	14698	14041	4170035	1473175	297011	5940221	2740	2911	5651	16046	10396	3753032	3909408	39	
Canarias	251	0	230	219	65189	23030	4643	92861	43	46	88	251	163	58670	61114	1	
Cantabria	2493	0	2284	2182	647988	228919	46153	923060	426	452	878	2493	1615	583189	607489	6	
Castilla la Mancha	863748	7662	798211	762484	226457650	80002133	16129462	322589245	148783	158084	306867	871410	564543	203811885	212304047	2115	
Castilla y León	2801613	2278	2568364	2453404	728661090	257418733	51898938	1037978761	478730	508659	987390	2803891	1816501	655794981	683119772	6804	
Cataluña	301000	2796	278277	265821	78948981	27890808	5623147	112462935	51869	55112	106982	303796	196814	71054082	74014669	737	
Comunidad Valenciana	21261	1139	20519	19600	5821318	2056534	414624	8292476	3825	4064	7888	22400	14512	5239186	5457485	54	
Extremadura	300846	4078	279310	266808	79242058	27994345	5644021	112880424	52062	55317	107379	304924	197545	71317852	74289429	740	
Galicia	35490	81	32583	31125	9244120	3265729	658413	13168262	6073	6453	12526	35571	23045	8319708	8666362	86	
Madrid	62944	128	57774	55188	16390913	5790522	1167444	23348878	10769	11442	22211	63072	40861	14751821	15366481	153	
Murcia	6769	3143	9080	8673	2575943	910020	183472	3669434	1692	1798	3491	9912	6422	2318348	2414946	24	
Navarra	272299	2306	251539	240280	71363124	25210904	5082844	101656872	46886	49817	96702	274606	177903	64226812	66902929	666	
País Vasco	79125	0	72478	69234	20562572	7264271	1464571	29291414	13510	14354	27864	79125	51261	18506315	19277412	192	
Rioja	94781	154	86961	83069	24671361	8715808	1757219	35144389	16209	17222	33432	94935	61504	22204225	23129401	230	
Total Nacional	5972548	363570	5803884	5544103	1646598585	581704343	117279101	2345582030	1081815	1149448	2231263	6336118	4104855	1481938726	1543686173	15375	

Tabla 54: Cálculos Cebada 2021 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.

	2021	Ceb	Paja (t)	ST (90,5%) [t]	SV(94,3%/ST) [t]	Q CH4 (m3)	Q CO2 (m3)	Q otros gases (m3)	Qbiogas (m3)	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	Q biom CH4 (m3/año)	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
Andalucía		165010		149334	140822	32248241	23538400	2936139	58722780	21187	46512	67699	165010	97311	29023417	30232726	301,1179524
Aragón		845066		764785	721192	165153051	120547304	15036861	300737216	108506	238201	346707	845066	498359	148637746	154830986	1542,116616
Asturias		0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Baleares		24976		22603	21315	4881113	3562786	444416	8888314	3207	7040	10247	24976	14729	4393001	4576043	45,57738872
Canarias		0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cantabria		0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Castilla la Mancha		1364100		1234510	1164143	266588771	194586520	24272384	485447674	175149	384503	559652	1364100	804448	239929894	249926973	2489,272646
Castilla y Leon		1346305		1218406	1148957	263111160	192048168	23955754	479115082	172864	379487	552351	1346305	793954	236800044	246666713	2456,80046
Cataluña		331863		300336	283217	64856635	47339679	5905069	118101384	42611	93543	136154	331863	195709	58370972	60803096	605,5988312
Comunidad Valencian		21779		19710	18586	4256235	3106680	387522	7750438	2796	6139	8935	21779	12843	3830612	3990221	39,74259868
Extremadura		80942		73252	69077	15818580	11546182	1440251	28805012	10393	22815	33208	80942	47734	14236722	14829918	147,7059876
Galicia		1238		1121	1057	241995	176635	22033	440663	159	349	508	1238	730	217795	226870	2,259627582
Madrid		84267		76262	71915	16468555	12020607	1499430	29988592	10820	23753	34573	84267	49695	14821700	15439271	153,7751343
Murcia		35321		31966	30144	6902886	5038504	628494	12569883	4535	9956	14491	35321	20830	6212597	6471455	64,4556943
Navarra		104758		94806	89402	20473151	14943612	1864040	37280803	13451	29529	42979	104758	61779	18425836	19193579	191,1680449
País Vasco		24975		22603	21314	4880981	3562690	444404	8888075	3207	7040	10247	24975	14729	4392883	4575920	45,57616434
Rioja		37333		33787	31861	7296148	5325551	664300	13285998	4794	10523	15317	37333	22017	6566533	6840138	68,12777872
Total Nacional		4467934		4043481	3813002	873177502	637343316	79501096	1590021914	573678	1259390	1833068	4467934	2634866	785859752	818603908	8153,294924

Tabla 55: Cálculos Cebada 2030 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.

2030	Ceb Paja (t)	ST (90,5%) [t]	SV(94,3%/ST) [t]	Q CH4 (m3)	Q CO2 (m3)	Q otros gases (m3)	Qbiogas (m3)	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	Q biom CH4 (m3/año)	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
Andalucía	216341	195788	184629	42279928	30860655	3849504	76990088	27778	60981	88759	216341	127582	38051936	39637433	394,7888319
Aragón	1107947	1002692	945539	216528373	158046801	19714483	394289657	142259	312300	454560	1107947	653388	194875535	202995349	2021,833679
Asturias	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Baleares	32745	29635	27945	6399515	4671087	582663	11653265	4204	9230	13435	32745	19311	5759563	5999545	59,75546763
Canarias	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cantabria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Castilla la Mancha	1788440	1618538	1526281	349518415	255117917	31822965	636459297	229634	504113	733747	1788440	1054693	314566573	327673514	3263,628198
Castilla y Leon	1765110	1597424	1506371	344959000	251789942	31407839	628156781	226638	497537	724175	1765110	1040935	310463100	323399062	3221,05466
Cataluña	435098	393763	371319	85032045	62065966	7742001	154840012	55866	122642	178508	435098	256589	76528840	79717542	793,9867195
Comunidad Valenciana	28553	25841	24368	5580253	4073097	508071	10161421	3666	8048	11715	28553	16839	5022227	5231487	52,1056084
Extremadura	106121	96039	90565	20739377	15137934	1888279	37765590	13626	29913	43538	106121	62582	18665439	19443165	193,6539282
Galicia	1623	1469	1385	317274	231582	28887	577743	208	458	666	1623	957	285547	297444	2,962545828
Madrid	110481	99985	94286	21591545	15759942	1965868	39317354	14186	31142	45327	110481	65154	19432390	20242073	201,611047
Murcia	46309	41909	39521	9050215	6605866	824004	16480085	5946	13053	18999	46309	27310	8145193	8484576	84,50638052
Navarra	137346	124298	117213	26841878	19592226	2443900	48878004	17635	38714	56349	137346	80997	24157690	25164260	250,6360334
País Vasco	32745	29634	27945	6399343	4670961	582648	11652952	4204	9230	13434	32745	19310	5759408	5999384	59,75386238
Rioja	48947	44297	41772	9565812	6982207	870948	17418967	6285	13797	20082	48947	28865	8609230	8967948	89,32076607
Total Nacional	5857806	5301315	4999140	1144802970	835606185	104232061	2084641215	752136	1651158	2403293	5857806	3454513	1030322673	1073252784	10689,59773

Tabla 56: Cálculos Cebada 2050 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.

2050	Ceb Paja (t)	ST (90,5%) [t]	SV(94,3%/ST) [t]	Q CH4 (m3)	Q CO2 (m3)	Q otros gases (m3)	Qbiogas (m3)	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	Q biom CH4 (m3/año)	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
Andalucía	251827	227904	214913	49215097	35922722	4480938	89618757	32334	70983	103318	251827	148510	44293587	46139153	459,5459667
Aragón	1289684	1167164	1100635	252045479	183971187	22948246	458964912	165594	363527	529121	1289684	760563	226840931	236292637	2353,474662
Asturias	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Baleares	38117	34496	32529	7449226	5437284	678237	13564747	4894	10744	15638	38117	22478	6704303	6983649	69,55714529
Canarias	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cantabria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Castilla la Mancha	2081797	1884026	1776637	406849852	296964859	37042880	740857591	267300	586803	854103	2081797	1227694	366164867	381421736	3798,960492
Castilla y Leon	2054640	1859450	1753461	401542557	293090997	36559661	731193215	263813	579148	842961	2054640	1211679	361388301	376446147	3749,403625
Cataluña	506467	458352	432226	98979835	72246635	9011919	180238389	65030	142759	207789	506467	298678	89081851	92793595	924,2242056
Comunidad Valenciana	33237	30080	28365	6495580	4741206	591410	11828196	4268	9369	13636	33237	19601	5846022	6089607	60,65248115
Extremadura	123528	111792	105420	24141252	17621006	2198014	43960272	15861	34819	50680	123528	72848	21727127	22632424	225,4189441
Galicia	1890	1710	1613	369316	269569	33626	672511	243	533	775	1890	1114	332385	346234	3,44849164
Madrid	128603	116386	109752	25133201	18345042	2288329	45766572	16513	36250	52762	128603	75841	22619881	23562376	234,6812676
Murcia	53905	48784	46003	10534720	7689425	959166	19183311	6921	15194	22116	53905	31789	9481248	9876300	98,36794557
Navarra	159875	144687	136440	31244746	22805936	2844773	56895454	20528	45065	65592	159875	94283	28120271	29291949	291,7478128
País Vasco	38116	34495	32528	7449026	5437138	678219	13564383	4894	10744	15638	38116	22478	6704123	6983462	69,55527672
Rioja	56976	51563	48624	11134890	8127497	1013810	20276197	7316	16060	23376	56976	33600	10021401	10438959	103,9720338
Total Nacional	6818661	6170888	5819147	1332584776	972670504	121329225	2426584506	875508	1921997	2797505	6818661	4021156	1199326299	1249298228	12443,01035

Tabla 57: Cálculos Centeno 2021 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.

2021	Cen Paja (t)	ST (%) [t]	SV(95%) [t]	Q CH4 (m3)	Q CO2 (m3)	Q otros gases (m3)	Qbiogas (m3)	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	Q biom CH4	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
Andalucía	31677		30093	93299	82807	9269	185374	61,3	163,6	224,9	31677	31452	83969	87468	0,871177955
Aragón	16116		15310	47466	42128	4715	94310	31,2	83,2	114,4	16116	16001	42719	44499	0,443214652
Asturias	0		0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Baleares	727		691	2142	1901	213	4257	1,4	3,8	5,2	727	722	1928	2008	0,02000459
Canarias	59		56	175	155	17	347	0,1	0,3	0,4	59	59	157	164	0,001632331
Cantabria	0		0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Castilla la Mancha	20760		19722	61144	54267	6074	121485	40,2	107,2	147,4	20760	20612	55029	57322	0,57092765
Castilla y Leon	109944		104447	323821	287404	32170	643395	212,8	567,9	780,7	109944	109164	291439	303582	3,023675236
Cataluña	888		843	2615	2321	260	5196	1,7	4,6	6,3	888	882	2353	2452	0,024417332
Comunidad Valencian	656		623	1931	1714	192	3836	1,3	3,4	4,7	656	651	1738	1810	0,018027819
Extremadura	662		629	1949	1730	194	3872	1,3	3,4	4,7	662	657	1754	1827	0,018198964
Galicia	6128		5821	18048	16019	1793	35860	11,9	31,7	43,5	6128	6084	16243	16920	0,168526242
Madrid	435		413	1282	1138	127	2547	0,8	2,2	3,1	435	432	1154	1202	0,011969721
Murcia	0		0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Navarra	888		844	2615	2321	260	5196	1,7	4,6	6,3	888	882	2354	2452	0,024420644
Pais Vasco	0		0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Rioja	19		18	57	51	6	113	0,0	0,1	0,1	19	19	51	53	0,000531863
Total Nacional	188959	0	179511	556544	493956	55289	1105789	366	976	1342	188959	187617	500889	521760	

Tabla 58: Cálculos Centeno 2030 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.

2030	Cen Paja (t)	ST (%) [t]	SV(95%) [t]	Q CH4 (m3)	Q CO2 (m3)	Q otros gases (m3)	Qbiogas (m3)	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	Q biom CH4	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
Andalucía	40961		38913	120643	107076	11985	239705	79,3	211,6	290,8	40961	40670	108579	113103	1,126508151
Aragón	20839		19797	61378	54475	6098	121951	40,3	107,6	148,0	20839	20691	55240	57542	0,573114729
Asturias	0		0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Baleares	941		894	2770	2459	275	5504	1,8	4,9	6,7	941	934	2493	2597	0,025867658
Canarias	77		73	226	201	22	449	0,1	0,4	0,5	77	76	203	212	0,002110744
Cantabria	0		0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Castilla la Mancha	26844		25502	79064	70172	7855	157091	51,9	138,7	190,6	26844	26653	71157	74122	0,738258639
Castilla y Leon	142168		135059	418728	371639	41598	831965	275,1	734,4	1009,5	142168	141158	376855	392557	3,90987258
Cataluña	1148		1091	3381	3001	336	6718	2,2	5,9	8,2	1148	1140	3043	3170	0,031573714
Comunidad Valencian	848		805	2497	2216	248	4960	1,6	4,4	6,0	848	842	2247	2341	0,023311523
Extremadura	856		813	2520	2237	250	5007	1,7	4,4	6,1	856	850	2268	2363	0,023532828
Galicia	7924		7528	23338	20713	2319	46370	15,3	40,9	56,3	7924	7868	21004	21879	0,217918951
Madrid	563		535	1658	1471	165	3293	1,1	2,9	4,0	563	559	1492	1554	0,015477881
Murcia	0		0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Navarra	1148		1091	3382	3002	336	6719	2,2	5,9	8,2	1148	1140	3044	3170	0,031577997
Pais Vasco	0		0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Rioja	25		24	74	65	7	146	0,0	0,1	0,2	25	25	66	69	0,000687745
Total Nacional	244340	0	232123	719659	638727	71494	1429880	473	1262	1735	244340	242605	647693	674680	7

Tabla 59: Cálculos Centeno 2050 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.

2050	Cen Paja (t)	ST (%) [t]	SV(95%) [t]	Q CH4 (m3)	Q CO2 (m3)	Q otros gases (m3)	Qbiogas (m3)	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	Q biom. CH4	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
Andalucía	48487		46062	142808	126748	14187	283743	93,8	250,5	344,3	48487	48142	128527	133882	1,333469072
Aragón	24668		23434	72654	64483	7218	144355	47,7	127,4	175,2	24668	24493	65389	68113	0,678406779
Asturias	0		0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Baleares	1113		1058	3279	2910	326	6516	2,2	5,8	7,9	1113	1105	2951	3074	0,030620038
Canarias	91		86	268	237	27	532	0,2	0,5	0,6	91	90	241	251	0,002498528
Cantabria	0		0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Castilla la Mancha	31776		30187	93589	83065	9298	185951	61,5	164,1	225,6	31776	31550	84230	87740	0,873890758
Castilla y Leon	16827		159872	495656	439916	49241	984813	325,6	869,3	1194,9	168287	167092	446091	464678	4,628190355
Cataluña	1359		1291	4003	3552	398	7953	2,6	7,0	9,6	1359	1349	3602	3752	0,037374404
Comunidad Valencian	1003		953	2955	2623	294	5872	1,9	5,2	7,1	1003	996	2660	2771	0,027594293
Extremadura	1013		962	2983	2648	296	5927	2,0	5,2	7,2	1013	1006	2685	2797	0,027856255
Galicia	9380		8911	27626	24519	2744	54889	18,2	48,4	66,6	9380	9313	24863	25899	0,257954796
Madrid	666		633	1962	1741	195	3899	1,3	3,4	4,7	666	661	1766	1840	0,018321461
Murcia	0		0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Navarra	1359		1291	4003	3553	398	7954	2,6	7,0	9,7	1359	1350	3603	3753	0,037379474
País Vasco	0		0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Rioja	30		28	87	77	9	173	0,1	0,2	0,2	30	29	78	82	0,000814096
Total Nacional	289230	0	274769	851874	756074	84629	1692576	560	1494	2054	289230	287177	766686	798632	8

Tabla 60: Cálculos Avena 2021 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.

2021	Avena Paja (t)	ST (%) [t]	SV(87%) [t]	Q CH4 (m3)	Q CO2 (m3)	Q otros gases (m3)	Qbiogas (m3)	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	Q biom. CH4	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
Andalucía	108202		94135	22780755	10514195	1752366	35047316	14967,0	20776,0	35743,0	108202	72459	20502680	21356958	212,7153017
Aragón	35501		30886	7474319	3449686	574948	11498952	4910,6	6816,6	11727,2	35501	23774	6726887	7007174	69,7914515
Asturias	0		0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Baleares	5989		5211	1260970	581986	96998	1939954	828,5	1150,0	1978,5	5989	4011	1134873	1182159	11,77430683
Canarias	14		12	2891	1334	222	4448	1,9	2,6	4,5	14	9	2602	2710	0,026995986
Cantabria	0		0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Castilla la Mancha	203667		177190	42880031	19790784	3298464	65969279	28172,2	39106,6	67278,8	203667	136388	38592028	40200029	400,3922915
Castilla y Leon	122684		106735	25829981	11921530	1986922	39738433	16970,3	23556,9	40527,2	122684	82157	23246983	24215607	241,1874488
Cataluña	10611		9231	2234004	1031079	171846	3436929	1467,7	2037,4	3505,2	10611	7106	2010604	2094379	20,86001168
Comunidad Valencian	3176		2763	668760	308659	51443	1028862	439,4	609,9	1049,3	3176	2127	601884	626963	6,244548358
Extremadura	55843		48583	11757116	5426361	904394	18087870	7724,4	10722,5	18446,9	55843	37396	10581404	11022296	109,7820668
Galicia	157		137	33143	15297	2549	50989	21,8	30,2	52,0	157	105	29829	31072	0,309473504
Madrid	9004		7833	1895677	874928	145821	2916426	1245,5	1728,9	2974,3	9004	6030	1706109	1777197	17,70088094
Murcia	14037		12212	2955379	1364021	227337	4546737	1941,7	2695,3	4637,0	14037	9400	2659841	2770668	27,5958543
Navarra	15252		13269	3211186	1482086	247014	4940286	2109,7	2928,6	5038,4	15252	10214	2890067	3010487	29,98444739
País Vasco	8602		7483	1810960	835828	139305	2786092	1189,8	1651,6	2841,4	8602	5760	1629864	1697775	16,90983958
Rioja	777		676	163561	75490	12582	251633	107,5	149,2	256,6	777	520	147205	153339	1,527254075
Total Nacional	593515	0	516358	124958733	57673262	9612210	192244205	82098	113962	196060	593515	397455	112462860	117148813	1167

Tabla 61: Cálculos Avena 2030 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.

2030	Avena Paja (t)	ST (%) [t]	SV(87%) [t]	Q CH4 (m3)	Q CO2 (m3)	Q otros gases (m3)	Qbiogas (m3)	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	Q biom. CH4	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
Andalucía	136076		118386	28649480	13222837	2203806	44076124	18822,7	26128,3	44951,0	136076	91125	25784532	26858888	267,5145228
Aragón	44646		38842	9399835	4338386	723064	14461285	6175,7	8572,6	14748,3	44646	29898	8459852	8812346	87,77096286
Asturias	0		0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Baleares	7532		6553	1585818	731916	121986	2439720	1041,9	1446,3	2488,1	7532	5044	1427236	1486704	14,80757636
Canarias	17		15	3636	1678	280	5594	2,4	3,3	5,7	17	12	3272	3409	0,033950629
Cantabria	0		0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Castilla la Mancha	256135		222838	53926685	24889239	4148207	82964131	35429,8	49181,1	84611,0	256135	171524	48534017	50556267	503,540422
Castilla y Leon	154290		134232	32484241	14992727	2498788	49975755	21342,1	29625,6	50967,8	154290	103322	29235817	30453976	303,3215983
Cataluña	13344		11610	2809523	1296703	216117	4322343	1845,9	2562,3	4408,1	13344	8936	2528571	2633928	26,23391936
Comunidad Valencian	3995		3475	841045	388174	64696	1293915	552,6	767,0	1319,6	3995	2675	756940	788479	7,853254377
Extremadura	70229		61099	14785956	6824288	1137381	22747625	9714,4	13484,8	23199,2	70229	47030	13307361	13861834	138,0638674
Galicia	198		172	41681	19238	3206	64125	27,4	38,0	65,4	198	133	37513	39076	0,389199348
Madrid	11323		9851	2384036	1100325	183387	3667748	1566,3	2174,2	3740,6	11323	7583	2145633	2235034	22,2609407
Murcia	17653		15358	3716737	1715417	285903	5718057	2441,9	3389,7	5831,6	17653	11822	3345064	3484441	34,70503408
Navarra	19181		16688	4038444	1863897	310650	6212991	2653,3	3683,1	6336,3	19181	12845	3634600	3786041	37,70897097
País Vasco	10817		9411	2277495	1051152	175192	3503839	1496,3	2077,1	3573,4	10817	7244	2049746	2135152	21,26611311
Rioja	977		850	205698	94937	15823	316458	135,1	187,6	322,7	977	654	185128	192842	1,920701716
Total Nacional	746415	0	649381	157150312	72530913	12088486	241769710	103248	143321	246569	746415	499847	141435280	147328417	1467

Tabla 62: Cálculos Avena 2050 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.

2050	Avena Paja (t)	ST (%) [t]	SV(87%) [t]	Q CH4 (m3)	Q CO2 (m3)	Q otros gases (m3)	Qbiogas (m3)	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	Q biom. CH4	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
Andalucía	156250		135938	32896970	15183217	2530536	50610723	21613,3	30002,0	51615,3	156250	104635	29607273	30840909	307,1754562
Aragón	51265		44601	10793428	4981582	830264	16605274	7091,3	9843,6	16934,9	51265	34331	9714085	10118839	100,7836333
Asturias	0		0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Baleares	8649		7524	1820927	840428	140071	2801426	1196,3	1660,7	2857,0	8649	5792	1638834	1707119	17,00290502
Canarias	20		17	4175	1927	321	6423	2,7	3,8	6,6	20	13	3757	3914	0,038984051
Cantabria	0		0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Castilla la Mancha	294109		255875	61921700	28579246	4763208	95264154	40682,6	56472,6	97155,1	294109	196954	55729530	58051594	578,193876
Castilla y Leon	177165		154133	37300261	17215505	2869251	57385017	24506,3	34017,8	58524,1	177165	118641	33570235	34968995	348,2911856
Cataluña	15323		13331	3226055	1488948	248158	4963161	2119,5	2942,2	5061,7	15323	10261	2903449	3024426	30,12328476
Comunidad Valencian	4587		3991	965736	445724	74287	1485747	634,5	880,8	1515,2	4587	3072	869162	905377	9,017555273
Extremadura	80641		70157	16978080	7836037	1306006	26120123	11154,6	15484,0	26638,6	80641	54002	15280272	15916950	158,5328191
Galicia	227		198	47861	22090	3682	73632	31,4	43,6	75,1	227	152	43075	44870	0,446900924
Madrid	13002		11312	2737487	1263455	210576	4211518	1798,5	2496,6	4295,1	13002	8707	2463738	2566394	25,56128372
Murcia	20271		17635	4267770	1969740	328290	6565800	2803,9	3892,2	6696,1	20271	13574	3840993	4001034	39,85030257
Navarra	22025		19162	4637172	2140233	356706	7134111	3046,6	4229,1	7275,7	22025	14749	4173455	4347349	43,2995945
País Vasco	12421		10806	2615150	1206992	201165	4023308	1718,2	2385,0	4103,2	12421	8318	2353635	2451703	24,41896585
Rioja	1122		976	236194	109013	18169	363375	155,2	215,4	370,6	1122	751	212574	221432	2,205459426
Total Nacional	857077	0	745657	180448965	83284137	13880690	277613792	118555	164569	283124	857077	573952	162404068	169170904	1684,9

Tabla 63: Cálculos Maíz 2021 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.

2021	Maiz Paja (t)	ST (92,45%) [t]	SV(85,24%) [t]	Q CH4 (m3)	Q CO2 (m3)	Q otros gases (m3)	Qbiogas (m3)	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	Q biom. CH4	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
Andalucía	7339	6785	6785	121275	559742	93290	1865808	796,8	1106,1	1902,8	7339	5436	1091498	1136977	11,32428878
Aragón	39527	36543	36543	6532041	3014788	502465	10049293	4291,6	5957,2	10248,8	39527	29278	5878837	6123788	60,99292918
Asturias	206	190	190	33962	15675	2612	52249	22,3	31,0	53,3	206	152	30566	31839	0,317119792
Baleares	248	230	230	41041	18942	3157	63140	27,0	37,4	64,4	248	184	36937	38476	0,383218878
Canarias	294	271	271	48517	22393	3732	74642	31,9	44,2	76,1	294	217	43665	45485	0,453028442
Cantabria	8	7	7	1322	610	102	2033	0,9	1,2	2,1	8	6	1190	1239	0,012341152
Castilla la Mancha	19729	18240	18240	3260323	1504764	250794	5015881	2142,0	2973,4	5115,4	19729	14614	2934290	3056552	30,44326152
Castilla y Leon	154854	143163	143163	25590334	11810923	1968487	39369744	16812,8	23338,4	40151,2	154854	114703	23031300	23990938	238,9497401
Cataluña	21721	20081	20081	3589524	1656703	276117	5522344	2358,3	3273,6	5632,0	21721	16089	3230571	3365178	33,51717685
Comunidad Valenciana	308	285	285	50981	23530	3922	78432	33,5	46,5	80,0	308	229	45883	47795	0,476033487
Extremadura	35588	32901	32901	5881142	2714373	452396	9047911	3863,9	5363,6	9227,5	35588	26361	5293028	5513571	54,91516228
Galicia	16226	15001	15001	2681392	1237565	206261	4125218	1761,7	2445,4	4207,1	16226	12019	2413253	2513805	25,03749689
Madrid	3142	2904	2904	519172	239618	39936	798726	341,1	473,5	814,6	3142	2327	467255	486724	4,847767443
Murcia	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Navarra	17565	16239	16239	2902691	1339704	223284	4465679	1907,1	2647,3	4554,3	17565	13011	2612422	2721273	27,1038794
País Vasco	16	15	15	2658	1227	204	4089	1,7	2,4	4,2	16	12	2392	2491	0,024814709
Rioja	546	505	505	90252	41655	6942	138849	59,3	82,3	141,6	546	405	81227	84611	0,842728085
Total Nacional	317318	293360	293360	52438124	24202211	4033702	80674038	34452	47824	82275	317318	235042	47194312	49160742	489,64

Tabla 64: Cálculos Maíz 2030 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.

2030	Maiz Paja (t)	ST (92,45%) [t]	SV(85,24%) [t]	Q CH4 (m3)	Q CO2 (m3)	Q otros gases (m3)	Qbiogas (m3)	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	Q biom. CH4	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
Andalucía	8299	7672	7672	1371417	632962	105494	2109873	901,0	1250,7	2151,8	8299	6147	1234276	1285704	12,8056109
Aragón	44698	41323	41323	7386492	3409150	568192	11363834	4852,9	6736,5	11589,4	44698	33108	6647843	6924836	68,97137063
Asturias	232	215	215	38404	17725	2954	59084	25,2	35,0	60,3	232	172	34564	36004	0,358602005
Baleares	281	260	260	46409	21420	3570	71399	30,5	42,3	72,8	281	208	41768	43509	0,433347465
Canarias	332	307	307	54864	25322	4220	84406	36,0	50,0	86,1	332	246	49377	51435	0,512288769
Cantabria	9	8	8	1495	690	115	2299	1,0	1,4	2,3	9	7	1345	1401	0,013955489
Castilla la Mancha	22310	20625	20625	3686803	1701601	283600	5672005	2422,2	3362,4	5784,6	22310	16525	3318123	3456378	34,42552279
Castilla y Leon	175111	161890	161890	28937787	13355902	2225984	44519672	19012,1	26391,3	45403,4	175111	129707	26044008	27129175	270,2065847
Cataluña	24563	22708	22708	4059067	1873415	312236	6244718	2666,8	3701,9	6368,7	24563	18194	3653160	3805375	37,90153479
Comunidad Valenciana	349	323	323	57650	26608	4435	88692	37,9	52,6	90,5	349	258	51885	54046	0,538303087
Extremadura	40244	37205	37205	6650450	3069438	511573	10231461	4369,3	6065,2	10434,6	40244	29809	5985405	6234797	62,09857539
Galicia	18348	16963	16963	3032143	1399451	233242	4664835	1992,1	2765,3	4757,4	18348	13591	2728929	2842634	28,31263395
Madrid	3553	3284	3284	587084	270962	45160	903207	385,7	535,4	921,1	3553	2631	528376	550392	5,481900436
Murcia	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Navarra	19863	18363	18363	3282390	1514949	252492	5049831	2156,5	2993,5	5150,1	19863	14713	2954151	3077241	30,64931849
País Vasco	18	17	17	3005	1387	231	4623	2,0	2,7	4,7	18	13	2705	2817	0,028060703
Rioja	618	571	571	102058	47104	7851	157012	67,1	93,1	160,1	618	457	91852	95679	0,952964743
Total Nacional	358826	331734	331734	59297518	27368085	4561348	91226951	38958	54079	93038	358826	265788	53367766	55591423,12	553,69

Tabla 65: Cálculos Maíz 2050 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.

2050	Maiz Paja (t)	ST (92,45%) [t]	SV(85,24%) [t]	Q CH4 (m3)	Q CO2 (m3)	Q otros gases (m3)	Qbiogas (m3)	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	Q biom. CH4	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
Andalucía	9343	8637	8637	1543932	712584	118764	2375280	1014,4	1408,1	2422,4	9343	6920	1389539	1447436	14,41646731
Aragón	50320	46521	46521	8315661	3837998	639666	12793325	5463,4	7583,9	13047,3	50320	37273	7484095	7795932	77,6474873
Asturias	262	242	242	43236	19955	3326	66516	28,4	39,4	67,8	262	194	38912	40533	0,403711632
Baleares	316	292	292	52247	24114	4019	80381	34,3	47,6	82,0	316	234	47023	48982	0,487859549
Canarias	374	346	346	61765	28507	4751	95023	40,6	56,3	96,9	374	277	55589	57905	0,576731118
Cantabria	10	9	9	1683	777	129	2589	1,1	1,5	2,6	10	8	1514	1577	0,015710992
Castilla la Mancha	25116	23220	23220	4150577	1915651	319275	6385503	2726,9	3785,3	6512,3	25116	18604	3735519	3891166	38,7560131
Castilla y León	197138	182254	182254	32577958	15035981	2505997	50119936	21403,7	29711,1	51114,8	197138	146023	29320162	30541836	304,1966857
Cataluña	27652	25565	25565	4569669	2109078	351513	7030260	3002,3	4167,5	7169,8	27652	20483	4112702	4284065	42,66928313
Comunidad Valenciana	393	363	363	64902	29955	4992	99848	42,6	59,2	101,8	393	291	58411	60845	0,606017856
Extremadura	45306	41885	41885	7487030	3455552	575925	11518508	4919,0	6828,2	11747,2	45306	33559	6738327	7019091	69,91014243
Galicia	20656	19097	19097	3413565	1575492	262582	5251639	2242,7	3113,2	5355,9	20656	15301	3072209	3200217	31,87416554
Madrid	4000	3698	3698	660935	305047	50841	1016824	434,2	602,8	1037,0	4000	2962	594842	619627	6,171485221
Murcia	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Navarra	22361	20673	20673	3695292	1705519	284253	5685065	2427,8	3370,1	5797,9	22361	16563	3325763	3464336	34,50478868
País Vasco	20	19	19	3383	1561	260	5205	2,2	3,1	5,3	20	15	3045	3172	0,031590544
Rioja	695	643	643	114896	53029	8838	176763	75,5	104,8	180,3	695	515	103406	107715	1,072841051
Total Nacional	403963	373464	373464	66756732	30810799	5135133	102702664	43859	60882	104741	403963	299222	60081058	62584436	623,34

Tabla 66: Cálculos Arroz 2021 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.

2021	Arroz Paja (t)	ST (88,7%) [t]	SV(91,9%/ST) [t]	Q CH4 (m3)	Q CO2 (m3)	Q otros gases (m3)	Qbiogas (m3)	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	Q biom. CH4	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
Andalucía	1417	1257	1155	225300	231308	24032	480640	148,0	457,1	605,1	1417	812	202770	211219	2,103738192
Aragón	2330	2067	1900	370409	380287	39510	790206	243,4	751,4	994,8	2330	1335	333368	347258	3,458694281
Asturias	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Baleares	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Canarias	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Cantabria	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Castilla la Mancha	22	20	18	3508	3601	374	7483	2,3	7,1	9,4	22	13	3157	3289	0,032754093
Castilla y León	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Cataluña	19253	17078	15694	3060408	3142019	326444	6528871	2010,7	6208,6	8219,3	19253	11034	2754367	2869133	28,57656244
Comunidad Valenciana	13872	12304	11308	2205009	2263809	235201	4704018	1448,7	4473,3	5922,0	13872	7950	1984508	2067196	20,58926729
Extremadura	10710	9500	8730	1702408	1747806	181590	3631804	1118,5	3453,7	4572,1	10710	6138	1532167	1596008	15,89623621
Galicia	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Madrid	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Murcia	335	297	273	53293	54714	5685	113692	35,0	108,1	143,1	335	192	47964	49962	0,497624769
Navarra	1435	1273	1170	228100	234182	24331	486613	149,9	462,7	612,6	1435	822	205290	213843	2,129880746
País Vasco	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Rioja	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Total Nacional	49375	43796	40248	7848435	8057726	837166	16743327	5156	15922	21078	49375	28297	7063591	7357907	73,28

Tabla 67: Cálculos Arroz 2030 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.

2030	Arroz Paja (t)	ST (88,7%) [t]	SV(91,9%/ST) [t]	Q CH4 (m3)	Q CO2 (m3)	Q otros gases (m3)	Qbiogas (m3)	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	Q biom CH4	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
Andalucía	1125	998	917	178837	183606	19076	381518	117,5	362,8	480,3	1125	645	160953	167659	1,669888225
Aragón	1850	1641	1508	294020	301861	31362	627243	193,2	596,5	789,6	1850	1060	264618	275644	2,745414271
Asturias	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Baleares	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Canarias	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Cantabria	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Castilla la Mancha	18	16	14	2784	2859	297	5940	1,8	5,6	7,5	18	10	2506	2610	0,025999278
Castilla y Leon	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Cataluña	15283	13556	12458	2429266	2494046	259122	5182434	1596,0	4928,2	6524,3	15283	8758	2186339	2277437	22,68327177
Comunidad Valenciana	11011	9767	8976	1750274	1796948	186696	3733917	1149,9	3550,8	4700,7	11011	6310	1575246	1640882	16,34318146
Extremadura	8501	7541	6930	1351324	1387359	144141	2882824	887,8	2741,4	3629,2	8501	4872	1216191	1266866	12,61798534
Galicia	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Madrid	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Murcia	266	236	217	42303	43431	4512	90246	27,8	85,8	113,6	266	153	38072	39659	0,39500055
Navarra	1139	1010	929	181059	185887	19313	386259	119,0	367,3	486,3	1139	653	162953	169743	1,690639449
País Vasco	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Rioja	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Total Nacional	39193	34764	31948	6229867	6395996	664519	13290382	4093	12638	16732	39193	22461	5606880	5840500	58,17

Tabla 68: Cálculos Arroz 2050 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.

2050	Arroz Paja (t)	ST (88,7%) [t]	SV(91,9%/ST) [t]	Q CH4 (m3)	Q CO2 (m3)	Q otros gases (m3)	Qbiogas (m3)	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	Q biom CH4	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
Andalucía	1212	1075	988	192640	197777	20548	410965	126,6	390,8	517,4	1212	695	173376	180600	1,798775937
Aragón	1992	1767	1624	316714	325159	33783	675656	208,1	642,5	850,6	1992	1142	285042	296919	2,957314778
Asturias	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Baleares	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Canarias	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Cantabria	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Castilla la Mancha	19	17	15	2999	3079	320	6399	2,0	6,1	8,1	19	11	2699	2812	0,028005991
Castilla y Leon	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Cataluña	16462	14602	13419	2616765	2686546	279122	5582432	1719,2	5308,6	7027,8	16462	9434	2355089	2453217	24,43404463
Comunidad Valenciana	11861	10521	9669	1885366	1935642	201106	4022114	1238,7	3824,8	5063,5	11861	6798	1696829	1767531	17,60460436
Extremadura	9157	8123	7465	1455624	1494440	155267	3105330	956,3	2953,0	3909,4	9157	5248	1310061	1364647	13,59188481
Galicia	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Madrid	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Murcia	287	254	234	45568	46783	4861	97211	29,9	92,4	122,4	287	164	41011	42720	0,42548805
Navarra	1227	1088	1000	195034	200235	20804	416072	128,1	395,7	523,8	1227	703	175530	182844	1,821128811
País Vasco	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Rioja	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Total Nacional	42218	37447	34414	6710709	6889661	715809	14316180	4409	13614	18023	42218	24195	6039638	6291290	62,66

Tabla 69: Cálculos Triticale 2021 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.

2021	Triticale Paja (t)	ST (%) [t]	SV(?(%/ST) [t]	Q CH4 (m3)	Q CO2 (m3)	Q otros gases (m3)	Qbiogas (m3)	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	Q biom CH4	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
Andalucía	50925	0	0	17024576	11349717	1493384	29867677	11185,1	22427,0	33612,2	50925	17313	15322118	15960540	158,9669764
Aragón	58581	0	0	19583963	13055975	1717891	34357830	12866,7	25798,6	38665,3	58581	19916	17625567	18359965	182,8652537
Asturias	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Baleares	181	0	0	60381	40254	5297	105931	39,7	79,5	119,2	181	61	54342	56607	0,563803381
Canarias	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Cantabria	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Castilla la Mancha	93424	0	0	31232054	20821369	2739654	54793077	20519,5	41143,0	61662,5	93424	31761	28108848	29280050	291,6293019
Castilla y Leon	39957	0	0	13357874	8905249	1171743	23434866	8776,1	17596,8	26372,9	39957	13584	12022086	12523006	124,7291439
Cataluña	8908	0	0	29777986	1985324	261227	5224536	1956,5	3923,0	5879,5	8908	3028	2680187	2791862	27,80694233
Comunidad Valenciana	335	0	0	112002	74668	9825	196495	73,6	147,5	221,1	335	114	100802	105002	1,045821678
Extremadura	10676	0	0	3569175	2379450	313085	6261710	2344,9	4701,8	7046,7	10676	3630	3212257	3346101	33,32716851
Galicia	117	0	0	39060	26040	3426	68526	25,7	51,5	77,1	117	40	35154	36619	0,364721438
Madrid	8599	0	0	2874688	1916459	252166	5043312	1888,7	3786,9	5675,6	8599	2923	2587219	2695020	26,84239797
Murcia	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Navarra	1024	0	0	342304	228203	30027	600534	224,9	450,9	675,8	1024	348	308074	320910	3,196267814
País Vasco	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Rioja	1806	0	0	603763	402509	52962	1059233	396,7	795,4	1192,0	1806	614	543387	566028	5,637636541
Total Nacional	274533	0	0	91777824	61185216	8050686	161013727	60298	120902	181200	274533	93333	82600042	86041710	856,98

Tabla 70: Cálculos Triticale 2030 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.

2030	Triticale Paja (t)	ST (%) [t]	SV(?(%/ST) [t]	Q CH4 (m3)	Q CO2 (m3)	Q otros gases (m3)	Qbiogas (m3)	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	Q biom CH4	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
Andalucía	62694	0	0	20959074	13972716	1838515	36770304	13770,1	27610,1	41380,2	62694	21314	18863166	19649131	195,705349
Aragón	72120	0	0	24109953	16073302	2114908	42298163	15840,2	31760,8	47601,1	72120	24519	21698958	22603081	225,1266842
Asturias	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Baleares	222	0	0	74335	49557	6521	130412	48,8	97,9	146,8	222	76	66901	69689	0,694102259
Canarias	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Cantabria	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Castilla la Mancha	115015	0	0	38449998	25633332	3372807	67456137	25261,6	50651,5	75913,1	115015	39102	34604998	36046873	359,0268594
Castilla y Leon	49192	0	0	16444971	10963314	1442541	28850826	10804,3	21663,5	32467,9	49192	16724	14800474	15417160	153,5549155
Cataluña	10967	0	0	3666219	2444146	321598	6431963	2408,7	4829,6	7238,3	10967	3728	3299597	3437080	34,23331988
Comunidad Valenciana	412	0	0	137887	91925	12095	241907	90,6	181,6	272,2	412	140	124098	129269	1,287518333
Extremadura	13144	0	0	4394036	2929357	385442	7708835	2886,9	5788,4	8675,3	13144	4469	3954632	4119409	41,02930867
Galicia	144	0	0	48087	32058	4218	84363	31,6	63,3	94,9	144	49	43278	45081	0,449011096
Madrid	10586	0	0	3539048	2359365	310443	6208857	2325,2	4662,1	6987,3	10586	3599	3185143	3317858	33,04586261
Murcia	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Navarra	1261	0	0	421413	280942	36966	739322	276,9	555,1	832,0	1261	429	379272	395075	3,93494751
País Vasco	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Rioja	2223	0	0	743297	495531	65201	1304029	488,3	979,2	1467,5	2223	756	668967	696841	6,94053351
Total Nacional	337980	0	0	112988317	75325545	9911256	198225118	74233	148843	223077	337980	114903	101689485	105926547	1055,03

Tabla 71: Cálculos Triticale 2050 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.

2050	Triticale Paja (t)	ST (%) [t]	SV(2%/ST) [t]	Q CH4 (m3)	Q CO2 (m3)	Q otros gases (m3)	Qbiogas (m3)	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	Q biom CH4	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
Andalucía	69959	0	0	23387489	15591659	2051534	41030683	15365,6	30809,1	46174,7	69959	23784	21048740	21925771	218,3806789
Aragón	80476	0	0	26903444	17935629	2359951	47199024	17675,6	35440,8	53116,4	80476	27359	24213099	25221979	251,2109065
Asturias	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Baleares	248	0	0	82948	55298	7276	145522	54,5	109,3	163,8	248	84	74653	77763	0,774524168
Canarias	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Cantabria	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Castilla la Mancha	128341	0	0	42904994	28603329	3763596	75271919	28188,6	56520,2	84708,8	128341	43632	38614494	40223431	400,6253775
Castilla y Leon	54891	0	0	18350362	12233574	1609681	32193617	12056,2	24173,5	36229,7	54891	18661	16515325	17203464	171,3465006
Cataluña	12237	0	0	4091004	2727336	358860	7177200	2687,8	5389,2	8077,0	12237	4160	3681904	3835316	38,19975118
Comunidad Valencian	460	0	0	153863	102575	13497	269935	101,1	202,7	303,8	460	156	138477	144247	1,436696182
Extremadura	14667	0	0	4903149	3268766	430101	8602016	3221,4	6459,1	9680,5	14667	4986	4412834	4596702	45,78315477
Galicia	161	0	0	53658	35772	4707	94138	35,3	70,7	105,9	161	55	48293	50305	0,501035606
Madrid	11813	0	0	3949099	2632733	346412	6928243	2594,6	5202,3	7796,8	11813	4016	3554189	3702280	36,87470961
Murcia	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Navarra	1407	0	0	470240	313494	41249	824983	308,9	619,5	928,4	1407	478	423216	440850	4,390868789
País Vasco	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Rioja	2481	0	0	829419	552946	72756	1455120	544,9	1092,6	1637,5	2481	843	746477	777580	7,74469593
Total Nacional	377140	0	0	126079668	84053112	11059620	221192400	82834	166089	248923	377140	128216	113471701	118199689	1177,27

Tabla 72: Cálculos Sorgo 2021 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.

2021	Sorgo Paja (t)	ST (43%) [t]	SV(93%/ST) [t]	Q CH4 (m3)	Q CO2 (m3)	Q otros gases (m3)	Qbiogas (m3)	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	Q biom CH4	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
Andalucía	775	357	332	112102	81529	10191	203822	73,7	161,1	234,8	775	541	100892	105096	1,046754197
Aragón	268	123	115	38721	28160	3520	70401	25,4	55,6	81,1	268	187	34849	36301	0,361554197
Asturias	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Baleares	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Canarias	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Cantabria	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Castilla la Mancha	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Castilla y Leon	354	163	151	51168	37213	4652	93034	33,6	73,5	107,2	354	247	46052	47970	0,477785754
Cataluña	1000	460	428	144539	105119	13140	262798	95,0	207,7	302,7	1000	697	130085	135505	1,349629493
Comunidad Valencian	6	3	2	810	589	74	1472	0,5	1,2	1,7	6	4	729	759	0,007560786
Extremadura	3	2	1	488	355	44	888	0,3	0,7	1,0	3	2	440	458	0,004560835
Galicia	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Madrid	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Murcia	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Navarra	31	14	13	4455	3240	405	8099	2,9	6,4	9,3	31	21	4009	4176	0,041595881
País Vasco	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Rioja	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Total Nacional	2436	1121	1042	352283	256206	32026	640514	231	506	738	2436	1699	317055	330265,18	3,29

Tabla 73: Cálculos Sorgo 2030 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.

2030	Sorgo Paja (t)	ST (43%) [t]	SV(93%/ST) [t]	Q CH4 (m3)	Q CO2 (m3)	Q otros gases (m3)	Qbiogas (m3)	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	Q biom CH4	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
Andalucía	1036	476	443	149751	108910	13614	272274	98,4	215,2	313,6	1036	722	134776	140391	1,398296627
Aragón	358	165	153	51725	37618	4702	94045	34,0	74,3	108,3	358	249	46552	48492	0,482978731
Asturias	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Baleares	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Canarias	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Cantabria	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Castilla la Mancha	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Castilla y León	473	217	202	68353	49711	6214	124278	44,9	98,2	143,1	473	330	61518	64081	0,63824555
Cataluña	1335	614	571	193081	140422	17553	351056	126,9	277,5	404,3	1335	931	173773	181013	1,802889706
Comunidad Valenciana	7	3	3	1082	787	98	1967	0,7	1,6	2,3	7	5	973	1014	0,010100005
Extremadura	5	2	2	652	475	59	1186	0,4	0,9	1,4	5	3	587	612	0,006092547
Galicia	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Madrid	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Murcia	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Navarra	41	19	18	5951	4328	541	10820	3,9	8,6	12,5	41	29	5356	5579	0,055565462
País Vasco	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Rioja	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Total Nacional	3255	1497	1392	470594	342250	42781	855625	309	676	985	3255	2269	423534	441181,59	4,39

Tabla 74: Cálculos Sorgo 2050 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.

2050	Sorgo Paja (t)	ST (43%) [t]	SV(93%/ST) [t]	Q CH4 (m3)	Q CO2 (m3)	Q otros gases (m3)	Qbiogas (m3)	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	Q biom CH4	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
Andalucía	380	175	163	55016	40012	5001	100029	36,1	79,1	115,2	380	265	49514	51578	0,513712656
Aragón	131	60	56	19003	13820	1728	34551	12,5	27,3	39,8	131	92	17103	17815	0,177438951
Asturias	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Baleares	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Canarias	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Cantabria	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Castilla la Mancha	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Castilla y León	174	80	74	25112	18263	2283	45658	16,5	36,1	52,6	174	121	22601	23542	0,23448159
Cataluña	491	226	210	70935	51589	6449	128972	46,6	101,9	148,5	491	342	63841	66501	0,662353925
Comunidad Valenciana	3	1	1	397	289	36	723	0,3	0,6	0,8	3	2	358	373	0,003710586
Extremadura	2	1	1	240	174	22	436	0,2	0,3	0,5	2	1	216	225	0,002238308
Galicia	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Madrid	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Murcia	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Navarra	15	7	6	2186	1590	199	3975	1,4	3,1	4,6	15	11	1968	2050	0,020413895
País Vasco	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Rioja	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Total Nacional	1196	550	512	172889	125737	15717	314343	114	248	362	1196	834	155600	162083,32	1,61

Tabla 75: Cálculos Olivar 2021 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.

2021	Olivar Paja (t)	ST (4,6%) [t]	SV(97%) [t]	Q CH4 (m3)	Q CO2 (m3)	Q otros gases (m3)	Qbiogas (m3)	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	Q biom CH4	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
Andalucía	4588277	211061	204729	140444053	22464189	8574118	171482361	92271,7	44389,2	136661,0	4588277	4451616	126399648	131666300	1311,396348
Aragón	168007	7728	7496	5142583	822562	313955	6279100	3378,7	1625,4	5004,1	168007	163003	4628325	4821172	48,01887127
Asturias	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Baleares	25427	1170	1135	778318	124493	47516	950327	511,4	246,0	757,4	25427	24670	700486	729673	7,267544218
Canarias	1579	73	70	48318	7728	2950	58996	31,7	15,3	47,0	1579	1532	43486	45298	0,451167418
Cantabria	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Castilla la Mancha	1234882	56805	55100	37798907	6045979	2307626	46152512	24833,9	11946,9	36780,7	1234882	1198102	34019017	35436476	352,9472968
Castilla y Leon	20292	933	905	621121	99349	37919	758389	408,1	196,3	604,4	20292	19687	559009	582301	5,799714379
Cataluña	311731	14340	13909	9541875	1526234	582532	11650640	6269,0	3015,8	9284,8	311731	302446	8587687	8945507	89,09725319
Comunidad Valenciana	258195	11877	11521	7903181	1264123	482490	9649793	5192,4	2497,9	7690,3	258195	250505	7112863	7409232	73,79595031
Extremadura	809212	37224	36107	24769436	3961900	1512176	30243511	16273,5	7828,7	24102,2	809212	785110	22292492	23221346	231,2846078
Galicia	173	8	8	5306	849	324	6478	3,5	1,7	5,2	173	168	4775	4974	0,049540272
Madrid	81445	3746	3634	2492984	398756	152197	3043937	1637,9	787,9	2425,8	81445	79019	2243686	2337173	23,27824055
Murcia	79419	3653	3544	2430948	388833	148410	2968190	1597,1	768,3	2365,5	79419	77053	2187853	2279014	22,69897653
Navarra	27896	1283	1245	853873	136578	52129	1042580	561,0	269,9	830,9	27896	27065	768486	800506	7,973040131
País Vasco	915	42	41	28000	4479	1709	34188	18,4	8,8	27,2	915	887	25200	26250	0,261446169
Rioja	9800	451	437	299978	47982	18314	366274	197,1	94,8	291,9	9800	9508	269980	281230	2,801046123
Total Nacional	7617251	350394	339882	233158880	37294033	14234364	284687277	153185	73693	226878	7617251	7390373	209842992	218586450,09	2177,12

Tabla 76: Cálculos Olivar 2030 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.

2030	Olivar Paja (t)	ST (4,6%) [t]	SV(97%) [t]	Q CH4 (m3)	Q CO2 (m3)	Q otros gases (m3)	Qbiogas (m3)	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	Q biom CH4	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
Andalucía	4562131	209858	203562	139643715	22336174	8525257	170505146	91745,9	44136,3	135882,2	4562131	4426248	125679343	130915983	1303,923187
Aragón	167050	7684	7454	5113278	817875	312166	6243318	3359,4	1616,1	4975,5	167050	162074	4601950	4793698	47,74522955
Asturias	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Baleares	25283	1163	1128	773883	123783	47246	944912	508,4	244,6	753,0	25283	24530	696494	725515	7,226129183
Canarias	1570	72	70	48042	7684	2933	58660	31,6	15,2	46,7	1570	1523	43238	45040	0,448596383
Cantabria	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Castilla la Mancha	1227845	56481	54786	37583505	6011525	2294475	45889506	24692,4	11878,8	36571,1	1227845	1191274	33825155	35234536	350,9359812
Castilla y Leon	20176	928	900	617581	98783	37703	754067	405,8	195,2	600,9	20176	19575	555823	578982	5,766663961
Cataluña	309955	14258	13830	9487499	1517536	579212	11584248	6233,3	2998,7	9231,9	309955	300723	8538749	8894530	88,58952103
Comunidad Valenciana	256724	11809	11455	7858143	1256919	479740	9594803	5162,8	2483,7	7646,5	256724	249077	7072329	7367009	73,3754146
Extremadura	804601	37012	35901	24628284	3939323	1503558	30071165	16180,8	7784,1	23964,9	804601	780636	22165456	23089016	229,9666027
Galicia	172	8	8	5275	844	322	6441	3,5	1,7	5,1	172	167	4748	4946	0,04925796
Madrid	80981	3725	3613	2478778	396483	151330	3026591	1628,6	783,5	2412,0	80981	78569	2230900	2323854	23,1455865
Murcia	78966	3632	3523	2417095	386617	147564	2951276	1588,0	764,0	2352,0	78966	76614	2175385	2266026	22,56962349
Navarra	27737	1276	1238	849007	135800	51832	1036639	557,8	268,3	826,1	27737	26911	764106	795944	7,927604736
País Vasco	910	42	41	27840	4453	1700	33993	18,3	8,8	27,1	910	882	25056	26100	0,259956285
Rioja	9744	448	435	298269	47708	18209	364186	196,0	94,3	290,2	9744	9454	268442	279627	2,785084001
Total Nacional	7573843	348397	337945	231830194	37081508	14153248	283064950	152312	73273	225585	7573843	7348258	208647175	217340807,10	2164,71

Tabla 77: Cálculos Olivar 2050 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.

2050	Olivar Paja (t)	ST (4,6%) [t]	SV(97%) [t]	Q CH4 (m3)	Q CO2 (m3)	Q otros gases (m3)	Qbiogas (m3)	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	Q biom. CH4	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
Andalucía	4585128	210916	204588	140347659	22448771	8568233	171364663	92208,4	44358,8	136567,2	4585128	4448561	126312893	131575930	1310,496266
Aragón	167892	7723	7491	5139054	821998	313740	6274791	3376,4	1624,3	5000,6	167892	162891	4625148	4817863	47,98591335
Asturias	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Baleares	25410	1169	1134	777784	124407	47484	949675	511,0	245,8	756,8	25410	24653	700005	729172	7,262556114
Canarias	1577	73	70	48285	7723	2948	58956	31,7	15,3	47,0	1577	1530	43456	45267	0,450857758
Cantabria	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Castilla la Mancha	1234035	56766	55063	37772964	6041829	2306042	46120835	24816,8	11938,7	36755,5	1234035	1197279	33995667	35412154	352,7050501
Castilla y León	20278	933	905	620694	99281	37893	757869	407,8	196,2	604,0	20278	19674	558625	581901	5,795733725
Cataluña	311517	14330	13900	9535325	1525186	582132	11642644	6264,7	3013,8	9278,5	311517	302239	8581793	8939368	89,03610098
Comunidad Valenciana	258018	11869	11513	7897756	1263255	482159	9643170	5188,8	2496,2	7685,0	258018	250333	7107981	7404147	73,7453002
Extremadura	808657	37198	36082	24752435	3959181	1511138	30222754	16262,4	7823,3	24085,7	808657	784571	22277192	23205408	231,1258648
Galicia	173	8	8	5302	848	324	6474	3,5	1,7	5,2	173	168	4772	4971	0,04950627
Madrid	81389	3744	3632	2491273	398482	152092	3041848	1636,8	787,4	2424,2	81389	78965	2242146	2335569	23,26226345
Murcia	79364	3651	3541	2429279	388566	148308	2966153	1596,0	767,8	2363,8	79364	77000	2186352	2277449	22,68339701
Navarra	27877	1282	1244	853287	136484	52093	1041865	560,6	269,7	830,3	27877	27046	767958	799957	7,967567807
País Vasco	914	42	41	27980	4475	1708	34164	18,4	8,8	27,2	914	887	25182	26232	0,261266725
Rioja	9793	451	437	299772	47949	18301	366022	197,0	94,7	291,7	9793	9502	269795	281037	2,799123615
Total Nacional	7612023	350153	339648	232998851	37268436	14224594	284491881	153080	73642	226723	7612023	7385300	209698966	218436422,52	2175,63

Tabla 78: Cálculos Viñedo 2021 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.

2021	Viñedo Paja (t)	ST (2%) [t]	SV(97%) [t]	Q CH4 (m3)	Q CO2 (m3)	Q otros gases (m3)	Qbiogas (m3)	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	Q biom. CH4	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
Andalucía	36696	0	0	5027373	2713315	407405	8148093	3303,0	5361,5	8664,5	36696	28032	4524636	4713163	46,943099999
Aragón	57077	0	0	7819515	4220257	633672	12673444	5137,4	8339,2	13476,6	57077	43600	7037563	7330795	73,01472108
Asturias	4	0	0	608	328	49	986	0,4	0,6	1,0	4	3	548	570	0,005681485
Baleares	5038	0	0	690264	372541	55937	1118743	453,5	736,1	1189,6	5038	3849	621238	647123	6,445342576
Canarias	12417	0	0	1701112	918104	137853	2757069	1117,6	1814,2	2931,8	12417	9485	1531000	1594792	15,88412939
Cantabria	35	0	0	4730	2553	383	7666	3,1	5,0	8,2	35	26	4257	4434	0,044164884
Castilla la Mancha	736665	0	0	100923081	54469021	8178532	163570633	66306,5	107630,8	173937,2	736665	562728	90830773	94615388	942,3692671
Castilla y León	125304	0	0	17166587	9264949	1391133	27822669	11278,4	18307,5	29586,0	125304	95718	15449928	16093675	160,2930017
Cataluña	94186	0	0	12903535	6964144	1045667	20913347	8477,6	13761,1	22238,8	94186	71948	11613181	12097064	120,4867575
Comunidad Valenciana	103521	0	0	14182410	7654364	1149304	22986078	9317,8	15125,0	24442,9	103521	79078	12764169	13296010	132,4282558
Extremadura	135539	0	0	18568778	10021723	1504763	30095264	12199,7	19802,9	32002,6	135539	103536	16711900	17408229	173,3859626
Galicia	41585	0	0	5697170	3074810	461683	9233663	3743,0	6075,8	9818,9	41585	31766	5127453	5341097	53,19732364
Madrid	13924	0	0	1907607	1029551	154587	3091746	1253,3	2034,4	3287,7	13924	10636	1716847	1788382	17,81228399
Murcia	41729	0	0	5716861	3085437	463279	9265576	3756,0	6096,8	9852,8	41729	31876	5145174	5359557	53,38118519
Navarra	29566	0	0	4050595	2186140	328249	6564984	2661,2	4319,8	6981,1	29566	22585	3645536	3797433	37,82243433
País Vasco	22689	0	0	3108414	1677637	251897	5037948	2042,2	3315,0	5357,2	22689	17332	2797572	2914138	29,02481323
Rioja	87347	0	0	11966508	6458423	969733	19394664	7862,0	12761,8	20623,8	87347	66723	10769857	11218601	111,7372659
Total Nacional	1543322	0	0	211435148	114113297	17134129	342682573	138913	225488	364401	1543322	1178921	190291633	198220451	1974,28

Tabla 79: Cálculos Viñedo 2030 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.

2030	Viñedo Paja (t)	ST (%) [t]	SV(%) [t]	Q CH4 (m3)	Q CO2 (m3)	Q otros gases (m3)	Qbiogas (m3)	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	Q biom. CH4	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
Andalucía	37918	0	0	5194735	2803641	420967	8419344	3412,9	5540,0	8952,9	37918	28965	4675261	4870064	48,50583772
Aragón	58977	0	0	8079827	4360749	654767	13095344	5308,4	8616,8	13925,3	58977	45052	7271844	7574838	75,44538415
Asturias	5	0	0	629	339	51	1019	0,4	0,7	1,1	5	4	566	589	0,005870621
Baleares	5206	0	0	713243	384943	57799	1155986	468,6	760,6	1229,2	5206	3977	641919	668665	6,659908295
Canarias	12830	0	0	1757742	948668	142443	2848852	1154,8	1874,6	3029,4	12830	9801	1581967	1647883	16,4129127
Cantabria	36	0	0	4887	2638	396	7921	3,2	5,2	8,4	36	27	4399	4582	0,045635135
Castilla la Mancha	761188	0	0	104282814	56282297	8450795	169015907	68513,8	111213,8	179727,6	761188	581461	93854533	97765138	973,7407787
Castilla y Leon	129475	0	0	17738063	9573379	1437444	28748886	11653,9	18917,0	30570,9	129475	98904	15964257	16629434	165,6291623
Cataluña	97322	0	0	13333094	7195981	1080478	21609553	8759,8	14219,3	22979,1	97322	74343	11999785	12499776	124,4977666
Comunidad Valencian	106967	0	0	14654543	7909178	1187564	23751286	9628,0	15628,5	25256,6	106967	81711	13189089	13738634	136,8367979
Extremadura	140051	0	0	19186933	10355346	1554857	31097136	12605,8	20462,2	33068,0	140051	106983	17268240	17987750	179,1579884
Galicia	42970	0	0	5886829	3177170	477053	9541052	3867,6	6278,1	10145,7	42970	32824	5298146	5518902	54,96826473
Madrid	14388	0	0	1971112	1063825	159734	3194671	1295,0	2102,1	3397,1	14388	10991	1774001	1847917	18,40525565
Murcia	43118	0	0	5907175	3188151	478701	9574028	3881,0	6299,8	10180,8	43118	32937	5316458	5537977	55,15824704
Navarra	30551	0	0	4185440	2258916	339177	6783533	2749,8	4463,6	7213,5	30551	23337	3766896	3923850	39,08154472
País Vasco	23444	0	0	3211893	1733485	260283	5205661	2110,2	3425,4	5535,6	23444	17909	2890704	3011150	29,99105045
Rioja	90255	0	0	12364873	6673424	1002016	20040313	8123,7	13186,7	21310,4	90255	68944	11128386	11592069	115,457004
Total Naacional	1594700	0	0	218473832	117912133	17704524	354090490	143537	232994	376532	1594700	1218168	196626449	204819217,79	2040,00

Tabla 80: Cálculos Viñedo 2050 suponiendo 100% utilización. Fuente: Elaboración propia.

2050	Viñedo Paja (t)	ST (%) [t]	SV(%) [t]	Q CH4 (m3)	Q CO2 (m3)	Q otros gases (m3)	Qbiogas (m3)	Masa CH4 (ton)	Masa CO2 (ton)	Masa Biogas (ton)	Masa sustrato (ton)	Masa digestato(t)	Q biom. CH4	Qbiom (m3/año)	E biometano (GWh/año)
Andalucía	38428	0	0	5264578	2841336	426627	8532542	3458,8	5614,5	9073,3	38428	29354	4738120	4935542	49,15799917
Aragón	59770	0	0	8188460	4419380	663571	13271411	5379,8	8732,7	14112,5	59770	45657	7369614	7676682	76,45974806
Asturias	5	0	0	637	344	52	1033	0,4	0,7	1,1	5	4	573	597	0,005949552
Baleares	5276	0	0	722833	390119	58576	1171528	474,9	770,9	1245,8	5276	4030	650549	677656	6,749450825
Canarias	13003	0	0	1781375	961423	144358	2887155	1170,4	1899,8	3070,1	13003	9933	1603237	1670039	16,63358447
Cantabria	36	0	0	4953	2673	401	8028	3,3	5,3	8,5	36	28	4458	4643	0,046248699
Castilla la Mancha	771423	0	0	105684898	57039013	8564416	171288327	69435,0	112709,1	182144,1	771423	589279	95116408	99079592	986,8327327
Castilla y Leon	131216	0	0	17976551	9702093	1456771	29135415	11810,6	19171,3	30981,9	131216	100234	16178896	16853017	167,856048
Cataluña	98630	0	0	13512358	7292731	1095005	21900094	8877,6	14410,4	23288,1	98630	75342	12161122	12667835	126,1716403
Comunidad Valencian	108406	0	0	14851574	8015517	1203531	24070622	9757,5	15838,7	25596,1	108406	82810	13366416	13923350	138,6765699
Extremadura	141934	0	0	19444902	10494574	1575762	31515238	12775,3	20737,3	33512,6	141934	108421	17500411	18229595	181,5667693
Galicia	43547	0	0	5965977	3219887	483467	9669331	3919,6	6362,5	10282,1	43547	33265	5369380	5593104	55,70731357
Madrid	14581	0	0	1997613	1078128	161881	3237623	1312,4	2130,4	3442,8	14581	11138	1797852	1872762	18,65271449
Murcia	43698	0	0	5986597	3231016	485138	9702751	3933,2	6384,5	10317,7	43698	33380	5387937	5612435	55,8998502
Navarra	30961	0	0	4241713	2289288	343737	6874738	2786,8	4523,6	7310,4	30961	23651	3817542	3976606	39,60699646
País Vasco	23760	0	0	3255077	1756792	263783	5275651	2138,6	3471,4	5610,0	23760	18150	2929569	3051635	30,39428041
Rioja	91468	0	0	12531119	6763149	1015488	20309755	8232,9	13364,0	21596,9	91468	69871	11278007	11747924	117,0093246
Total Naacional	1616140	0	0	221411215	119497463	17942562	358851240	145467	236127	381594	1616140	1234546	199270094	207573014,13	2067,43

Tabla 81: Energía biometano para el año 2021 debido a los residuos agrícolas. Fuente: Elaboración propia.

E biometano (GWh/año) 2021	Trigo	Cebada	Centeno	Avena	Maiz	Arroz	Triticale	Sorgo	Olivar	Viñedo	Total
Andalucía	6,316	0,004	0,001	0,003	0,000	0,000	0,001	0,000	0,191	0,001	6,518
Aragón	5,852	0,021	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,007	0,002	5,886
Asturias	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Baleares	0,131	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,133
Canarias	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002
Cantabria	0,018	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,018
Castilla la Mancha	6,446	0,035	0,001	0,006	0,001	0,000	0,001	0,000	0,051	0,024	6,565
Castilla y León	20,642	0,034	0,005	0,004	0,005	0,000	0,001	0,000	0,001	0,004	20,695
Cataluña	2,248	0,008	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,013	0,003	2,274
Comunidad Valenciana	0,170	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,011	0,003	0,185
Extremadura	2,262	0,002	0,000	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000	0,034	0,004	2,305
Galicia	0,262	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,264
Madrid	0,465	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,471
Murcia	0,087	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,001	0,093
Navarra	2,031	0,003	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	2,037
País Vasco	0,582	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,584
Rioja	0,699	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,704
Total Nacional (TWh/año)	0,048	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,049

Tabla 82: Energía biometano para el año 2030 debido a los residuos agrícolas. Fuente: Elaboración propia.

E biometano (GWh/año) 2030	Trigo	Cebada	Centeno	Avena	Maiz	Arroz	Triticale	Sorgo	Olivar	Viñedo	Total
Andalucía	138,682	0,102	0,033	0,073	0,005	0,001	0,017	0,001	3,551	0,023	142,488
Aragón	136,836	0,524	0,017	0,024	0,027	0,001	0,020	0,000	0,130	0,036	137,614
Asturias	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Baleares	2,992	0,015	0,001	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020	0,003	3,035
Canarias	0,044	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,008	0,054
Cantabria	0,440	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,440
Castilla la Mancha	154,184	0,846	0,021	0,138	0,013	0,000	0,031	0,000	0,956	0,466	156,656
Castilla y León	494,847	0,835	0,113	0,083	0,104	0,000	0,013	0,000	0,016	0,079	496,091
Cataluña	53,760	0,206	0,001	0,007	0,015	0,007	0,003	0,001	0,241	0,060	54,300
Comunidad Valenciana	4,017	0,014	0,001	0,002	0,000	0,005	0,000	0,000	0,200	0,066	4,304
Extremadura	54,031	0,050	0,001	0,038	0,024	0,004	0,004	0,000	0,626	0,086	54,863
Galicia	6,281	0,001	0,006	0,000	0,011	0,000	0,000	0,000	0,000	0,026	6,325
Madrid	11,136	0,052	0,000	0,006	0,002	0,000	0,003	0,000	0,063	0,009	11,271
Murcia	1,926	0,022	0,000	0,009	0,000	0,000	0,000	0,000	0,061	0,026	2,046
Navarra	48,582	0,065	0,001	0,010	0,012	0,001	0,000	0,000	0,022	0,019	48,711
País Vasco	13,961	0,015	0,000	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,014	13,997
Rioja	16,759	0,023	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,008	0,055	16,847
Total Nacional (TWh/año)	1,138	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,001	1,149

Tabla 83: Energía biometano para el año 2050 debido a los residuos agrícolas. Fuente: Elaboración propia.

E biometano (GWh/año) 2050	Trigo	Cebada	Centeno	Avena	Maiz	Arroz	Triticale	Sorgo	Olivar	Viñedo	Total
Andalucía	726,848	0,592	0,192	0,417	0,028	0,003	0,095	0,001	17,742	0,117	746,034
Aragón	779,809	3,033	0,098	0,137	0,149	0,005	0,109	0,000	0,650	0,182	784,171
Asturias	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Baleares	16,631	0,090	0,004	0,023	0,001	0,000	0,000	0,000	0,098	0,016	16,864
Canarias	0,260	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,006	0,040	0,307
Cantabria	2,584	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,584
Castilla la Mancha	903,164	4,896	0,126	0,785	0,074	0,000	0,174	0,000	4,775	2,350	916,345
Castilla y Leon	2906,064	4,832	0,666	0,473	0,582	0,000	0,074	0,000	0,078	0,400	2913,171
Cataluña	314,866	1,191	0,005	0,041	0,082	0,038	0,017	0,001	1,205	0,300	317,747
Comunidad Valenciana	23,217	0,078	0,004	0,012	0,001	0,027	0,001	0,000	0,998	0,330	24,669
Extremadura	316,035	0,291	0,004	0,215	0,134	0,021	0,020	0,000	3,129	0,432	320,281
Galicia	36,868	0,004	0,037	0,001	0,061	0,000	0,000	0,000	0,001	0,133	37,104
Madrid	65,371	0,302	0,003	0,035	0,012	0,000	0,016	0,000	0,315	0,044	66,098
Murcia	10,273	0,127	0,000	0,054	0,000	0,001	0,000	0,000	0,307	0,133	10,895
Navarra	284,612	0,376	0,005	0,059	0,066	0,003	0,002	0,000	0,108	0,094	285,325
País Vasco	82,008	0,090	0,000	0,033	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,072	82,207
Rioja	98,395	0,134	0,000	0,003	0,002	0,000	0,003	0,000	0,038	0,279	98,854
Total Nacional (TWh/año)	6,567	0,016	0,001	0,002	0,001	0,000	0,001	0,000	0,029	0,005	6,623

Tabla 84: Biometano producido 2020-2023 por CC.AA en orden descendente. Fuente: Elaboración propia.

2020-2023 Biometano (GWh/año)					
CCAA	FORSU	EDAR	Ganado	Cultivos	Total
Andalucía	459,66	218,61	15,10	15,77	709,14
Cataluña	288,55	189,66	25,19	6,54	509,93
Madrid	237,85	149,78	0,95	1,61	390,20
Comunidad Valenciana	242,09	95,37	5,78	1,34	344,58
Castilla y Leon	88,86	25,10	25,83	36,61	176,40
Castilla la Mancha	102,55	29,98	12,09	27,32	171,93
Galicia	111,08	35,53	16,28	0,75	163,64
Canarias	117,14	27,15	0,80	0,08	145,17
Murcia	84,54	17,41	5,83	0,86	108,64
País Vasco	70,37	27,20	1,49	1,00	100,08
Aragón	53,50	14,71	14,78	15,23	98,21
Baleares	63,97	13,12	0,75	0,46	78,30
Extremadura	48,86	11,33	12,06	5,97	78,22
Asturias	47,98	10,80	3,55	0,00	62,33
Cantabria	27,92	6,62	3,09	0,02	37,65
Navarra	22,80	7,40	3,29	3,52	37,01
Rioja	11,68	4,36	1,09	1,58	18,70
Total Nacional (TWh/año)	2,08	0,88	0,15	0,12	3,23

Tabla 85: Biometano producido 2030 por CC.AA en orden descendente. Fuente: Elaboración propia.

2030 Biometano (GWh/año)					
CCAA	FORSU	EDAR	Ganado	Cultivos	Total
Andalucía	674,34	245,99	293,98	330,06	1544,39
Castilla la Mancha	160,75	27,64	504,18	625,54	1318,11
Castilla y León	146,97	29,43	234,50	849,18	1260,08
Cataluña	331,82	213,43	493,21	150,84	1189,29
Comunidad Valenciana	479,40	123,07	111,78	28,79	743,04
Aragón	83,18	13,26	288,74	354,27	739,45
Madrid	415,90	172,43	18,43	37,25	644,01
Galicia	160,75	47,36	315,71	13,79	537,61
Extremadura	64,84	11,97	235,15	127,63	439,59
Murcia	131,88	14,98	114,39	18,88	280,13
Canarias	159,03	32,18	15,44	1,54	208,18
Navarra	39,69	8,97	63,77	80,52	192,96
País Vasco	75,43	28,41	28,93	23,52	156,29
Asturias	61,80	11,62	69,02	0,03	142,47
Baleares	83,89	15,51	14,68	10,69	124,77
Cantabria	39,51	7,78	60,14	0,45	107,88
Rioja	17,84	5,08	20,98	35,44	79,33
Total Nacional (TWh/año)	3,13	1,01	2,88	2,69	9,71

Tabla 86: Biometano producido 2050 por CC.AA en orden descendente. Fuente: Elaboración propia.

2050 Biometano (GWh/año)					
CCAA	FORSU	EDAR	Ganado	Cultivos	Total
Castilla la Mancha	332,72	31,54	2602,10	3532,93	6499,29
Castilla y León	307,41	36,38	1189,76	4935,63	6469,18
Andalucía	1629,79	315,09	1504,12	1736,05	5185,05
Cataluña	650,93	289,87	2577,23	859,68	4377,71
Aragón	173,60	16,38	1493,98	2023,31	3707,27
Galicia	332,72	53,87	1617,86	76,28	2080,74
Extremadura	136,79	13,49	1191,25	711,53	2053,05
Comunidad Valenciana	1038,75	176,86	569,57	152,11	1937,30
Madrid	867,99	253,15	93,82	212,82	1427,78
Murcia	350,08	21,16	594,48	103,06	1068,78
Navarra	81,90	11,43	324,70	465,45	883,48
Asturias	128,77	12,06	355,28	0,17	496,28
Pais Vasco	138,31	32,70	147,02	135,25	453,29
Cantabria	81,43	9,14	309,61	2,61	402,80
Canarias	246,65	44,01	77,12	7,82	375,59
Rioja	36,79	5,84	105,69	198,68	347,00
Baleares	98,07	22,74	74,36	60,14	255,31
Total Nacional (TWh/año)	6,63	1,35	14,83	15,21	38,02

Tabla 87: Energía Biometano producida y caudal por residuos EDAR para años 2023, 2030 y 2050. Fuente: Elaboración propia

CCAA	producción de biometano (nm3/añ)		Energía biometano (GWh/añ)		producción de biometano (nm3/añ)		Energía biometano (GWh/añ)		producción de biometano (nm3/añ)		Energía biometano (GWh/añ)	
	2023	2030	2023	2030	2023	2030	2023	2030	2050	2050	2050	2050
Andalucía	896946399,4	1473,55	144951121,1	1441,60	169136807,1	1682,14						
Aragón	36634827,61	364,35	35334740,2	351,42	39602058,23	393,86						
Principado de Asturias	2464587,011	24,51	1904559,765	18,94	2058520,116	20,47						
Islas Baleares	1810292,954	18,00	1669257,579	16,60	1515636,64	15,07						
Canarias	2198380,593	21,86	2228203,821	22,16	2857639,027	28,42						
Cantabria	4550038,103	45,25	4622174,586	45,97	5531268,757	55,01						
Castilla - La Mancha	1109866,546	11,04	1117830,755	11,12	1149360,589	11,43						
Castilla y León	5023319,432	49,96	3969904,244	39,48	3963884,279	39,42						
Cataluña	4206640,496	41,84	4227515,517	42,04	4572846,254	45,48						
Comunidad Valenciana	31782841,56	316,09	30656588,54	304,89	36432618,51	362,34						
Extremadura	15982125,53	158,95	17677672,94	175,81	22229082,25	221,08						
Galicia	1899404,937	18,89	1719659,96	17,10	1695057,133	16,86						
Comunidad de Madrid	5954804,155	59,22	6803426,107	67,66	6770715,113	67,34						
Región de Murcia	25100367,39	249,63	24767780,35	246,33	31817730,96	316,44						
C.F. de Navarra	2917150,833	29,01	2151268,178	21,40	2659945,027	26,45						
Pais Vasco	1240133,981	12,33	1289173,432	12,82	1436607,069	14,29						
La Rioja	4558948,753	45,34	4081304,73	40,59	4110309,066	40,88						
Total Nacional	730029,8159	7,26	730060,4421	7,26	733528,0507	7,30						

Tabla 88: Proyección a futuro de biometano ($N m^3$) de residuos de FORSU. Fuente: elaboración propia

biometano (m3/año)	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2030	2050
Andalucía	334070444	301252622	304746441	309667551	305473248	327794706	312681432	330714711	342991292	347714755	409682502
Aragón	37970892,8	38169291	39674016,5	39372032,2	40170480,5	41225849,9	40239396	39021917,7	39919181,8	42890371,8	43637586,2
Asturias	33040242	32882733	33688677,8	34877704	34331917,3	33510809,4	33798993,7	33288985,1	35799757,2	31868120,5	32369704,3
Baleares	52845646,2	53111937,7	65910878,6	61986274,4	60356666,2	61899299,5	59322848,9	45748885,7	47730226,9	43255842	24651222
Canarias	93218187,9	96240161,3	96234368,6	93108383,2	97557136,9	98529194,3	90343841,9	78173318,1	87406032,3	82000000	62000000
Cantabria	20909500	20209015,5	20840158,6	20799354,5	20746539,2	21402045,5	21220599,3	20519603,7	20831128,9	20373410	20469943,4
Castilla - La Mancha	72048189,2	78585362,8	78626678	77653087,2	76896550,3	78530247,4	77015129,3	76639373,8	76519431,9	82890371,8	83637586,2
Castilla y León	66250515,2	65678150,4	70041803,3	67800474,4	68634445,4	72709573,3	69846045,9	69860527,5	66308015,7	75780743,5	77275172,3
Cataluña	249102860	240627535	231204089	232219847	239884628	229060554	230226921	218694696	215313578	171096282	163624138
Comunidad Valenciana	157694108	160548010	162313404	161024455	177024260	181010113	181112081	177144883	180642365	247196018	261112783
Extremadura	33357389,4	34450751,7	34548460,1	33961358,2	36230287,3	36241957,8	34523074,7	36430985,5	36459608	33434433,9	34384533,7
Galicia	80916733,2	82600860,5	82724891,3	83428953,6	83947991,9	84565334,8	86709636,8	82684087,2	82885296,5	82890371,8	83637586,2
Madrid	166930315	172830724	166523808	176938137	188565941	178268913	181663575	171078022	177483838	214451859	218187931
Murcia	52047964,5	51194741,5	51189289,6	52740100,8	54939262,5	55265099	56532837	57856371,9	63083981,2	68000000	88000000
Navarra	16311500,5	15707276,2	17197264,5	17258513,2	16217710,7	16360141,7	16473268,7	16187214,1	17013688,7	20465896,1	20586338,9
País Vasco	68551474,2	48647595	56926651,9	55797255,9	48617183,5	57365615,4	43735514,6	39130189,1	52512569	38892008,7	34768320,4
Rioja	8776372,84	8918207,53	8966167,24	9049564,34	9110046,4	9193528,68	9154939,42	8913181,55	8715124,1	9197158,04	9248127,03

Tabla 89: Proyección a futuro de la población de las CC.AA. Fuente: elaboración propia (años 2030 y 2050) con datos del INE

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2030	2050
Total Nacional	46.557.008	46.572.132	46.722.980	47.026.208	47.450.795	47.400.798	47.486.727	48.085.361	46811322,27	51216945,72
01 Andalucía	8.388.107	8.379.820	8.384.408	8.414.240	8.464.411	8.484.804	8.511.167	8.584.147	8405964,738	8979476,116
02 Aragón	1.308.563	1.308.750	1.308.728	1.319.291	1.329.391	1.331.938	1.328.215	1.341.289	1057069,017	1138259,111
03 Asturias, Principado de	1.042.608	1.034.960	1.028.244	1.022.800	1.018.784	1.012.117	1.004.960	1.006.060	927743,4863	839457,0208
04 Balears, Illes	1.107.220	1.115.999	1.128.908	1.149.460	1.171.543	1.183.415	1.187.043	1.209.906	1224940	1524860
05 Canarias	2.101.924	2.108.121	2.127.685	2.153.389	2.175.952	2.178.924	2.185.607	2.213.016	2239535	2558915
06 Cantabria	582.206	580.295	580.229	581.078	582.905	584.708	585.450	588.387	593604,5504	614134,1303
07 Castilla y León	2.447.519	2.425.801	2.409.164	2.399.548	2.394.918	2.385.223	2.375.583	2.383.703	1992431,815	1990069,76
08 Castilla - La Mancha	2.041.631	2.031.479	2.026.807	2.032.863	2.045.221	2.052.505	2.058.278	2.084.086	2092055,72	2221421,221
09 Cataluña	7.522.596	7.555.830	7.600.065	7.675.217	7.780.479	7.749.896	7.761.823	7.901.963	7736410,75	8556640,75
10 Comunitat Valenciana	4.959.968	4.941.509	4.963.703	5.003.769	5.057.353	5.067.911	5.108.116	5.216.195	5553553,052	6388106,566
11 Extremadura	1.087.778	1.079.920	1.072.863	1.067.710	1.063.987	1.061.636	1.056.808	1.054.306	956018,5567	942257,5921
12 Galicia	2.718.525	2.708.339	2.701.743	2.699.499	2.701.819	2.698.177	2.692.825	2.699.424	2967678,769	2957637,762
13 Madrid, Comunidad de	6.466.996	6.507.184	6.578.079	6.663.394	6.779.888	6.726.640	6.743.254	6.871.903	6817305	7907045
14 Murcia, Región de	1.464.847	1.470.273	1.478.509	1.493.898	1.511.251	1.518.279	1.529.658	1.551.692	1185985	1433965
15 Navarra, Comunidad Foral de	640.647	643.234	647.554	654.214	661.197	662.032	664.514	672.155	702864,5	792714,5
16 País Vasco	2.189.534	2.194.158	2.199.088	2.207.776	2.220.504	2.212.628	2.205.826	2.216.302	2035857,293	2047076,364
17 Rioja, La	315.794	315.381	315.675	316.798	319.914	319.444	319.617	322.282	322305,0225	324909,8313

Tabla 90: Proyecciones a futuro del ganado. Fuente: Elaboración propia con datos del INE.

Años	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2030	2050
Bovino	5812,605	5802,22	6078,733	6182,90776	6317,64088	6465,74685	6510,59243	6600	6636	6576	6455	6764,92416	7017,61789
Ovino	16339,373	16118,586	15431,804	16026,3745	15962,8921	15963,1065	15852,5249	15478	15440	15081	15081	14957,7484	14511,3616
Caprino	2637,336	2609,989	2704,228	2801,06361	3088,03515	3059,731	2764,79009	2659	2652	2590	2590	2752,32824	2760,08594
Porcino	25250,377	25494,715	26567,578	28367,3351	29231,5953	29971,3567	30804,1017	31246	32795	34455	34455	34830,4696	37596,4735
Aves	43642,944	44667,9042	46512,999	47835,2685	46894	46515,9418	46332,8348	46161,5495	46000,6518	45848,9534	45440	44773	43302
Conejos	53411,0136	52470,3798	52326,8413	51880,2781	48506,5666	46233,7987	44155,2732	41005,9162	771274	757221	743168	712163	686248

Tabla 91: Producción de biogás ($N\ m^3/año$) de residuos ganaderos por CC.AA en el año 2020. Fuente: Elaboración propia.

2020	Bovinos	Porcinos	Gallinaza	Ovinos	Caprinos	Conejas Madre	Pollos	Total
Andalucía	611339	880535	31626	386170	215521	1003	268521	2394715
Aragón	475398	1205840	80424	241024	10359	12725	275885	2301654
Asturias	519576	3129	1682	5911	6612	183	723	537817
Baleares	56047	21205	3434	40307	2324	84	617	124019
Canarias	29960	10608	17688	5953	41005	789	21746	127749
Cantabria	455421	1965	1075	5117	3889	1204	19	468689
Castilla la Mancha	488350	577284	105330	364592	84303	8279	235431	1863569
Castilla y Leon	1832336	1373386	183303	405722	30809	29057	241403	4096016
Cataluña	821931	2363960	91644	66233	13227	21216	455402	3833613
Comunidad Valenciana	127463	387233	60501	40402	16294	15280	245849	893022
Extremadura	834727	383848	19999	547764	54366	480	120932	1962115
Galicia	1542342	473217	43755	23196	7788	18163	363523	2471984
Madrid	104288	5308	16877	12280	6731	64	3495	149043
Murcia	105175	552768	16812	84646	42548	1481	103816	907246
Navarra	148333	175021	19619	71671	2390	3542	95960	516536
Pais Vasco	167607	7591	14106	33450	5007	3091	5031	235883
Rioja	56544	38466	7097	15148	2260	1593	48108	169215

Tabla 92: Producción de biogás ($N m^3/año$) de residuos ganaderos por CC.AA en el año 2030. Fuente: Elaboración propia.

2030	Bovinos	Porcinos	Gallinaza	Ovinos	Caprinos	Conejas Madre	Pollos	Total
Andalucía	11798508	17337866	576796	7257226	4235107	17540	4983710	46206754
Aragón	9174917	23743187	1466774	4663380	203562	222516	5120382	44594718
Asturias	10027532	61616	30669	114372	129931	3198	13427	10380745
Baleares	1081681	417524	62627	779870	45671	1474	11456	2400303
Canarias	578206	208880	322599	115174	805770	13801	403597	2448027
Cantabria	8789371	38695	19599	98998	76413	21057	353	9044487
Castilla la Mancha	35363058	27042180	1921015	7849997	605416	508131	4480403	77770199
Castilla y Leon	9424877	11366821	3343108	7054195	1656608	144779	4369562	37359951
Cataluña	15862818	46546744	1671420	1281488	259910	371016	8452187	74445582
Comunidad Valenciana	2459970	7624677	1103421	781702	320190	267207	4562924	17120090
Extremadura	16109766	7558030	364744	10598255	1068315	8388	2244475	37951974
Galicia	29766333	9317712	798008	448798	153048	317615	6746943	47548458
Madrid	2012700	104517	307812	237602	132269	1113	64858	2860871
Murcia	2029823	10884084	306622	1637752	836083	25901	1926816	17647082
Navarra	2862752	3446186	357810	1386699	46959	61944	1781004	9943353
País Vasco	3234715	149473	257259	647197	98395	54052	93372	4534463
Rioja	1091258	757400	129443	293078	44402	27861	892873	3236315

Tabla 93: Producción de biogás ($N m^3/año$) de residuos ganaderos por CC.AA en el año 2050. Fuente: Elaboración propia.

2050	Bovinos	Porcinos	Gallinaza	Ovinos	Caprinos	Conejas Madre	Pollos	Total
Andalucía	60802097	93034804	2833592	34248167	21112584	84023	23536313	235651579
Aragón	47281757	127405692	7205728	22007336	1014785	1065920	24181766	230162984
Asturias	51675598	330632	150665	539742	647726	15320	63409	53423093
Baleares	5574302	2240429	307666	3680350	227674	7063	54102	12091586
Canarias	2979710	1120850	1584812	543525	4016875	66109	1906048	12217927
Cantabria	45294896	207637	96283	467189	380928	100871	1669	46549473
Castilla la Mancha	182238974	145108053	9437250	37045563	3018079	2434107	21159368	400441394
Castilla y Leon	48569892	60994239	16423481	33290029	8258416	693538	20635906	188865503
Cataluña	81746994	249769335	8211080	6047574	1295685	1777283	39916711	388764662
Comunidad Valenciana	12677139	40913934	5420706	3688994	1596191	1280003	21549088	87126055
Extremadura	83019608	40556310	1791856	50015091	5325697	40181	10599869	191348613
Galicia	153396972	49998743	3920326	2117962	762966	1521477	31863441	243581888
Madrid	10372191	560838	1512169	1121289	659376	5329	306304	14537496
Murcia	10460433	58403881	1506322	7728850	4167988	124076	9099673	91491223
Navarra	14752823	18492196	1757792	6544083	234098	296732	8411055	50488779
País Vasco	16669688	802072	1263820	3054240	490510	258926	440964	22980221
Rioja	9031608	6527118	1021269	384	355487	214342	6772066	23922274

Tabla 94: Producción de biometano (GWh/año) de residuos ganaderos por CC.AA en el año 2020. Fuente: Elaboración propia.

E biometano (GWh/año) 2020	Bovinos	Porcinos	Gallinaza	Ovinos	Caprinos	Conejas madres	Pollos	Total
Andalucía	4,05	5,83	0,21	1,93	1,30	0,01	1,78	15,10
Aragón	3,15	7,99	0,48	1,21	0,06	0,07	1,83	14,78
Asturias	3,44	0,02	0,01	0,03	0,04	0,00	0,00	3,55
Baleares	0,37	0,14	0,02	0,20	0,01	0,00	0,00	0,75
Canarias	0,20	0,07	0,11	0,03	0,25	0,00	0,14	0,80
Cantabria	3,02	0,01	0,01	0,03	0,02	0,01	0,00	3,09
Castilla - La Mancha	3,23	3,82	1,09	1,82	0,51	0,05	1,56	12,09
Castilla y León	12,13	9,10	0,63	2,03	0,19	0,16	1,60	25,83
Cataluña	5,44	15,65	0,55	0,33	0,08	0,12	3,01	25,19
Comunidad Valenciana	0,84	2,56	0,36	0,20	0,10	0,08	1,63	5,78
Extremadura	5,53	2,54	0,12	2,74	0,33	0,00	0,80	12,06
Galicia	10,21	3,13	0,26	0,12	0,05	0,10	2,40	16,28
Madrid	0,69	0,04	0,10	0,06	0,04	0,00	0,02	0,95
Murcia	0,70	3,66	0,10	0,42	0,26	0,01	0,69	5,83
Navarra	0,98	1,16	0,12	0,36	0,01	0,02	0,63	3,29
País Vasco	1,11	0,05	0,08	0,17	0,03	0,02	0,03	1,49
Rioja	0,37	0,25	0,04	0,08	0,01	0,01	0,32	1,09
Total Nacional (TWh/año)	0,06	0,06	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,15

Tabla 95: Producción de biometano (GWh/año) de residuos ganaderos por CC.AA en el año 2030. Fuente: Elaboración propia.

E biometano (GWh/año) 2030	Bovinos	Porcinos	Gallinaza	Ovinos	Caprinos	Conejas madres	Pollos	Total
Andalucía	78,77	115,75	3,82	36,59	25,71	0,10	33,24	293,98
Aragón	61,25	158,52	8,82	23,51	1,24	1,25	34,15	288,74
Asturias	66,95	0,41	0,18	0,58	0,79	0,02	0,09	69,02
Baleares	7,22	2,79	0,38	3,93	0,28	0,01	0,08	14,68
Canarias	3,86	1,39	1,94	0,58	4,89	0,08	2,69	15,44
Cantabria	58,68	0,26	0,12	0,50	0,46	0,12	0,00	60,14
Castilla - La Mancha	236,09	180,54	11,55	39,58	3,68	2,85	29,88	504,18
Castilla y León	62,92	75,89	20,10	35,57	10,06	0,81	29,14	234,50
Cataluña	105,91	310,76	10,05	6,46	1,58	2,08	56,37	493,21
Comunidad Valenciana	16,42	50,90	6,64	3,94	1,94	1,50	30,43	111,78
Extremadura	107,55	50,46	2,19	53,44	6,49	0,05	14,97	235,15
Galicia	198,73	62,21	4,80	2,26	0,93	1,78	45,00	315,71
Madrid	13,44	0,70	1,85	1,20	0,80	0,01	0,43	18,43
Murcia	13,55	72,67	1,84	8,26	5,08	0,15	12,85	114,39
Navarra	19,11	23,01	2,15	6,99	0,29	0,35	11,88	63,77
País Vasco	21,60	1,00	1,55	3,26	0,60	0,30	0,62	28,93
Rioja	7,29	5,06	0,78	1,48	0,27	0,16	5,96	20,98
Total Nacional (TWh/año)	1,08	1,11	0,08	0,23	0,07	0,01	0,31	2,88

Tabla 96: Producción de biometano (GWh/año) de residuos ganaderos por CC.AA en el año 2050. Fuente: Elaboración propia.

E biometano (GWh/año) 2050	Bovinos	Porcinos	Gallinaza	Ovinos	Caprinos	Conejas madres	Pollos	Total
Andalucía	406	621	19	173	128	0,47	157	1504
Aragón	316	851	43	111	6	5,97	161	1494
Asturias	345	2	1	3	4	0,09	0	355
Baleares	37	15	2	19	1	0,04	0	74
Canarias	20	7	10	3	24	0,37	13	77
Cantabria	302	1	1	2	2	0,57	0	310
Castilla - La Mancha	1217	969	57	187	18	13,64	141	2602
Castilla y León	324	407	99	168	50	3,89	138	1190
Cataluña	546	1668	49	30	8	9,96	266	2577
Comunidad Valenciana	85	273	33	19	10	7,17	144	570
Extremadura	554	271	11	252	32	0,23	71	1191
Galicia	1024	334	24	11	5	8,52	213	1618
Madrid	69	4	9	6	4	0,03	2	94
Murcia	70	390	9	39	25	0,70	61	594
Navarra	98	123	11	33	1	1,66	56	325
País Vasco	111	5	8	15	3	1,45	3	147
Rioja	38	27	4	7	1	0,75	28	106
Total Nacional (TWh/año)	5,56	5,97	0,39	1,08	0,32	0,06	1,45	14,83

Tabla 97: Producción de biogás (N m³/año) de residuos agrícolas por CC.AA en el año 2020. Fuente: Elaboración propia.

Obiogás utilizado 2021	Trigo	Cebada	Centeno	Avena	Maiz	Arroz	Triticale	Sorgo	olivar	Vinedo	Total
Andalucía	963524,143	270124,787	852,721	161217,652	8582,717	2210,943	137391,313	937,582	788818,859	37481,229	2371141,947
Aragón	892791,358	1383391,192	433,825	52895,179	46226,749	3634,947	158046,016	323,846	28883,862	58297,843	2624924,816
Asturias	0,000	0,000	0,000	0,000	240,346	0,000	0,000	0,000	0,000	4,536	244,882
Baleares	19909,442	40886,245	19,581	8923,787	290,443	0,000	487,282	0,000	4371,505	5146,217	80034,501
Canarias	281,596	0,000	1,598	20,460	343,352	0,000	0,000	0,000	271,382	12682,517	13600,906
Cantabria	2799,128	0,000	0,000	0,000	9,353	0,000	0,000	0,000	0,000	35,263	2843,744
Castilla la Mancha	983336,875	2233059,301	558,832	303458,682	23073,052	34,423	252048,153	0,000	212301,555	752424,914	4760295,787
Castilla y Leon	3149129,930	2203929,379	2959,616	182796,790	181100,822	0,000	107800,383	427,955	3488,590	127984,276	5959617,740
Cataluña	342899,960	543266,365	23,900	15809,874	25402,783	30032,807	24032,868	1208,869	53592,946	96201,395	1132471,765
Comunidad Valenciana	25905,100	35652,013	17,646	4732,764	360,787	21638,484	903,878	6,772	44389,049	105735,960	239342,454
Extremadura	345019,441	132503,055	17,813	83204,203	41620,389	16706,299	28803,866	4,085	139120,153	138438,214	925437,517
Galicia	39985,950	2027,051	164,956	234,551	18976,004	0,000	315,220	0,000	29,799	42474,848	104208,379
Madrid	70889,719	137947,522	11,716	13415,558	3674,139	0,000	23199,235	0,000	14002,109	14222,032	277362,032
Murcia	13220,855	57821,464	0,000	20914,992	0,000	522,983	0,000	0,000	13653,676	42621,651	148755,620
Navarra	309804,870	171491,693	23,903	22725,315	20542,123	2238,418	2762,457	37,258	4795,868	30198,928	564620,834
País Vasco	88824,577	40885,147	0,000	12816,025	18,807	0,000	0,000	0,000	157,263	23174,559	165876,378
Rioja	106676,196	61115,591	0,521	1157,511	638,706	0,000	4872,473	0,000	1684,859	89215,455	265361,312
Total Nacional	7354999,139	7314100,804	5086,629	884323,344	371100,573	77019,305	740663,144	2946,366	1309561,476	1576339,836	19636140,615

Tabla 98: Producción de biogás (N m³/año) de residuos agrícolas por CC.AA en el año 2030. Fuente: Elaboración propia.

Obiogas utilizado 2030	Trigo	Cebada	Centeno	Avena	Maiz	Arroz	Triticale	Sorgo	olivar	Viñedo	Total
Andalucía	21156968,138	6614876,026	20595,090	3786956,228	181277,216	32779,506	3159250,903	23393,376	14649553,378	769,223	49626419,083
Aragón	20875322,169	33876791,972	10477,820	1242492,523	976364,045	53891,824	3634196,427	8080,190	536416,789	1196,440	61215230,200
Asturias	0,000	0,000	0,000	0,000	5076,398	0,000	0,000	0,000	0,000	0,093	5076,491
Baleares	456448,749	1001231,490	472,919	209617,194	6134,500	0,000	11204,820	0,000	81185,430	105,615	1766400,716
Canarias	6752,054	0,000	38,589	480,608	7251,999	0,000	0,000	0,000	5039,972	260,282	19823,505
Cantabria	67116,834	0,000	0,000	0,000	197,555	0,000	0,000	0,000	0,000	0,724	67315,112
Castilla la Mancha	23521879,026	54683654,094	13497,020	7128157,071	487330,357	510,360	5795732,899	0,000	3942759,389	15441,936	95588962,151
Castilla y Leon	75492354,510	53970314,066	71481,219	4293843,951	3825065,264	0,000	2478820,880	10677,790	64788,365	2626,608	140209972,653
Cataluña	8201412,242	13303627,892	577,238	371369,387	536537,051	445267,189	552624,889	30162,181	995301,663	1974,331	24438854,063
Comunidad Valenciana	612770,078	873054,433	426,187	111171,275	7620,260	320812,735	20784,273	168,972	824371,453	2170,008	2773349,674
Extremadura	8242809,106	3244764,348	430,233	1954442,761	879072,225	247688,028	662331,822	101,928	2583670,614	2841,153	17818152,218
Galicia	958178,370	49638,875	3984,046	5509,536	400795,831	0,000	7248,339	0,000	553,412	871,707	1426780,116
Madrid	1698832,663	3378089,686	282,970	315127,594	77602,206	0,000	533455,891	0,000	260040,245	291,877	6263723,132
Murcia	293891,232	1415944,893	0,000	491287,141	0,000	7753,766	0,000	0,000	253569,311	874,720	2463321,062
Navarra	7411468,777	4199526,821	577,316	533811,103	433874,118	33186,847	63521,445	929,605	89066,496	619,769	12766582,297
País Vasco	2129815,110	1001204,593	0,000	301044,738	397,229	0,000	0,000	0,000	2920,604	475,609	3435857,883
Rioja	2556722,040	1496612,230	12,574	27189,602	13490,242	0,000	112040,304	0,000	31290,368	1830,959	4239188,319
Total Nacional	173682741,098	179109331,417	122853,220	20772500,712	7838086,496	1141890,255	17031212,892	73514,043	24320527,490	32351,053	424125008,676

Tabla 99: Producción de biogás (N m³/año) de residuos agrícolas por CC.AA en el año 2050. Fuente: Elaboración propia.

Obiogas utilizado 2050	Trigo	Cebada	Centeno	Avena	Maiz	Arroz	Triticale	Sorgo	olivar	Viñedo	Total
Andalucía	181729221,116	38277876,867	121192,104	21616803,010	1014527,455	175531,110	17524985,440	42724,391	73193109,152	3875,383	333699846,029
Aragón	194970737,282	196032649,246	61656,882	7092428,456	5464272,628	288585,551	20159601,575	14757,221	2680082,564	6027,723	426770799,126
Asturias	0,000	0,000	0,000	0,000	28410,326	0,000	0,000	0,000	0,000	0,469	28410,795
Baleares	4158154,903	5793761,746	2782,897	1196542,370	34332,052	0,000	62155,337	0,000	405624,248	532,095	11653885,648
Canarias	65002,848	0,000	227,078	2743,418	40586,195	0,000	0,000	0,000	25181,057	1311,313	135051,909
Cantabria	646141,933	0,000	0,000	0,000	1105,627	0,000	0,000	0,000	0,000	3,646	647251,206
Castilla la Mancha	225812471,816	316434377,596	79423,409	40689133,417	2727369,924	2732,927	32150069,050	0,000	19699086,442	77797,198	637672461,779
Castilla y Leon	726585132,492	312306538,817	420632,274	24510232,824	21407178,531	0,000	13750506,425	19501,336	323700,099	13232,972	1099336655,771
Cataluña	78724054,634	76983246,298	3396,766	2119860,488	3002757,770	2384363,098	3065518,829	55086,570	4972794,829	9946,772	171321026,055
Comunidad Valenciana	5804732,910	5052047,832	2507,902	634590,792	42647,185	1717921,434	115294,447	308,602	4118781,522	10932,601	17499765,228
Extremadura	79016296,796	18776268,773	2531,711	11156401,505	4919773,852	1326345,640	3674084,744	186,155	12908713,351	14313,860	131794916,387
Galicia	9217783,432	287242,078	23444,177	31449,678	2243074,906	0,000	40207,960	0,000	2764,997	4391,700	11850358,928
Madrid	16344214,847	19547773,920	1665,143	1798819,611	434304,817	0,000	2959184,632	0,000	1299231,010	1470,491	42386664,471
Murcia	2568603,718	8193557,078	0,000	2804378,160	0,000	41520,674	0,000	0,000	1266900,483	4406,878	14879366,992
Navarra	71159810,727	24301131,257	3397,227	3047114,559	2428199,274	177712,384	352365,933	1697,780	445000,169	3122,427	101919551,737
País Vasco	20503989,494	5793606,104	0,000	1718431,482	2223,116	0,000	0,000	0,000	14592,124	2396,140	28035238,460
Rioja	24601071,981	8660349,556	73,989	155204,399	75498,850	0,000	621509,577	0,000	156335,097	9224,458	34279267,907
Total Nacional	1641907420,930	1036440427,168	722931,560	118574134,168	43866262,508	6114712,817	94475483,949	134262,056	121511897,144	162986,126	3063910518,427

Tabla 100: Producción de biometano (GWh/año) de residuos agrícolas por CC.AA en el año 2020. Fuente: Elaboración propia.

E biometano (GWh/año) 2021	Trigo	Cebada	Centeno	Avena	Maiz	Arroz	Triticale	Sorgo	Olivar	Viñedo	Total
Andalucía	6,316	1,385	0,004	0,978	0,052	0,052	0,731	0,005	6,032	0,216	15,772
Aragón	5,852	7,094	0,002	0,321	0,281	0,281	0,841	0,002	0,221	0,336	15,230
Asturias	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003
Baleares	0,131	0,210	0,000	0,054	0,002	0,002	0,003	0,000	0,033	0,030	0,464
Canarias	0,002	0,000	0,000	0,000	0,002	0,002	0,000	0,000	0,002	0,073	0,081
Cantabria	0,018	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,019
Castilla la Mancha	6,446	11,451	0,003	1,842	0,140	0,140	1,341	0,000	1,624	4,335	27,321
Castilla y Leon	20,642	11,301	0,014	1,109	1,099	1,099	0,574	0,002	0,027	0,737	36,605
Cataluña	2,248	2,786	0,000	0,096	0,154	0,154	0,128	0,006	0,410	0,554	6,536
Comunidad Valenciana	0,170	0,183	0,000	0,029	0,002	0,002	0,005	0,000	0,339	0,609	1,339
Extremadura	2,262	0,679	0,000	0,505	0,253	0,253	0,153	0,000	1,064	0,798	5,966
Galicia	0,262	0,010	0,001	0,001	0,115	0,115	0,002	0,000	0,000	0,245	0,752
Madrid	0,465	0,707	0,000	0,081	0,022	0,022	0,123	0,000	0,107	0,082	1,611
Murcia	0,087	0,296	0,000	0,127	0,000	0,000	0,000	0,000	0,104	0,246	0,860
Navarra	2,031	0,879	0,000	0,138	0,125	0,125	0,015	0,000	0,037	0,174	3,523
Pais Vasco	0,582	0,210	0,000	0,078	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,134	1,005
Rioja	0,699	0,313	0,000	0,007	0,004	0,004	0,026	0,000	0,013	0,514	1,580
Total Nacional (TWh/año)	0,048	0,038	0,000	0,005	0,002	0,002	0,004	0,000	0,010	0,009	0,119

Tabla 101: Producción de biometano (GWh/año) de residuos agrícolas por CC.AA en el año 2030. Fuente: Elaboración propia.

E biometano (GWh/año) 2030	Trigo	Cebada	Centeno	Avena	Maiz	Arroz	Triticale	Sorgo	Olivar	Viñedo	Total
Andalucía	138,682	33,920	0,097	22,984	1,100	0,143	16,815	0,120	112,031	4,168	330,061
Aragón	136,836	173,713	0,049	7,541	5,926	0,236	19,343	0,041	4,102	6,482	354,270
Asturias	0,000	0,000	0,000	0,000	0,031	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,031
Baleares	2,992	5,134	0,002	1,272	0,037	0,000	0,060	0,000	0,621	0,572	10,690
Canarias	0,044	0,000	0,000	0,003	0,044	0,000	0,000	0,000	0,039	1,410	1,540
Cantabria	0,440	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,445
Castilla la Mancha	154,184	280,406	0,063	43,263	2,958	0,002	30,847	0,000	30,152	83,662	625,539
Castilla y Leon	494,847	276,748	0,336	26,061	23,216	0,000	13,193	0,055	0,495	14,231	849,182
Cataluña	53,760	68,218	0,003	2,254	3,256	1,949	2,941	0,155	7,611	10,697	150,844
Comunidad Valenciana	4,017	4,477	0,002	0,675	0,046	1,404	0,111	0,001	6,304	11,757	28,793
Extremadura	54,031	16,638	0,002	11,862	5,335	1,084	3,525	0,001	19,758	15,393	127,630
Galicia	6,281	0,255	0,019	0,033	2,433	0,000	0,039	0,000	0,004	4,723	13,786
Madrid	11,136	17,322	0,001	1,913	0,471	0,000	2,839	0,000	1,989	1,581	37,252
Murcia	1,926	7,261	0,000	2,982	0,000	0,034	0,000	0,000	1,939	4,739	18,881
Navarra	48,582	21,534	0,003	3,240	2,633	0,145	0,338	0,005	0,681	3,358	80,519
Pais Vasco	13,961	5,134	0,000	1,827	0,002	0,000	0,000	0,000	0,022	2,577	23,523
Rioja	16,759	7,674	0,000	0,165	0,082	0,000	0,596	0,000	0,239	9,920	35,436
Total Nacional (TWh/año)	1,138	0,918	0,001	0,126	0,048	0,005	0,091	0,000	0,186	0,175	2,688

Tabla 102: Producción de biometano (GWh/año) de residuos agrícolas por CC.AA en el año 2050. Fuente: Elaboración propia.

E biometano (GWh/año) 2050	Trigo	Cebada	Centeno	Avena	Maiz	Arroz	Triticale	Sorgo	Olivar	Viñedo	Total
Andalucía	726,848	196,281	0,570	131,200	6,158	0,768	93,275	0,219	559,738	20,996	1736,053
Aragón	779,809	1005,214	0,290	43,047	33,165	1,263	107,297	0,076	20,496	32,657	2023,313
Asturias	0,000	0,000	0,000	0,000	0,172	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,175
Baleares	16,631	29,709	0,013	7,262	0,208	0,000	0,331	0,000	3,102	2,883	60,140
Canarias	0,260	0,000	0,001	0,017	0,246	0,000	0,000	0,000	0,193	7,105	7,821
Cantabria	2,584	0,000	0,000	0,000	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020	2,611
Castilla la Mancha	903,164	1622,608	0,373	246,958	16,553	0,012	171,115	0,000	150,647	421,495	3532,925
Castilla y Leon	2906,064	1601,442	1,977	148,762	129,928	0,000	73,185	0,100	2,475	71,695	4935,628
Cataluña	314,866	394,754	0,016	12,866	18,225	10,436	16,316	0,283	38,029	53,890	859,681
Comunidad Valenciana	23,217	25,906	0,012	3,852	0,259	7,519	0,614	0,002	31,498	59,231	152,109
Extremadura	316,035	96,281	0,012	67,712	29,860	5,805	19,555	0,001	98,718	77,551	711,530
Galicia	36,868	1,473	0,110	0,191	13,614	0,000	0,214	0,000	0,021	23,794	76,284
Madrid	65,371	100,237	0,008	10,918	2,636	0,000	15,750	0,000	9,936	7,967	212,822
Murcia	10,273	42,015	0,000	17,021	0,000	0,182	0,000	0,000	9,689	23,876	103,055
Navarra	284,612	124,611	0,016	18,494	14,738	0,778	1,875	0,009	3,403	16,917	465,453
Pais Vasco	82,008	29,708	0,000	10,430	0,013	0,000	0,000	0,000	0,112	12,982	135,253
Rioja	98,395	44,408	0,000	0,942	0,458	0,000	3,308	0,000	1,196	49,977	198,684
Total Nacional (TWh/año)	6,567	5,315	0,003	0,720	0,266	0,027	0,503	0,001	0,929	0,883	15,214