



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

sedigas


Índice de contenido

Introducción al informe	5
Glosario de términos	6
1. Resumen Ejecutivo	11
2. Situación actual de la producción de biometano en España	21
3. Análisis comparativo por Comunidades Autónomas	39
Anexo: Metodología	
1. Estimación del potencial de biometano	61
2. Definición del escenario óptimo para el desarrollo del biometano	77



Introducción al informe

La realización del presente informe ha venido motivada por el creciente interés observado a nivel europeo y nacional en la promoción de los gases renovables, como son el biogás y el biometano, como vector de descarbonización especialmente tras la publicación del Plan *REPowerEU*, que dota al biometano de un papel protagonista mediante la creación de un plan de acción específico para este, con un objetivo de consumo de hasta 35.000 millones de metros cúbicos anuales para el año 2030. Este plan, que se ha concebido para ayudar en la consecución de los objetivos europeos de independencia energética del exterior, menciona la necesidad de la expansión del biometano abordando los principales problemas relacionados con el aumento de la producción de este y de cara a facilitar su integración en el mercado de la UE.

El rápido aumento de la producción europea de biometano en los últimos años, así como la alta proporción de gas renovable que se anticipa en el *mix* energética futuro, hace que sea cada vez más importante contar con una base de conocimientos sólida y confiable sobre la cual se puedan tomar decisiones para el futuro.

En este contexto, y dado que España dispone de un enorme potencial para aumentar su producción de biometano y convertirse en un agente importante en la consecución de los objetivos a nivel europeo, se ha considerado de utilidad aportar un análisis profundo a nivel territorial de las diferentes alternativas de transición energética hacia la descarbonización y la independencia energética. Con la voluntad de contribuir a este conocimiento, aportando soluciones que nos permitan superar las barreras existentes y hacer una realidad tangible todo el potencial existente de los gases renovables y más en concreto el biometano, desde Sedigas se ha elaborado el presente trabajo con la contribución y apoyo inestimable de PwC y Biovic.

Un trabajo que responde a la necesidad de realizar un estudio a nivel de Comunidad Autónoma del potencial particular de desarrollo del biometano presente en cada una de ellas, así como de aportar conocimiento individualizado que sirva de ayuda para la definición y ejecución de los planes autonómicos acerca del desarrollo del biometano en sus territorios y, en general, para la definición de sus estrategias de descarbonización. Todo ello acompañado de la correspondiente visión de viabilidad y de impacto económico y social que el desarrollo del potencial de biometano identificado tendría para los consumidores finales.

Esta información permitirá a dichas administraciones contar con información adicional y de utilidad sobre las posibilidades reales para apoyar a esta tecnología, conociendo cuál es el potencial que atesoran en sus comunidades y cómo valorizarlo de la mejor manera posible con el fin de ayudar a la transición hacia energías más limpias, luchar contra la despoblación y gestionar de manera óptima los residuos y subproductos obtenidos de las actividades desarrolladas en sus territorios, contribuyendo a un modelo basado en la economía circular. Identificando, además, las barreras y retos que a día de hoy se encuentran los promotores de estos proyectos y desarrollando una batería de recomendaciones particularizada para cada Comunidad Autónoma que permita el despliegue acelerado de las plantas de producción de biometano.

El biogás y el biometano se presentan como un vector energético imprescindible para la transición energética, la descarbonización del sector gasista, descarbonizar ciertos usos finales donde no llega la electrificación, la descarbonización del sector primario, especialmente el agrícola y el ganadero y la consecución de los objetivos referentes al reto demográfico en nuestro país. El biometano ofrece además la ventaja de proporcionar una enorme flexibilidad al ser un gas equiparable al gas natural. Sin embargo, para poder aprovechar al máximo los beneficios de estos gases renovables es imprescindible analizar en detalle cuál es su potencial de desarrollo a nivel autonómico en nuestro país, enfocado en la viabilidad y accesibilidad, para que pueda convertirse en una realidad.

Glosario de términos

Biocombustible: Combustible de origen no fósil cuya producción se desarrolla a través del tratamiento químico o físico de materia orgánica, materias vegetales o excrementos animales.

Biogás: Combustible gaseoso que se genera en medios naturales o en dispositivos específicos, por las reacciones de biodegradación de la materia orgánica, mediante la acción de microorganismos y otros factores, en ausencia de oxígeno y cuyo contenido energético se deriva predominantemente del metano.

Biogás agroganadero: Biogás producido a partir de sustratos de origen ganadero. Estos incluyen las deyecciones ganaderas de tipo purines de cerdo y vaca, estiércoles y gallinaza. Su potencial de producción de biogás suele ser bajo al contener una elevada proporción de humedad. No obstante, este tipo de residuos supone el mayor potencial de producción de biogás de España debido a la enorme cabaña ganadera.

Biogás agroindustrial: Biogás producido a partir de sustratos agroindustriales. Los sustratos agroindustriales son productos orgánicos sólidos, semisólidos y líquidos generados a partir del uso directo de productos primarios o de su industrialización, que no son útiles para el proceso que los generó, pero sí susceptibles de un aprovechamiento o transformación para la generación de biogás.

Biogás agropecuario: Biogás producido a partir de sustratos de origen agrícola. Los sustratos de origen agrícola son los procedentes de cultivos de consumo, o de generación de materias primas para la industria alimentaria, donde predominan la paja y ensilado de cereales y los restos vegetales de cultivos, así como los residuos forestales, la cual constituye una biomasa orgánica con alto contenido de carbono.

Biogás de cultivos intermedios: Biogás procedente de sustratos agrícolas incluidos en los cultivos intermedios, cultivos donde se combinan ciclos de cultivos en los que una especie sustituye a otra dentro de la misma estación de crecimiento. En la actualidad se están contemplando como una alternativa para la generación de biogás.

Biogás de EDAR: Biogás producido a partir de los residuos obtenidos en las EDARes (Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales). Este aprovechamiento permite transformar a las depuradoras no como una industria de eliminación de residuos, sino como un sector productor de bienes y recursos de alto valor añadido.

Biogás de FORSU: Biogás producido a partir de Fracción Orgánica de Residuo Sólido Urbano (FORSU). La FORSU constituye una fuente de sustratos para la biometanización, suponiendo esta operación una fuente de valorización y reducción de los mismos. Se distinguen dos tipos de FORSU dependiendo de si la fracción orgánica ha sido recogida selectivamente en origen o no.

Biogás a partir de biomasa forestal residual: Biogás procedente de residuos biológicos como el clareo y tala que podrían valorizarse en sistemas de gasificación térmica.

Biogás de vertedero: Biogás generado a partir de los residuos procedentes de vertederos. Los vertederos municipales de desechos sólidos (RSU) se utilizan para eliminar los desechos domésticos y los residuos comerciales e industriales no peligrosos. Cuando la fracción biodegradable de estos desechos se depositan en el vertedero, se compactan y cubren. En este ambiente sellado, los desechos orgánicos comienzan a sufrir un proceso de descomposición, como en la digestión anaerobia, excepto que tiene lugar dentro del vertedero.

Biomasa: Materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía. Los recursos biomásicos pueden agruparse de forma general en agrícolas y forestales. También se considera biomasa la materia orgánica de las aguas residuales y los lodos de depuradora, así como la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (FORSU), y otros residuos derivados de las industrias.

Biometano: Gas renovable que se obtiene a partir de un proceso de purificación del biogás hasta alcanzar una composición y poder energético muy parecido al del gas natural, por lo que puede emplearse con los mismos fines.

Biometanización o Digestión anaerobia: Proceso biológico que tiene lugar en ausencia de oxígeno, en el que parte de la materia orgánica de los residuos orgánicos se transforma, mediante la acción de los microorganismos, y se obtiene una mezcla de gases (biogás) y un digestato. El gas resultante está constituido principalmente por metano, dióxido de carbono y otros gases en pequeñas cantidades (amoníaco, hidrógeno, sulfuro de hidrógeno, etc.), composición que le confiere de unas características y poder calorífico muy interesantes para su aprovechamiento térmico, por su parte, las propiedades del digestato resultante hacen que este sea óptimo para uso como biofertilizante.

Combustibles fósiles: Recursos no renovables que proceden de la biomasa producida en eras pasadas, que ha sufrido enterramiento y tras él, procesos de transformación, por aumento de presión y temperatura, hasta la formación de sustancias de gran contenido energético, como el carbón, el petróleo o el gas natural.

Cultivos intermedios: Son aquellos cultivos de crecimiento rápido en un terreno entre los cultivos principales, que suponen un uso más eficiente del terreno y permiten que el terreno sea de mayor calidad cuando vuelve a crecer el cultivo principal, reduciendo la erosión y mejorando la fertilidad del suelo. Estos cultivos se pueden aprovechar como sustratos agrícolas para la producción de biogás y biometano.

Digestato: El digestato es el material sólido remanente tras la digestión anaerobia de un material biodegradable. Normalmente, suele ser utilizado como fertilizante.

Garantía de Origen (GdO): Acreditación, en formato electrónico, expedida a solicitud del interesado, que asegura que se ha producido una determinada cantidad de gas (medida en unidades de energía) a partir de fuentes renovables, en un periodo temporal determinado.

Gases renovables: Cualquier gas combustible que proceda o sea producido a partir de fuentes renovables. Dentro del sector energético, cabe destacar el biometano, el hidrógeno renovable o gas sintético obtenido a partir de excedentes de energía renovable.

Gas natural: Mezcla de gases entre los que se encuentra en mayor proporción el metano. La proporción en la que se encuentra este compuesto es del 75% al 95% del volumen total de la mezcla.

Gasificación térmica: Proceso termoquímico empleado para la producción de biogás o syngas que convierte la biomasa sólida en un gas combustible bajo condiciones de alta temperatura y en presencia de un agente gasificante.

Metano: El metano es un gas incoloro, inflamable, no tóxico, cuya fórmula química es CH_4 . Este gas se produce de forma natural por la descomposición de la materia orgánica. Los humedales, el ganado y la energía son las principales fuentes que emiten metano a la atmósfera, donde actúa como gas de efecto invernadero.

Mix de generación eléctrica: Combinación de las diferentes fuentes de energía que cubren el suministro eléctrico de un país. Las emisiones de CO_2 asociadas a la generación de la electricidad que se consume son un indicador de las fuentes energéticas empleadas para producir la electricidad.

Prueba de sostenibilidad: Referentes a las materias primas de biomasa, biocarburantes o gases renovables, son acreditaciones que se generan bajo diferentes esquemas voluntarios (ISCC, REDCert) que cumplen con lo establecido en la Directiva RED II y certifican la sostenibilidad y las emisiones de gases de efecto invernadero en toda la cadena de producción de la biomasa, biocarburante o gas renovable.

Purines: Mezcla de los excrementos sólidos y líquidos del ganado, las aguas residuales procedentes del lavado de la explotación y los restos de alimentos.

RED II: Directiva UE 2018/2001 de Parlamento Europeo y del Consejo de 11 de diciembre de 2018 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables. En ella se establecen objetivos de biocombustibles en transporte y de renovables en energía final.

Residuos agrícolas: Todos los sustratos relacionados con la producción agrícola, excepto los cultivos intermedios. Esto incluye estiércol, paja, cultivos de cobertura / captura y residuos de cultivos.

Residuos de cultivos intermedios: Sustratos agrícolas provenientes de los cultivos intermedios.

Residuos ganaderos: Todos los sustratos provenientes de las explotaciones ganaderas en todas sus vertientes: porcina, ovina, bovina, avícola, etc.

Residuos sólidos urbanos: Son aquellos residuos, basura, desperdicio o desechos que se generan en los núcleos urbanos o en sus zonas de influencia. Se conoce como FORSU a la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos que puede ser utilizada para la producción de biogás.

Residuos de EDAR: Son aquellos residuos, normalmente en forma de lodos, provenientes de la actividad realizada en las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales.

Residuos industriales: Son los residuos resultantes de los procesos de fabricación, de transformación, de utilización, de consumo, de limpieza o de mantenimiento generados por la actividad industrial.

Residuos orgánicos biodegradables: Residuos biodegradables de origen vegetal o animal, susceptibles de degradarse biológicamente generados en el ámbito domiciliario y comercial.

Residuos orgánicos agroalimentarios: La mayor parte de los residuos que genera la industria alimentaria son de naturaleza orgánica biodegradable y no peligrosa, producidos durante la transformación de la materia prima (carne, pescado, leche, vegetales...) y la generación de aguas residuales.

Separación criogénica: Proceso que consiste en enfriar el biogás crudo hasta el punto de condensación del dióxido de carbono. Las moléculas de metano permanecen en su forma gaseosa, lo que significa que la corriente de dióxido de carbono líquido puede ser fácilmente separada.

Separación por membrana: Proceso que utiliza una membrana permeable para separar las moléculas de dióxido de carbono y metano en función de sus diferentes características físicas.

Sustrato: Materia prima empleada para la producción de biogás. El sustrato puede incluir diferentes tipos de residuos, por ejemplo, desechos ganaderos, agrícolas, industriales, residuos urbanos o procedentes de aguas residuales.

Upgrading: Proceso de concentración y purificación del metano del biogás con el fin de aumentar su proporción, convirtiéndolo en biometano, un producto muy similar en composición, características, posibilidad de usos y potencial energética al gas natural. Algunos ejemplos de tecnologías de *upgrading* son el lavado con aminas, la absorción por oscilación de presión, el lavado con agua, el lavado físico orgánico, la destilación criogénica y la separación por membranas.

Valorización energética: Se trata de la conversión de aquellos residuos que no pueden ser reciclados en energía, ya sea en forma de electricidad, vapor o uso térmico para uso doméstico o industrial. En el caso del biogás, éste ha de ser captado y sometido a un tratamiento, tras el cual puede ser aprovechado.



1.

Resumen Ejecutivo

La introducción en el *mix* energético del biometano es esencial para cumplir los objetivos en materia de descarbonización, facilitar una mayor independencia energética del exterior y ayudar a reducir los problemas derivados de una escasa gestión de residuos, además de atraer inversión en ciertos sectores primarios y ayudar a fijar empleo en las zonas rurales.

El biometano es un gas renovable de características análogas al gas natural que se ha identificado como una solución cada vez más relevante para lograr simultáneamente los ambiciosos objetivos de descarbonización establecidos a nivel europeo y nacional y los objetivos de reducción de dependencia energética con el exterior. El biometano entra en escena especialmente en aquellos sectores donde la electrificación es difícil debido a la naturaleza de las actividades, como es el caso incluso del sector gasista, entre otros. La producción de este gas renovable permite el aprovechamiento de multitud de residuos, solucionando el problema de gestión de residuos existente en España mientras que se apuesta por estrategias cada vez más centradas en la economía circular. Además, al estar estrechamente ligado con el mundo rural, es un aliado perfecto para la consecución de la agenda de recuperación económica y la lucha contra el reto demográfico y la despoblación de las zonas rurales.

Con la publicación del Plan *REPowerEU*, los objetivos de desarrollo del biometano han aumentado con el fin de reducir la dependencia europea en las importaciones de gas y aumentar la producción europea. En concreto, para poder cumplir los nuevos objetivos europeos de producción de biometano (35.000 millones de m³ en 2030) y de porcentaje de sustitución de gas natural en el consumo de gas, son necesarios mecanismos de apoyo que promuevan el despliegue del biometano.

Del análisis de ciertos países europeos que van a la cabeza en el desarrollo del sector del biometano, se pone de manifiesto que los mecanismos de apoyo son imprescindibles para lograr el impulso necesario y posicionar el biometano como una alternativa viable económicamente para lograr una transición energética lo más sencilla y natural posible.

En España, el apoyo a lo largo de los años por parte de las administraciones ha sido prácticamente inexistente, y aunque se están dando los primeros pasos para el progresivo desarrollo de este vector energético con la creación de la Hoja de Ruta del Biogás, siguen existiendo una serie de barreras administrativas, regulatorias, económicas y fiscales a superar para garantizar un desarrollo robusto y estable en el medio y largo plazo. Entre las barreras más destacables se encuentra la escasa ambición mostrada en la Hoja de Ruta del Biogás en cuanto a los objetivos a alcanzar de cara al año 2030 en nuestro país: una producción de biogás de 10,4 TWh y una sustitución del consumo de gas por biometano del 1%, muy lejos de los objetivos establecidos desde la Unión Europea y por el resto de los países europeos.

Por otro lado, esta ambición insuficiente contrasta con las estimaciones de potencial disponible para la producción de biometano en nuestro país, que, aunque existen diferencias en función de la fuente consultada, sitúan a España como uno de los tres países de la Unión Europea con mayor potencial de desarrollo de este gas renovable. Sin tomar en consideración

los importantes avances tecnológicos que se han producido en los últimos años, ya en 2018 el IDAE declaraba que el potencial alcanzable en España se situaba entre los 20-34 TWh/año, es decir, podría suponer entre un 5% y un 9% de la demanda anual de gas.

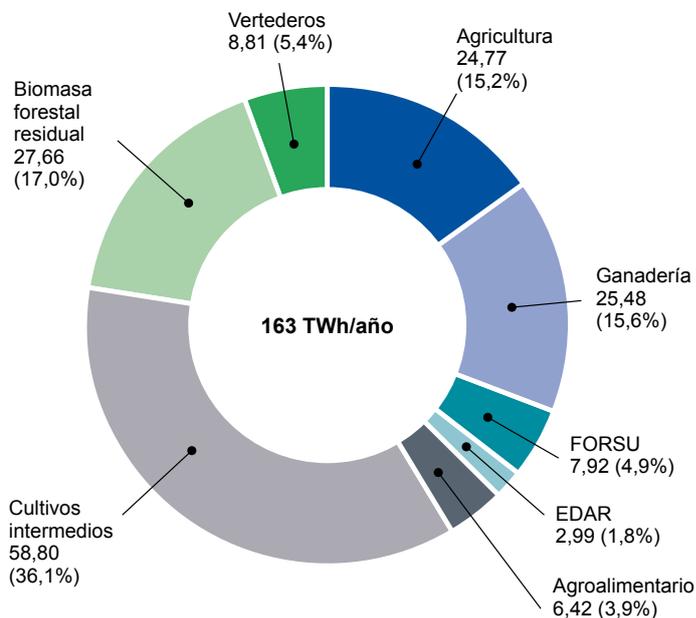
Este potencial está en línea con las predicciones más conservadoras de la Unión Europea, ya que sólo considera los residuos provenientes de la agricultura, la ganadería, la industria agroalimentaria, FORSU y EDAR. En cambio, multitud de otros estudios e informes sitúan el potencial disponible en España entre los 100 y 190 TWh/año, al considerar también otras fuentes para su producción como los cultivos intermedios, la biomasa forestal y el biogás procedente de vertedero, lo que aumenta el potencial de forma considerable.

Sedigas ha considerado interesante la realización de un informe que contemple a nivel nacional, desglosado por Comunidad Autónoma y comarca, todas las fuentes aprovechables para la producción de biometano.

Los resultados obtenidos sugieren un potencial total accesible en España de 163 TWh/año, en línea con otros estudios mencionados anteriormente.

A nivel nacional y a modo comparativo, si nos fijamos en aquella parte excluida del potencial estimado por el IDAE, correspondiente a los cultivos intermedios, la biomasa forestal residual y el biogás procedente de vertederos, vemos que se alcanzan los 95,27TWh/año, lo que supone un 58,5% del total. La parte restante por lo tanto sumaría unos 67,59 TWh/año, notablemente superior a las estimaciones más optimistas del IDAE (20-34TWh/año):

Distribución del potencial disponible para la producción de biometano en España
Fuente: análisis de PwC y Biovic



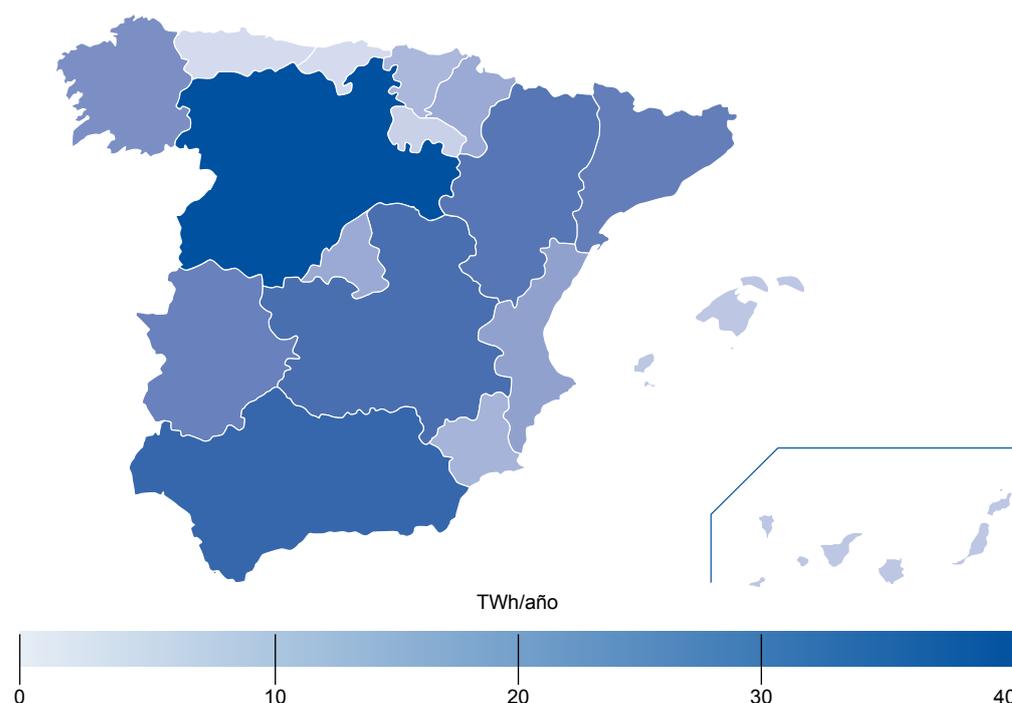
En este sentido, se ha considerado de utilidad aportar un análisis profundo, con un análisis a nivel nacional de todo el potencial disponible y un enfoque más profundo del potencial de generación de biometano de cada una de las Comunidades Autónomas, desglosando a nivel de

las comarcas que componen cada CC.AA. la generación de residuos y el potencial energético disponible. La granularidad con la que se ha realizado el presente estudio ha permitido identificar de una manera más valiosa para las administraciones locales el potencial real que atesoran en sus territorios. Adicionalmente, se facilita una propuesta de ubicaciones factibles para la construcción de las plantas de producción de biometano necesarias que permitan aprovechar todo el potencial disponible, junto con una estimación del impacto económico y social que conllevaría su puesta en marcha.

La distribución del potencial por Comunidad Autónoma varía atendiendo a numerosos factores, como la tipología de residuos disponibles, su cantidad o el potencial de producción de energía a partir de estos residuos.

Entre los factores a tener en cuenta, se encuentran: la densidad de población, la superficie destinada a actividades primarias, el número, tamaño y tipología de las explotaciones agrícolas o ganaderas, etc. Dependiendo del peso relativo de cada uno de estos factores, el potencial y distribución del mismo según la tipología de los residuos para la generación de biometano variará de una Comunidad Autónoma a otra:

Mapa de la distribución de potencial de producción de biogás/biometano por CC.AA.
Fuente: análisis de PwC y Biovic

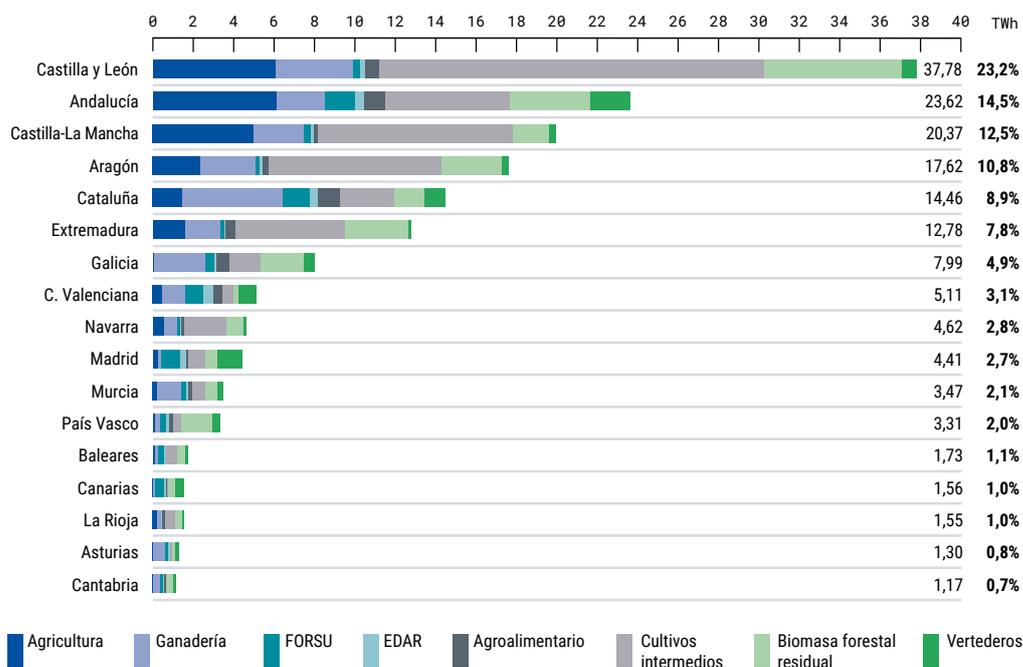


Por ejemplo, es de esperar que comunidades como Castilla y León o Andalucía, con un peso más alto de las actividades del sector primario en su economía, tengan un potencial de generación superior al de otras Comunidades Autónomas de menor tamaño y más industrializadas.

A modo resumen, el siguiente gráfico muestra el potencial total de producción de biometano obtenido para cada una de las 17 Comunidades Autónomas y diferenciado por el residuo o materia prima utilizado para su obtención:

Potencial de producción total de biometano por CC.AA. en función del tipo de residuo

Fuente: análisis de PwC y Biovic



Tal como se define en cada uno de los *dossiers*, se ha obtenido asimismo una distribución del potencial por cada una de las comarcas que conforman a las Comunidades Autónomas, lo que ha permitido ubicar aquellos puntos con una mayor afluencia de potencial de producción de biometano y que por lo tanto serían susceptibles de ser elegidos para la instalación de plantas de producción de este gas, lo cual permitirían acelerar el desarrollo del biometano y cumplir los objetivos de producción y penetración del biometano en nuestro país.

En concreto, se han identificado 2.326 plantas potenciales de producción de biometano distribuidas por todo el territorio nacional.

Número de plantas propuestas de biometano por tipología por CC.AA.

Fuente: análisis de PwC y Biovic

CC.AA.	Número de plantas Agro + EDAR + RSU	Número de plantas de Cultivos intermedios	Número de plantas de Biomasa forestal residual	Número de plantas totales
Castilla y León	271	215	34	520
Andalucía	255	59	20	334
Castilla-La Mancha	208	88	9	305
Cataluña	212	28	8	248
Aragón	140	83	15	238
Extremadura	94	54	16	164
Galicia	92	18	11	121
Comunidad Valenciana	95	8	3	106
Navarra	36	21	5	62
País Vasco	29	5	7	41
Murcia	31	6	3	40
Comunidad de Madrid	19	9	3	31
Principado de Asturias	23	2	2	27
Islas Baleares	16	5	4	25
Islas Canarias	16	2	5	23
Cantabria	16	1	4	21
La Rioja	13	5	2	20
TOTAL	1.566	609	151	2.326

Atendiendo a la distribución y a la tipología de los residuos susceptibles de ser transformados en biometano analizados en este informe, las 2.326 plantas se han diferenciado según su tipología en:

- Plantas de residuos Agroindustriales + EDAR + RSU: Con un total de 1.566 plantas, cada una con una producción anual estimada de 40 GWh, una inversión estimada de 12 M€, 8 empleos directos y 10 empleos indirectos generados por planta.
- Plantas de Cultivos intermedios: Utilizarían los denominados cultivos intermedios como materia prima para la generación de biometano con un total de 609 plantas, cada una con una producción anual estimada de 100 GWh, una inversión estimada de 24 M€, 12 empleos directos y 35 empleos indirectos generados por planta.
- Plantas de Biomasa forestal residual: Plantas proyectadas de gasificación térmica que utilizarían la biomasa forestal residual como materia prima para la generación de biometano con un total de 151 plantas. Dependiendo de la ubicación y la biomasa forestal disponible se han diferenciado 3 tamaños de planta:
 1. Plantas de 75 GWh/año de producción de biometano, 20 M€ de inversión estimada, 8 empleos directos y 15 empleos indirectos generados por planta.
 2. Plantas de 100 GWh/año de producción de biometano, 27 M€ de inversión estimada, 8 empleos indirectos y 15 empleos indirectos generados por planta.
 3. Plantas de 200 GWh/año de producción de biometano, 50 M€ de inversión por planta, 12 empleos directos y 20 empleos indirectos generados por planta.

Principales impactos socioeconómicos por CC.AA.

Fuente: análisis de PwC y Biovic

CC.AA.	Número de plantas	Inversión estimada en plantas (M€)	Inversión necesaria en redes de gas (M€)	Empleo directo O&M estimado	Empleo indirecto O&M estimado
Castilla y León	520	10.112	749,9	5.156	10.915
Andalucía	334	5.476	469,4	3.148	5.315
Castilla-La Mancha	305	5.058	487,5	2.828	5.340
Cataluña	248	3.616	319,6	2.128	3.260
Aragón	238	4.422	341,5	2.296	4.605
Extremadura	164	3.224	338,5	1.592	3.150
Galicia	121	2.086	186,2	1.084	1.770
Comunidad Valenciana	106	1.413	134,6	880	1.275
Navarra	62	1.186	52,3	600	1.195
País Vasco	41	818	42,1	376	605
Murcia	40	666	38,2	356	580
Comunidad de Madrid	31	594	25,7	296	565
Principado de Asturias	27	364	27,8	224	330
Islas Baleares	25	420	25,3	220	395
Islas Canarias	23	340	69	192	305
Cantabria	21	324	19,9	172	255
La Rioja	20	376	21,3	188	345
TOTAL	2.326	40.495	3.349	21.736	40.205

El desarrollo de estas plantas equivaldría a una inversión de 40.495 millones de euros para todo el territorio nacional, desglosados en 18.792 millones de euros para las plantas de Agro, EDAR o RSU, 14.616 millones de euros para las plantas de cultivos intermedios y 7.087 millones de euros para las plantas de biomasa forestal residual, siendo el total equivalente a un 3,61% del PIB nacional.

Además, tendría un impacto notablemente positivo en la creación de empleo, especialmente en el entorno rural de muchas comunidades autónomas, contribuyendo a cumplir los objetivos del reto demográfico en España. En total, se generarían 21.736 empleos directos y 40.205 empleos indirectos asociados con la operación y mantenimiento (O&M) de las plantas de biometano. A estos habría que sumarles un total de 34.890 empleos directos y 465.200 indirectos estimados asociados a la construcción de las plantas de biometano, de los cuales un 86% de los directos y un 70% de los indirectos serían de carácter nacional.

Adicionalmente, habría que sumar una inversión estimada de 3.349 millones de euros en redes de gas derivada de la realización de las conexiones de estas plantas a las redes de gas existentes y las inversiones necesarias para la ampliación de la red de gas actual con el fin de poder absorber el biometano producido en las nuevas plantas propuestas.

El éxito del despliegue del biometano en nuestro país depende de si somos capaces de superar determinadas barreras que actualmente están ralentizando la construcción de nuevas plantas.

A modo resumen, se indican las barreras existentes, y las medidas y ámbitos de trabajo en los que habría que concentrar los esfuerzos de cara a materializar el potencial de generación de biometano disponible en España:

Barreras regulatorias

- La falta de un marco legal y normativo que regule de forma eficaz la actividad relacionada con los gases renovables, especialmente el biometano. La mayoría de las medidas incluidas en la Hoja de Ruta del Biogás todavía están pendientes de ser desarrolladas.
- La incapacidad de disponer de un acceso competitivo a los residuos.
- Un marco normativo y fiscal que sea capaz de regular las aplicaciones del biometano que no estén relacionadas con aplicaciones estrictamente eléctricas, es decir, como sería la inyección en la red gasista.
- Unos objetivos para el biometano planteados en la Hoja de Ruta del Biogás muy poco ambiciosos y que están muy lejos del potencial disponible para el desarrollo de este gas renovable.
- La ausencia, por ahora y aunque se está trabajando en ello, de un Sistema de Garantías de Origen que ayude a identificar el carácter renovable del biometano producido, que permita conocer su trazabilidad y el *reporting* de su uso como energía libre de emisiones.
- La ausencia de un marco normativo claro y compartido a nivel estatal sobre los criterios a seguir para el biometano consumido por instalaciones sujetas al Régimen de Comercio de Derechos de Emisión.

Medidas regulatorias propuestas

- La definición de un marco legal del biometano, con incentivos y cuotas ambiciosas y crecientes cada año para su inyección y disponibilidad en la red de gas, para universalizar sus consumos domésticos, industriales, comerciales y de transporte.
- El desarrollo de una regulación específica que asegure un acceso competitivo al residuo necesario, que genere señales de precio a los generadores de residuo, que valoren de forma adecuada las emisiones evitadas y que permitan internalizar los costes.
- La modificación de las medidas medioambientales con el fin de que el biogás y biometano sean participes en el cumplimiento de los objetivos en materia de descarbonización del sector energético y otros sectores.
- En cuanto a las garantías de origen y el procedimiento de gestión del sistema, es fundamental que exista certidumbre regulatoria y coordinación entre administraciones para que el biometano inyectado en red, mediante GdOs y certificados de sostenibilidad, sirva para netear emisiones en el marco ETS, con objeto de que las instalaciones sujetas puedan acreditar cero emisiones por el consumo de biometano.

Barreras administrativas

- La complejidad relacionada con la obtención de permisos y la demora en los trámites para conseguirlos reduce el crecimiento que se podría lograr en la ejecución de proyectos.
- La involucración de muchas administraciones redundante en que la tramitación depende en gran medida de la más lenta en reaccionar.
- La falta de recursos en las administraciones dificulta y frena la tramitación de la documentación necesaria para el desarrollo de plantas de biometano.
- La cautela a la hora de firmar proyectos por parte de la administración, por las responsabilidades que se pueden generar para el que firma, sobre todo relacionado con las autorizaciones de las plantas que van a gestionar grandes cantidades de residuos.
- Un total de 17 procesos de tramitación distintos, uno por cada CC.AA., al no existir homogeneidad en el proceso de tramitación.

Medidas administrativas propuestas

- La definición de proyectos de interés estratégico para la transición energética, con el objetivo de acortar plazos en la tramitación administrativa de las instalaciones de producción de biometano.
- La definición de qué se entiende por modificación no sustancial en el trámite de evaluación ambiental atendiendo a la afección medioambiental de la actuación como se hace en alguna Comunidad Autónoma como Andalucía en su Ley 7/2007.
- El incremento de los recursos económicos necesarios para la tramitación de expedientes autorizadores.
- El fomento de la figura de Encomienda de Gestión en materia de medio ambiente y de energía.
- La creación de la Unidad Coordinadora o de Seguimiento, que permita extrapolar a nivel estatal la figura de “Unidad Aceleradora de Proyectos de interés estratégico” o “Grupo de Trabajo” de modo que se introduzca en el MITERD una “Oficina Coordinadora o de Seguimiento” a través de la cual se asigne a cada proyecto declarado de interés estratégico una persona de referencia en su tramitación.

- La homogeneización de criterios (Guía Única). La elaboración de una Guía estatal que recoja la interpretación de conceptos puede resultar útil para orientar a las CC.AA. a utilizar criterios homogéneos. Sedigas se ofrece voluntario en la elaboración de la Guía Única junto a FEMP (Federación Española de Municipios y Provincias).
- La existencia de un Punto de Contacto Único para el Estado y las CC.AA. que facilite el proceso al promotor de la instalación de producción de biogás y biometano, así como el favorecimiento de la tramitación electrónica integral.
- La promoción de la inyección de biometano en entidades públicas como EDAR, CTR o vertederos, a través de la colaboración público-privada que acelere el desarrollo de los proyectos, incentivándolos en nuevas instalaciones o a través de modificaciones de las ya existentes.
- La promoción de la utilización de biometano o gas natural con GdO en los consumos propios de la administración pública.
- Desarrollar un sistema de incentivos a las nuevas conexiones al sistema gasista para evacuar esta energía verde al sistema gasista.

Barreras económicas y fiscales

- La ausencia de incentivos específicos de apoyo a la producción, a la inyección en red y consumo del biometano. Recientemente se ha abierto una convocatoria de ayudas para instalaciones de biogás con 150 millones de euros provenientes de los fondos *NextGenerationEU*. No obstante, en el caso de instalaciones para producción de biometano, esta convocatoria presentaba numerosas limitaciones.
- La gran cantidad de impuestos asociados a la generación de biometano existentes, como pueden ser el impuesto a la producción de energía o de autoconsumo, así como impuestos asociados en el punto de consumo como el de hidrocarburos.
- La alta dispersión de los residuos utilizados para la producción de biometano tiene un claro impacto en los costes logísticos y por tanto en el coste de inyección a la red gasista.

Medidas económicas y fiscales propuestas

- Al igual que en el resto de los países avanzados en el desarrollo del biometano en Europa, es imprescindible el establecimiento de mecanismos de apoyo e incentivos específicos para el desarrollo de esta tecnología. El mecanismo de apoyo es necesario para cumplir con las obligaciones RED II y RED III, obtener objetivos en la gestión de residuos y disminuir la dependencia energética. El biometano puede ser rentable, pero son necesarias las medidas de apoyo para dar seguridad y una señal de precio adecuada al promotor.

Como conclusión, además de posicionarse como una alternativa imprescindible para lograr los objetivos de descarbonización tanto nacionales como europeos, el uso del biometano evita la producción de emisiones a lo largo de toda la cadena de valor, con un efecto triple de mitigación de emisiones.

En primer lugar, evita que las emisiones de los residuos que se utilizan como materia prima para la producción de biometano liberen sus emisiones de forma natural, al estar tratados dentro de un ambiente controlado. Este aspecto es especialmente relevante en el sector primario. En segundo lugar, el biometano producido desplaza a los combustibles fósiles como fuente de energía, reduciendo su uso y su penetración dentro del mix energético. Por último, añadiendo además un importante componente de circularidad en el proceso de producción y uso del biometano, el uso del digestato obtenido como fertilizante para cultivos reduce la demanda de producción de fertilizantes minerales y ayuda a devolver el carbono orgánico al suelo.





2.

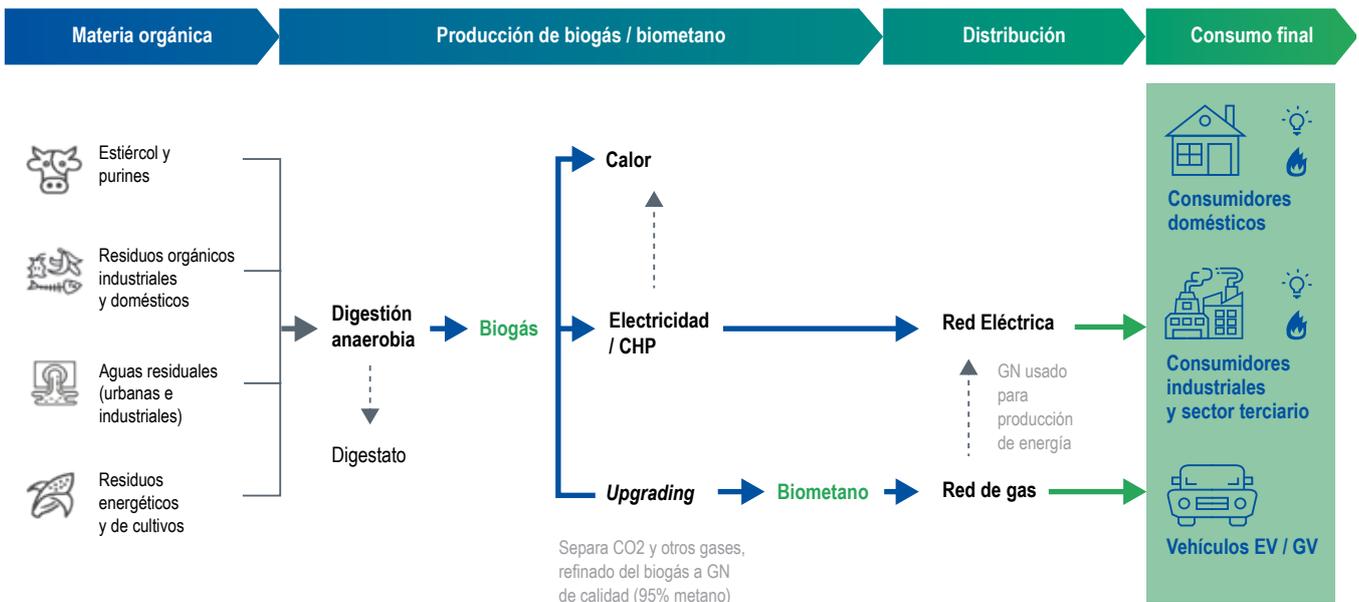
Situación actual de la producción de biometano en España

Los gases de origen renovable, entre los que se encuentra el biometano, van a desempeñar un rol importante para cumplir los objetivos de descarbonización marcados desde la Unión Europea. Entre estos objetivos, que siguen las directrices del *Green Deal* europeo, se encuentran el de alcanzar la neutralidad climática en 2050, la reducción de los gases de efecto invernadero a 2030 y aumentar la penetración de renovables. Las características de los gases renovables hacen que sean una herramienta imprescindible para conseguir dichos objetivos y lograr la descarbonización de ciertos sectores donde la electrificación es una tarea complicada. Más concretamente, el biometano, gracias a su compatibilidad con las infraestructuras gasistas y equipos ya existentes, es un vector energético llamado a desempeñar un papel importante para lograr una transición energética natural y fácil, ayudando a reducir la dependencia europea en importaciones de gas.

El biometano es clave en la consecución de los objetivos de descarbonización y de economía circular, pero también para la reducción de la dependencia energética del exterior y, en particular, del gas ruso. Además, permitirá lograr los objetivos referentes al reto demográfico en nuestro país.

Aunque en ocasiones se hable indistintamente de biogás y biometano, de cara a ofrecer un mayor entendimiento de las diferencias entre estos gases, el siguiente esquema explica de forma simplificada el proceso de producción de cada uno de ellos:

Esquema de producción de biogás / biometano y usos
Fuente: Análisis de PwC y Biovic



El biogás se produce a partir de la digestión anaerobia o biodegradación de materia orgánica proveniente de diferentes fuentes, denominados sustratos, o a través de un proceso menos desarrollado llamado gasificación, lo que origina también que se pueda encontrar biogás de diferentes tipologías. A destacar:

- **Biogás agropecuario:** Los sustratos de origen agrícola son los procedentes de cultivos de consumo, cultivos energéticos, en rotación o de generación de materias primas para la industria alimentaria, donde predominan la paja y ensilado de cereales y los restos vegetales de cultivos, así como los residuos forestales, la cual constituye una biomasa orgánica con alto contenido de carbono.
- **Biogás agroganadero:** Los sustratos de origen ganadero incluyen las deyecciones ganaderas de tipo purines de cerdo y vaca, estiércoles y gallinaza. Su potencial de producción de biogás suele ser bajo al contener una elevada proporción de humedad. No obstante, este tipo de residuos supone el mayor potencial de producción de biogás de España debido a la enorme cabaña ganadera.
- **Biogás agroindustrial:** Los sustratos agroindustriales son productos orgánicos sólidos, semisólidos y líquidos generados a partir del uso directo de productos primarios o de su industrialización, no útiles para el proceso que los generó, pero si susceptibles de un aprovechamiento o transformación que genere otro producto con valor económico, de interés comercial y/o social.
- **Biogás de EDAR (Estación Depuradora de Aguas Residuales):** Los tratamientos de depuración de aguas residuales generan lodos de difícil tratamiento. Los fangos sin estabilizar generan olores por putrefacción y riesgo de proliferación de bacterias infecciosas. La digestión anaerobia ofrece una solución para tratar los lodos del proceso de depuración, estabilizando la materia orgánica en el lodo, reduciendo los agentes patógenos y los olores, y reduciendo la cantidad total de lodo.
- **Biogás de FORSU (Fracción Orgánica de Residuo Sólido Urbano):** La FORSU constituye una fuente de sustratos para la biometanización, suponiendo esta operación una fuente de valorización y reducción de los mismos. Se distinguen dos tipos de FORSU dependiendo de si la fracción orgánica ha sido recogida selectivamente en origen o no.
- **Biogás de vertedero:** Los vertederos municipales de residuos sólidos urbanos (RSU) se utilizan para eliminar los desechos domésticos y los residuos comerciales e industriales no peligrosos. Cuando la fracción biodegradable de estos desechos se depositan en el vertedero, se compactan y cubren. En este ambiente sellado, los desechos orgánicos comienzan a sufrir un proceso de descomposición, como en la digestión anaerobia, excepto que tiene lugar dentro del vertedero.
- **Biogás a partir de cultivos intermedios:** En la actualidad, los cultivos intermedios, donde se combinan ciclos de cultivos rápidos entre cultivos principales en los que una especie sustituye a otra dentro de la misma estación de crecimiento, se están contemplando como una alternativa para la producción de biogás sostenible.
- **Biogás a partir de biomasa forestal residual:** Incluyen los residuos de clareo y tala, que podrían valorizarse en sistemas de gasificación, abriendo la puerta a su aprovechamiento sostenible.

Posteriormente, con el biogás obtenido se puede llevar a cabo un proceso de purificación o *upgrading* para conseguir biometano, el cual presenta un alto porcentaje de metano en su composición, entre un 95% y un 99,9%.

La principal ventaja que ofrece el biometano frente al biogás es que éste ofrece una enorme flexibilidad al ser un gas equiparable al gas natural, lo que le permite llegar a más sectores y le concede el poder de descarbonizar sectores de difícil electrificación, como pueden ser los procesos industriales calorintensivos, la movilidad pesada y marítima o la inyección en red.

El uso de biometano evita la producción de emisiones en toda la toda la cadena de valor, con un efecto triple de mitigación de emisiones:

- Evita las emisiones que de otro modo se liberarían de forma natural, pues los residuos orgánicos se tratan en un ambiente controlado dentro de la planta de producción biometano, evitando que las emisiones producidas por la descomposición de la materia orgánica se liberen a la atmósfera. Esto es especialmente relevante para el sector primario, cuya descarbonización es difícil de llevar a cabo.
- El biometano producido desplaza a otros combustibles fósiles más contaminantes como fuentes de energía, reduciendo por tanto el consumo de estos últimos.
- El uso del digestato obtenido en el proceso de producción de biometano como biofertilizante ayuda a devolver el carbono orgánico al suelo y reduce la demanda de producción de fertilizantes minerales.

El principal valor circular de la producción de biometano está en el digestato producido en el proceso de digestión anaerobia de desperdicios orgánicos, pues es un excelente fertilizante de origen orgánico que ayuda a mejorar la calidad del suelo, disminuyendo la necesidad de químicos en la agricultura. La implementación de un innovador modelo de agricultura circular y producción de biometano a partir de desechos y mediante el uso del digestato que sustituye al estiércol crudo o a los fertilizantes minerales, actúa como motor de desarrollo rural y ofrece oportunidades de negocio circulares a los agricultores.

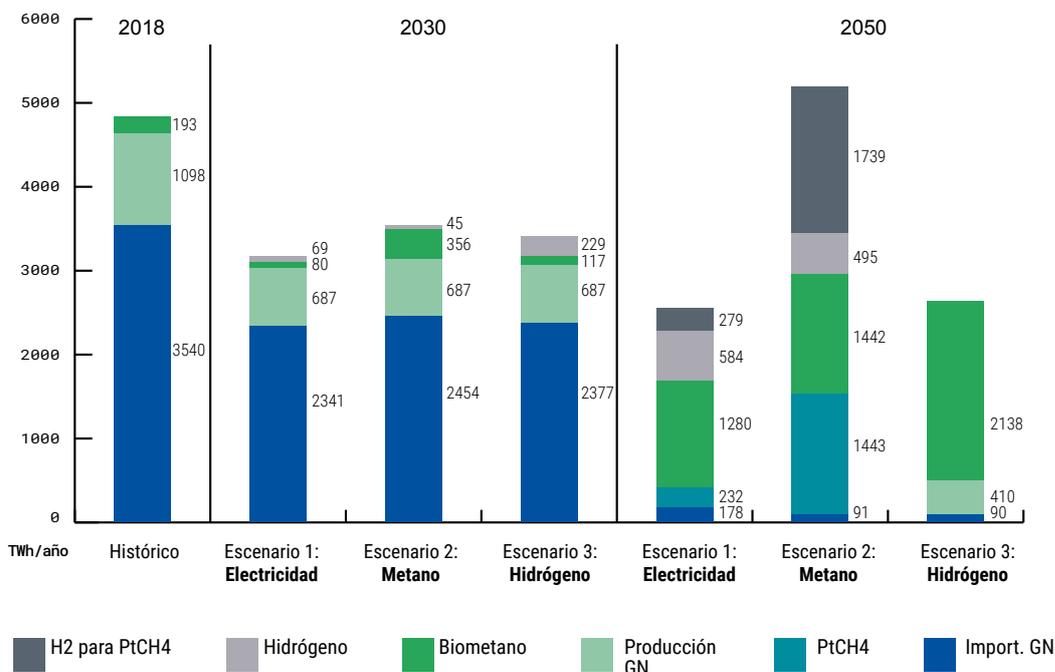
Las diferentes estrategias a seguir en relación a la integración del biometano, ya sea en la demanda *in situ*, o a través de la inyección del biometano en la red, depende de diversos factores como la proximidad del consumo, el comportamiento temporal o estacional de la producción del gas y el consumo de éste, la calidad del gas necesaria para cada uso final y el precio de obtención de ambos, entre otros. Además, el biometano también aporta fiabilidad y flexibilidad al sistema energético, pues se puede almacenar y producir fácilmente a un ritmo constante y ser consumido cuando se necesita, lo que ayuda a equilibrar el suministro de energía a partir de fuentes de energía intermitentes de origen renovable.

La progresiva introducción en el *mix* energético de biometano es esencial para cumplir los objetivos medioambientales, en materia de descarbonización y relacionados con la economía circular marcados por la Unión Europea.

La estrategia energética de la Unión Europea contempla un desarrollo importante del biometano, que permitirá reducir de forma significativa la dependencia exterior y las emisiones actuales del sector gasista para 2050. Centrado en el *Green Deal*, este incluye entre otros gases renovables al biometano, reconociendo su contribución a la descarbonización, al desarrollo de la economía circular y a la integración de sistemas energéticos. Esta situación queda plasmada en el informe publicado en 2020 por la Comisión Europea "*Impact of the use of the biomethane and hydrogen potential on trans-European infrastructure*", que desarrolla tres escenarios a 2030 y a 2050, cada uno centrado en un uso final predominante de uno de los tres vectores energéticos considerados: electricidad, metano o hidrógeno.

Suministro de gas en Europa a 2030-2050 en función de los escenarios definidos por la Comisión Europea

Fuente: Comisión Europea



A diferencia de lo que ocurre actualmente y en la previsión a 2030, en la previsión a 2050, las fuentes de energía primaria dominantes son el biometano y el hidrógeno verde, sustituyendo a las importaciones de gas natural.

En este sentido, cabe mencionar que incluso en los escenarios en donde se produce una mayor electrificación de la economía, la Comisión Europea estima un desarrollo muy relevante del biometano, que se puede convertir en una palanca clave e imprescindible de cara al cumplimiento de los objetivos en materia de lucha contra el cambio climático y de integración de renovables en el nuevo sistema energético. Entre los objetivos de los principales países europeos destaca que, como mínimo, que el equivalente al 10% del consumo de gas sea biometano. Países como Francia establecen este porcentaje en el 20%, mientras que Dinamarca lo fija en el 75% a 2030. Además, con la introducción del Plan *REPowerEU*, se pretende acelerar ese proceso.

El plan *REPowerEU*, cuyo objetivo es el de poner fin a la dependencia de la UE con respecto a los combustibles fósiles rusos, desarrolla mecanismos que permitan acelerar la producción de biometano y sustituir el consumo de gas en diferentes sectores. Destaca el impulso a la producción de biometano con 35.000 millones de m³.

Este plan se ha definido en base a dos pilares fundamentales:

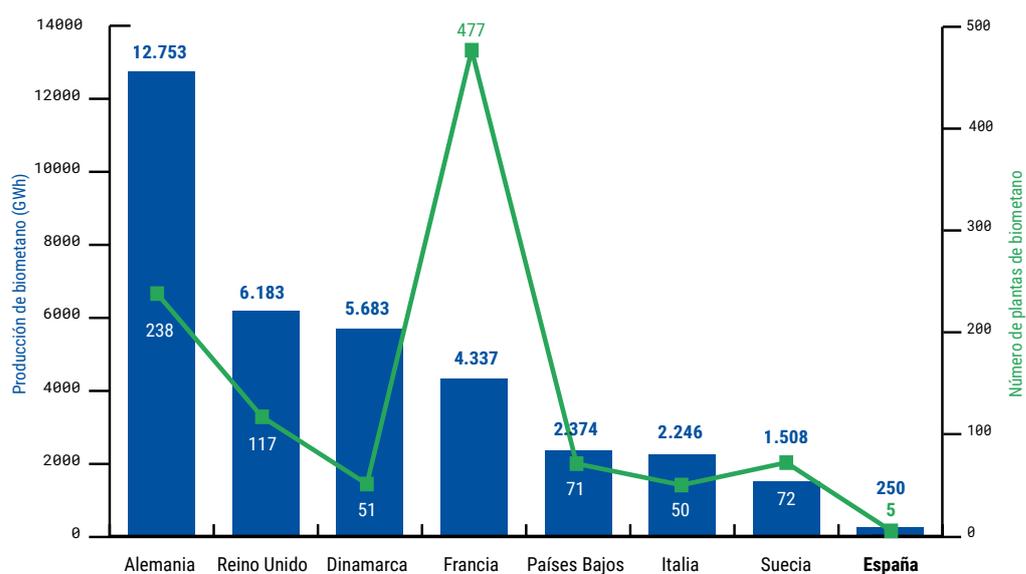
- Diversificar el suministro de gas natural en base al aumento de las importaciones de GNL y utilización de otros gasoductos no procedentes de proveedores rusos, al mismo tiempo que se pretende aumentar el volumen de producción propia e importación de biometano e hidrógeno renovable.
- Reducir de una manera drástica y ágil el uso de combustibles fósiles en los hogares de la UE, edificios, industrias y sistema energético, impulsando la eficiencia energética, el desarrollo de nuevas instalaciones de energías renovables y la electrificación de la economía europea.

El *REPowerEU* ha fijado como objetivo a 2030 impulsar la producción de biometano hasta los 35.000 millones de m³, lo que supone una capacidad adicional de 18.000 millones de m³ con respecto al objetivo establecido en el “*Fit for 55*” a 2030. La creciente ambición que ha quedado plasmada a nivel europeo con el Plan *REPowerEU* mediante la creación de un plan de acción específico sobre el biometano, es una oportunidad idónea para que España se posicione como un país principal en la producción de este gas renovable, es decir, aprovechando todo el potencial disponible buscando las soluciones más eficientes para cada una de las zonas geográficas que componen nuestro país. Atendiendo a los datos de potencial de biometano de la Comisión Europea, España debería producir de orden de un 12-13% de los 35.000 millones de m³, es decir, unos 4.200 millones de m³.

En términos del conjunto de la Unión Europea, tanto el biogás como el biometano se están produciendo en cantidades cada vez mayores. Sin embargo, el desarrollo de plantas de producción de estos gases en los diferentes países de la Unión Europea ha tomado velocidades muy diferentes. El número de plantas de producción de biometano instaladas en nuestro país y, por tanto, la producción de este gas representa una parte prácticamente despreciable en comparación con otros países. Tal como se puede apreciar en la siguiente gráfica obtenida a partir del último informe de la *European Biogas Association* (EBA) donde se muestran los países europeos con mayor producción de biometano. España no está incluida entre éstos, situación que choca con el enorme potencial de desarrollo que tiene nuestro país, tal como se verá en este informe.

Producción de biometano y número de plantas por país en 2021

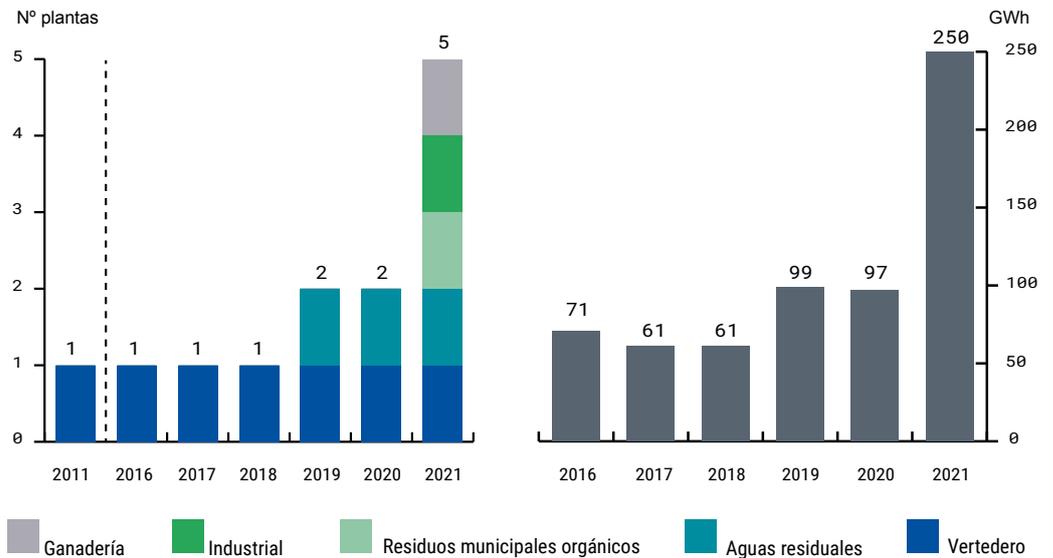
Fuente: *European Biogas Association* (EBA)



En España, de acuerdo con la Asociación Española de Biogás (AEBIG) y la *European Biogas Association* (EBA), actualmente hay 210 plantas de biogás activas en España con una capacidad total de producción de 836 MW, de las cuales las plantas basadas en lodos de depuradora son las más numerosas, (80 plantas), seguidas de las de base agrícola (53 plantas), el vertedero (40 plantas) y “otras” (40 plantas). En el año 2020, la producción de biogás fue de 8.079 GWh. Adicionalmente, hay 5 plantas de producción de biometano con una producción anual de 97 GWh en 2020, una cantidad despreciable frente a, por ejemplo, los 11.200 GWh que se produjeron el mismo año en Alemania.

Número de plantas y producción de biometano en España

Fuente: EBA y Enagás



Aunque el crecimiento en España ha sido muy lento hasta ahora, en los últimos meses se está percibiendo un dinamismo creciente en el sector recientemente, pues según información de la propia Sedigas ya existen más de 200 proyectos en cartera.

Esta notable diferencia en el crecimiento del sector del biometano a nivel de producción y número de plantas en funcionamiento en España comparado con otros países de la Unión Europea encuentra su explicación en los diferentes mecanismos y medidas de apoyo que se han utilizado en estos países. Los mecanismos de incentivos gubernamentales han resultado vitales para potenciar el desarrollo de esta tecnología y son imprescindibles para que la producción de biometano resulte económicamente competitiva y permita aprovechar todo el potencial presente en este vector energético en la transición energética.

Comparativa de las medidas de apoyo al biogás y biometano en países europeos

Fuente: Sedigas

		Francia	Alemania	Reino Unido	Italia	Dinamarca	Suecia	España
Apoyo a la producción de biogás	Feed-in-Tariff (FiT)	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗
	Feed-in-Premium (FiP)	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✗
	Incentivos fiscales	✗	✓	✓	✗	✗	✓	✗
Apoyo a la inyección en red y consumo del biometano	Incentivos a la inyección en red (FiT/FiP)	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✗
	Incentivos fiscales	✗	✓	✗	✗	✓	✓	✗
	Incentivos para movilidad	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✗
	Certificados de origen	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗

El biometano tiene que desempeñar un papel clave en la descarbonización de la demanda final energética al ser capaz de introducirse en sectores donde no consigue llegar la electrificación como el sector transporte, el sector industrial y el sector primario entre otros, y que, por tanto, suponen un reto aún mayor. Dada la dificultad que presenta electrificar a ciertos sectores que conforman la economía española, es necesario aprovechar el efecto tractor que el biometano

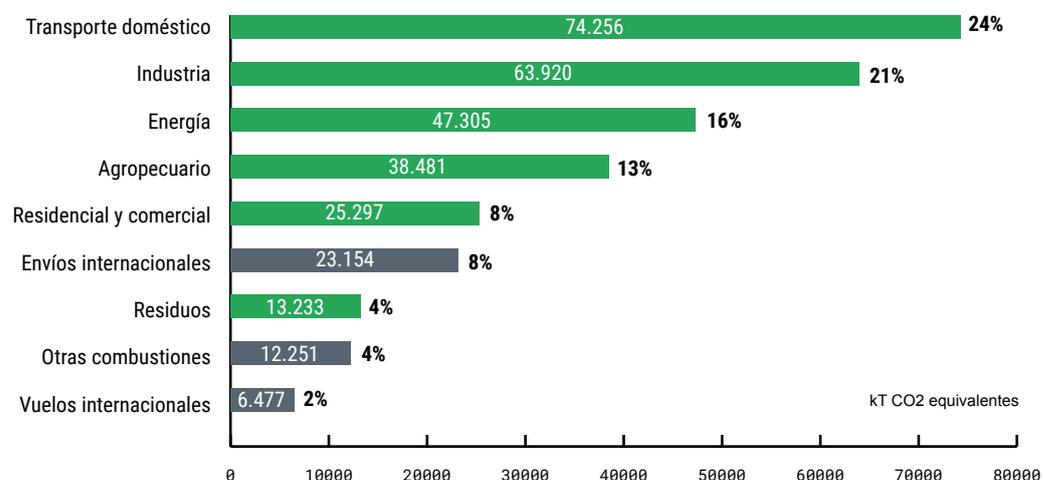
puede tener en la ayuda hacia la transición energética de éstos. Según los datos del 2020 de la Agencia Europea del Medio Ambiente los sectores más intensivos en cuanto a emisiones de CO₂ en España son los siguientes:

Emisiones de GEI por sector en España

Fuente: Agencia Europea del Medio Ambiente, 2020

 Sectores donde impacta el desarrollo del biometano

 Sectores donde el desarrollo del biometano tiene un impacto bajo



Algunos de los sectores que presentan más emisiones de CO₂ son además una fuente perfecta de materia prima para la producción de biometano, destacando sectores como el agropecuario, la industria agroalimentaria o el sector destinado a la gestión de residuos. Esto no solo permitirá que ellos mismos se puedan descarbonizar, sino que también puedan contribuir en la descarbonización de otros sectores más lejanos gracias a la posibilidad de inyectar el biometano en la red de transporte y distribución de gas. Además, en el caso concreto de España, también debe servir como palanca para solucionar el problema de la gestión de residuos, siendo España el país a la cabeza en multas en este aspecto dentro de la Unión Europea.

El 17% de las emisiones de gases de efecto invernadero en España provienen de la agricultura y de los residuos, estando estos sectores además estrechamente ligados con políticas de economía circular. Los ganaderos que producen biometano tienen su propia fuente de energía renovable, que pueden utilizar directamente en sus operaciones, reduciendo su huella de carbono casi a cero.

La localización de los residuos hace que la producción y el futuro desarrollo del biometano esté estrechamente ligada con el mundo rural y a los sectores industriales primarios. A mayor desarrollo del sector del biometano, mayor creación de empleo en las zonas rurales, potenciando la economía en las zonas despobladas y estableciendo objetivos en línea con la agenda de recuperación económica, la Estrategia de Transición Justa, la Estrategia Nacional frente al Reto Demográfico y la Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo (ELP 2050).

El desarrollo de la industria del biometano tiene un impacto muy positivo en la lucha contra la despoblación del entorno rural, ayudando a fijar empleo en estas zonas.

Con el fin de permitir una transición energética donde el biometano desempeñe un papel importante en todos estos sectores es crucial que se fomente la inyección del biometano en la red gasista mediante avances en la legislación actual y apostando por la definición de objetivos

vinculantes y ambiciosos en cuanto al porcentaje de biometano inyectado, tal y como han hecho otros países de nuestro entorno.

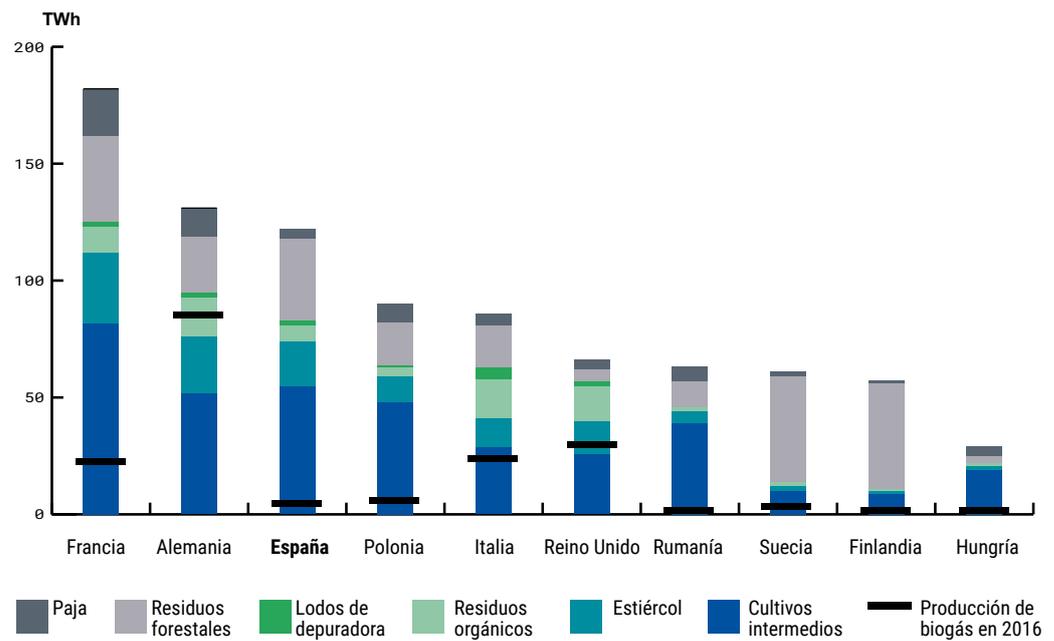
El enorme potencial del sector del gas renovable se hace más evidente año tras año. Según una serie de estudios realizados, la producción europea de biometano tiene el potencial de alcanzar hasta 95 bcm para 2050. Esto equivaldría al 24% del consumo de gas natural en la UE en 2020. Suponiendo que el consumo total de gas se reduzca en los próximos años, se estima que el biometano podrá satisfacer entre el 30% y el 40% de la demanda total de gas de la UE para 2050.

Los análisis realizados muestran un potencial de producción de biometano en España de hasta 163 TWh incluyendo los residuos procedentes de la agricultura, ganadería, FORSU, las EDAR, el sector agroalimentario, los cultivos intermedios, los vertederos y los residuos forestales.

Hasta el día de hoy, son numerosos los estudios realizados en torno al potencial de desarrollo del biometano que sitúan a España como uno de los países con mayor potencial de producción de la Unión Europea, situación que choca con el desarrollo actual de esta tecnología en nuestro país.

A nivel internacional, la Comisión Europea, en su informe publicado en abril de 2020 *“Impact of the use of the biomethane and hydrogen potential on trans-European infrastructure”* pronosticaba un potencial de desarrollo del biometano para España en el año 2050 de alrededor de 122 TWh/año, lo que nos sitúa como el tercer país de la Unión en cuanto a potencial:

Potencial de biogás/ biometano en los países europeos por tipo de residuo
Fuente: Comisión Europea

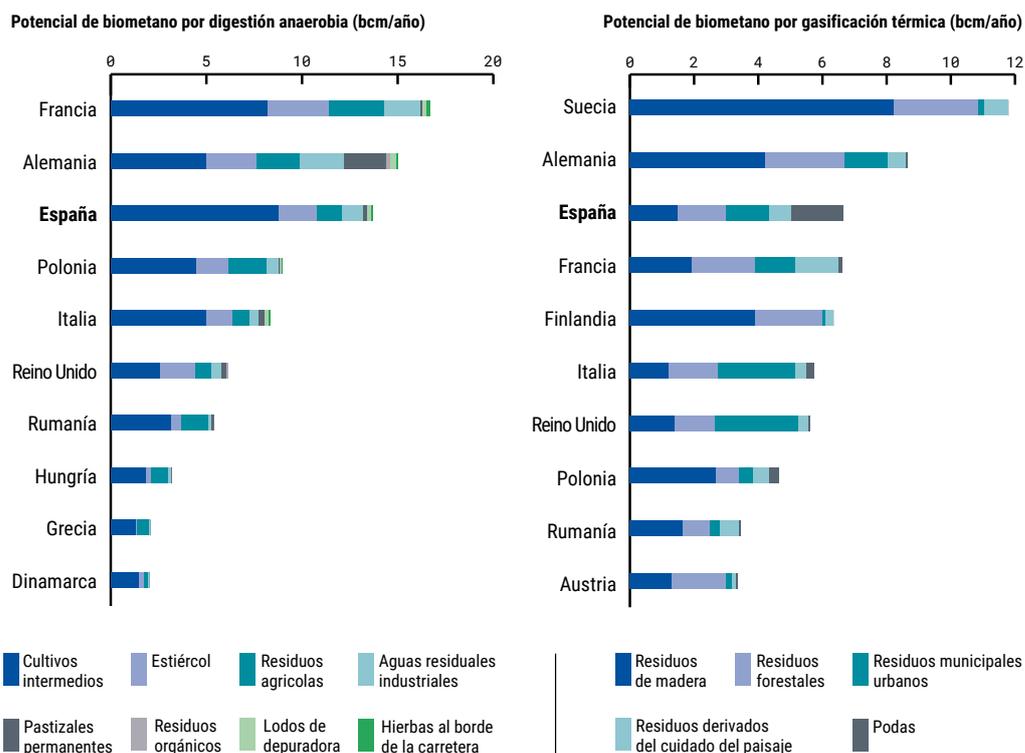


Por su parte, las estimaciones publicadas por la *European Biogas Association* en su último informe sectorial (*EBA Statistical Report 2021*) también sitúan el potencial de producción de biometano en España por encima de los 100 TWh.

El último informe publicado en julio de 2022 por *Gas for Climate* (*Biomethane production potentials in the EU*) sitúa a España como el tercer país de la unión en cuanto a potencial de producción de biometano a partir de digestión anaerobia, con un potencial de alrededor de 13,5 bcm, lo que equivale a unos 130 TWh, a los que habría que sumar 6,5 bcm adicionales por gasificación térmica, haciendo un total de 190 TWh.

Potencial de biometano por digestión anaerobia y gasificación térmica en los países europeos por materia prima

Fuente: Gas for Climate



A nivel nacional, la referencia que se suele tomar son los datos calculados por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). Aquí predomina el potencial obtenido a partir de residuos del sector agrícola y ganadero.

Los datos arrojados en 2018 por el IDAE sobre el potencial disponible de biometano lo situaban entre 20-34 TWh anuales en el año 2030, valores muy inferiores a las referencias anteriores, que lo sitúan entre 130-190 TWh.

Potencial del biometano en España según origen de los residuos

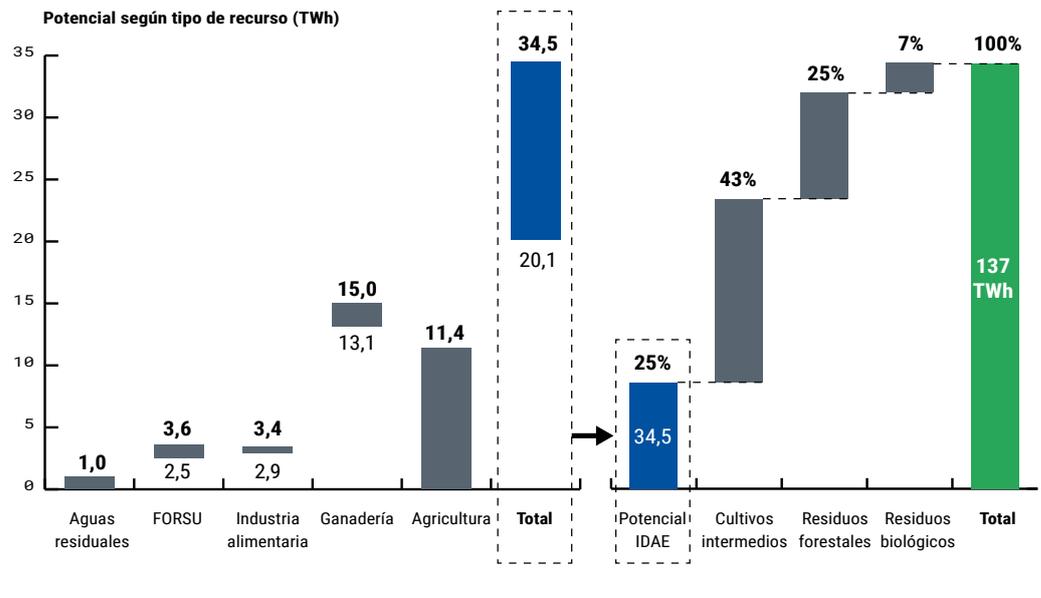
Fuente: IDAE

Origen de los residuos	ktep		GWh		bcm	
	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior
Ganadería	1.129	1.294	13.130	15.049	1,12	1,29
Agricultura	-	977	-	11.263	-	0,97
Industria Agroalimentaria	295	295	3.431	3.431	0,29	0,29
Residuos municipales	217	309	2.524	3.594	0,22	0,31
Lodos de EDAR	88	88	1.023	1.023	0,09	0,09
TOTAL	1.729	2.963	20.108	34.360	1,72	2,95

La diferencia se basa en que el IDAE estima un potencial disponible sin considerar los cultivos intermedios, residuos forestales, y otros residuos biológicos de más difícil aprovechamiento. Otros informes posteriores que sí consideran este tipo de residuos elevan el potencial hasta los 137 TWh/año.

Construcción del potencial de biometano en España

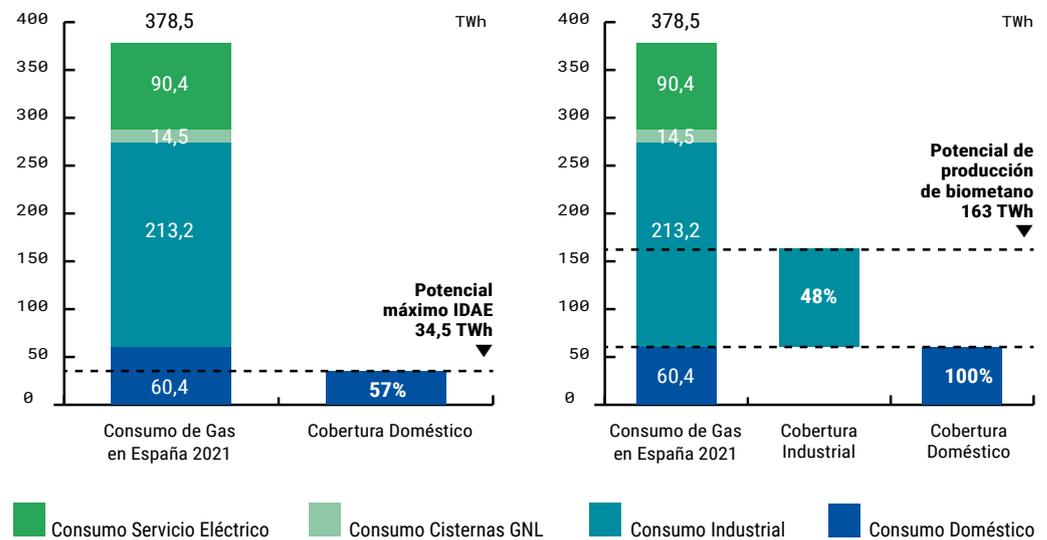
Fuente: Sedigas



De cara a contextualizar el gran potencial disponible en nuestro país, tomando únicamente el potencial accesible estimado por el IDAE y sin tener en cuenta el potencial debido a otras materias primas que sí han sido tratadas en este estudio, el biometano permitiría cubrir entre un 5% y un 9% de la demanda total actual de gas natural en España, que fue de unos 378.500 GWh en 2021, o hasta un 33% y un 57% del actual consumo de gas natural en el sector doméstico-comercial. Teniendo en cuenta el potencial de 163 TWh calculados en este estudio, el biometano permitiría cubrir el 43% de la demanda de gas natural en nuestro país, equivalente a un 100% del consumo doméstico y un 48% del consumo industrial en España.

Consumo de gas en España y cobertura del potencial de biometano

Fuente: Sedigas, Enagás y análisis de PwC



No obstante, todos estos estudios se han quedado a nivel nacional y no se han realizado estudios por Comunidades Autónomas que profundicen de manera homogénea y con una metodología común para determinar el potencial presente en cada región.

Disponer de información sobre el potencial de producción de biometano por Comunidades Autónomas permitirá a cada una de sus administraciones que, dentro de sus competencias,

puedan definir planes de desarrollo adecuados que faciliten su despegue y un aprovechamiento óptimo de los recursos para dar respuesta a los objetivos marcados en el Plan *REPowerEU*.

Para aprovechar todo el potencial para la producción de biometano descrito anteriormente, se están dando los primeros pasos a nivel legislativo para aprovechar este recurso. El Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030, documento actualmente en revisión pero que marca las directrices para el desarrollo de las actividades del sector energético, dedica su medida 1.8 al fomento de los gases renovables. Dicha medida está destinada al fomento, mediante la aprobación de planes específicos, de la penetración del gas renovable, incluyendo el biometano junto al hidrógeno renovable y el biogás.

Además, el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR), instrumento creado para la implementación de los fondos europeos de recuperación *Next Generation EU* para hacer frente a la crisis económica derivada de la COVID-19, se ha engranado en torno a cuatro ejes de transformación, uno de los cuales, la transición ecológica, hace referencia al biometano.

Específicamente, se establece dentro de la reforma C7.R4 “Marco para la innovación y desarrollo tecnológico de las energías renovables” la elaboración de la Hoja de Ruta del Biogás como la actuación destinada a promover su desarrollo y el diseño de los mecanismos de apoyo necesarios para su despliegue.

En España se están desarrollando los cimientos para el despegue del sector del biometano con la aprobación en marzo de 2022 de la Hoja de Ruta del Biogás, que fija un objetivo de producción de biogás de 10,4 TWh anuales a partir de 2030. No obstante, fija que el 1% del consumo de gas sea biometano, objetivo poco ambicioso con respecto al establecido en otros países europeos, que deberá actualizarse en la revisión del PNIEC para atender a los objetivos del Plan *REPowerEU*.

La Hoja de Ruta del Biogás pretende acelerar el despliegue del biometano mediante una serie de medidas. Las más relevantes se resumen a continuación:

- Implementar un sistema de Garantías de Origen que permita verificar la cantidad de energía procedente de gases renovables de una estructura de abastecimiento de un proveedor o de la energía suministrada a los consumidores y que cumpla con la Directiva de Energías Renovables. El RD 376/2022 establece la creación de este sistema, que se espera para abril del 2023.
- Desarrollar una “calculadora de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero” por tipo o mezcla de materias primas.
- Agilizar los procesos de autorización para las plantas, cooperar para la homogeneización de los procedimientos administrativos entre las diferentes comunidades autónomas y generar una guía de tramitación para las autorizaciones.
- Promover el uso de digestatos y fertilizantes orgánicos, facilitando su uso como compost, en cuanto a medidas en el marco de la economía circular.
- Analizar el Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos 2016-2022 y los planes autonómicos de residuos.
- Establecer cuotas de biogás / biometano obligatorias en la venta o consumo de gas natural.
- Adaptar la herramienta que calcula las cuotas obligatorias de biocombustibles en el transporte (SICBIOS) para incluir gases renovables, entre ellos el biometano.
- Asignar los programas de subvenciones actuales al desarrollo del biogás.

- Promover la utilización de biogás *in situ* para minimizar los costes ambientales del transporte. En las convocatorias se otorgará un mayor nivel de apoyo a las instalaciones con utilización *in situ* de biogás, contrario a la opinión mayoritaria del sector.
- Posibilitar la opción de conexión a la red de gas para distribuir biometano solo en aquellos casos en los que la producción de biogás tenga lugar en emplazamientos donde no haya consumos térmicos o eléctricos relevantes.
- Tener en consideración los efectos positivos del biogás en el entorno para efectos fiscales.

De la lectura de la Hoja de Ruta del Biogás se puede concluir que se prevé que solamente un 1% del gas consumido a través de la red de gas en 2030 sea biometano y, se dará prioridad al autoconsumo *in situ* del biogás frente a la inyección en red del biometano, en contra de lo recomendado a nivel europeo donde se fomenta la inyección en red del biometano.

Es necesario impulsar el biometano a nivel nacional de forma más contundente, ya que, aunque se han dado pasos, España se encuentra a la cola de Europa en el desarrollo de este vector.

Como se ha comentado, el biometano se presenta como una gran oportunidad para cumplir los objetivos fijados por las administraciones tanto a nivel europeo como nacional de integración de renovables y reducción de emisiones, especialmente en ciertos sectores donde la descarbonización es una necesidad difícil de conseguir en el corto plazo, como la industria en general, el transporte, el sector eléctrico o el mismo sector gasista. Sin embargo, la presencia de ciertas barreras y el poco apoyo existente hoy en día desde las administraciones para su desarrollo, impide que se alcance el amplio potencial existente.

A pesar del gran potencial de explotación con el que cuenta el biometano, actualmente existen una serie de barreras que impiden que se alcance ese potencial, principalmente la falta de incentivos a su desarrollo, la falta de un marco normativo que regule de forma eficaz la actividad relacionada con este y la falta de mecanismos de apoyo.

Para poder superar estas barreras y fomentar el desarrollo de este gas renovable, impera que se pongan en funcionamiento una serie de medidas y una apuesta decidida para conseguir que se dé una mayor prioridad al biometano, marcando unos objetivos más ambiciosos de penetración en el *mix* energético y de sustitución de combustibles fósiles.

La existencia de estas barreras está limitando la inversión en nuevas infraestructuras de producción de biometano, reduciendo la penetración de éste en el sector gasista y perjudicando la economía y el empleo de las zonas donde se podrían desarrollar estos proyectos.

Barreras regulatorias

- La falta de un marco legal y normativo que regule de forma eficaz la actividad relacionada con los gases renovables, especialmente el biometano. La mayoría de las medidas incluidas en la Hoja de Ruta del Biogás todavía están pendientes de ser desarrolladas.
- La incapacidad de disponer de un acceso competitivo a los residuos.

- Un marco normativo y fiscal que sea capaz de regular las aplicaciones del biometano que no estén relacionadas con aplicaciones estrictamente eléctricas, es decir, como sería la inyección en la red gasista.
- Los criterios de inyección en la PD-01 son más restrictivos que otros países europeos (contenido de CH₄, O₂, CO₂ e índice de Wobbe del gas a inyectar), induciendo a mayores costes de inversión y operación de las unidades de enriquecimiento del biogás y por lo tanto, mayor coste del biometano.
- Unos objetivos para el biometano planteados en la Hoja de Ruta del Biogás muy poco ambiciosos y que están muy lejos del potencial disponible para el desarrollo de este gas.
- La ausencia, por ahora y aunque se está trabajando en ello, de un Sistema de Garantías de Origen que ayude a identificar el carácter renovable del biometano producido, que permita conocer su trazabilidad y el *reporting* de su uso como energía libre de emisiones.
- La ausencia de un marco normativo claro y compartido a nivel estatal sobre los criterios a seguir para el biometano consumido por instalaciones sujetas al Régimen de Comercio de Derechos de Emisión.

Medidas regulatorias propuestas

- La definición de un marco legal del biometano, con incentivos y cuotas ambiciosas y crecientes cada año para su inyección y disponibilidad en la red de gas, para universalizar sus consumos domésticos, industriales, comerciales y de transporte. Recalcando de nuevo el objetivo europeo equivalente a que un 10% del consumo de gas sea biometano.
- El desarrollo de una regulación específica que asegure un acceso competitivo al residuo necesario, que genere señales de precio a los generadores de residuo, que valoren de forma adecuada las emisiones evitadas y que permitan internalizar los costes.
- La modificación de las medidas medioambientales con el fin de que el biogás y biometano sean participes en el cumplimiento de los objetivos en materia de descarbonización del sector energético y otros sectores.
- En cuanto a las garantías de origen y el procedimiento de gestión del sistema, es fundamental que exista certidumbre regulatoria y coordinación entre administraciones para que el biometano inyectado en red, mediante GdOs y certificados de sostenibilidad, sirva para netear emisiones en el marco ETS, con objeto de que las instalaciones sujetas puedan acreditar cero emisiones por el consumo de biometano.
- La transposición del Reglamento (UE) 2019/1009 sobre fertilizantes, dirigido al fomento de la economía circular y el reciclaje de componentes mediante la valorización de residuos.
- La definición de un marco regulatorio de detalle sobre las infraestructuras necesarias para la conexión al sistema gasista, que permita dar certeza a todos los agentes involucrados determinando al menos algunos elementos como su titularidad, proceso de tramitación, informes requeridos y financiación.

Barreras administrativas

- La complejidad relacionada con la obtención de permisos y la demora en los trámites para conseguirlos reduce el crecimiento que se podría lograr en la ejecución de proyectos.
- La involucración de muchas administraciones redundante en que la tramitación depende en gran medida de la más lenta en reaccionar.
- La falta de recursos en las administraciones dificulta y frena la tramitación de la documentación necesaria para el desarrollo de plantas de biometano.

- La cautela a la hora de firmar proyectos por parte de la administración, por las responsabilidades que se pueden generar para el que firma, sobre todo relacionado con las autorizaciones de las plantas que van a gestionar grandes cantidades de residuos.
- Un total de 17 procesos de tramitación distintos, uno por cada CC.AA., al no existir homogeneidad en el proceso de tramitación.

Medidas administrativas propuestas

- La definición de proyectos de interés estratégico para la transición energética, con el objetivo de acortar plazos en la tramitación administrativa de las instalaciones de producción de biometano.
- La definición de qué se entiende por modificación no sustancial en el trámite de evaluación ambiental atendiendo a la afección medioambiental de la actuación como se hace en alguna Comunidad Autónoma como Andalucía en su Ley 7/2007.
- El incremento de los recursos económicos necesarios para la tramitación de expedientes autorizadores. También cabe valorar vincular al cumplimiento de ciertos hitos o plazos la transferencia de recursos económicos desde el Estado a las CC.AA. (fondo interterritorial).
- El fomento de la figura de Encomienda de Gestión en materia de medio ambiente y de energía. Esta solución ya se ha utilizado en otros supuestos tanto por el MITERD como por las CC.AA. y la CNMC o en otros ámbitos.
- La creación de la Unidad Coordinadora o de Seguimiento, que permita extrapolar a nivel estatal la figura de “Unidad Aceleradora de Proyectos de interés estratégico” o “Grupo de Trabajo” de modo que se introduzca en el MITERD una “Oficina Coordinadora o de Seguimiento” a través de la cual se asigne a cada proyecto declarado de interés estratégico una persona de referencia en su tramitación.
- La homogeneización de criterios (Guía Única). La elaboración de una Guía estatal que recoja la interpretación de conceptos puede resultar útil para orientar a las CC.AA. a utilizar criterios homogéneos. Sedigas se ofrece voluntario en la elaboración de la Guía Única junto a FEMP (Federación Española de Municipios y Provincias).
- La existencia de un Punto de Contacto Único para el Estado y las CC.AA. que facilite el proceso al promotor de la instalación de producción de biogás y biometano, así como el favorecimiento de la tramitación electrónica integral.
- La promoción de la inyección de biometano en entidades públicas como EDAR, CTR o vertederos, a través de la colaboración público-privada que acelere el desarrollo de los proyectos, incentivándolos en nuevas instalaciones o a través de modificaciones de las ya existentes
- La promoción de la utilización de biometano o gas natural con GdO en los consumos propios de la administración pública (autobuses, camiones RSU, instalaciones públicas, etc)
- Desarrollar un sistema de incentivos a las nuevas conexiones al sistema gasista para evacuar esta energía verde al sistema gasista.

Barreras económicas y fiscales

- La ausencia de incentivos específicos de apoyo a la producción, a la inyección en red y consumo del biometano. Recientemente se ha abierto una convocatoria de ayudas para instalaciones de biogás con 150 millones de euros provenientes de los fondos *NextGenerationEU*. No obstante, en el caso de instalaciones para producción de biometano, esta convocatoria presentaba numerosas limitaciones.

- La gran cantidad de impuestos asociados a la generación de biometano existentes, como pueden ser el impuesto a la producción de energía o de autoconsumo, así como impuestos asociados en el punto de consumo como el de hidrocarburos.
- La alta dispersión de los residuos utilizados para la producción de biometano tiene un claro impacto en los costes logísticos y por tanto en el coste de inyección a la red gasista.

Medidas económicas y fiscales propuestas

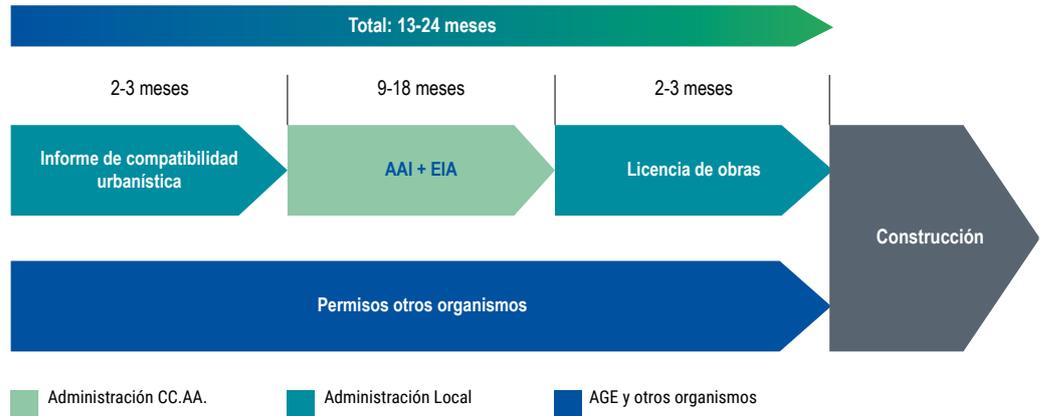
- Al igual que en el resto de los países avanzados en el desarrollo del biometano en Europa, es imprescindible el establecimiento de mecanismos de apoyo e incentivos específicos para el desarrollo de esta tecnología. El mecanismo de apoyo es necesario para cumplir con las obligaciones RED II y RED III, obtener objetivos en la gestión de residuos y disminuir la dependencia energética. El biometano puede ser rentable, pero son necesarias las medidas de apoyo para dar seguridad y una señal de precio adecuada al promotor.
- Todas las medidas propuestas deberían tenerse en consideración si se quieren alcanzar los objetivos propuestos desde Europa referentes a la penetración del biometano. En especial, las medidas de apoyo, ya que las planteadas en la Hoja de Ruta del Biogás no son suficientes para aprovechar el potencial del biometano en España. Son claramente insuficientes si se pretende alcanzar en de biometano a otros países como Francia, Alemania, Suecia o Dinamarca. Las medidas de apoyo pretenden tanto incentivar al inversor como al consumidor, así como asegurar la trazabilidad y las posibilidades de compensación.
- En definitiva, el biometano se posiciona como un vector imprescindible para la transición ecológica y la descarbonización de los sectores productivos. Para ayudar a cumplir con los objetivos demandados tanto por el sector gasista como a nivel europeo con el *REPowerEU*, y de cara a aprovechar el gran potencial disponible en España, es necesario que los objetivos nacionales para su desarrollo sean ambiciosos y en línea con el resto de los países europeos para poder aprovechar la oportunidad de crecimiento actual y no quedarnos atrás respecto al resto de países de nuestro entorno.

Proceso de tramitación de plantas de biometano

Como ya se ha mencionado en las barreras administrativas, el proceso de tramitación de las plantas de biometano puede llegar a ser muy complejo, debido al gran número de normativas a las que estas se encuentran sometidas. La complejidad de los permisos, al combinarse los del sector energético y medioambiental resulta en que casi todos los proyectos terminan siendo AAI (Autorizaciones Ambientales Integradas). Más concretamente, las plantas de biometano se encuentran sometidas a normativas en materia de agricultura, ganadería, industria, urbanística, residuos y emisiones, olores, transporte, sanidad animal y vegetal, gas y electricidad, entre otras. Estas normativas involucran además a numerosas administraciones, tanto nacionales, autonómicas como locales, lo que implica que el tiempo que se tarde en la tramitación depende en gran medida de la más lenta en reaccionar. Esta casuística se agrava aún más teniendo en cuenta que el personal de la administración no es suficiente ante la avalancha de proyectos que se presentan y que se espera que se presenten en el futuro. Por tanto, la reducción en los plazos en el procedimiento administrativo y autorización de construcción de las plantas de biometano, así como la reducción en la complejidad intrínseca de los mismos es imprescindible para lograr los objetivos de desarrollo y producción de este vector energético en nuestro país.

Dentro del proceso de tramitación de las plantas de biometano, la principal autorización necesaria es la Autorización Ambiental Integrada (AAI), que engloba a la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA).

Diagrama simplificado del proceso de tramitación de plantas de biometano
Fuente: Sedigas



Es necesario facilitar y agilizar los procedimientos para inversiones y solicitudes de conexión a la red coherentes con la expansión de los gases renovables, creando un procedimiento único para todo el territorio nacional.

Es necesario que se siga simplificando el proceso de tramitación, acortando los plazos que hoy en día lo siguen conformando y facilitando la obtención de los permisos y autorizaciones necesarias para desarrollar el biometano en España. Todo con el fin de alcanzar los objetivos de descarbonización establecidos tanto a nivel nacional como europeo.





3.

Análisis comparativo por Comunidades Autónomas

Tal como se ha introducido previamente, España es un país en el que el sector agropecuario, ganadero y la industria agroalimentaria tienen un papel muy relevante a efectos de la composición del tejido económico nacional.

La importancia de estos sectores en nuestra economía, sumado al tamaño de nuestro país, somos el cuarto país más poblado de la Unión Europea, se traduce en un potencial para la producción de biogás y biometano muy elevado. Esto se debe principalmente a que los residuos o subproductos obtenidos a partir de estas actividades económicas tienen un contenido en carbono muy alto, esencial para la producción de estos gases renovables. De hecho, además del estudio que aquí se presenta, son numerosos los informes que sitúan el potencial de producción de biometano de España por encima de los 100 TWh anuales, posicionándonos en el pódium de los países europeos en cuanto a potencial.

Haciendo foco dentro de nuestro país, el potencial de producción de biometano no se distribuye de manera homogénea en cada región o Comunidad Autónoma. Son muchos los aspectos que influyen a la hora de calcular el potencial de producción de biogás o biometano para un territorio: su tamaño y el número de habitantes, el desarrollo del sector primario, el tipo de cultivo y ganado predominante, la distribución del tejido industrial presente, la masa forestal o de la superficie agrícola disponible, por lo que el objetivo del presente estudio ha sido el de contabilizar, de una manera objetiva y a partir de fuentes de información públicas y oficiales, la contribución de cada uno de estos aspectos en la formación del potencial de producción de biometano y biogás resultante para cada una de las 17 Comunidades Autónomas de España.

Potencial de producción de biometano por CC.AA. y tipo de residuo en España
Fuente: análisis de PwC y Biovic

CC.AA.	Agricultura	Ganadería	FORSU	EDAR	Agro-alimentario	Cultivos intermedios	Biomasa forestal residual	Vertederos	Total (TWh)
Castilla y León	6,114	3,792	0,374	0,228	0,701	19,064	6,790	0,718	37,782
Andalucía	6,153	2,376	1,500	0,467	0,997	6,184	3,975	1,970	23,621
Castilla – La Mancha	4,982	2,507	0,329	0,176	0,624	9,656	1,774	0,325	20,372
Aragón	2,351	2,722	0,227	0,111	0,339	8,576	2,943	0,348	17,618
Cataluña	1,445	4,990	1,331	0,414	1,104	2,708	1,443	1,028	14,464
Extremadura	1,634	1,746	0,167	0,068	0,464	5,450	3,123	0,124	12,776
Galicia	0,063	2,564	0,407	0,087	0,693	1,518	2,141	0,521	7,994
Comunidad Valenciana	0,454	1,168	0,875	0,505	0,419	0,542	0,296	0,856	5,115
Navarra	0,586	0,659	0,103	0,061	0,170	2,052	0,877	0,108	4,617
Madrid	0,289	0,126	0,937	0,323	0,108	0,846	0,573	1,204	4,405
Murcia	0,203	1,207	0,269	0,060	0,248	0,608	0,582	0,297	3,474
País Vasco	0,142	0,226	0,302	0,149	0,220	0,372	1,540	0,358	3,308
Baleares	0,139	0,125	0,313	0,108	0,014	0,498	0,412	0,124	1,734
Canarias	0,007	0,123	0,449	0,102	0,043	0,052	0,356	0,425	1,557
La Rioja	0,202	0,185	0,047	0,023	0,138	0,532	0,350	0,077	1,554
Asturias	0,004	0,588	0,174	0,070	0,040	0,102	0,141	0,181	1,301
Cantabria	0,003	0,380	0,118	0,037	0,097	0,042	0,343	0,149	1,169
Total por tipología de residuos (TWh)	24,772	25,483	7,924	2,989	6,420	58,802	27,659	8,813	162,821

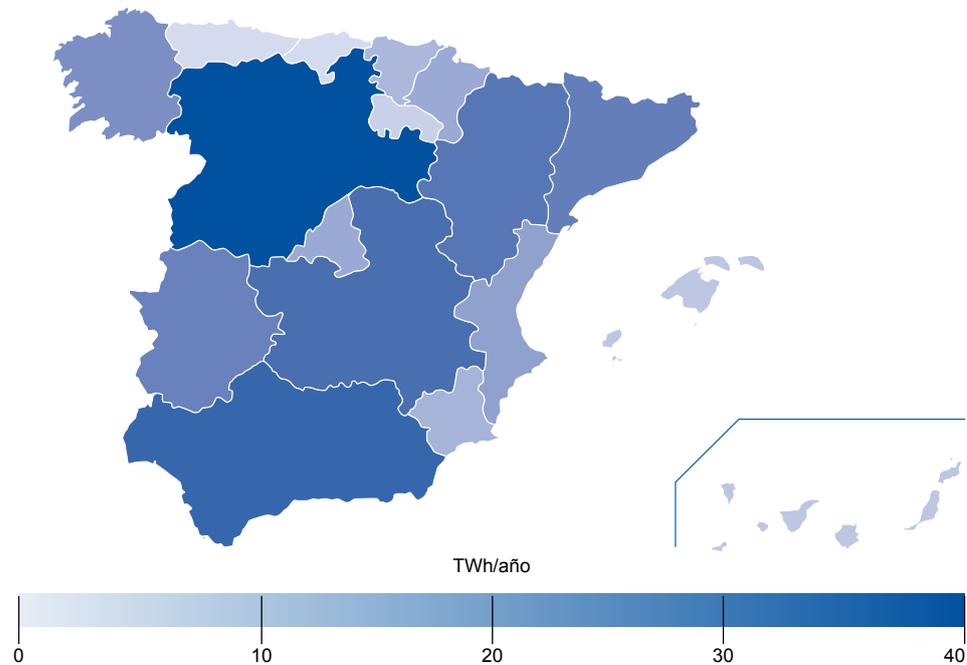
De cara a proporcionar un mejor entendimiento de la distribución territorial del potencial, se ha considerado esencial contextualizar la situación de cada una de las Comunidades Autónomas.

A modo resumen, y de cara a anticipar los resultados obtenidos, la siguiente tabla recoge los datos de potencial de producción de biometano anual en TWh, diferenciando por tipo de residuo para cada Comunidad Autónoma.

La distribución geográfica de este potencial se representa de una forma más visual mediante el siguiente mapa de calor.

Mapa de la distribución de potencial de producción de biogás/biometano por CC.AA.

Fuente: análisis de PwC y Biovic



Dado que uno de los objetivos del presente informe es el de proporcionar una potencial ubicación para el desarrollo de plantas de producción de biometano, se ha utilizado principalmente información de cantidades de residuos o subproductos a nivel comarcal, pues se ha considerado que esta es la forma más realista y eficiente de cara a la logística de los residuos para poder proporcionar una ubicación para las potenciales plantas. Este es el caso por ejemplo de los residuos provenientes de la agricultura, ganadería, industria agroalimentaria, EDARes o FORSU. No obstante, hay determinadas tipologías de residuos o subproductos para las que no existen referencias de información desglosadas a nivel comarcal, por ese motivo, la contribución al potencial por parte de estos residuos se ha considerado a nivel de Comunidad Autónoma. Este es el motivo por el cual los mapas de calor incluidos en los 17 *dossiers* que proporcionan información sobre la intensidad de la cantidad de residuos y el potencial de producción de biogás

Tipología de residuos/ subproductos obtenidos a nivel de comarca y Comunidad Autónoma

Fuente: análisis de PwC y Biovic

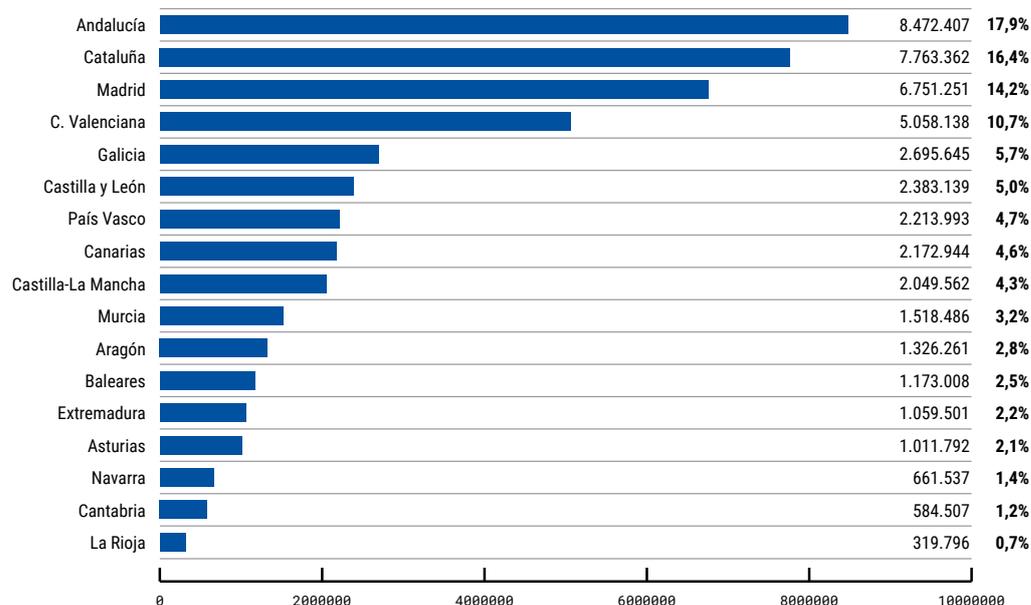
Potencial obtenido a nivel comarca		
Residuos de Agricultura	Residuos de Ganadería	Residuos de la Industria Agroalimentaria
FORSU		Lodos EDAR
Potencial obtenido a nivel Comunidad Autónoma		
Cultivos Intermedios	Biomasa Forestal Residual	Biogás de Vertedero

de éstos por cada comarca no incluyen la parte correspondiente a estos residuos citados, que han sido añadidos posteriormente a nivel de la Comunidad Autónoma en su conjunto.

En función del tipo de residuo o subproducto empleado para la producción de biogás o biometano, es relevante considerar unos u otros indicadores. Por ejemplo, el número de habitantes de una Comunidad Autónoma y su distribución en el territorio son factores muy relevantes a la hora de calcular el potencial de producción de biogás o biometano procedente de estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) y a partir de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos (FORSU). Cabe esperar que las Comunidades Autónomas con más población y mayor tamaño de núcleos urbanos produzcan una mayor cantidad de residuos procedentes de EDAR y FORSU, puesto que tendrán un mayor número y tamaño de plantas de depuración de aguas y tratamiento de residuos, y predeciblemente se hará una gestión más centralizada de éstos, lo que facilita la logística de los residuos obtenidos.

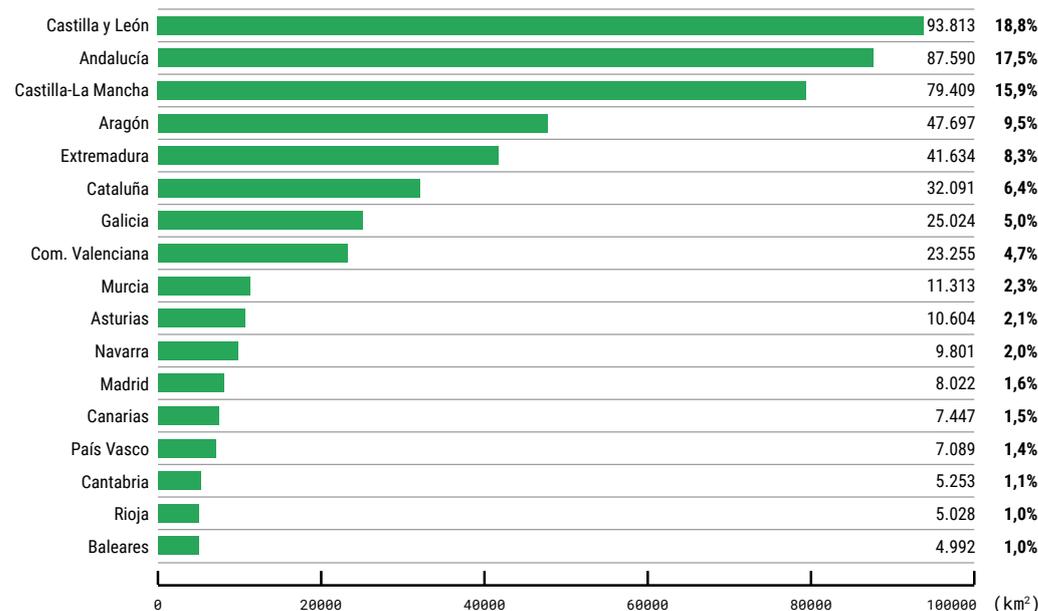
Población por CC.AA.

Fuente: INE, 2021



Superficie por CC.AA.

Fuente: INE, 2021



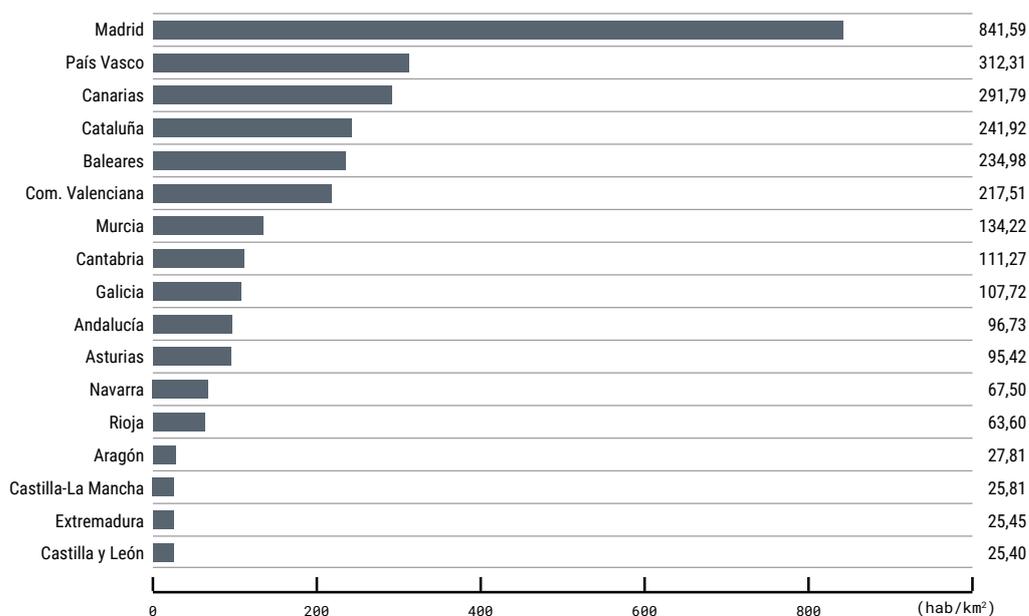
Factores socioeconómicos

En primer lugar, se han tenido en cuenta diferentes factores socioeconómicos, a nivel general por CC.AA., incluyendo la población y la superficie que ocupa cada CC.AA. dentro del territorio español. El número de habitantes de una CC.AA. y su distribución por el territorio son factores muy relevantes a la hora de calcular el potencial de producción de biometano a partir de residuos procedentes de estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) y a partir de la fracción orgánica de residuos urbanos (FORSU). Al ser residuos ligados estrechamente a la actividad en zonas urbanas, cabe esperar que las CC.AA. con más población y núcleos urbanos de mayor tamaño tendrán un mayor número de plantas de depuración de agua y un mayor número de residuos urbanos, haciendo una gestión más centralizada de estos.

Del cruce de datos entre la población por CC.AA. y la superficie que ocupa se puede extraer la densidad media de población, otro factor relevante a la hora de establecer el peso de las diferentes actividades económicas en cada CC.AA. Una menor densidad de población quiere decir que la dispersión de la población por el territorio es mayor, lo que habitualmente suele estar relacionada con un mayor peso del sector primario, al estar amplias partes del territorio destinadas al cultivo de productos agrícolas y explotaciones ganaderas. Por el contrario, una mayor densidad de población redundaría en un mayor peso del sector servicios o el industrial.

Densidad de población por CC.AA.

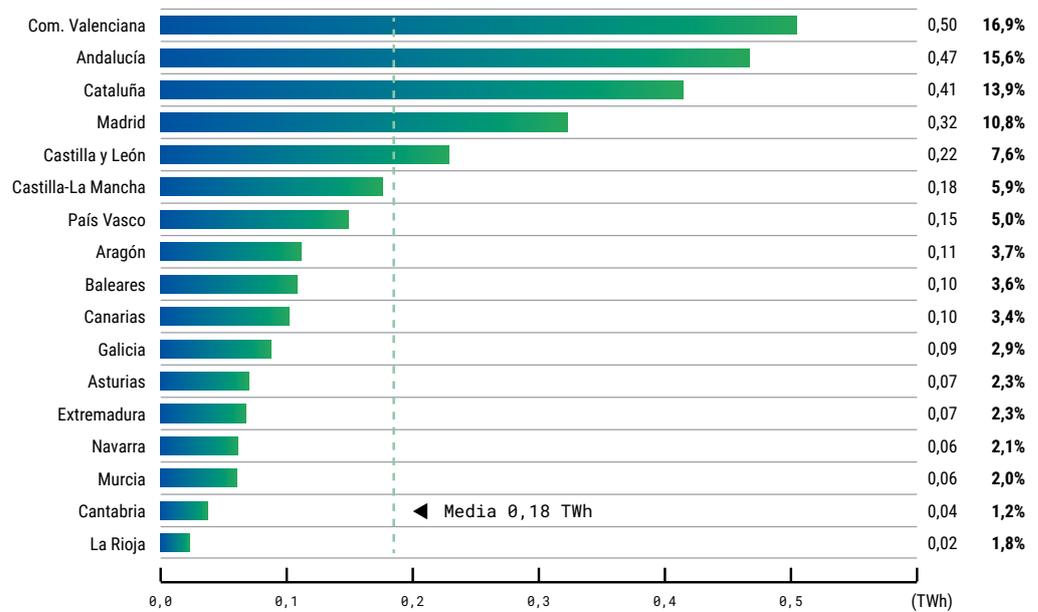
Fuente: INE, 2021



En línea con lo anterior, el potencial de producción de biometano obtenido a partir de FORSU y lodos de EDAR está fuertemente impactado por la población y la distribución de ésta en las Comunidades Autónomas, tal como se puede observar en los siguientes gráficos.

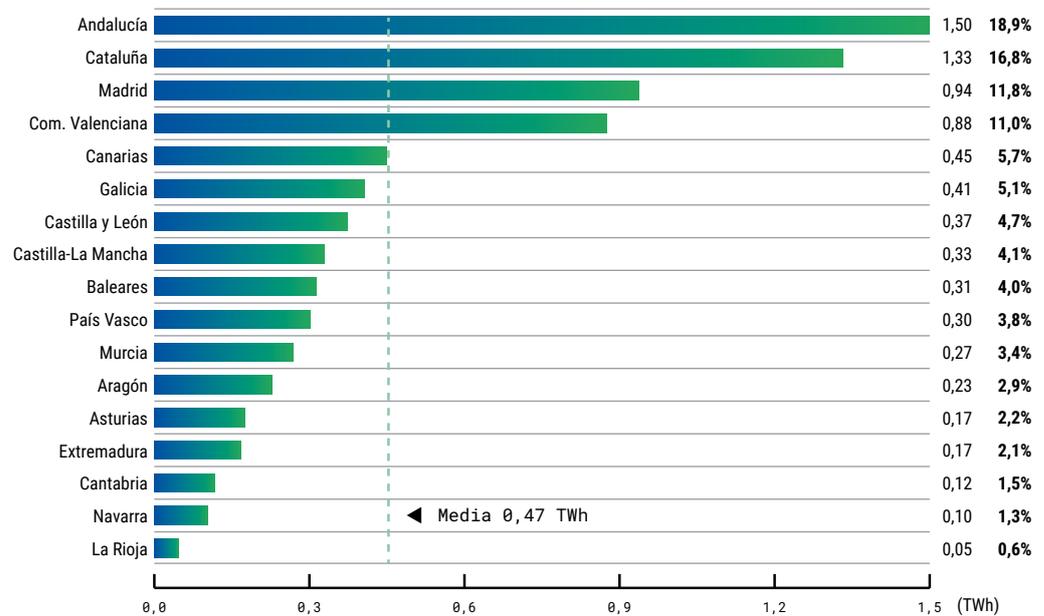
Potencial de producción de biometano a partir de residuos EDAR en España

Fuente: análisis de PwC y Biovic



Potencial de producción de biometano a partir de residuos FORSU en España

Fuente: análisis de PwC y Biovic



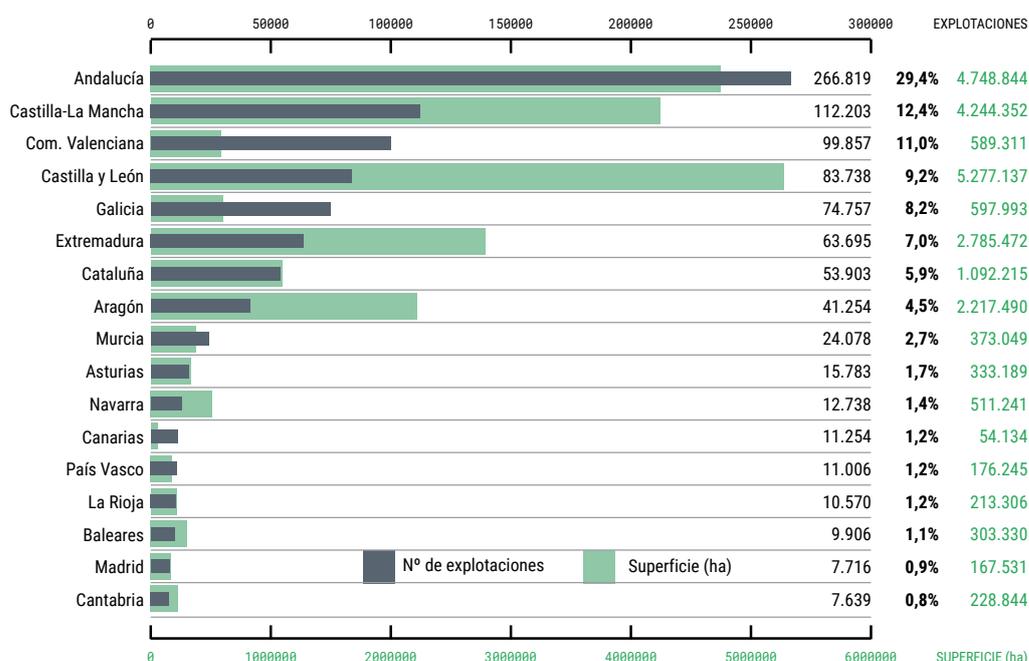
Se puede observar una relación clara entre los resultados obtenidos para los residuos EDAR y los residuos FORSU, ya que en ambos casos Andalucía, Cataluña, la Comunidad Valenciana y la Comunidad de Madrid, el potencial está por encima de la media nacional, situada en 0,18 TWh en el caso de los residuos EDAR y en 0,47TWh en el caso de los residuos FORSU. Estas 4 CC.AA. agrupan a 28.045.158 personas, un 59,2% de la población española, con densidades de población superiores a los 200 habitantes por km² para Cataluña y la Comunidad Valenciana, y de más de 800 habitantes en el caso de la Comunidad de Madrid. Este dato refuerza la clara relación entre estos factores y los residuos EDAR y FORSU generados con potencial para la producción de biometano.

Actividades del sector agrícola

Una parte importante de los residuos utilizados para la producción de biometano provienen de las actividades y cultivos agrícolas. El potencial obtenido varía de forma importante en función del número de explotaciones agrícolas y el tamaño de estas, debido a que dependiendo de la CC.AA., el tamaño de las explotaciones varía considerablemente. Las CC.AA. con mayor número de explotaciones agrícolas es Andalucía con más de 260.000 explotaciones, casi un 30% del total en España, mientras que la CC.AA. con mayor superficie es Castilla y León, con más de 5 millones de hectáreas dedicadas a esta actividad, el 22,1% de toda la superficie agrícola en España

Número de explotaciones y superficie agrícola utilizada por CC.AA.

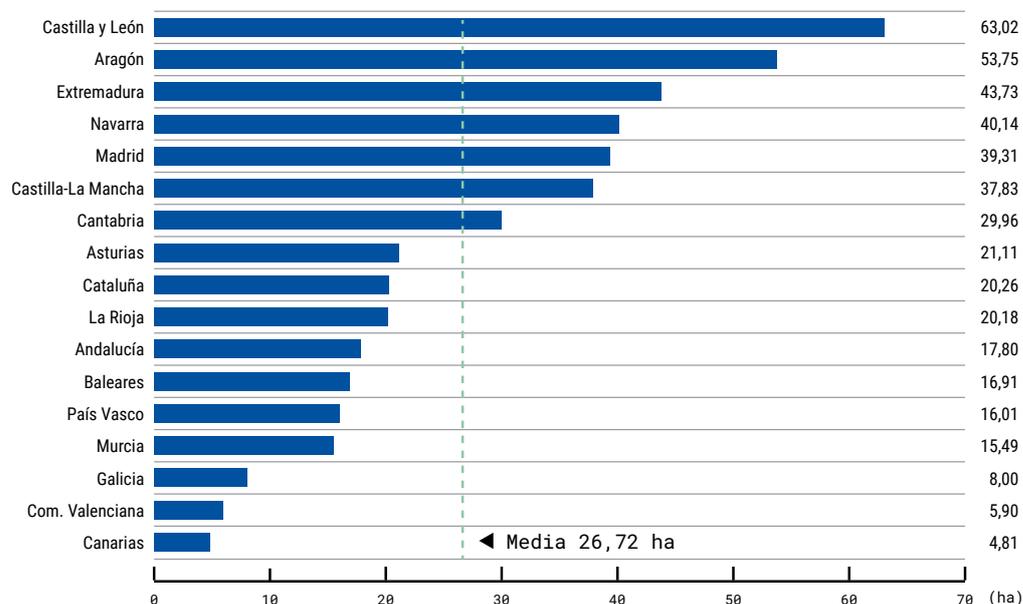
Fuente: INE, 2020



Además, es necesario conocer el tamaño medio de las explotaciones agrícolas de cara a calcular el potencial por residuos agrícolas. Las explotaciones más grandes se encuentran en CC.AA. dedicadas en gran parte al sector agrícola como Castilla y León, Castilla-La Mancha o Aragón. La media nacional es de 26,72 hectáreas por explotación.

Tamaño medio de las explotaciones agrícolas utilizadas por CC.AA.

Fuente: INE, 2020



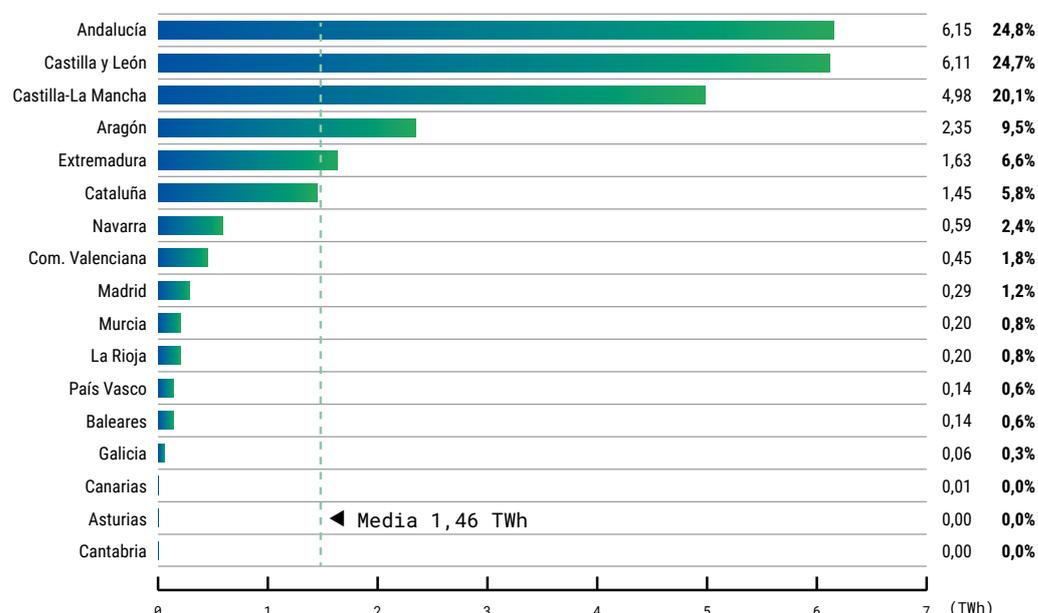
El potencial obtenido también varía en función de la tipología del cultivo al variar el contenido energético que pueden aportar estos residuos. Por ejemplo, la aportación al potencial de una tonelada de paja de cereal es diferente a la aportación que haría una tonelada de bagazo de la uva. Para el cálculo del potencial se han tenido en cuenta los residuos agrícolas provenientes de las siguientes grandes clasificaciones:

- Cultivos herbáceos: Incluye, entre muchos otros, todos los tipos de cereales (trigo, cebada, centeno, etc.), leguminosas, raíces y tubérculos, algodón, lino textil, etc.
- Barbechos: Incluye las tierras sembradas para abono en verde
- Cultivos leñosos: Incluye los residuos provenientes de cítricos (naranja, limonero, pomelo, etc.), de árboles frutales (manzano, peral, melocotonero, etc.), bayas, olivares y viñedos
- Pastos permanentes: Incluye tanto pastos extensivos como intensivos
- Huertos
- Invernaderos

Como resultado, las Comunidades Autónomas con mayor potencial de producción de biometano a partir de desechos agrícolas son aquellas que producen una mayor cantidad de estos desechos, combinada con el contenido energético de los mismos.

Potencial de producción de biometano a partir de residuos agrícolas en España

Fuente: análisis de PwC y Biovic



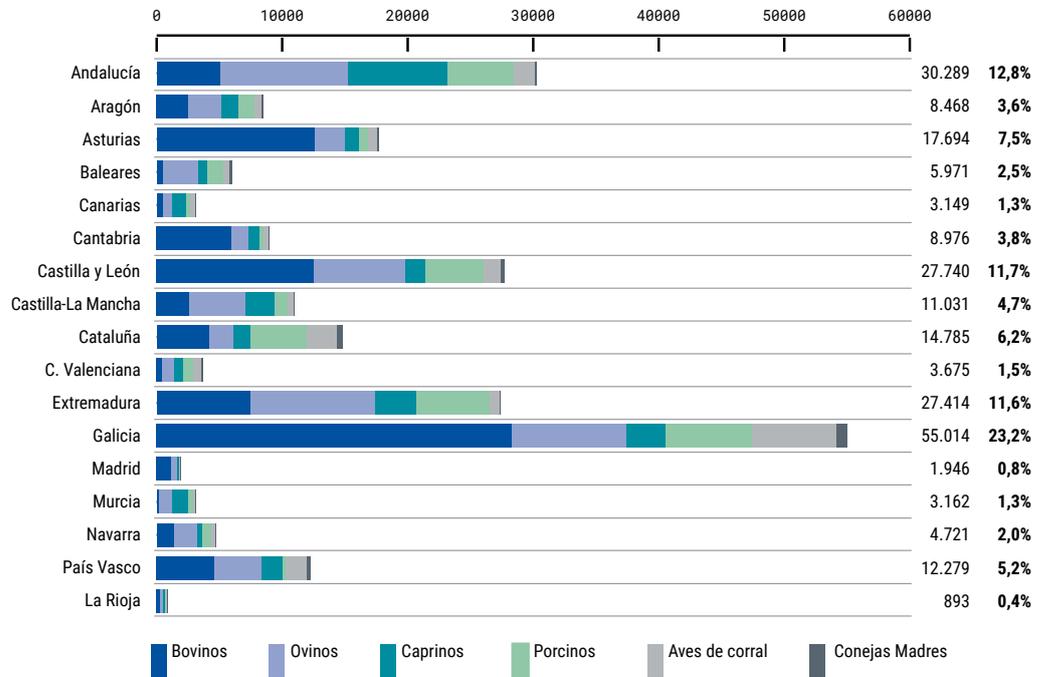
Actividades del sector ganadero

Otro sector con gran impacto en el potencial para la generación de biometano es el sector ganadero. Los sustratos de origen ganadero no disponen de un gran potencial energético de por sí, puesto que el principal contenido de estas deyecciones es agua. Sin embargo, la gran cantidad de residuos provenientes de este sector a nivel nacional hacen que tengan un peso relativo alto en el potencial total para la generación de biometano. Para la distribución de los residuos por CC.AA. es necesario fijarse en el número de explotaciones ganaderas, el tamaño de las explotaciones y su distribución, así como la tipología y el número de cabezas de ganado presentes. En total en España hay un total de 237.207 explotaciones ganaderas repartidas por su territorio. Estas explotaciones se clasifican en diferentes categorías según el tipo de ganado, siendo los principales:

- Bovinos: Incluyen vacas, búfalas y otros bovinos como machos, novillas, etc
- Ovinos: Incluyen ovejas, corderas y otros ovinos
- Caprinos: Incluyen cabras madres, chivas y otros caprinos
- Porcinos: Incluyen cerdas madres, lechones y otros porcinos
- Aves de corral: Incluyen gallinas ponedoras, pollos de engorde, pavos, patos, ocas, gansos y otras aves
- Conejas madres

Número de explotaciones ganaderas por tipo y CC.AA.

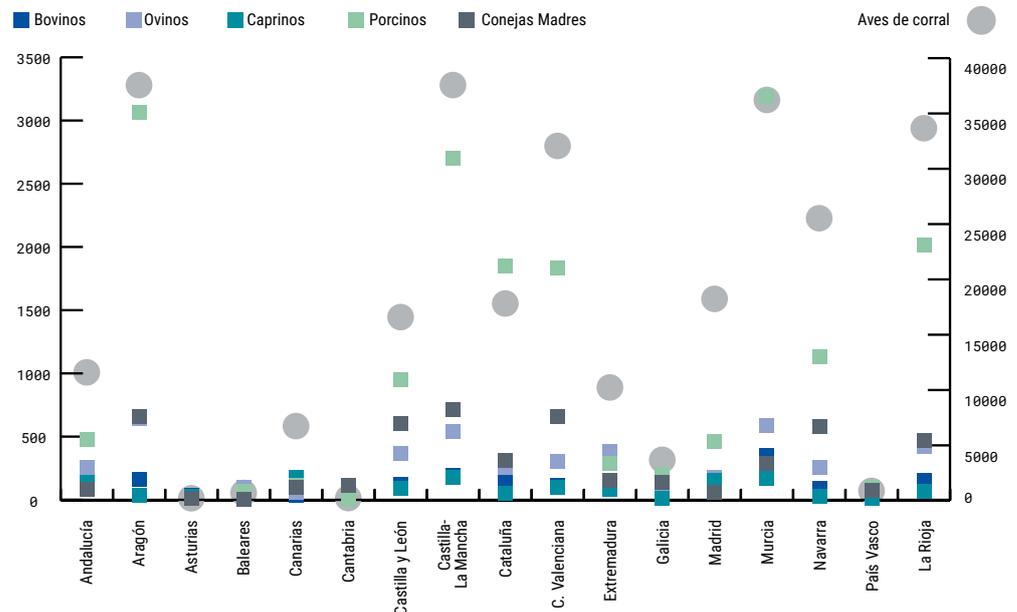
Fuente: INE, 2020



Al igual que sucede con las explotaciones agrícolas, el tamaño de las explotaciones también tiene un impacto en la cantidad de residuos que se generan. En este caso, el tamaño se mide en cabezas de ganado, y existe una gran dispersión en el tamaño de cada explotación atendiendo a este criterio por CC.AA. Por ejemplo, Galicia es la comunidad con mayor número de explotaciones, y, sin embargo, estas explotaciones son de las más pequeñas.

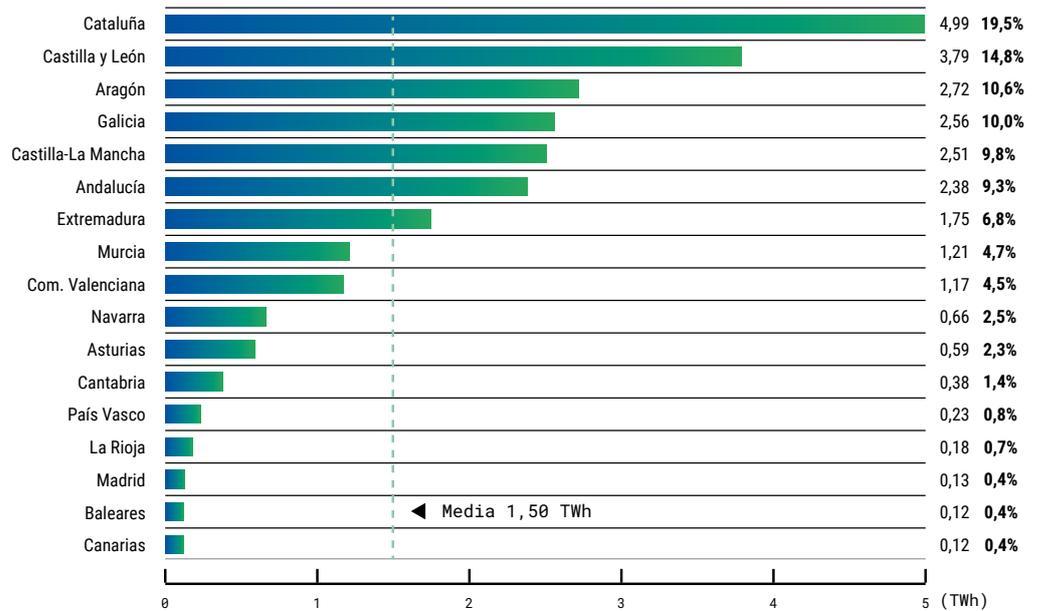
Cabezas de ganado por explotación según tipo de ganado y CC.AA.

Fuente: INE, 2020



Potencial de producción de biometano a partir de residuos ganaderos en España

Fuente: análisis de PwC y Biovic



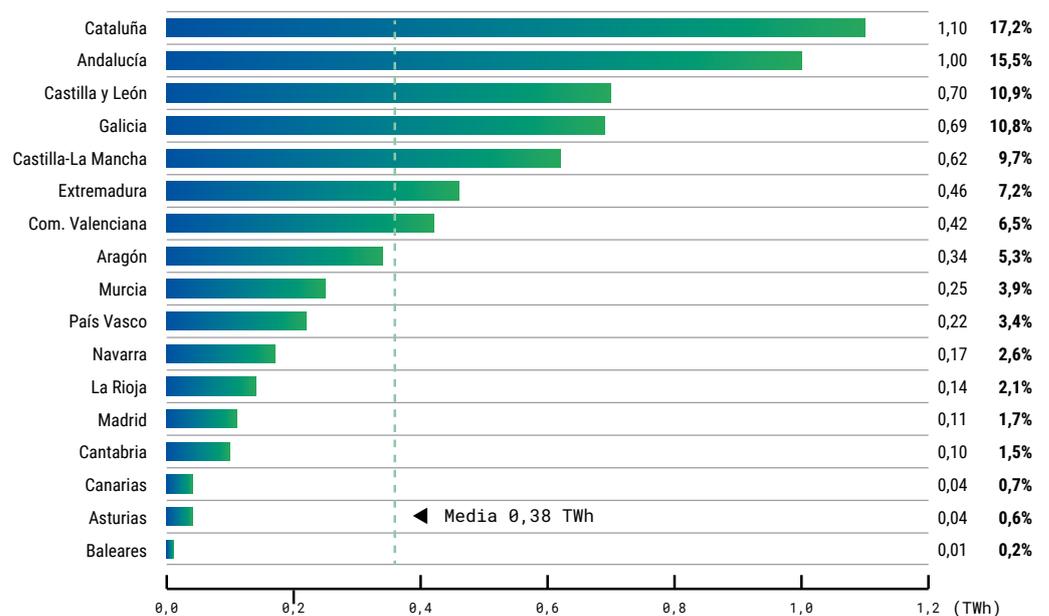
El potencial energético procedente de los sustratos ganaderos varía dependiendo de su procedencia animal, por lo que este también es un factor que influye en el potencial final. Teniendo todos los factores anteriormente mencionados, los resultados obtenidos en este estudio muestran que las Comunidades Autónomas con mayor potencial de producción de biometano a partir de desechos de la ganadería son Cataluña, Castilla y León y Aragón, mientras que la media nacional es de 1,50 TWh por CC.AA..

Actividades de la industria agroalimentaria

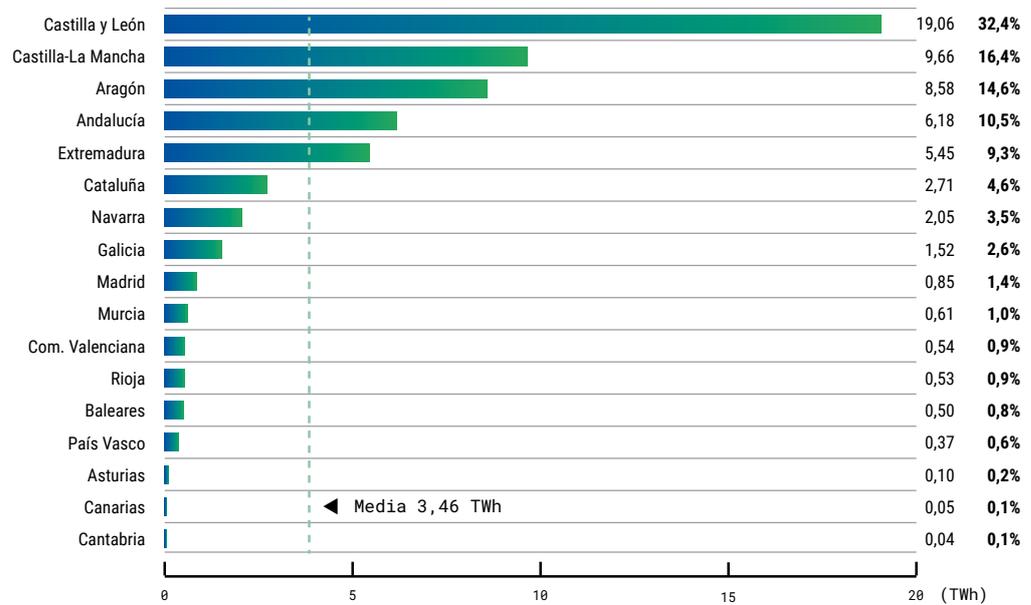
En cuanto a la industria agroalimentaria, su actividad está ligada estrechamente con los dos sectores anteriormente descritos, la agricultura y la ganadería, ya que estos sectores son claves para poder instaurar un tejido sólido alrededor de la industria agroalimentaria. No obstante, existen excepciones donde la industria agroalimentaria ha tenido históricamente un desarrollo predominante y que destacan por encima del resto, como es el caso de Andalucía. La media nacional es de 0,38 TWh por CC.AA..

Potencial de producción de biometano a partir de residuos agroalimentarios en España

Fuente: análisis de PwC y Biovic



Potencial de producción de biometano a partir de residuos de cultivos intermedios en España
Fuente: análisis de PwC y Biovic

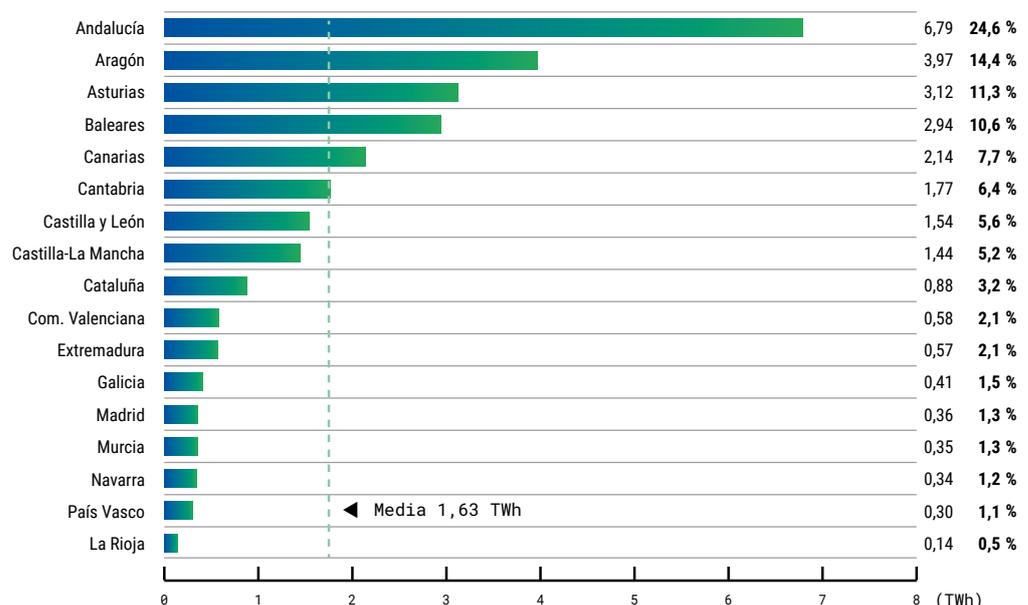


Factores relativos a los cultivos intermedios, biomasa forestal residual y biogás de vertedero

Además de los factores que afectan a los residuos que se han identificado a nivel comarcal, en este informe se han contabilizado el potencial a nivel de CC.AA. de otros residuos de más difícil aprovechamiento, pero con un potencial muy alto a nivel de volumen para la producción de biometano.

Los cultivos intermedios son, sin ninguna duda, el tipo de residuo con mayor potencial para la producción de biometano. Estos cultivos tienen una estrecha relación con los factores que definen la producción de residuos en el sector agrícola, con la salvedad de que se contabilizan en los lugares donde se combinan ciclos de cultivos en los que una especie sustituye a otra dentro de la misma estación de crecimiento. Al igual que sucede con los residuos agrícolas, las comunidades de Andalucía, Aragón, Castilla y León, Castilla-La Mancha y Extremadura que es donde se concentran la mayoría de las explotaciones agrícolas, son las CC.AA. con el potencial por encima de la media nacional tanto para el potencial procedente de residuos agrícolas como de cultivos intermedios. Representan por si solos un 36,1% de todo el potencial identificado en este informe con 58,80 TWh anuales técnicamente aprovechables. Los cultivos intermedios de Castilla y León, por si solos, ya permitirían superar el objetivo de 10,4 TWh establecido en la Hoja de Ruta del Biogás.

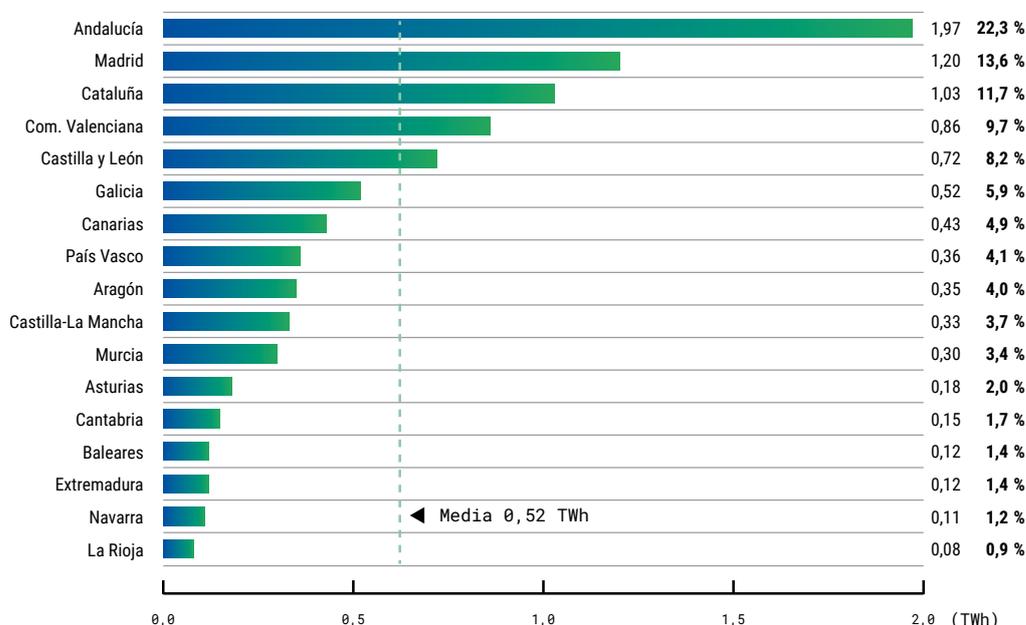
Potencial de producción de biometano a partir de residuos de biomasa forestal residual en España
Fuente: análisis de PwC y Biovic



Los residuos procedentes de la biomasa forestal también tienen un gran potencial para la producción de biometano a nivel nacional. Para este cálculo se ha tenido en cuenta la biomasa ya existente y la procedente de la limpieza de los bosques, enfocando el aprovechamiento desde este residuo bajo criterios de sostenibilidad tal y como establece la normativa forestal vigente y la Directiva REDII. Por tanto, el potencial nacional está claramente relacionado con los territorios con mayor densidad forestal.

Potencial de producción de biometano a partir de residuos de vertederos en España

Fuente: análisis de PwC y Biovic



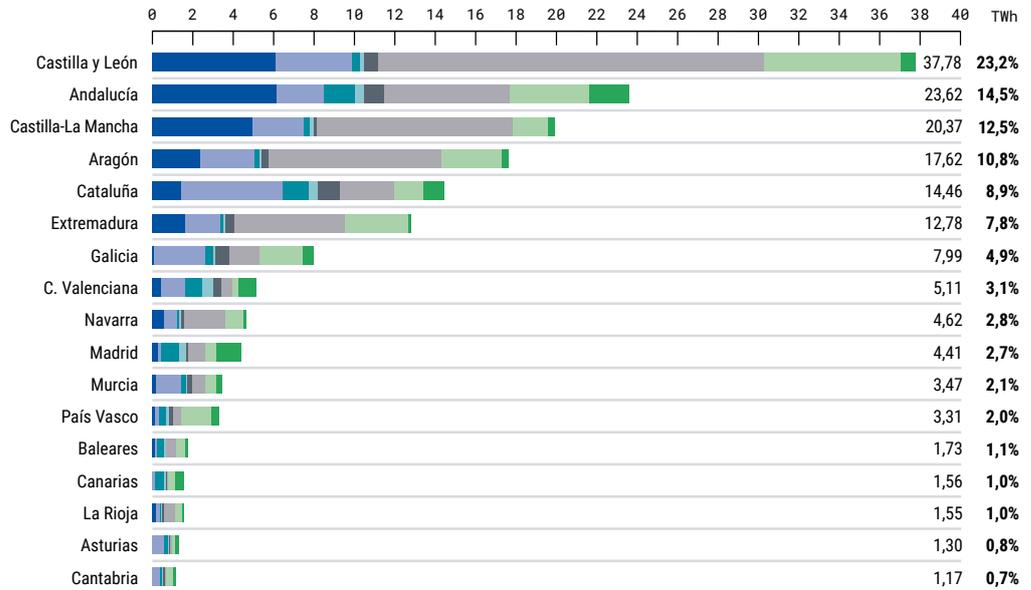
Por último, el biogás de vertedero guarda mucha similitud con los residuos FORSU en cuanto a los factores que le afectan de cara al cálculo del potencial. En los vertederos de desechos sólidos (RSU) se eliminan los desechos domésticos y residuos comerciales e industriales no peligrosos. Allí, la fracción biodegradable de estos desechos comienza a sufrir un proceso de descomposición similar a la digestión anaerobia al compactarse y cubrirse. Este proceso es el que se puede aprovechar para la generación de biometano renovable. Al igual que sucede con los residuos FORSU, las CC.AA. con mayor potencial de producción de biometano a partir de residuos de vertedero son Andalucía, Madrid, Cataluña y la Comunidad Valenciana, CC.AA. con un mayor número de población.

Resumen del potencial total por CC.AA. según tipo de residuo

A modo resumen, el siguiente gráfico muestra la contribución porcentual de cada uno de estos tipos de residuos o subproductos al potencial total obtenido para cada Comunidad Autónoma, lo que da una idea de las actividades económicas que predominantemente se desarrollan en cada territorio y en las que será necesario tomar una mayor participación para ayudar a aprovechar el potencial existente en cada una de ellas.

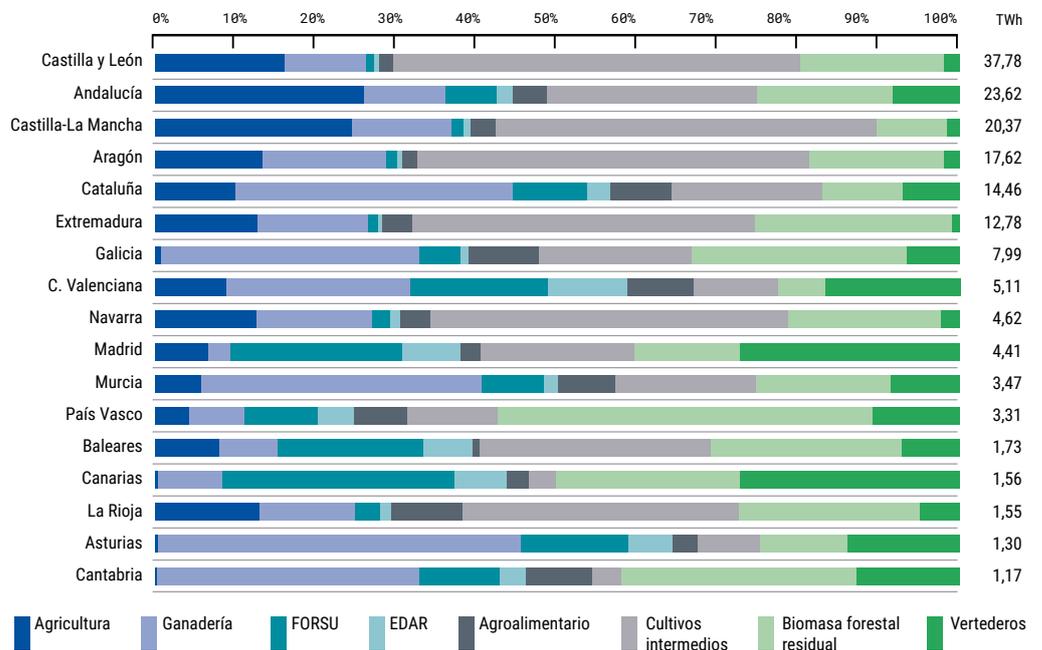
Potencial de producción total de biometano por CC.AA. en función del tipo de residuo

Fuente: análisis de PwC y Biovic



Distribución del potencial de producción total de biometano por CC.AA. en función del tipo de residuo

Fuente: análisis de PwC y Biovic



La distribución de este potencial difiere de dónde se concentra el consumo de gas en España. De esta forma, hay CC.AA. que disponen de un potencial de producción más alto que su consumo de gas, lo que las podría convertir en comunidades “exportadoras” de biometano para satisfacer parte de la demanda de gas en otras CC.AA. cuya demanda de gas sea notablemente inferior a su potencial de producción de biometano. Con los datos de consumo de gas (doméstico, industrial y el destinado al sector eléctrico) del 2021, se obtiene la cobertura de la demanda de gas por CC.AA. con el potencial de biometano identificado.

Cobertura de la demanda de gas por CC.AA. con el potencial de biometano
Fuente: análisis de PwC y Biovic

CC.AA.	Potencial producción de Biometano (TWh)	Demanda de Gas en 2021 (TWh)	Diferencia (Potencial Biometano – Demanda de Gas) (TWh)	% de cobertura de la demanda de Gas con el potencial de Biometano
Castilla y León	37,78	21,40	16,38	177%
Andalucía	23,62	50,10	-26,48	47%
Castilla-La Mancha	20,37	15,20	5,17	134%
Aragón	17,62	18,40	-0,78	96%
Cataluña	14,46	63,60	-49,14	23%
Extremadura	12,78	2,70	10,08	473%
Galicia	7,99	21,30	-13,31	38%
Comunidad Valenciana	5,11	39,70	-34,59	13%
Comunidad de Navarra	4,62	15,70	-11,08	29%
Comunidad de Madrid	4,41	26,70	-22,29	17%
Murcia	3,47	27,50	-24,03	13%
País Vasco	3,31	29,10	-25,79	11%
Islas Baleares	1,73	10,50	-8,77	16%
Islas Canarias	1,56	-	-	-
La Rioja	1,55	3,80	-2,25	41%
Principado de Asturias	1,3	13,00	-11,70	10%
Cantabria	1,17	5,20	-4,03	23%
TOTAL en España	163	378,5	-215,5	43%

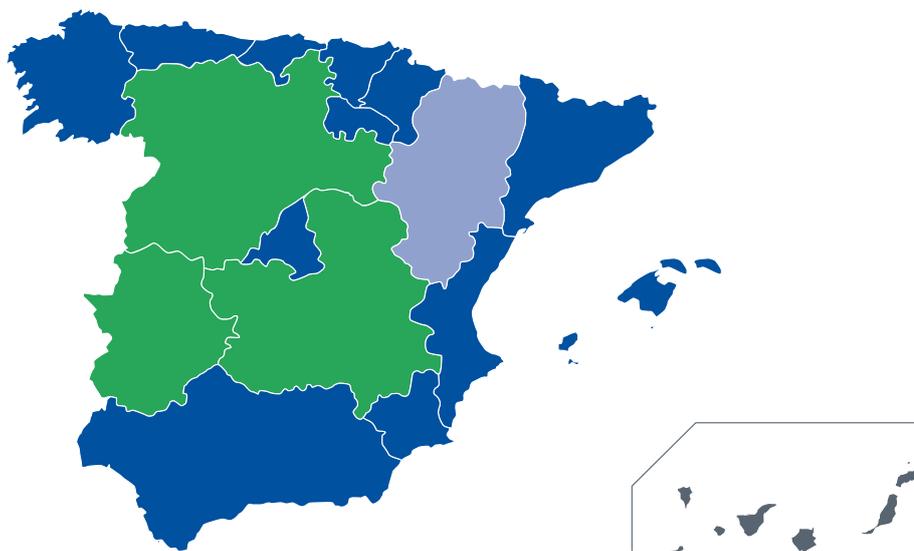
Castilla y León, Castilla – La Mancha y Extremadura serían capaces de cubrir su demanda anual de gas con el potencial de producción de biometano. Las diferencias entre el potencial identificado y la demanda de gas son de 16,38 TWh en el caso de Castilla y León, 5,17 TWh en el caso de Castilla – La Mancha y de 10,08 TWh en Extremadura. Estas CC.AA. serían excedentarias y podrían suministrar el exceso de producción de biometano a otras CC.AA.

Aragón es la única CC.AA. que estaría cerca de cubrir su demanda anual de gas con el potencial de producción de biometano propio, mientras que el resto de CC.AA. cubrirían entre un 10% y un 50% de su demanda anual con el potencial de biometano identificado dentro de su territorio. En términos absolutos, la CC.AA. que más biometano debería “importar” para cubrir su demanda de gas sería Cataluña con 49,14 TWh, seguida de la Comunidad Valenciana con 34,59 TWh anuales.

Clasificación de las CC.AA. según su % de cobertura de la demanda de gas con el potencial de biometano

Fuente: Enagás y análisis de PwC y Biovic

- CC.AA. con un % de cobertura de la demanda de gas superior al 100%
- CC.AA. con un % de cobertura de la demanda de gas entre 90% y 100%
- CC.AA. con un % de cobertura de la demanda de gas inferior al 90%
- CC.AA. sin datos



Abatimiento de emisiones de CH₄

El aprovechamiento de estos 163 TWh de potencial de producción de biometano, resultantes de la suma del potencial de todas las CC.AA., se traduciría en un abatimiento de 8.326.206 toneladas de CH₄ que de otra manera serían emitidas por la descomposición de los residuos que se utilizan en el cálculo del potencial. Esta cifra surge a partir del total de residuos considerados en este informe para el cálculo del potencial:

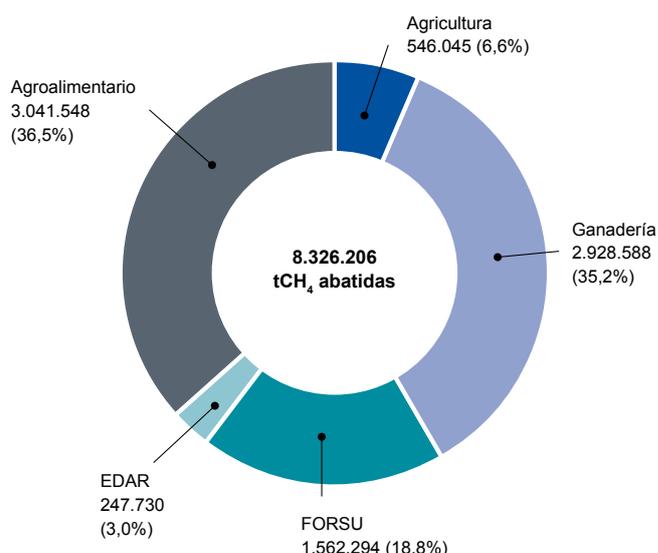
- Agricultura: 18.201.513,60 toneladas anuales
- Ganadería: 101.473.810,36 toneladas anuales provenientes de:
 - Bovinos: 6.760.391 cabezas ganaderas
 - Ovinos: 16.009.410 cabezas ganaderas
 - Caprinos: 2.668.891 cabezas ganaderas
 - Porcinos: 30.091.215 cabezas ganaderas
 - Aves de corral: 211.580.762 cabezas ganaderas
- FORSU: 8.444.830,82 toneladas anuales
- EDAR: 1.339.082,76 toneladas anuales
- Industria Agroalimentaria: 16.440.801,31 toneladas anuales

A esos residuos, aplicando diferentes factores de emisión provenientes del *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), permite calcular la anterior cifra:

- Agricultura: 0,03 t CH₄/t residuo agrícola
- Ganadería:
 - Bovinos: 37,00 kg CH₄/(cabeza ganadera*año)
 - Ovinos: 0,28 kg CH₄/(cabeza ganadera*año)
 - Caprinos: 0,20 kg CH₄/(cabeza ganadera*año)
 - Porcinos: 11,50 kg CH₄/(cabeza ganadera*año)
 - Aves de corral: 11,00 kg CH₄/(cabeza ganadera*año)
- FORSU: 0,185 t CH₄/t residuo RSU
- EDAR: 0,185 t CH₄/t residuo EDAR
- Industria Agroalimentaria: 0,185 t CH₄/t residuo agroalimentario

El desglose de las 8.326.206 toneladas de CH₄ abatidas por tipología de residuos es la siguiente:

Abatimiento anual de emisiones de CH₄ por tipología de residuos
Fuente: análisis de PwC y Biovic



Para el cálculo de las emisiones de CH₄, abatidas no se ha tenido en cuenta ni los cultivos intermedios, al no existir datos todavía sobre ellos, ni la biomasa forestal debido al ser un material muy lignificado que apenas tendrá emisiones de metano por su lenta biodegradabilidad, ni las emisiones de los vertederos al asumir que la combustión del gas proveniente de la desgasificación de los vertederos es completa y no se genera metano en el proceso.

Cabe destacar que el biometano se presenta como una opción con impacto neutro o incluso negativo en emisiones, dado que la producción de este gas implica la captura de gases generados en la descomposición de los residuos orgánicos que, de no capturarse, habrían sido liberados a la atmósfera principalmente en forma de metano, cuya capacidad como gas de efecto invernadero es 25 veces superior a la del CO₂.

Potencial accesible

Se ha considerado necesario destacar que las cifras de potencial aportadas corresponden siempre al máximo potencial accesible a partir de cada tipo de residuo o subproducto. Esto quiere decir que de cara a la cifra de potencial aportada en este estudio no se han tenido en cuenta otros usos alternativos que existen para este tipo de residuos o subproductos, como puede ser por ejemplo la alimentación animal cuando se trata de residuos de la industria agroalimentaria, la ganadería o la agricultura.

Se ha tomado la decisión de seguir este enfoque debido a que el uso de estos residuos como materias primas para la obtención de biometano o para la obtención de otros productos depende enormemente de cuestiones de mercado y de la señal de precios que exista en cada momento para cada alternativa, por lo que el potencial disponible para la obtención de biometano respondiendo a este criterio podría ser diferente dependiendo del momento temporal y esto haría que este estudio pudiese mostrar una situación distinta de la realidad. La disponibilidad o conveniencia de utilizar ciertos sustratos de los sustratos también depende de la regulación aplicable. Actualmente, la Directiva 2018/2001 especifica en su Anexo IX las materias primas que pueden emplearse para que el biogás sea considerado como biocarburante avanzado.

Asimismo, existen ciertas limitaciones a la hora de utilizar algunos sustratos para en el caso de la producción de fertilizantes a partir del digestato. Por ejemplo, la fracción orgánica no separada en origen no dispone de la consideración de fin de residuo según la Ley 7/2022 de Residuos o Suelos Contaminados o los lodos de EDAR, que se incluye como materia prima en el Real Decreto 506/2013 sobre productos fertilizantes, pero no está incluido en el Reglamento UE 1009/2019 para producir fertilizantes con marcado CE.

Potenciales nuevas plantas de producción de biometano y su impacto socioeconómico

A partir del potencial identificado y de la distribución de los residuos por comarca que aparecen en cada uno de los dossiers por CC.AA., se han identificado una serie de plantas potenciales para la producción de biometano repartidas por el territorio nacional. Para la distribución de estas plantas se han seguido los siguientes criterios:

- Cantidad de residuos
- Potencial energético de los residuos
- Concentración según la ubicación de los residuos
- Existencia de red de distribución y/o transporte de gas

Número de plantas propuestas de biometano por tipología por CC.AA.

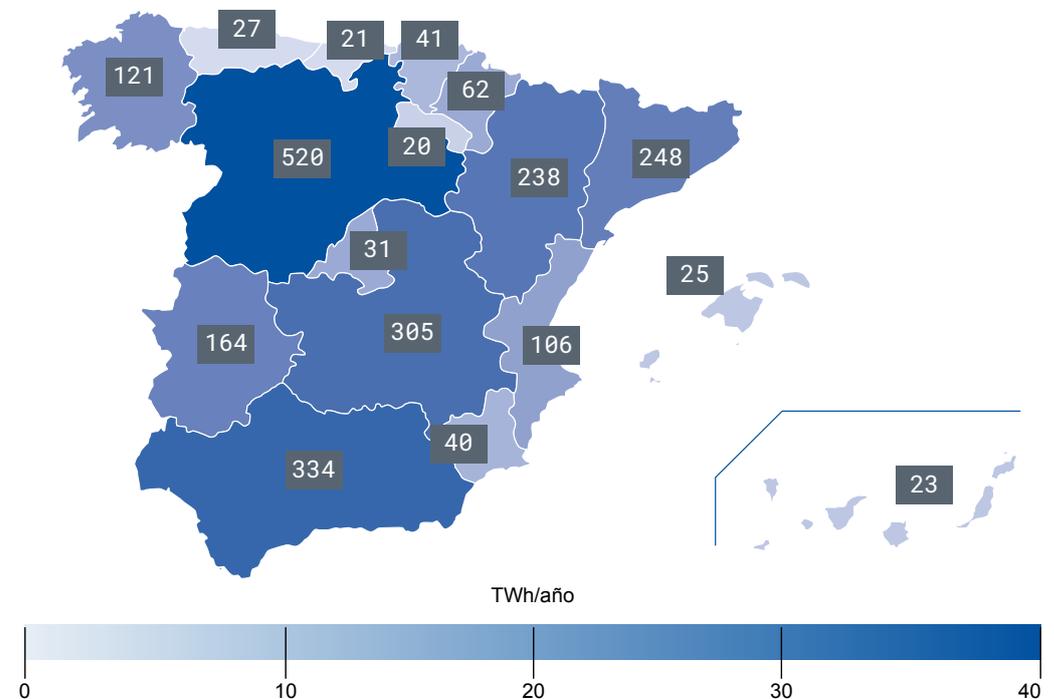
Fuente: análisis de PwC y Biovic

CC.AA.	Número de plantas Agro + EDAR + RSU	Número de plantas de Cultivos intermedios	Número de plantas de Biomasa forestal residual	Número de plantas totales
Castilla y León	271	215	34	520
Andalucía	255	59	20	334
Castilla-La Mancha	208	88	9	305
Cataluña	212	28	8	248
Aragón	140	83	15	238
Extremadura	94	54	16	164
Galicia	92	18	11	121
Comunidad Valenciana	95	8	3	106
Navarra	36	21	5	62
País Vasco	29	5	7	41
Murcia	31	6	3	40
Comunidad de Madrid	19	9	3	31
Principado de Asturias	23	2	2	27
Islas Baleares	16	5	4	25
Islas Canarias	16	2	5	23
Cantabria	16	1	4	21
La Rioja	13	5	2	20
TOTAL	1.566	609	151	2.326

Atendiendo a estos criterios se han definido un total de 2.326 plantas distribuidas por comarca. Para un mayor detalle de la ubicación de estas plantas por CC.AA., en el apartado 4 de este informe "Evaluación del potencial del biometano y sus beneficios socioeconómicos por Comunidad Autónoma", se muestra con mayor detalle tanto de la distribución de residuos como el potencial energético de los mismos y la ubicación de dichas posibles plantas de producción de biometano a nivel de comarca.

Número de plantas propuestas de biometano por CC.AA.

Fuente: análisis de PwC y Biovic



Estas 2.326 plantas se han clasificado en 3 categorías, dependiendo del tipo de residuo que utilizarían para producir el biometano:

- Plantas de Residuos Agro + EDAR + RSU, con un total de 1.566 plantas
- Plantas de Cultivos intermedios, con un total de 609 plantas
- Plantas de Biomasa forestal residual, de gasificación térmica, con un total de 151 plantas

La inversión estimada asociada a cada planta varía dependiendo de su clasificación. Se han utilizado los siguientes ratios¹ de inversión y creación de empleo según la tipología de las plantas propuestas:

- Plantas de Residuos Agro + EDAR + RSU (40 GWh/año): 12 M€ de inversión, 8 empleos directos y 10 empleos indirectos
- Plantas de Cultivos intermedios (100 GWh/año): 24 M€ de inversión, 12 empleos directos y 35 empleos indirectos por planta
- Plantas de Biomasa forestal residual (75 GWh/año): 20 M€ de inversión, 8 empleos directos, 15 empleos indirectos por planta
- Plantas de Biomasa forestal residual (100 GWh/año): 27 M€ de inversión, 8 empleos directos, 15 empleos indirectos por planta
- Plantas de Biomasa forestal residual (200 GWh/año): 50 M€ de inversión, 12 empleos directos, 20 empleos indirectos por planta

La inversión estimada y creación de empleo por tipología de plantas y por CC.AA. se adjunta en la siguiente tabla:

Inversión estimada asociada a las plantas propuestas de biometano por CC.AA. (M€)

Fuente: análisis de PwC y Biovic

CC.AA.	Inversión en plantas Agro+EDAR +RSU	Inversión en plantas de Cultivos intermedios	Inversión en plantas de Biomasa forestal residual	Inversión total en plantas	Inversión necesaria en redes de gas
Castilla y León	3.252	5.160	1.700	10.112	749,9
Andalucía	3.060	1.416	1.000	5.476	469,4
Castilla-La Mancha	2.496	2.112	450	5.058	488,4
Aragón	1.680	1.992	750	4.422	341,5
Cataluña	2.544	672	400	3.616	318,7
Extremadura	1.128	1.296	800	3.224	338,5
Galicia	1.104	432	550	2.086	186,2
Comunidad Valenciana	1.140	192	81	1.413	135,5
Navarra	432	504	250	1.186	52,3
País Vasco	348	120	350	818	41,2
Murcia	372	144	150	666	38,2
Comunidad de Madrid	228	216	150	594	26,6
Islas Baleares	192	120	108	420	25,3
La Rioja	156	120	100	376	21,3
Principado de Asturias	276	48	40	364	26,9
Islas Canarias	192	48	100	340	69
Cantabria	192	24	108	324	19,9
TOTAL	18.792	14.616	7.087	40.495	3.349

¹ Para obtener los ratios utilizados se ha partido de estimaciones y datos de plantas de biometano existentes y contrastado con otros estudios como "Cálculo de indicadores de los cinco primeros criterios del APTE 2020 para el sector del biometano", desarrollado por Creara y el informe "Cultivos intermedios en España: potencial energético, económico y medioambiental" de AEBIG.

El desarrollo de las 2.326 plantas de producción de biometano significará una inversión aproximada de 40.495 millones de euros², aproximadamente un 3,61% del PIB nacional. El impacto sobre el PIB de cada CC.AA. varía considerablemente, siendo Madrid la que menor impacto tiene con un 0,27% y Castilla y León la que más con un 18,25%. De estos 40.495 M€, 18.792 M€ irán destinados a las 1.566 plantas de residuos Agro, EDAR o RSU, 14.616 M€ a las 609 plantas de Cultivos intermedios y 7.087 M€ a las 151 plantas de Biomasa forestal residual.

Adicional a la inversión movilizada para la construcción de estas 2.326 plantas de biometano, se estima que sería necesaria una inversión de 3.349³ millones de euros en redes de gas para permitir la evacuación del biometano producido, lo que supondría un 8,27% de la inversión total asociada a la construcción de las plantas. La inversión estimada en redes respecto a la inversión estimada en las plantas de biometano varía según la CC.AA., atendiendo al desarrollo de la red de gas según la zona geográfica y la distancia de ésta a la ubicación propuesta para dichas plantas.

Creación de empleo
estimada asociada a las
plantas propuestas de
biometano por CC.AA.
Fuente: análisis de PwC y Biovic

CC.AA.	Operación y Mantenimiento		Construcción	
	Empleos directos	Empleos indirectos	Empleos directos	Empleos indirectos
Castilla y León	5.156	10.915	7.800	104.000
Andalucía	3.148	5.315	5.010	66.800
Castilla-La Mancha	2.828	5.340	4.575	61.000
Cataluña	2.128	3.260	3.720	49.600
Aragón	2.296	4.605	3.570	47.600
Extremadura	1.592	3.150	2.460	32.800
Galicia	1.084	1.770	1.815	24.200
Comunidad Valenciana	880	1.275	1.590	21.200
Navarra	600	1.195	930	12.400
País Vasco	376	605	615	8.200
Murcia	356	580	600	8.000
Comunidad de Madrid	296	565	465	6.200
Principado de Asturias	224	330	405	5.400
Islas Baleares	220	395	375	5.000
Islas Canarias	192	305	345	4.600
Cantabria	172	255	315	4.200
La Rioja	188	345	300	4.000
TOTAL	21.736	40.205	34.890	465.200

2 Las inversiones relacionadas con el biogás de vertedero no están consideradas en el total de plantas al ser despreciables a nivel económico frente al resto de inversiones, pues hacen referencia únicamente al upgrading e inyección a red. Adicionalmente, es muy probable que parte del biogás de vertedero se destine a usos propios del vertedero y por lo tanto las inversiones necesarias serían incluso inferiores. Incluso considerando que el 100% del biogás de vertedero identificado se sometiera a un proceso de upgrading y posterior inyección a la red de gas, asumiendo tecnología PSA, la inversión total es inferior al 1% de los 40.495 M€ identificados para el resto de las tipologías de plantas.

3 La inversión necesaria en redes se ha calculado en función de distintos ratios, según la ubicación de las plantas.

- Plantas ubicadas en municipios donde existe red de gas 800.000€ de inversión por planta, estimando 2 kilómetros hasta el punto de inyección y el módulo de inyección. Adicionalmente, para 1 de cada 20 plantas ubicadas en municipios con red de gas, 900.000€ por planta extra en concepto de ser necesaria la opción "reverse flow".
- Plantas ubicadas en municipios sin red de gas, 3.000.000€ por planta, estimando una distancia media de 12 kilómetros hasta la red de gas, y el módulo de inyección.

Asociada a esta inversión está la creación estimada de 21.736 empleos directos y 40.205 empleos indirectos durante la fase de operación de las plantas de biometano, utilizando los ratios anteriormente descritos. Por poner en contexto estas cifras, según el INE en el año 2021 se crearon 840.700 puestos de trabajo en España. Sumando la estimación de los empleos directos e indirectos generados, equivaldría a un 7,37% de todo el empleo generado a nivel nacional durante el año 2021. De esos 840.700 puestos de trabajo, 58.000 fueron en el sector agricultura, por lo que la generación de empleo asociada a las inversiones en las plantas propuestas de biometano significaría un 106,79% de los empleos generados en dicho sector en el año 2021.

Adicionalmente a estos empleos creados durante la fase de operación de la planta, se han estimado los empleos generados durante la fase de construcción e instalación de las mismas. Para la construcción de una planta se estima que se crearían 15 puestos de empleo directos (13 nacionales y 2 fuera del territorio nacional ligados a la puesta en marcha de la instalación de *upgrading*) y 200 empleos indirectos, de los cuales aproximadamente 140 serían nacionales asociados a la ingeniería, la construcción *off-site* de los equipos y el transporte, y 60 fuera del territorio nacional asociados a la tecnología de *upgrading*, gasómetro, digestor y los sistemas de pretratamiento. Teniendo en cuenta las 2.326 plantas propuestas en este estudio, se crearían un total de 34.890 empleos directos y 465.200 empleos indirectos asociados a la fase de construcción e instalación de las mismas. En un futuro, con la progresiva creación de plantas de biometano y una cadena de valor nacional alrededor de este vector energético, el porcentaje de empleos nacionales creados podría ser superior.

Cabe destacar que, según las previsiones de desarrollo del biometano, la inversión estimada de más de 40.000 millones de euros se realizaría de forma recurrente a lo largo de varios años y sería una inversión que en su mayor parte se quedaría en territorio nacional. Al contrario que sucede por ejemplo con una inversión en una planta fotovoltaica, donde los paneles y gran cantidad de los componentes son importados desde fuera de España y Europa, la mayor parte del material y equipos que conforman una planta de producción de biometano se realizan y se pueden adquirir desde España. La inversión asociada a 2.326 plantas de biometano permitiría crear una cadena de proveedores nacionales sólida alrededor del desarrollo de la industria del biometano en España.

Barreras comunes a todas las CC.AA.

Realizando los *dossiers* específicos para cada CC.AA., se han identificado una serie de barreras comunes a la mayoría de CC.AA., que se enumeran a continuación:

- Un problema común a la hora del desarrollo de proyectos de biometano es la logística de los residuos. Las plantas están ubicadas generalmente en medios rurales y aislados de los núcleos de población, haciendo necesario la centralización de los residuos. El transporte de los residuos hasta las plantas se traduce en costes de transporte. En las zonas donde los residuos estén más dispersos pueden llegar a comprometer el desarrollo de plantas.
- La ubicación de las plantas de biometano en zonas rurales es compleja por la naturaleza de las parcelas, calificadas habitualmente como rurales. Dependiendo de la normativa urbanística, el uso de estas parcelas para ubicar actividades industriales puede estar limitado, dificultando la implementación de plantas de biometano.
- La aplicación directa del digestato se rige por la normativa actual en materia de residuos, necesitando una autorización para dicha actividad. En caso de que el digestato no cumpla con los requisitos impuestos por la administración para aplicar en campo como abono o

fertilizante, no se concederá la autorización. A esto se suma que el coste de las tecnologías de tratamiento de digestato es elevado, por lo que no siempre se pueden implementar para el tratamiento del digestato en las plantas de biometano.

- El alto contenido en nitrógeno del digestato limita su aplicación en función de las necesidades de la agricultura en la zona donde se vaya a aplicar el digestato. En los casos en los que el nitrógeno sea un factor limitante, se van a necesitar grandes extensiones de cultivo para cumplir con el nitrógeno máximo aplicable. El digestato contiene alrededor de un 0,2 – 0,5% de nitrógeno, en particular la fracción líquida, más rica en nitrógeno que la fracción sólida. El contenido en nitrógeno puede limitar su aplicación, particularmente en zonas catalogadas como vulnerables a la contaminación por nitratos, donde se limita la aplicación de nitrógeno a 170 kg/ha al año.
- Para su aplicación, también es necesario tener en cuenta la agricultura de la zona, ya que la aplicación del digestato será más viable en las comunidades con mayores extensiones de terreno para su aplicación y cultivos con grandes requerimientos de nitrógeno, como el maíz. Además, su aplicación depende de las características del suelo de cada zona, puesto que zonas con suelos pobres en materia orgánica, como es el caso de Castilla - La Mancha, la Comunidad Valenciana o Murcia, la aplicación del digestato tiene buena acogida como mejorante de las propiedades estructurales de esos suelos.
- Existe un rechazo social generalizado hacia las plantas de biogás y biometano por su percepción de planta de tratamiento de residuos y la problemática en cuanto a olores, presencia de insectos y trasiego de camiones.
- Falta de concienciación de la población hacia la valorización de los residuos orgánicos. Para poder valorizar la fracción orgánica de los residuos urbanos vía digestión anaerobia, se debe realizar una separación en origen de los mismos. Aquí, la participación de la población tiene un papel crucial, ya que es necesario que la ciudadanía cambie sus hábitos e implemente el contenedor marrón en sus hogares.
- Muchos sustratos de la industria agroalimentaria y agricultura son utilizados para otro tipo de valoraciones y de mercado, por lo que pueden no estar disponibles.
- El agresivo precio de los fertilizantes hace de los estiércoles y purines un sustrato asequible para la fertilización de los suelos, creando una competencia con este sustrato para su valorización en las plantas de biogás. A su vez, esto puede repercutir de manera positiva en la aplicación del digestato, pues se puede percibir como un sustrato barato y accesible para los agricultores.
- La ausencia de un marco legal y normativo unificado que regule la actividad de producción y uso del biometano.
- La complejidad y falta de un modelo homogeneizado de tramitación. Actualmente, cada comunidad Autónoma tiene su propia vía de tramitación, implicando una diversidad en los procesos de administración que se traduce en una complejidad y demora en la concesión de permisos.
- La necesidad de la implementación de un Sistema de Garantías de Origen que reconozca el carácter renovable del biometano producido, que permita conocer su trazabilidad y el reporting de su uso como energía libre de emisiones. Se espera la implementación de un Sistema de Garantías de origen, establecido por el RD 376/2022.

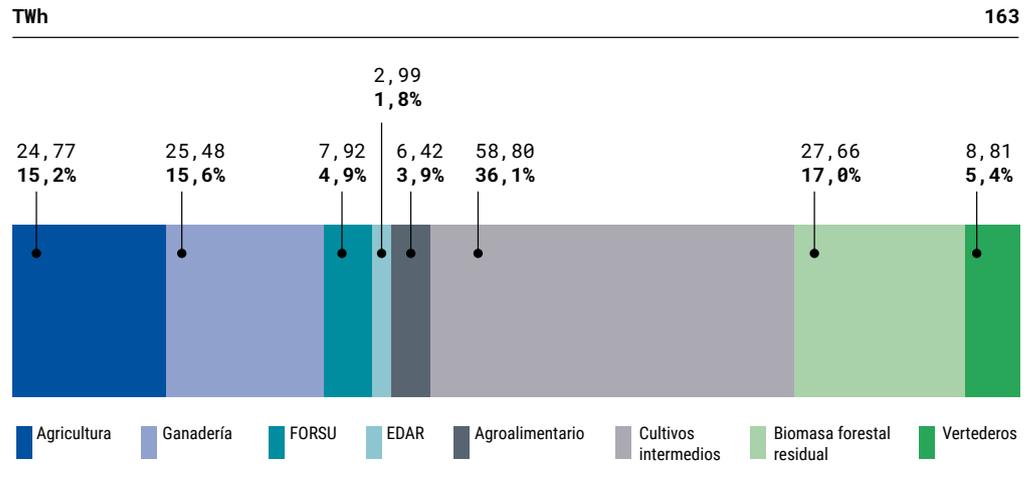
Conclusiones

La importancia y relevancia del sector primario en la economía española se hace evidente en la cantidad de residuos generados a nivel nacional, que son susceptibles de ser aprovechables para la producción de biometano. El estudio realizado en este informe sitúa el potencial disponible

en España para la producción de biometano en los 163 TWh que se han comentado a lo largo de todo el informe, distribuidos de la siguiente forma según el tipo de residuo:

Distribución del potencial disponible para la producción de biometano en España

Fuente: análisis de PwC y Biovic



Habitualmente sólo se tratan como residuos susceptibles de ser utilizados los provenientes de la agricultura, ganadería, industria agroalimentaria, FORSU y EDAR, pero tal como se puede apreciar, la inclusión de otro tipo de residuo de más difícil aprovechamiento aumenta de forma considerable el potencial disponible. Este potencial está distribuido de forma heterogénea por el territorio nacional como se puede observar en el mapa de calor incluido en este punto y los mapas de calor incluidos para cada CC.AA. en el apartado siguiente, influenciados por factores de diversa índole que afectan a dicha distribución por cada CC.AA. Tras realizar un análisis de cómo están los residuos distribuidos, se han identificado 2.326 plantas potenciales para la producción de biometano repartidas por las CC.AA., que permitirían aprovechar de forma eficiente los residuos disponibles al localizarse donde mayor es la concentración de estos.

La inversión asociada a estas plantas potenciales asciende a 40.495 millones de euros, generando un total de 21.736 empleos directos y 40.205 empleos indirectos, así como 34.890 empleos directos y 465.200 empleos indirectos asociados a la construcción e instalación de las plantas. A esta inversión habría que añadirle 3.349 millones de euros necesarios para la evacuación del biometano al sistema gasista. Es evidente, por tanto, que el desarrollo económico y de generación de empleo es un factor a tener muy en cuenta por su relevancia a la hora de valorar el desarrollo del biometano en nuestro país. Más si cabe, cuando la generación de este empleo está estrechamente ligada con el entorno rural y, por tanto, con los retos a los que se enfrenta España relativos al reto demográfico.

El aprovechamiento del amplio potencial identificado permitiría a España posicionarse como uno de los países europeos referentes en el desarrollo del biometano, y conseguir los objetivos establecidos a nivel europeo de producción e integración de este gas renovable para lograr la transición energética. No obstante, la complejidad relacionada con la obtención de permisos y la demora en los trámites para conseguirlos reduce el crecimiento que se podría lograr en el desarrollo de proyectos de biometano. Para conseguir el desarrollo del biometano, es necesario la colaboración por parte de las administraciones para el desarrollo de una regulación específica y la unificación y simplificación los procesos de tramitación, con el objetivo de facilitar y acortar plazos en la tramitación administrativa de las instalaciones de producción de biometano.



Anexo: Metodología

1. Estimación del potencial de biometano

Estimación de sustratos susceptibles de ser aprovechados para la producción de biogás

Selección de la tipología de sustratos aprovechables para la producción de biogás

Previo a la búsqueda de datos para la realización del inventario, se ha definido la tipología de sustratos susceptibles de ser digeridos en la planta de biogás, atendiendo a los requerimientos del cliente.

La tipología de sustratos orgánicos seleccionados y con interés de ser aprovechables para la producción de biogás son:

Sustratos ganaderos

Los sustratos ganaderos son aquellos sustratos orgánicos generados por las especies ganaderas en las explotaciones intensivas ganaderas. Se tratan principalmente de la mezcla de deyecciones y la cama de ganado, denominándose comúnmente según la especie de la que proceden en estiércol (ganado vacuno, ovino y equino), purines (ganado porcino) y gallinaza (ganado avícola).

El tipo de ganado considerado en base al cual se han estimado las deyecciones ganaderas es el siguiente:

- Bovino
- Ovino
- Caprino
- Porcino
- Avícola
- Cunícola

Sustratos agrarios

Se incluyen en esta denominación todos los sustratos orgánicos y restos vegetales generados por la actividad agrícola, ya sea intensiva, extensiva, cultivos protegidos, etc. De estos sustratos, la paja de cereales es un sustrato accesible con un gran potencial de generación de biogás y que puede utilizarse como cosustrato en la digestión con sustratos ganaderos. No obstante, al ser un sustrato lignocelulósico, requiere de un pretratamiento para poder degradarse mediante digestión anaerobia.

Dentro de esta categoría, se ha tenido en cuenta el potencial de biometano procedente de los restos vegetales de los cultivos de cereales, del cultivo del olivar y del cultivo del viñedo, obtenido a partir de las cantidades anuales generadas y su caracterización. En concreto, los cultivos considerados son:

- Trigo
- Cebada
- Centeno y otros cereales de invierno
- Avena y cereales de primavera
- Maíz
- Arroz
- Triticale
- Sorgo
- Olivar
- Viñedo

Los subproductos procedentes de cultivos hortícolas se incluyen en la categoría de sustratos agroindustriales, donde se han contabilizado los productos no conformes y los subproductos procedentes de la transformación de frutas y hortalizas. No se han considerado los restos vegetales de tipo hojas y ramas procedentes de los cultivos ya que no es una materia prima susceptible para el aprovechamiento de biogás debido a su gran contenido de impurezas como restos de tierra, cañas, plásticos y rafias.

Sustratos agroalimentarios

Residuos y subproductos de la producción hortofrutícola e industrias de diversos tipos tales como industrias lácteas, cárnicas, conserveras, cerveceras, producción de zumos y preparados vegetales, etc., que suelen producir restos vegetales, residuos y subproductos orgánicos como subproducto de su proceso, aguas de proceso con importante carga orgánica y lodos de sus propias EDARi (depuradoras industriales).

- Se han incluido los subproductos generados de las siguientes industrias:
- Industria cárnica
- Industria pesquera
- Industria láctea
- Cooperativas agroalimentarias
- Industria de transformación de alimentos (conservas, zumos, azucareras, cerveceras, etc)
- Producción de biodiesel

Dentro de la categoría de cooperativas agroalimentarias, no se ha tenido en cuenta los sustratos procedentes de las cooperativas oleícolas y vitivinícolas (alpechines, alperujos, lías, vinazas, etc) puesto que estos sustratos ya se están contabilizando dentro de los sustratos agrarios.

Lodos de EDAR

Dentro de esta categoría, se consideran los lodos que se generan a consecuencia del tratamiento de depuración de agua en las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR).

FORSU

La fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos originados en los núcleos de población como consecuencia de la actividad habitual y diaria del ser humano. Para este estudio, se considera toda la fracción orgánica separada en origen, sin tener en cuenta la parte de la fracción orgánica que queda en la fracción resto.

Biomasa forestal

Dentro de esta categoría, se incluyen los sustratos de origen forestal, que comprenden todos los productos o subproductos resultantes de los aprovechamientos y tratamientos silvícolas que se realizan, bajo criterios técnicos, en las superficies forestales para diferentes aprovechamientos. Proviene de la necesidad de realizar tratamientos silvícolas para el mantenimiento y mejora de los montes y masas forestales mediante talas, podas, limpieza de matorrales, etc. Estos trabajos generan unos residuos leñosos (leñas, ramas y matorrales) que deben ser retirados del monte, pues son un factor de riesgo de grave importancia para la propagación de plagas y de incendios forestales.

Cultivos intermedios

Se incluyen los cultivos provenientes de ciclos de cultivos en los que una especie sustituye a otra dentro de la misma estación de crecimiento.

Los sustratos considerados para realizar el inventario de sustratos aprovechables para la producción de biogás son:

Tabla 1. Sustratos considerados para la realización de este informe

Sustratos	Código LER
Sustratos ganaderos	
Purín vacuno	020106
Estiércol vacuno	020106
Purín porcino	020106
Estiércol de ave (gallinaza)	020106
Estiércol ovino	020106
Estiércol caprino	020106
Estiércol cunícola	020106
Sustratos agrícolas	
Paja de cereal	020103
Orujos, lías, vinazas	020704
Alperujos	020301
Sustratos agroindustriales	
Lodos EDARi cárnica	020204
Materias primas cárnicas	020202
Lodos EDARi pescado	020204
Materias primas de pescado	020203
Lactosuero	020501
Lodos EDARi láctea	020502
Subproductos lácteos	020599
Bagazo industria cervecera	020304
Excedentes cítricos	020103
Excedentes frutales no cítricos	020103
Excedentes hortalizas	020103
Glicerinas	200113
Lodos EDARi transformación vegetal	020101
Materias primas industria sidra	020704
No conformes y transformación frutales	020103
No conformes y transformación hortalizas	020103

Sustratos	Código LER
Lodos de EDAR	
Lodo del tratamiento de aguas residuales urbanas	190805
FORSU	
Residuos biodegradables procedentes de la recogida selectiva	200108
Biomasa forestal residual	
Biomasa forestal residual	020107

Búsqueda y fuentes de datos

Las fuentes consultadas para el cálculo de cada tipo de residuo han sido las siguientes:

Sector ganadero:

- Datos estadísticos sobre el censo agrario 2020. Instituto Nacional de Estadística (INE): https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176851&me-nu=resultados&idp=1254735727106
- DECRET 153/2019, de 3 de juliol, de gestió de la fertilització del sòl i de les dejeccions ramaderes i d'aprovació del programa d'actuació a les zones vulnerables en relació amb la contaminació per nitrats que procedeixen de fonts agràries. Generalitat de Catalunya
- Datos sobre caracterización de sustratos para conocer su producción potencial de biogás:
 - Cuantificación y caracterización de los residuos ganaderos de Guipúzcoa. Diputación Foral de Guipúzcoa <https://www.Guipúzcoa.eus/documents/2227195/2229002/ProyectoInforme.pdf/93c4e8aa-038c-e0ba-142a-522bed05ae22>
 - Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung
 - Resultados preliminares de un estudio de caracterización de purines de porcino obtenido en fosa bajo condiciones mediterráneas. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA)
 - https://redivia.gva.es/bitstream/handle/20.500.11939/7100/2008_Moset_Resultados.pdf?sequence=1&isAllowed=y
 - Biogas production from chicken manure at different organic loading rates in a mesophilic-thermophilic two stage anaerobic system. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1389172315000602#:~:text=The%20highest%20biogas%20production%20rate.VS%20FL%20%B7d>
 - Biogas production from ruminant and monogastric animal manure co-digested with manipueira. <https://www.redalyc.org/pdf/495/49549092014.pdf>
 - Investigation of the methane potential of horse manure: <https://cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/2445>
 - Biogas production potential and characteristics of manure of sheep, duck and rabbit under anaerobic digestion: https://www.researchgate.net/publication/279765674_Biogas_production_potential_and_characteristics_of_manure_of_sheep_duck_and_rabbit_under_anaerobic_digestion

Sector agrícola:

- Datos estadísticos sobre el censo agrario 2020. Instituto Nacional de Estadística (INE)
- Anuario de estadística 2019. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA): <https://www.mapa.gob.es/estadistica/pags/anuario/2015/CAPITULO%20PDF/AE15-C13.pdf>
- Datos sobre la producción de alperujos y vinazas.

- Estudio de parámetros de calidad en materiales de naturaleza orgánica con potencial uso en la agricultura. Universidad Miguel Hernández: <http://dspace.umh.es/jspui/handle/11000/2093>
- Datos sobre caracterización de sustratos para conocer su producción potencial de biogás:
 - Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung
 - Probiogás

Sector agroalimentario

- Probiogás: fichas comarcales de materias primas accesibles y disponibles http://213.229.136.11/bases/ainia_probiogas.nsf/listado%20provincias?OpenForm
- Base de datos De Alimarket “facturación anual de empresas Agroalimentarios España” Anuario de estadística 2019. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA).
- Datos sobre caracterización de sustratos para conocer su producción potencial de biogás:
 - Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung
 - Probiogás
 - Biomasa: digestores anaerobios. IDAE: https://www.idae.es/sites/default/files/documentos/publicaciones_idae/documentos_10737_biomasa_digestores_anaerobios_a2007_Od62926d.pdf

Lodos EDAR:

- Base de datos de lagua: <https://www.iagua.es/data/infraestructuras/estaciones-depuradoras-aguas-residuales-espana>
- Informe “Producción y características de los fangos”: <https://docplayer.es/40208252-Produccion-y-caracteristicas-de-los-fangos.html>
- Diseño y estudio de viabilidad de una planta depuradora de aguas residuales. Universidad Politécnica de Madrid
- Datos propios por conocimiento de diversas EDAR
- Análisis de caracterización de fangos de EDAR

FORSU:

- Datos estadísticos sobre los residuos sólidos urbanos en 2019. Instituto Nacional de Estadística (INE)
- Datos estadísticos sobre el número de habitantes en 2019 y 2021. Instituto Nacional de Estadística (INE)
- PLAN ESTATAL MARCO DE GESTIÓN DE RESIDUOS (PEMAR). [En línea] 2016-2020. https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/planes-y-estrategias/pemara-probado6noviembrecondae_tcm30-170428.pdf
- Datos sobre el porcentaje de metano y de los sólidos volátiles de los bioresiduos. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO)
- Datos sobre el porcentaje de sólidos totales y producción de biometano. Tesis: Análisis del Potencial de Obtención de Biometanización en España y Evaluación del Impacto Ambiental asociada a su Proceso de Producción. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.

Biomasa forestal residual:

- Inventario Forestal Nacional. MITECO <https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/inventario-forestal-nacional/default.aspx>

- Estrategia Española para el desarrollo del uso energético de la biomasa forestal residual. MITECO.
https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/publicaciones/Estrategia%20Biomasa%20Forestal%20Residual%20Marzo%202010_tcm30-155830.pdf
- Plan integral de fomento de la biomasa residual agrícola y forestal para uso térmico. Generalitat Valenciana.
- Informe de conciliación de usos energéticos, usos forestales y conservación de la biodiversidad en Aragón.
- Informe de bioenergía en Andalucía. Agencia andaluza de energía.
- Estrategia regional de la biomasa forestal de castilla-la mancha. Junta de Comunidades de Castilla - La Mancha
- Biomasa: Industria: IDAE
<https://www.idae.es/publicaciones/biomasa-industria>

Estimación de la generación de sustratos susceptibles de ser aprovechados

A continuación, se detalla la metodología que se ha seguido para la estimación de cada tipología de sustratos considerados en el informe.

Sustratos ganaderos

Para la determinación del potencial de generación de biometano de los sustratos ganaderos se necesita conocer el total de deyecciones ganaderas que produce la cabaña ganadera. Como no se disponen de datos oficiales sobre las deyecciones ganaderas, estas se han estimado a partir del número de cabezas por tipo de ganado obtenido del censo agrario del 2020 del Instituto Nacional de Estadística (INE) y aplicando un coeficiente de generación de purín/estiércol según tipología de ganado. Los datos se han obtenido por comunidad autónoma, provincia y comarca.

Según los datos publicados en el INE para 2020, los valores generales del número de cabezas de ganado en todo el territorio son los siguientes:

Tabla 2: Número de cabezas de ganado en España*.

Fuente: INE, 2020

*Se excluyen del estudio los equinos y colmenas.

Tipo de ganado	Número de cabezas
Bovinos	6.760.391
Ovinos	16.009.410
Caprinos	2.668.891
Porcinos	30.091.215
Aves de corral	211.580.762
Conejas madres	771.274

Del número de cabezas totales, solo se ha contabilizado las deyecciones del ganado estabulado, es decir, el ganado que se mantiene dentro de granjas y cuyas deyecciones se pueden recoger y tratar. Para conocer el ganado estabulado por tipo se ha establecido un porcentaje de estabulación en función de:

- Ganado ecológico: se considera que todo el ganado ecológico está en libertad, por lo que no se tiene en cuenta a la hora de contabilizar las deyecciones. Los datos del ganado ecológico se han tomado del INE.
- Ganado porcino: se considera que todo el cerdo blanco está estabulado, a excepción del ecológico. Para el cerdo ibérico, se considera el dato medio de un 65,1% criado en intensivo (Fuente: MAPA).

- Ganado bovino: se ha utilizado los datos del INE2009 acerca de la estructura de animales estabulados.
- Ganado avícola: se ha considerado que todo está estabulado excepto el ecológico.
- Ganado ovino y caprino: una vez eliminado el porcentaje de ganado en ecológico, como se desconocen los datos del ganado intensivo, se considera que un 50% restante está estabulado.

La producción de deyecciones ganaderas (purines y estiércoles) se ha calculado a partir del número de cabezas de ganado por comarcas y los datos de generación de deyecciones ganaderas por cabeza publicados en el *Decreto 153/2019, de gestión de la fertilización del suelo y de las deyecciones ramaderas*. Dado que, dentro de una misma tipología de ganado, la generación de deyecciones ganaderas varía en función de sus características y función, se han establecido en las siguientes subdivisiones dentro de cada tipología:

- Bovino
 - Bovinos (menos de 1 año)
 - Machos (1 y 2 años)
 - Machos (2 o más años)
 - Novillas (2 o más años)
 - Vacas lecheras
 - Otras vacas
- Ovino
 - Ovejas madres y corderas para reposición
 - Otros ovinos
- Caprino
 - Cabras madres y chivas para reposición
 - Otros caprinos
- Porcino
 - Cerdas madres y cerdas para reposición de más de 50 kg y más
 - Lechones de menos de 20 kg
 - Otros porcinos (verracos, cebo y reproductores de deshecho)
- Avícola
 - Gallinas ponedoras
 - Pollos de engorde
 - Pavos
 - Patos
 - Otras aves
- Cunícola
 - Conejas madres

Los datos utilizados de generación de deyecciones ganaderas por tipo de ganado son:

Tabla 3: Producción de purines y estiércoles según tipo de ganado.

Fuente: Decreto 153/2019

Tipo de ganado y fase productiva	-Purín	Estiércol
	m ³ /año	t/año
Bovino de leche	17	-
Vacas nodrizas	10	-
Terneritas de reposición	-	7,5
Cría de bovino (animales de 1 a 4 meses en 3 ciclos/año/plaza)	-	1
Engorde de terneros/terneras	-	4
Cerda en ciclo cerrado	17,75	-
Cerda con lechones hasta destete (0-6 kg)	8	-
Cerda con lechones hasta 20 kg	9	-

Cerda de reposición	3	-
Lechones de 6-20 kg	0,41	-
Cerdo de engorde (20-50 kg)	1,6	-
Cerdo de engorde (50-100 kg)	2,5	-
Cerdo de recebo(20-100 kg)	2,15	-
Verraco	6,12	-
Avicultura de puesta (per plaza de gallina ponedora, comercial o selecta)	-	0,04
Polluelos de criar (2,5 ciclos/año/plaza. Animales de 100 días hasta 1,4 kg)	-	0,01
Engorde de pollos (5 ciclos/año/plaza. Tiempo de engorde de 48-50 días)	-	0,02
Engorde de patos (3,5 ciclos/año/plaza)	-	0,10
Producción de conejo (3)	-	0,3
Ovejas de reproducción	-	0,9
Ovino de engorde (2,0 ciclos/año/plaza. Conjunto corderos/corderas)	-	0,3
Ovejas de reproducción	-	0,45
Cabrío de reproducción (con o sin producción lechera)	-	0,72
Cabrío de reposición	-	0,36
Cabrío de sacrificio	-	0,24
Engorde de pavo (3 ciclos/año/plaza. Animales de peso final aproximado de 7 kg)	-	0,20
Ocas	-	0,1
Avestruces adultos (animales de más de 12 meses)	-	0,73
Avestruces de engorde	-	0,4

Sustratos agrarios

La metodología seguida para la determinación total de sustratos generados se ha calculado a partir de las hectáreas por tipo de cultivo obtenido del Censo agrario del 2020 del Instituto Nacional de Estadística (INE). Los datos se han obtenido por comunidad autónoma, provincia y comarca. Los valores generales de las hectáreas por tipo de cultivo en todo el territorio son los siguientes:

Tabla 4: Superficie total nacional por tipo de cultivo*.
Fuente: INE, 2020

*Se excluye la superficie agraria utilizada en invernaderos

Tipo de cultivo	Superficie (ha)
Trigo blando y escanda	1.689.014
Trigo duro	267.101
Cebada	2.788.712
Centeno y mezcla de cereales de invierno (incluido tranquillón)	195.446
Avena y mezcla de cereales de primavera	639.365
Maíz en grano y mezcla de grano-zuro	314.463
Arroz	106.046
Triticale	259.630
Sorgo	6.421
Otros cereales para grano	10.148
Olivar	2.464.420
Viñedo	860.024

Mediante las hectáreas de cada tipo de cultivo por comunidad autónoma provincia y comarca, se obtiene la producción de paja en toneladas. Para ello, es necesario calcular un factor para obtener las toneladas de paja por hectárea para cada tipo de cultivo y tener en cuenta el porcentaje de aprovechamiento del residuo. El factor de producción de paja por hectárea de cultivo se ha obtenido a partir de las producciones de paja y hectáreas totales publicadas en el anuario de estadística agraria de 2019 del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. A continuación, se muestra los factores por tipo de cultivo:

Tabla 5: Ratio de generación de restos vegetales y subproductos por tipo de cultivo

Tipo de cultivo	Factor de residuo (t _{paja} /ha)	Aprovechamiento (%)
Trigo blando y escanda	1,7	100
Trigo duro	1,4	100
Cebada	1,5	100
Centeno y mezcla de cereales de invierno (incluido tranquillón)	1,0	100
Avena y mezcla de cereales de primavera	1,0	100
Maíz en grano y mezcla de grano-zuro	0,9	100
Arroz	5,5	100
Triticale	1,2	100
Sorgo	1,6	100
Otros cereales para grano	0,4	100
Olivar	4,0	80
Viñedo	5,0	20

Sustratos agroalimentarios

El cálculo de los sustratos disponibles de la industria agroalimentaria se ha basado en datos de generación de residuos publicados por Probiogás a nivel comarcal y datos de facturación de las empresas obtenidos en la base de datos de Alimarket.

Para realizar la estimación de los residuos y subproductos generados actualmente, se ha tenido en cuenta los datos publicados por Probiogás referentes al año 2009 y la evolución de cada industria entre 2009 y 2019 mediante los datos de facturación, obtenido de la base de datos de Alimarket. A partir de la evolución de cada sector agroalimentario durante esos 10 años, se ha sacado un coeficiente de desarrollo de cada industria por Comunidad Autónoma. Este coeficiente se ha aplicado a los datos de generación de residuos y subproductos de 2009 para así poder llegar al dato estimado de los residuos y subproductos agroalimentarios producidos en 2019.

A continuación, se muestran los datos de generación de residuos y subproductos y su facturación, así como los coeficientes aplicados:

Tabla 6: Facturación, producción y coeficientes aplicados para subproductos derivados de la industria cárnica.

Fuente: ¹Alimarket, ²Probiogás

Comunidad Autónoma	Facturación ₂₀₀₉ (M.€) ¹	Producción ₂₀₀₉ (t/año) ²	Facturación ₂₀₁₉ (M.€) ¹	Coficiente
Andalucía	2.923	256.598	2.755	0,9
Aragón	1.161	111.587	2.734	2,4
Baleares (Illes)	147	9.843	98	0,7
Canarias	291	11.706	192	0,7
Cantabria	345	36.906	252	0,7
Castilla - La Mancha	1.654	156.726	2.832	1,7
Castilla y León	3.119	295.627	3.217	1,0
Cataluña	4.192	383.157	9.529	2,3
Comunidad de Madrid	1.948	126.591	1.810	0,9
Comunidad Foral de Navarra	521	58.884	752	1,4
Comunidad Valenciana	3.423	250.427	2.143	0,6
Extremadura	425	54.077	745	1,8
Galicia	6.659	496.310	5.301	0,8
La Rioja	149	10.942	295	2,0
País Vasco	523	64.959	512	1,0
Principado de Asturias	185	20.315	126	0,7
Región de Murcia	1.182	110.886	1.757	1,5

Tabla 7: Facturación, producción y coeficientes aplicados para subproductos derivados de la industria láctea.

Fuente: ¹Alimarket, ²Probiogás

Comunidad Autónoma	Facturación ₂₀₀₉ (M.€) ¹	Producción ₂₀₀₉ (t/año) ²	Facturación ₂₀₁₉ (M.€) ¹	Coficiente
Andalucía	1.458	180.645	608	0,42
Aragón	118	12.691	58	0,49
Balears (Illes)	1.101	232.052	80	0,07
Canarias	599	42.204	244	0,41
Cantabria	1.005	102.400	388	0,39
Castilla - La Mancha	1.354	490.777	1.523	1,12
Castilla y León	3.126	880.538	1.585	0,51
Cataluña	643	64.394	933	1,45
Comunidad de Madrid	2.761	421.506	485	0,18
Comunidad Foral de Navarra	366	59.428	114	0,31
Comunidad Valenciana	1.368	42.944	673	0,49
Extremadura	363	31.108	37	0,10
Galicia	1.202	99.531	1.283	1,07
La Rioja	31	11.759	18	0,58
País Vasco	1.261	25.111	412	0,33
Principado de Asturias	1.757	181.753	1.108	0,63
Región de Murcia	289	34.679	150	0,52

Tabla 8: Facturación, producción y coeficientes aplicados para subproductos derivados de otras industrias agroalimentarias.

Fuente: ¹Alimarket, ²Probiogás

Comunidad Autónoma	Facturación ₂₀₀₉ (M.€) ¹	Producción ₂₀₀₉ (t/año) ²	Facturación ₂₀₁₉ (M.€) ¹	Coficiente
Andalucía	39.028	6.722.652	14.069	0,94
Aragón	6.622	1.996.742	3.224	0,97
Balears (Illes)	980	90.559	498	1,68
Canarias	1.074	33.285	1.098	0,57
Cantabria	66	5.285	914	1,65
Castilla - La Mancha	34.347	3.151.104	4.848	1,26
Castilla y León	13.584	6.089.313	6.507	1,43
Cataluña	10.835	1.187.798	19.628	0,58
Comunidad de Madrid	3.946	318.770	4.506	0,27
Comunidad Foral de Navarra	5.540	1.130.798	3.244	1,26
Comunidad Valenciana	22.335	988.922	7.610	0,69
Extremadura	15.578	1.848.116	2.288	1,75
Galicia	7.065	373.021	3.206	0,43
La Rioja	5.341	346.523	1.815	1,59
País Vasco	1.818	284.236	3.643	1,42
Principado de Asturias	643	21.215	739	1,00
Región de Murcia	11.833	451.415	4.299	0,6

Lodos de EDAR

Las producciones de biometano procedentes de las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales se han estimado en base a las producciones de fangos de todas las EDAR en funcionamiento actualmente.

Los datos de generación de fango de las EDAR se han estimado en base caudal de entrada del agua a tratar de cada EDAR, expresado en habitantes equivalente y obtenidos de lagua. A partir de los habitantes equivalentes, es posible calcular la producción de fangos biológicos a partir de la Fórmula empírica de Huisken:

$$\text{Producción de fango} \left(\frac{\text{kg}}{d} \right) = 1,2 \times C_m^{0,23} (\text{empírico}) = 0,97 \frac{\text{kg DBO}_5 \text{ eliminada}}{d}$$

Se han tomado en cuenta las siguientes consideraciones para el cálculo de producción de fangos:

- 1 habitante equivalente (h.e.) = $0,06 \frac{\text{kg DBO}_5}{d}$
- $\text{DBO}_{\text{eliminada}} = 98\%$
- $\text{DBO}_{\text{eliminada}} = 0,0588 \frac{\text{kg DBO}_5}{d}$

Con estos valores la ecuación de Huisken queda:

$$\text{Producción de fango} \left(\frac{\text{kgMS}}{a} \right) = 0,057036 \left(\frac{\text{kgMS}}{d} \right) \times \text{habitante equivalente (h.e.)} \times 365d$$

FORSU

El potencial de biometano de los residuos sólidos urbanos se ha determinado a partir del total de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos generados. Como este dato se desconoce, se necesitan los siguientes datos para poder estimarlo:

- Generación de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) por municipio
- Porcentaje de fracción orgánica contenida en el total de los RSU

Estimación de la generación de RSU por municipio: los datos de generación de RSU por municipio de 2021 se ha obtenido por extrapolación de los datos de 2019 teniendo en cuenta la evolución de la población de 2019 a 2021. La población por municipio de 2019 y 2021, así como la generación de RSU de 2019 se ha obtenido del Instituto Nacional de Estadística (INE). Para poder extrapolar los datos, se ha calculado el factor de generación de por habitante de 2019 y se ha aplicado a la población de 2021. Las fórmulas utilizadas son las siguientes:

$$RSU_{2021} (t) = \frac{\text{Población}_{2021} \times \text{Residuos}_{2019}}{\text{Población}_{2019}}$$

$$\text{Factor de generación de RSU (t/hab)} = \frac{RSU_{2021} (t)}{RSU_{2021} (hab)}$$

A continuación, se muestran los factores de generación de RSU de cada comunidad autónoma y la cantidad de RSU obtenida para 2021:

Tabla 9: Factor de generación de RSU por Comunidades Autónomas.
Fuente: INE, 2021

Comunidad Autónoma	Población (hab)		RSU (t)		Factor generación RSU (t/hab)
	2019	2021	2019	2021	
Andalucía	8.414.240	8.472.407	4.310.649	4.340.448	0,51
Aragón	1.319.291	1.326.261	651.462	654.904	0,49
Principado de Asturias	1.022.800	1.011.792	507.580	502.117	0,50
Islas Baleares	1.149.460	1.173.008	883.808	901.914	0,77
Canarias	2.153.389	2.172.944	1.282.486	1.294.132	0,60
Cantabria	581.078	584.507	337.257	339.247	0,58

Castilla y León	2.383.139	2.399.548	1.088.488	1.081.045	0,45
Castilla - La Mancha	2.049.562	2.032.863	942.075	949.814	0,46
Cataluña	7.763.362	7.675.217	3.797.200	3.840.808	0,49
Comunidad Valenciana	5.058.138	5.003.769	2.497.277	2.524.411	0,50
Extremadura	1.059.501	1.067.710	489.378	485.615	0,46
Galicia	2.695.645	2.699.499	1.175.274	1.173.596	0,44
Comunidad de Madrid	6.751.251	6.663.394	2.664.227	2.699.355	0,40
Región de Murcia	1.518.486	1.493.898	763.068	775.627	0,51
Comunidad Foral de Navarra	661.537	654.214	294.439	297.735	0,45
País Vasco	2.213.993	2.207.776	866.007	868.446	0,39
La Rioja	319.796	316.798	133.764	135.030	0,42

Una vez obtenido el número de toneladas de residuo sólido urbano, se ha tomado como dato de referencia que un 37% de los RSU pertenecen a la FORSU, según datos publicados en el PEMAR 2016-2020 (Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos).

Biomasa forestal

El potencial de la biomasa forestal residual se ha calculado siguiendo la metodología publicada en la Estrategia Española para el desarrollo del uso energético de la biomasa forestal residual. Se ha tenido en cuenta únicamente la biomasa procedente de los restos de los tratamientos selvícolas realizados para el mantenimiento, mejora y renovación de los montes y de las masas forestales. La biomasa forestal se ha estimado en base a la superficie de formaciones forestales arboladas y su posibilidad anual real de producción de biomasa por unidad de superficie.

La superficie de formaciones forestales Arboladas por Comunidad Autónoma se han obtenido del inventario forestal del MITECO. Estas formaciones se han agrupado en varias formaciones dominantes atendiendo principalmente a criterios de especies principales y estructura de la masa. Como no se disponen datos de la Comunidad Valenciana, Aragón, Andalucía y Castilla - La Mancha, los datos se han obtenido de:

- Comunidad Valenciana: Plan integral de fomento de la biomasa residual agrícola y forestal para uso térmico.
- Aragón: Informe de conciliación usos energéticos - usos forestales y conservación de la biodiversidad.
- Andalucía: Informe de bioenergía en Andalucía.
- Castilla - La Mancha: Estrategia regional de la biomasa forestal de Castilla - La Mancha.

La superficie susceptible de aprovechamiento respecto a la superficie total de masas forestales supone un porcentaje cercano al 29% de acuerdo con la Estrategia Española para el desarrollo del uso energético de la biomasa forestal residual y en base a las siguientes limitaciones:

La posibilidad potencial anual para cada una de las especies consideradas y la superficie ocupada por cada una de éstas (dato de ocupación dado en el Inventario Forestal y MFE50).

La biomasa anual realmente disponible se calcula en función de la fracción de cabida cubierta arbórea en cada tesela de vegetación.

La biomasa total anual aprovechable resulta de aplicar a la biomasa real disponible un coeficiente reductor de recogida de los restos generados en función de la pendiente media en cada una de las teselas de vegetación.

Finalmente, la biomasa forestal residual se ha obtenido aplicando la posibilidad anual real de producción de biomasa por unidad de superficie aprovechable. Se ha utilizado la posibilidad anual real de producción de biomasa por unidad de superficie de la Estrategia Española para el desarrollo del uso energético de la biomasa forestal residual, donde se resumen las especies

arbóreas susceptibles de aprovechamiento y su posibilidad anual real de biomasa por unidad de superficie indicadas en la tabla siguiente:

Tabla 10: t/ha del potencial posible de especies. Fuente: Estrategia Española para el desarrollo del uso energético de la biomasa forestal residual

Especie	Potencial	Posibilidad potencial	Anual (t/ha)
Castanea sativa			0,05
Eucalyptus globulus norte			7,46
Eucalyptus camaldulensis norte			7,46
Eucalyptus nitens norte			0,90
Eucalyptus globulus sur			0,90
Eucalyptus camaldulensis sur			0,90
Eucalyptus nitens sur			0,90
Fagus sylvatica			0,46
Pinus halepensis			1,76
Pinus sylvestris			1,98
Pinus uncinata			1,98
Pinus nigra			1,98
Pinus pinaster norte			3,48
Pinus pinaster centro			1,51
Pinus pinea			1,76
Pinus radiata			3,96
Populus alba			6,30
Populus nigra			6,30
Populus tremula			6,30
Populus x canadensis			6,30
Quercus robur			0,36
Quercus faginea			0,99
Quercus ilex			1,42
Quercus petraea			0,36
Quercus pubescens			3,50
Otros			2,77

Cultivos intermedios

La información acerca del potencial de producción de biomasa a partir de cultivos intermedios por Comunidades Autónomas se ha obtenido y contrastado con los siguientes documentos e informes:

- Cultivos intermedios en España: potencial energético, económico y medioambiental de la Asociación Española del Biogás.
- *Impact of the use of the biomethane and hydrogen potential*, de Trinomics y LBST para la Comisión Europea.
- *EU biomethane potential as analysed by Navigant for Gas for Climate*.
- *Biomethane production potentials in the EU*, de Gas for Climate.

1.2 Estimación de potencial de biogás generado a partir de los distintos sustratos

Para la producción de biogás existen dos tecnologías principales según la tipología de materia prima utilizada: la digestión anaerobia y la gasificación. La digestión anaerobia es una tecnología ampliamente implementada a escala comercial para la producción de biogás a partir

de materias primas de fácil degradación, como las deyecciones ganaderas, residuos y sub-productos de la industria agroalimentaria o lodos de aguas residuales. La gasificación es una tecnología en desarrollo, utilizada para convertir residuos de difícil degradación y bajo contenido en humedad, como la madera o la biomasa lignocelulósica.

El potencial de producción de biogás se ha calculado en función de la tecnología implementada, donde se ha asumido que todos los sustratos, a excepción de la biomasa forestal residual, se valorizan por medio de la digestión anaerobia. La biomasa forestal residual se valorizará por medio de la gasificación.

Potencial de biogás de los sustratos valorizados mediante digestión anaerobia

El potencial de biometano de los sustratos valorizables mediante digestión anaerobia se puede calcular si se conocen las cantidades generadas de sustratos y la caracterización de estos, en concreto de los siguientes parámetros:

- Porcentaje de materia seca respecto a la materia fresca total (%MS)
- Porcentaje de sólidos volátiles respecto a la materia seca (%SV)
- Potencial de producción de biogás por tonelada de materia orgánica seca ($\text{Nm}^3_{\text{biogás}}/\text{tnMO}$).

Una vez se conocen dichos parámetros, mediante la siguiente fórmula se puede calcular la producción de biogás generada por cada tipo de residuo:

$$\text{Biogás} \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{a}} \right) = \text{sustrato} \left(\frac{\text{t}}{\text{a}} \right) \times \% \text{Materia Seca} \times \% \text{Materia orgánica} \times \text{Potencial biogás} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{m}^3} \right)$$

Finalmente, para conocer la energía generada a partir del biogás estimado, se necesita conocer el contenido en metano del biogás y el poder calorífico del biogás, de acuerdo con la fórmula:

$$\text{Energía} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{a}} \right) = \text{biogás} \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{a}} \right) \times \% \text{CH}_4 \times \text{PCS} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{m}^3} \right)$$

Para el cálculo de la energía generada se ha considerado el poder calorífico superior del metano, ya que proporciona información de la energía generada que podría inyectarse a la red de gas. El valor del poder calorífico superior considerado en este estudio es el utilizado por las empresas gasistas para el metano (11,07 kWh/m³).

A continuación, se muestra la caracterización de los sustratos que forman parte de este estudio y que se ha utilizado para el cálculo de la producción de biogás:

Sustratos ganaderos

Tabla 11: Caracterización por tipo de ganado.

Fuente: ¹Cuantificación y caracterización de los residuos ganaderos de Guipúzcoa; ²Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung; ³Hernández et al, 2008; ⁴Dalkilic and Urgulu, 2015; ⁵Andrade et al., 2016; ⁶Mönch-Tegeder et al., 2013; ⁷Song et al., 2010; ⁸Decreto 153/2019

Tipo de ganado y fase productiva	MS (%)	SV (%)	Biogás (Nm ³ /t SV)	%CH ₄
Bovino de leche	10,0% ¹	77,9% ¹	350 ²	60,0% ²
Vacas nodrizas	10,0% ¹	77,9% ¹	350 ²	60,0% ²
Terneras de reposición	26,6% ¹	83,3% ¹	300 ²	60,0% ²
Cría de bovino (animales de 1 a 4 meses en 3 ciclos/año/plaza)	26,6% ¹	83,3% ¹	300 ²	60,0% ²
Engorde de terneros/terneras	26,6% ¹	83,3% ¹	325 ²	60,0% ²
Cerda en ciclo cerrado	4,7% ³	70,7% ³	450 ²	62,0% ²
Cerda con lechones hasta destete (0-6 kg)	2,9% ³	70,7% ³	450 ²	62,0% ²
Cerda con lechones hasta 20 kg	2,9% ³	70,7% ³	450 ²	62,0% ²

Cerda de reposición	7,5% ³	72,5% ³	450 ²	62,0% ²
Lechones de 6-20 kg	6,1% ³	63,8% ³	450 ²	62,0% ²
Cerdo de engorde (20-50 kg)	6,1% ³	72,5% ³	450 ²	62,0% ²
Cerdo de engorde (50-100 kg)	7,5% ³	72,5% ³	450 ²	62,0% ²
Cerdo de recebo(20-100 kg)	7,5% ³	72,5% ³	450 ²	62,0% ²
Verraco	7,5% ³	72,5% ³	450 ²	62,0% ²
Avicultura de puesta (per plaza de gallina ponedora, comercial o selecta)	32,0% ²	70,0% ²	500 ⁴	65,0% ⁴
Polluelos de criar (2,5 ciclos/año/plaza. Animales de 100 días hasta 1,4 kg)	32,0% ²	70,0% ²	500 ⁴	65,0% ⁴
Engorde de pollos (5 ciclos/año/plaza. Tiempo de engorde de 48-50 días)	32,0% ²	70,0% ²	500 ⁴	65,0% ⁴
Engorde de patos (3,5 ciclos/año/plaza)	28,2% ⁶	60,7% ⁷	441 ⁷	60,0% ⁸
Producción de conejo (3)	33,0% ⁷	80,0% ⁷	210 ⁷	60,0% ⁸
Ganado equino	28,5% ⁶	90,0% ⁶	364 ⁶	55,0% ⁶
Ovejas de reproducción	37,0% ⁵	76,5% ⁵	275 ⁵	62,0% ⁵
Ovino de engorde (2,0 ciclos/año/plaza. Conjunto corderos/ corderas)	37,0% ⁵	76,5% ⁵	276 ⁵	62,0% ⁵
Ovejas de reproducción	37,0% ⁵	76,5% ⁵	277 ⁵	62,0% ⁵
Cabrío de reproducción (con o sin producción lechera)	37,0% ⁵	76,5% ⁵	278 ⁵	62,0% ⁵
Cabrío de reposición	37,0% ⁵	76,5% ⁵	279 ⁵	62,0% ⁵
Cabrío de sacrificio	37,0% ⁵	76,5% ⁵	280 ⁵	62,0% ⁵
Engorde de pavo (3 ciclos/año/plaza. Animales de peso final aproximado de 7 kg)	32,0% ²	70,0% ²	500 ⁴	65,0% ⁴

Sustratos agrícolas

Tabla 12: Caracterización por tipo de cultivo

Fuente: 2Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung

Tipo de cultivo	MS (%)	SV (%)	Biogás (Nm ³ /t SV)	Biogás (%CH ₄)
Trigo blando y escanda	92%	91%	375	55%
Trigo duro	92%	91%	375	55%
Cebada	92%	91%	375	55%
Centeno y mezcla de cereales de invierno (incluido tranquillón)	92%	91%	375	55%
Avena y mezcla de cereales de primavera	92%	91%	375	55%
Maíz en grano y mezcla de grano-zuro	89%	91%	390	55%
Arroz	90%	91%	350	55%
Triticale	92%	91%	375	55%
Sorgo	92%	91%	390	55%
Otros cereales para grano	92%	91%	375	55%
Olivar	30%	90%	480	55%
Viñedo	28%	90%	550	55%

Sustratos agroindustriales

Tabla 13: Caracterización de los sustratos agroalimentarios

Fuente: IDAE, Probiogás, 2Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung.

Sustrato	MS (%)	SV (%)	Biogás (Nm ³ /t SV)	Biogás (%CH ₄)
Lodos EDARi cárnica	20%	85%	550	60%
Materias primas de cárnica	20%	85%	550	60%
Lodos EDARi pescado	20%	85%	550	60%
Materias primas de pescado	35%	90%	500	60%
Lactosuero	5%	70%	475	60%
Lodos EDARi láctea	15%	75%	450	60%

Mat. Primas prod. Lacteos y otros	6%	89%	742	60%
Alpechín	14%	88%	550	55%
Alperujo	30%	90%	500	60%
Bagazo industria cervecera	25%	96%	600	62%
Excedentes cítricos	18%	96%	450	60%
Excedentes frutales no cítricos	15%	95%	500	60%
Excedentes hortalizas	10%	89%	550	60%
Excedentes tubérculos	11%	91%	656	60%
Glicerinas	85%	98%	875	65%
Lodos EDARi transformación vegetal	12%	85%	500	55%
Materias primas industria sidra	25%	85%	550	60%
No conformes cítricos	21%	96%	500	60%
No conformes frutales no cítricos	30%	88%	660	60%
No conformes hortalizas	10%	89%	550	60%
No conformes tubérculos	15%	97%	546	60%
Transformación cítricos	12%	90%	550	60%
Transformación frutales no cítricos	12%	89%	450	55%
Transformación hortalizas	10%	85%	500	60%
Transformación tubérculos	11%	91%	656	60%

Lodos de EDAR

Tabla 14: Caracterización de los Lodos de EDAR

Tipo de sustrato	MS (%)	SV (%)	Biogás (Nm ³ /t SV)	%CH ₄
Lodo de EDAR	100%	75%	500	55%

En el caso de los lodos de EDAR, a partir de la *Ecuación 2* se obtiene el total de materia seca de los lodos de EDAR, por lo que la materia seca considerada en los lodos es del 100%. La caracterización en cuanto a sólidos volátiles y potencial de producción de biogás proviene de analíticas de lodos de EDAR proporcionadas por FACSA.

FORSU

Tabla 15: Caracterización para los residuos sólidos urbanos.

Fuente: ¹Sánchez Nocete, 2021; ²MITECO; ³AEBIG

Tipo de sustrato	MS (%)	SV (%)	Biometano (Nm ³ /t SV)	%CH ₄
FORSU	29% ¹	77% ²	382 ¹	63% ³

Potencial de los sustratos valorizados mediante gasificación

A partir de la biomasa aprovechable y su poder calorífico, se ha estimado la energía que se podría generar con la biomasa forestal residual. Para ello, se ha utilizado el Poder Calorífico obtenido del informe de la biomasa del Instituto para la diversificación y ahorro de la energía para la leña y ramas con un 30% de humedad (3,43 kW/kg). El dato del poder calorífico con un contenido de humedad del 30% se ha obtenido mediante regresión lineal de los datos publicados por el IDAE con un 20% y 40% de humedad.

2. Definición del escenario óptimo para el desarrollo del biometano

Para poder establecer un escenario de desarrollo del biometano a nivel nacional, se han identificado el número de plantas de biometano que se podrían implementar en España y su posible ubicación, en base al potencial identificado y su distribución geográfica. Para establecer el escenario óptimo para el desarrollo del biometano, se establecen una serie de hipótesis para la ubicación de las plantas de biogás. Los criterios son los siguientes:

- El 100% del potencial identificado es aprovechable para la producción de biometano.
- Si en la comarca hubiera alguna otra planta de biogás agroindustrial funcionando, depuradora o planta de RSU, se descontará del potencial la potencia actual de la planta de biogás existente.
- Hay tres tipos de plantas de biometano según la procedencia de los sustratos:
 - Instalaciones donde se traten residuos agropecuarios, agroindustriales, lodos y FORSU.
 - Instalaciones donde se trate la biomasa procedente de los cultivos intermedios.
 - Instalaciones donde se trate la biomasa forestal residual. Se valoriza mediante un proceso de gasificación.
- El tamaño de planta es de:
 - Instalaciones donde se traten residuos: 40 GWh/año.
 - Instalaciones donde se tratan cultivos intermedios: 100 GWh/año.
 - Instalaciones de gasificación: 75, 100, 150 y 200 GWh/año.

Una vez identificado el número de instalaciones que se podrían implementar, se ha identificado los municipios óptimos donde poder ubicar las plantas. Para la ubicación de las plantas de biometano, donde se tratan residuos ganaderos, agrícolas, agroalimentarios y lodos de EDAR, se ha priorizado su ubicación en:

- Municipios que dispongan de red de distribución de gas natural.
- Municipios que dispongan de red de transporte de gas natural.
- Municipios cercanos a carreteras principales.

En cuanto a las plantas de biometano que utilizan cultivos intermedios y las plantas de gasificación, se han ubicado en municipios con mayores extensiones agrícolas y forestales, respectivamente, dentro de cada comarca.

El presente informe de Sedigas,
Estudio de la capacidad de producción de biometano en España, 2023,
ha sido desarrollado en colaboración con PwC y Biovic.

sedigas

