

PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030



Castilla-La Mancha

INDICE

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....	6
2. OBJETIVOS DEL PLAN DE BIOMETANIZACIÓN.....	8
3. SITUACIÓN Y POTENCIAL.....	10
3.1. Potencial de generación de biogás en Castilla-La Mancha.....	11
3.1.1. Residuos ganaderos.....	15
3.1.2. Residuos agrarios.....	19
3.1.3. Residuos agroindustriales.....	22
3.1.4. Residuos EDAR.....	24
3.1.5. Residuos FORSU.....	25
4. MARCO NORMATIVO.....	27
4.1. Proceso de tramitación de las plantas de biogás.....	37
5. ESTADO DEL ARTE DE LA VALORIZACIÓN DEL BIOGÁS Y DEL DIGERIDO.....	40
5.1. Que es el biogás.....	40
5.1.1. Digestión anaerobia.....	40
5.2. Valorización del biogás.....	41
5.2.1. Biogás para uso térmico.....	41
5.2.2. Biogás para uso eléctrico o cogeneración.....	41
5.2.3. Depuración de biogás para producción de biometano.....	41
5.3. Valorización del digerido.....	42
5.3.1. Propiedades agronómicas y factores favorecedores del digerido.....	43
5.3.2. Captura del carbono y beneficios del digerido frente a la sequía.....	46
5.3.3. Tecnologías para el tratamiento del digerido.....	47
5.3.4. Tecnologías para la concentración de nutrientes del digerido líquido.....	48
5.3.5. Tecnologías para la recuperación de nutrientes del digerido líquido.....	49
5.3.6. Tecnologías para el tratamiento del digerido líquido.....	49
6. CRITERIOS DE ACTUACIÓN.....	51
6.1. Alcance y partes.....	52
6.2. Ubicación de las plantas de digestión anaerobia.....	53
6.2.1. Ubicación y distancias de aplicación del digerido.....	53
6.2.2. Estudios de afección por transportes.....	55
6.2.3. Otras consideraciones.....	56
6.3. Sustratos de entrada.....	57
6.3.1. Tipología de plantas en función de la dieta.....	58
6.3.2. Selección de la dieta óptima.....	59



**PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN
DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030**

6.3.3.	Almacenamiento de los sustratos.....	60
6.4.	Proceso de producción.	63
6.4.1.	Digestor (metanizador).	63
6.4.2.	Valorización del biogás.	69
6.4.3.	Minimización de emisiones atmosféricas.	71
6.4.4.	Construcción y operación de la planta de digestión anaerobia.	72
6.4.5.	Plan de comunicación social.	75
6.5.	Digerido.....	78
6.5.1.	El uso del digerido y su valorización en la agricultura.....	79
6.5.2.	Plan de gestión del digerido.....	85
Anexo I. Sustratos aptos para la biometanización		102
Anexo II. Términos y definiciones		104



INDICE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Número de plantas de biogás según los objetivos de producción de biometano a 2030.	9
Ilustración 2. Ubicación de las plantas de biogás existentes en Castilla-La Mancha (2024).	11
Ilustración 3. Mapa de las comarcas agrarias clasificadas por generación de residuos.	12
Ilustración 4. Mapa de las comarcas agrarias clasificadas por potencial total de producción de biogás.	12
Ilustración 5. Comparativa de los residuos totales (t/a) según los diferentes sectores generadores de residuos.	13
Ilustración 6. Comparativa del potencial de biogás (Nm ³ /h) según los diferentes sectores generadores de residuos.	14
Ilustración 7. Comparativa de la generación de residuos (t/a) por tipo de ganado.	15
Ilustración 8. Comparativa del potencial de biogás (Nm ³ /h) por tipo de ganado.	16
Ilustración 9. Mapa de las comarcas agrarias clasificadas por generación de residuos en toda la ganadería.	17
Ilustración 10. Mapa de las comarcas agrarias clasificadas por el potencial de biogás en toda la ganadería.	17
Ilustración 11. Generación de residuos y potencial de biogás a nivel de ganadería porcina.	18
Ilustración 12. Generación de residuos y potencial de biogás a nivel de ganadería bovina.	18
Ilustración 13. Generación de residuos y potencial de biogás a nivel de ganadería ovina.	18
Ilustración 14. Generación de residuos y potencial de biogás a nivel de ganadería caprina.	19
Ilustración 15. Mapa de las comarcas agrarias clasificadas por potencial de biogás a nivel de ganadería avícola.	19
Ilustración 16. Mapa de las comarcas agrarias clasificadas por potencial de biogás a nivel de ganadería equina.	19
Ilustración 17. Mapa de las diferentes comarcas agrarias clasificadas según su generación de residuos a nivel de agricultura.	21
Ilustración 18. Mapa de las diferentes comarcas agrarias clasificadas según su potencial de biogás a nivel de agricultura.	21
Ilustración 19. Mapa de las diferentes comarcas agrarias clasificadas según su generación de residuos a nivel de las industrias agroalimentarias.	23
Ilustración 20. Mapa de las diferentes comarcas agrarias clasificadas según su potencial de biogás a nivel de las industrias agroalimentarias.	23
Ilustración 21. Mapa de las diferentes comarcas agrarias clasificadas según su generación de residuos a nivel de EDAR.	24
Ilustración 22. Mapa de las diferentes comarcas agrarias clasificadas según su potencial de biogás a nivel de EDAR.	25
Ilustración 23. Mapa de las diferentes comarcas agrarias clasificadas según su generación de residuos a nivel de forsu.	26
Ilustración 24. Mapa de las diferentes comarcas agrarias clasificadas según su potencial de biogás a nivel de forsu.	26
Ilustración 25. Características de los digeridos después de la separación sólido-líquida y riqueza en nutrientes.	46
Ilustración 26. Posibles valorizaciones del digerido en su fracción sólida y fracción líquida.	80
Ilustración 27. Zonas vulnerables por nitratos de Castilla-La Mancha.	87
Ilustración 28. Correlación de las zonas vulnerables con los residuos ganaderos (t/a) en Castilla-La Mancha.	88
Ilustración 29. Correlación de las zonas vulnerables con las hectáreas dedicadas a la agricultura en Castilla-La Mancha.	89



INDICE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de los distintos tipos residuos correspondiente a Castilla-La Mancha con el código LER, la generación de residuos totales al año y el potencial de biogás (Nm ³ /h).....	13
Tabla 2. Potencial de residuos ganaderos (t/año) y potencial de biogás (Nm ³ /h).	15
Tabla 3. Hectáreas por tipo de cultivo en Castilla-La Mancha con su generación total de residuos (t/a) y su potencial de biogás (Nm ³ /h).....	20
Tabla 4. Generación de residuos y potencial de biogás por categorías de la industria agroalimentaria.	22
Tabla 5. Generación de residuos al año y potencial de biogás correspondiente a EDAR.....	24
Tabla 6. Generación de residuos al año y potencial de biogás correspondiente a FORSU.	25
Tabla 7. Parámetros técnicos de los sustratos relacionados con la digestión anaerobia.....	59
Tabla 8. Perfiles térmicos para el proceso de digestión anaerobia.....	64
Tabla 9. Inhibidores en procesos de descomposición anaeróbica y concentraciones perjudiciales.	67
Tabla 10 Parámetros operacionales clave en la digestión anaerobia.....	68
Tabla 11. Límites de composición del biometano de acuerdo con el protocolo de detalle PD-01.....	70
Tabla 12. Periodos de exclusión de la aplicación de digeridos.	93
Tabla 13. Equipos de aplicación de digerido, características y sus pérdidas por volatilización.	94
Tabla 14. Valores límite de metales pesados en los suelos agrarios.	99
Tabla 15. Valores límite de metales pesados en los digeridos.....	99
Tabla 16. Códigos LER: Materias primas aptas para la biometanización basados en el anexo IV del Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes	102



1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.

En los últimos años, la tendencia de la producción primaria de las energías renovables ha aumentado exponencialmente, en contraste con las fuentes de energía no renovable. Dentro del sector de las energías renovables, el desarrollo del biogás y biometano contribuye al despliegue de modelos híbridos de electrificación y gases renovables, representando la opción más eficiente para lograr los objetivos de descarbonización con un coste mucho más reducido debido al aprovechamiento de parte de la infraestructura de transporte y almacenamiento del gas natural existente.

La reducción de las emisiones contaminantes no es el único problema que podría resolver el consumo de biogás o biometano. Los modelos económicos actuales derivan en la generación de grandes cantidades de residuos orgánicos, cuyo aprovechamiento para la producción de biogás y biometano generaría un beneficio no solo para el medioambiente, sino que también fomentaría la economía circular.

Por otro lado, la necesidad de fertilizantes para asegurar la alimentación de todo el mundo hace que las importaciones de éstos también hayan aumentado. Con el objetivo de buscar soluciones alternativas a los elevados precios de los productos fertilizantes y de su dependencia de importaciones, el digerido, material residual de la producción de biogás, se ha convertido en una alternativa de gran provecho por su papel como fertilizante y mejorador del suelo, pudiendo minimizar el uso de fertilizantes minerales y la contaminación que estos generan en el medio ambiente.

El uso del digerido mejora la calidad del suelo fomentando la salud del suelo y su biodiversidad, su capacidad de retención de agua y contribuye a la mejora de la productividad agrícola, asegurando la viabilidad a largo plazo de la agricultura regional. El aumento de la materia orgánica que lleva asociado la aplicación de digerido incrementa la captura de CO₂ por parte de los suelos. Asimismo, las plantas de biogás pueden actuar como reguladoras de la materia orgánica y fertilizantes en las zonas vulnerables por nitratos, al centralizar el control en el digerido para poder gestionar las dosis y calendarios de las distintas zonas con necesidad de fertilización.

Castilla-La Mancha tiene un potencial de producción de biometano de 8,1 TWh/a debido a la importancia que tiene el sector primario en la economía, especialmente en las zonas rurales donde predominan las actividades agroganaderas, grandes generadoras de residuos aptos para biometanización. La generación de biogás en estas regiones es una oportunidad a la gestión sostenible de los residuos, generación de nuevo empleo en zonas rurales, así como la fijación del actual en sectores como la agricultura y la ganadería, además de favorecer la mejora de la competitividad y el emprendimiento en geografías poco pobladas, garantizando la funcionalidad de estos territorios.

A pesar de las claras ventajas medioambientales de la producción y el consumo de biogás y biometano y de su avanzado desarrollo en otras geografías europeas, se detectan diversas preocupaciones en la sociedad sobre las consecuencias del auge de las plantas de biogás y biometano. Para desmitificar los efectos negativos de las plantas de biogás y biometano, es importante mostrar total transparencia y minimizar todos los posibles impactos que se pueden generar en torno a una planta de biogás.



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

En todo este contexto, además, hay que asegurarse de que esta alternativa cumple con el marco normativo de aplicación. Las plantas de biogás y biometano están condicionadas por la normativa de residuos, la de elaboración de fertilizantes, la de nutrición sostenible de los suelos, la normativa de subproductos animales no destinados al consumo humano (SANDACH) y la normativa relativa a las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos, entre otras.

Ante esta situación, la necesidad de redactar este plan obedece al establecimiento de unos objetivos de desarrollo del sector del biogás en la región, así como aunar los criterios que las instalaciones han de cumplir en cuanto a su ubicación, gestión de los sustratos, la producción del biogás y la gestión del digerido para que el desarrollo de la citada actividad se integre perfectamente en el entorno donde se ubique.

Cabe destacar que a lo largo de la redacción de este documento hay acciones obligatorias marcadas por la normativa y acciones recomendadas, debiendo ser evaluadas por la administración o bien por las Entidades Colaboradoras de la Administración (ECAs)



2. OBJETIVOS DEL PLAN DE BIOMETANIZACIÓN.

Para alcanzar el éxito del plan regional de biometanización se establecen unos objetivos de cara a 2030 que permitan potenciar el sector en la región. Castilla-La Mancha cuenta con un potencial de 8,1 TWh/a y con una capacidad de valorización de materia orgánica vía metanización de 15,7 millones de toneladas anuales. Conforme al potencial de la región, se establece un objetivo de producción mínima de biometano de 2,8 TWh/a para 2030.

La implantación de estos objetivos tendrá un impacto medioambiental positivo, puesto que permitirá alcanzar un ahorro de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de 509.600 toneladas de CO₂ equivalente por la sustitución del gas natural de origen fósil. No obstante, la reducción de emisiones de CO₂ se prevé que sea altamente superior, al generar un impacto positivo en la gestión de deyecciones ganaderas y residuos orgánicos, así como por la adición de materia orgánica al suelo por la aplicación de digerido, la cual actuará como sumidero de CO₂.

A partir de estos objetivos, se pretende implementar un número alrededor de 80-100 plantas de biometanización, previéndose una inversión privada total de 1.425 millones de €. Asimismo, se prevé la creación de un total de 665 puestos de trabajos directos y 950 indirectos, es decir, en total se espera una creación de 1.615 puestos de trabajos a partir del despliegue del sector del biogás.

A partir del desarrollo del sector del biogás, de manera transversal, se pretende reducir la contaminación de las aguas por nitratos mediante la gestión centralizada de las deyecciones ganaderas y el correcto uso de la fertilización nitrogenada.



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

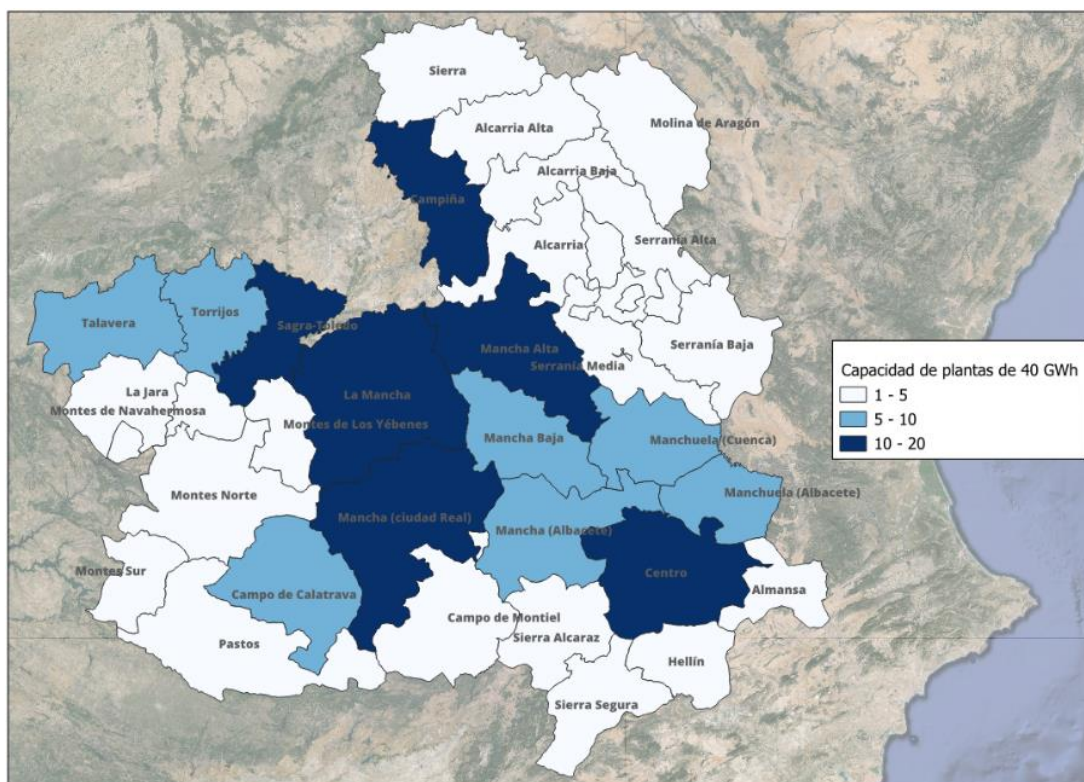


ILUSTRACIÓN 1. NÚMERO DE PLANTAS DE BIOGÁS SEGÚN LOS OBJETIVOS DE PRODUCCIÓN DE BIOMETANO A 2030.

Es importante destacar que estos objetivos dependerán de la iniciativa privada ya que no se dispone de una dotación presupuestaria por parte del Gobierno de Castilla-La Mancha al no estar dentro de sus competencias la promoción de plantas de biogás. No obstante, la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha establecerá el marco normativo y los medios necesarios para que estos objetivos puedan cumplirse.



3. SITUACIÓN Y POTENCIAL.

Con la introducción del Plan REPowerEU, la estrategia energética de la Unión Europea ha estado guiada por la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero y la reducción de la dependencia exterior del sector gasista, en línea con los objetivos de neutralidad climática dentro del Pacto Verde Europeo. Los gases renovables, como el biometano, tienen un papel muy importante en el cumplimiento de estos objetivos, ya que, por su similitud con el gas natural, es posible utilizarlo para los mismos fines, contribuyendo así a la descarbonización de ciertos sectores difíciles de electrificar y a la independencia de importaciones de gas natural, especialmente del gas ruso.

La Comisión Europea ha reconocido el valor del biometano como fuente de energía renovable, de forma que se ha establecido como objetivo una producción de biometano de 35.000 millones de metros cúbicos para 2030, 18.000 millones más que lo establecido con el plan “Fit for 55”. Para conseguirlo, los principales países europeos establecieron un mínimo de consumo de biometano, como sustitutivo del gas natural del 10%, sin embargo, en países con mayor despliegue del sector del biogás y biometano, como Francia y Dinamarca, este porcentaje se ha fijado en un 20% y hasta un 75%, respectivamente.

Con todo ello, la generación de biogás y biometano ha aumentado en los últimos años a un ritmo cada vez más rápido. En 2021 en Alemania, uno de los países de la UE que más depende de las importaciones de gas natural, se construían 238 plantas de biometano, con una producción de 12.753 GWh, mientras que, en Francia, con 477 plantas, se producían 4.337 GWh, y en Dinamarca con 51 plantas, se producían 5.683 GWh de biometano¹

Según el estudio publicado por Sedigas, de los 35.000 millones de m³ de biometano mencionados anteriormente, un 12% se podría producir en nuestro país, encontrándose entre los tres primeros países de la Unión Europea en cuanto a potencial de producción de biometano. Diversos informes estiman el potencial de biometano nacional en más de 100 TWh anuales. Sin embargo, a diferencia de otros países europeos, el número de plantas no ha aumentado de la misma forma. En España, en 2022 se construyeron 5 plantas de biometano, un número muy reducido frente a las casi 100 plantas construidas en Francia, dejando atrás a nuestro país en cuanto a objetivos de descarbonización.

En el momento de redacción de este documento en Castilla-La Mancha hay un total de 15 plantas de biogás, las cuales se pueden ver representadas en la Ilustración 2 a lo largo de la geografía manchega.

¹ Hay países en los que no se construyen tantas plantas, sin embargo, hay una mayor producción de biometano, esto es debido al tamaño de las plantas; en Dinamarca y en Alemania, como se puede observar, hay una mayor tendencia hacia la construcción de plantas grandes, con mayor producción, por otro lado, en Francia, la tendencia es hacia construcciones más pequeñas.



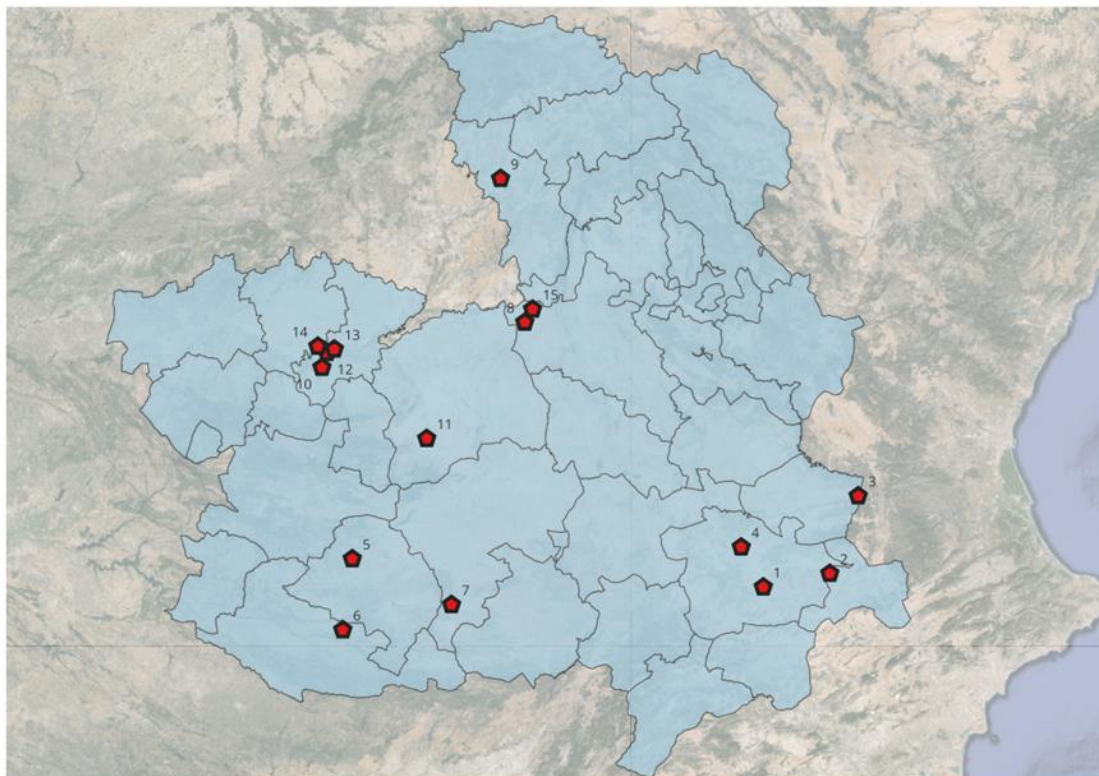


ILUSTRACIÓN 2. UBICACIÓN DE LAS PLANTAS DE BIOGÁS EXISTENTES EN CASTILLA-LA MANCHA (2024).

3.1. Potencial de generación de biogás en Castilla-La Mancha.

Castilla-La Mancha tiene una posición ventajosa frente a otras comunidades autónomas en cuanto a su potencial de producción energética a partir de biogás, lo que la encabeza como ubicación idónea para implementar este tipo de proyectos. Su fuerte mercado agroganadero permite obtener un gran volumen de residuos aptos para la biometanización que se ve directamente reflejado en el potencial total de producción de biogás. En concreto, la comunidad cuenta con un potencial total de biogás de 8,1 TWh/a partir de una generación de residuos de 5,7 millones de toneladas anuales.

Este inventario aborda la variedad de sectores que contribuyen a la generación de residuos orgánicos aptos para biometanización. Incluye la ganadería en cuanto a porcino, avícola, equino, caprino, ovino y bovino, así como los residuos provenientes de las industrias agroalimentarias, los sistemas de tratamiento de aguas residuales y la fracción orgánica de los residuos sólidos municipales (FORSU).

A continuación, se muestra el potencial total identificado en Castilla-La Mancha:

PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN
DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

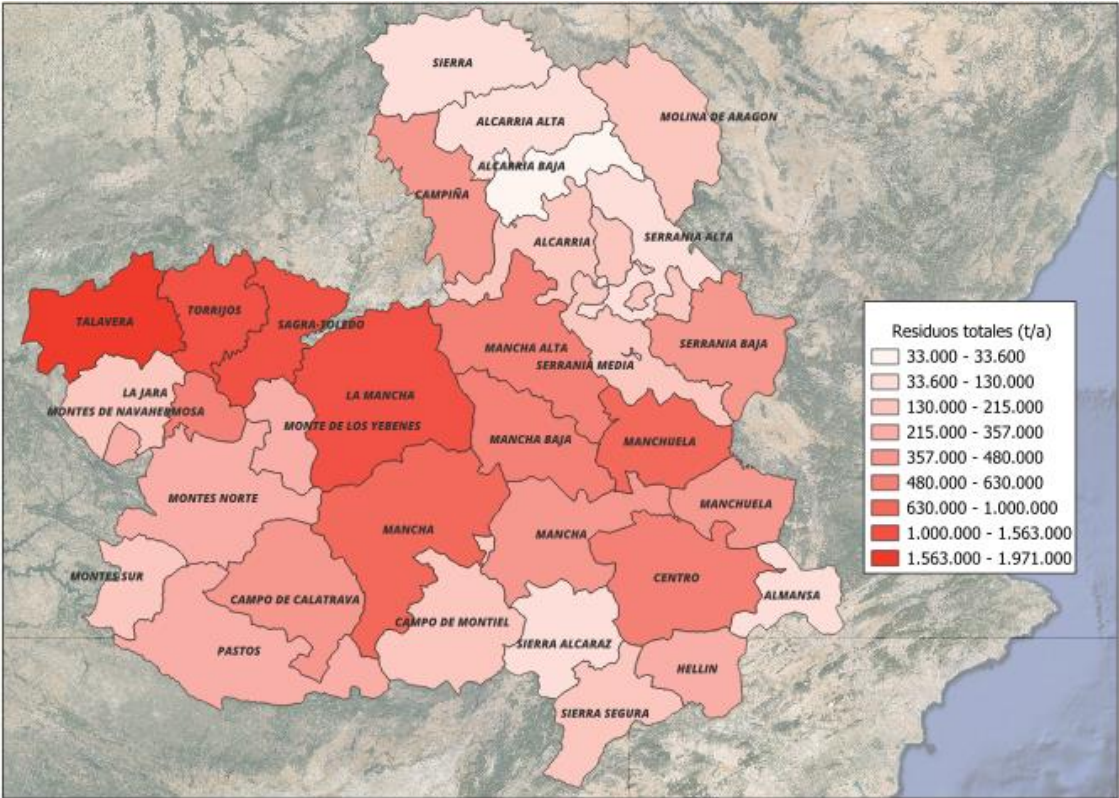


ILUSTRACIÓN 3. MAPA DE LAS COMARCAS AGRARIAS CLASIFICADAS POR GENERACIÓN DE RESIDUOS.

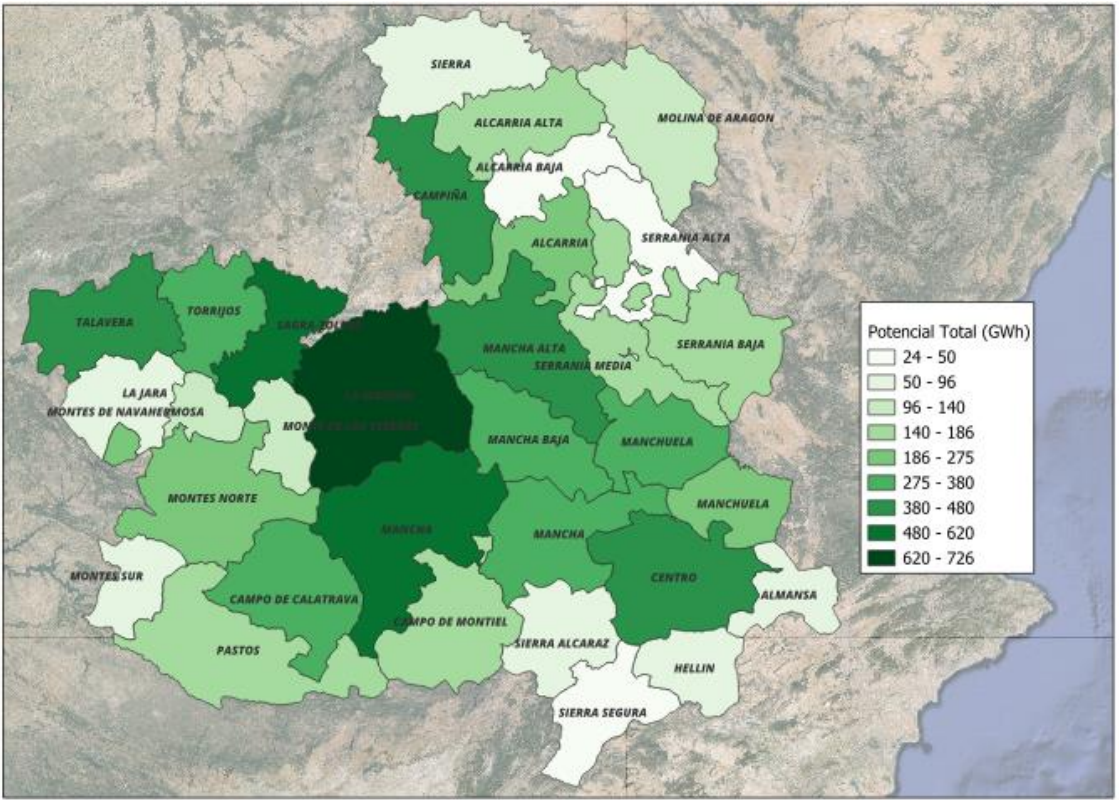


ILUSTRACIÓN 4. MAPA DE LAS COMARCAS AGRARIAS CLASIFICADAS POR POTENCIAL TOTAL DE PRODUCCIÓN DE BIOGÁS.



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

TABLA 1. CLASIFICACIÓN DE LOS DISTINTOS TIPOS RESIDUOS CORRESPONDIENTE A CASTILLA-LA MANCHA CON EL CÓDIGO LER, LA GENERACIÓN DE RESIDUOS TOTALES AL AÑO Y EL POTENCIAL DE BIOGÁS (NM³/H).

Sector	Código LER	Residuos (t/año)	Potencial de biogás (Nm³/h)	Potencial de biogás (GWh/a)
Bovino Ovino Caprino Porcino Avícola Equino Agricultura Residuos agroindustriales EDAR FORSU	Estiércol	2.650.879	8.155	474
	Estiércol	1.027.759	9.132	531
	Estiércol	237.442	2.186	127
	Purín	5.605.256	8.190	476
	Estiércol	1.430.483	18.289	1.064
	Estiércol	82.786	882	51
	Varios	1.971.050	69.647	4.052
	Varios	1.505.387	120.260	615
	Lodos	873.286	6.367	370
	Residuos municipales	350.434	5.416	322
TOTAL		15.734.762	248.524	8.082

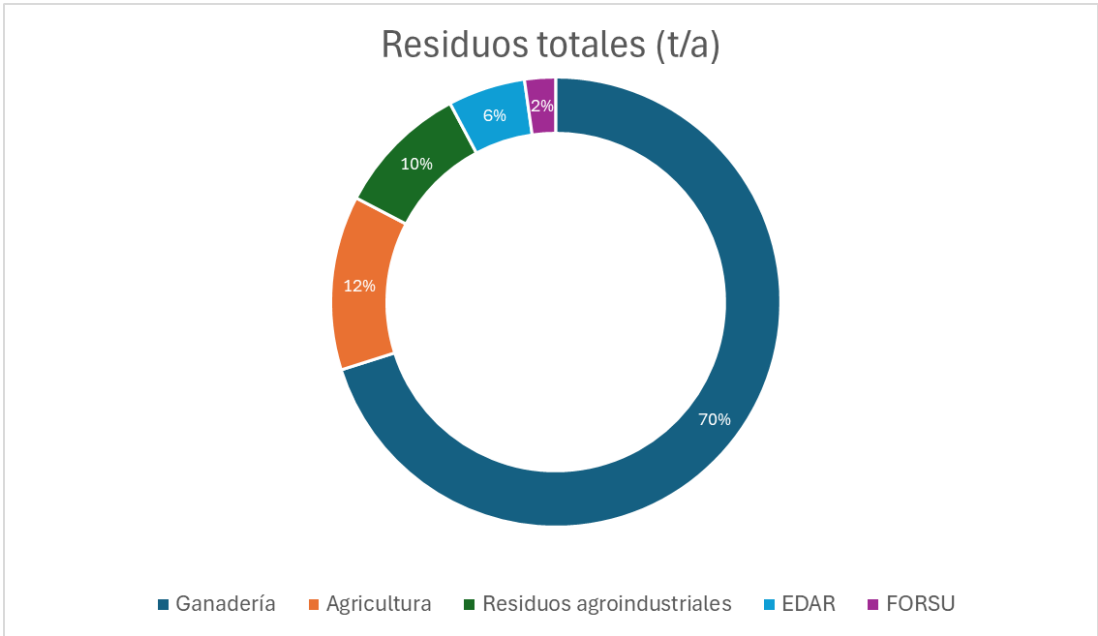


ILUSTRACIÓN 5. COMPARATIVA DE LOS RESIDUOS TOTALES (T/A) SEGÚN LOS DIFERENTES SECTORES GENERADORES DE RESIDUOS.

PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

Al observar la comparativa de la generación total de residuos al año, resalta que el principal sector con mayor generación corresponde al ganadero, representando un 70% del total, seguido del sector de la agricultura con un 12% y el sector agroindustrial con el 10%. En cambio, los residuos producidos en las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR) y municipales (FORSU), son los que menos impacto tienen en la generación de residuos, con un 6%, y 2% del total, respectivamente, debido a la baja densidad poblacional de la región.

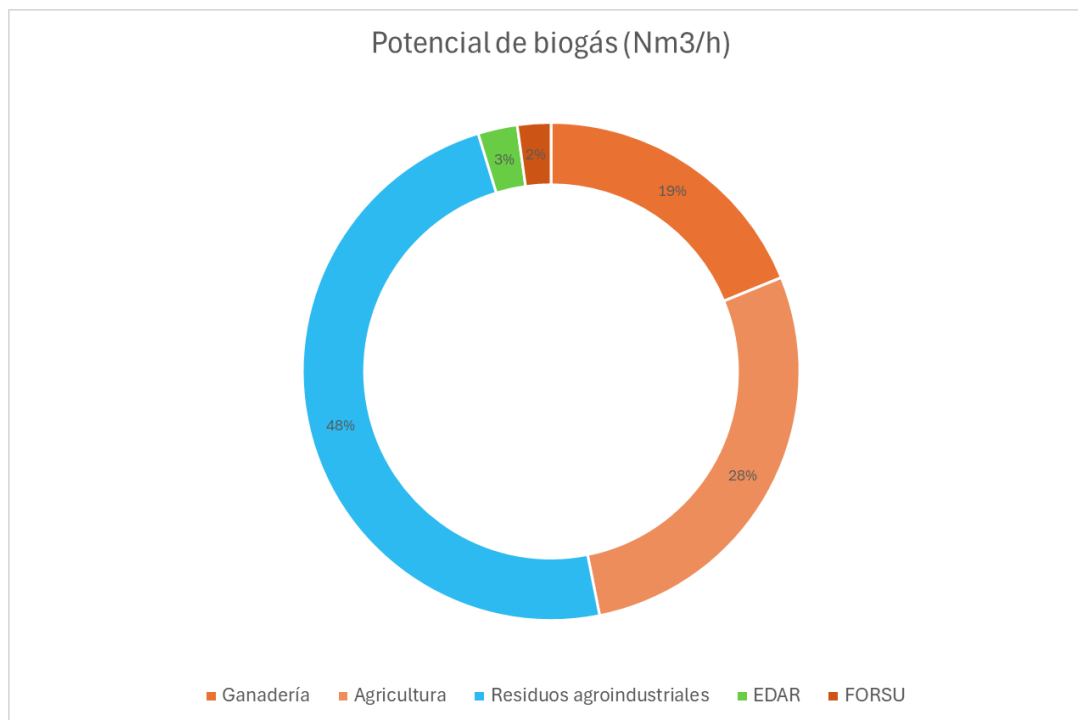


ILUSTRACIÓN 6. COMPARATIVA DEL POTENCIAL DE BIOGÁS (NM³/H) SEGÚN LOS DIFERENTES SECTORES GENERADORES DE RESIDUOS.

En cuanto al potencial de biogás de las distintas industrias, cabe destacar el cambio del sector ganadero ya que en la producción de residuos correspondía al 70% pero en capacidad de metalización únicamente el 19% debido al menor potencial de biometanización de los purines, formados principalmente por agua. El sector agroindustrial se pone a la cabeza con un 48% del potencial de biometanización total. Le sigue el sector agrícola, que corresponde al 28% del total.



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

3.1.1. Residuos ganaderos.

Para conocer el potencial de generación de biogás del sector ganadero, se ha calculado el potencial de generación de purines y estiércoles a partir del censo del Registro de Explotaciones Ganaderas (REGA) existentes en Castilla-La Mancha.

TABLA 2. POTENCIAL DE RESIDUOS GANADEROS (T/AÑO) Y POTENCIAL DE BIOGÁS (NM³/H).

Sector		Residuo	Generación de residuos (t/año)	Potencial de biogás (Nm³/h)	GWh/a
Ganadería	Bovino	Estiércol	2.650.879	8.155	474
	Ovino	Estiércol	1.027.759	9.132	531
	Caprino	Estiércol	237.442	2.186	127
	Porcino	Purín	5.605.256	8.190	476
	Avícola	Gallinaza	1.430.483	18.289	1.064
	Equino	Estiércol	82.786	882	51
TOTAL			11.034.606	46.836	2.725

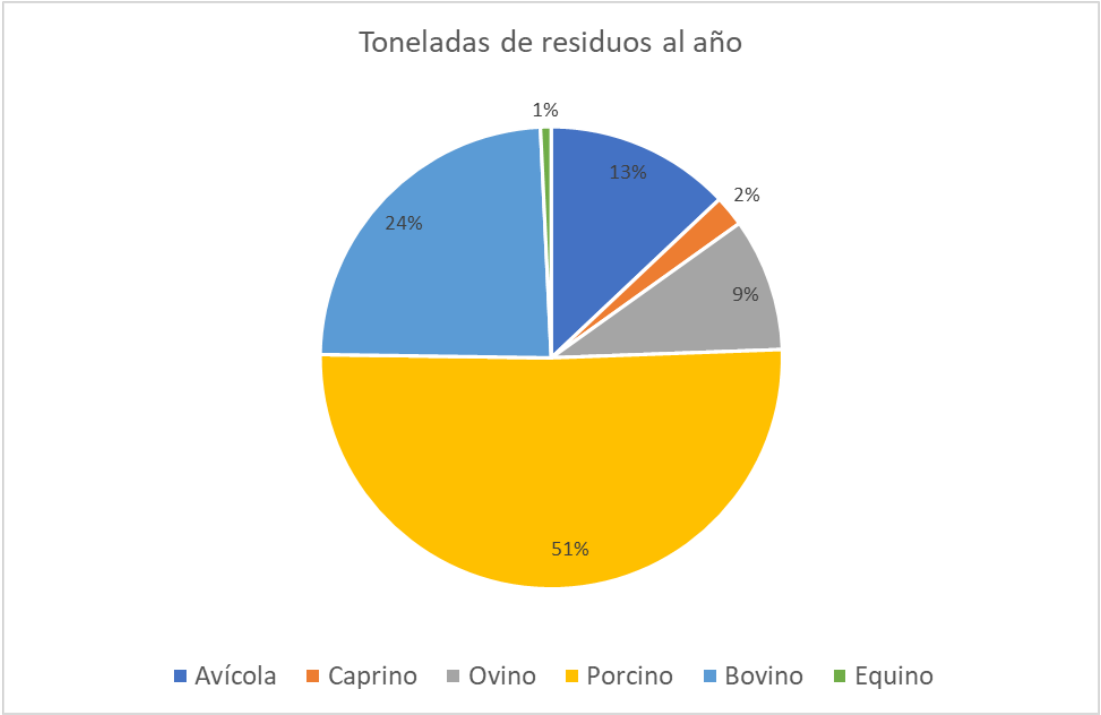


ILUSTRACIÓN 7. COMPARATIVA DE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS (T/A) POR TIPO DE GANADO.

PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

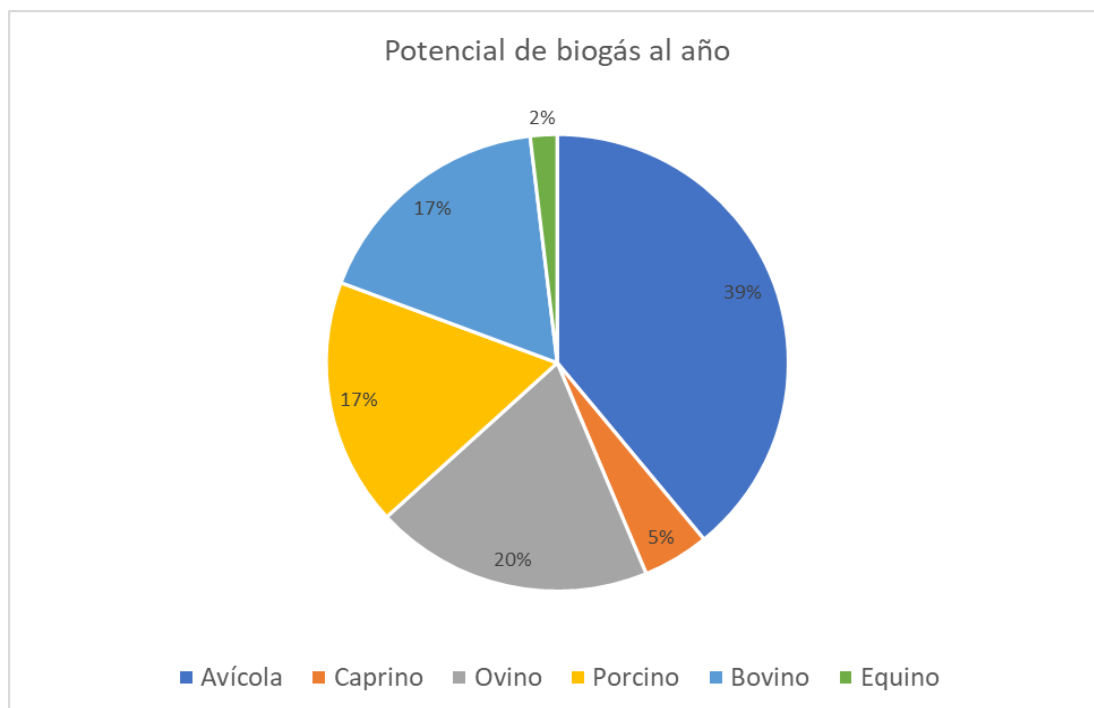


ILUSTRACIÓN 8. COMPARATIVA DEL POTENCIAL DE BIOGÁS (NM³/H) POR TIPO DE GANADO.

Podemos destacar que, al analizar la generación de biogás a partir de los diversos desechos ganaderos, se observa que el sector porcino sobresale como el principal generador, contribuyendo con más del 50% del total de toneladas de residuos producidos en la región. No obstante, al evaluar la producción de biogás de estos sectores, se evidencia una disminución notable en su potencial. Este fenómeno se atribuye a que los residuos porcinos presentan limitaciones en cuanto a su capacidad para la producción de biogás, debido a su alto contenido en agua, representando únicamente un 17% del total.

Resulta interesante notar que el sector ganadero que más producción de biogás genera es el avícola, con un 39% del total, seguido por el ovino con un 20%. A continuación, se sitúa el bovino y el porcino con un 17%, seguido por el caprino, que representa el 5% de la producción total de biogás. Por último, el sector equino exhibe el menor potencial en cuanto a la generación de biogás, contribuyendo únicamente con un 2% del total regional.

En las siguientes imágenes se presenta por las diferentes comarcas agrarias la generación de residuos que se generan en ellas, así como el potencial de biogás de cada una de ellas.



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

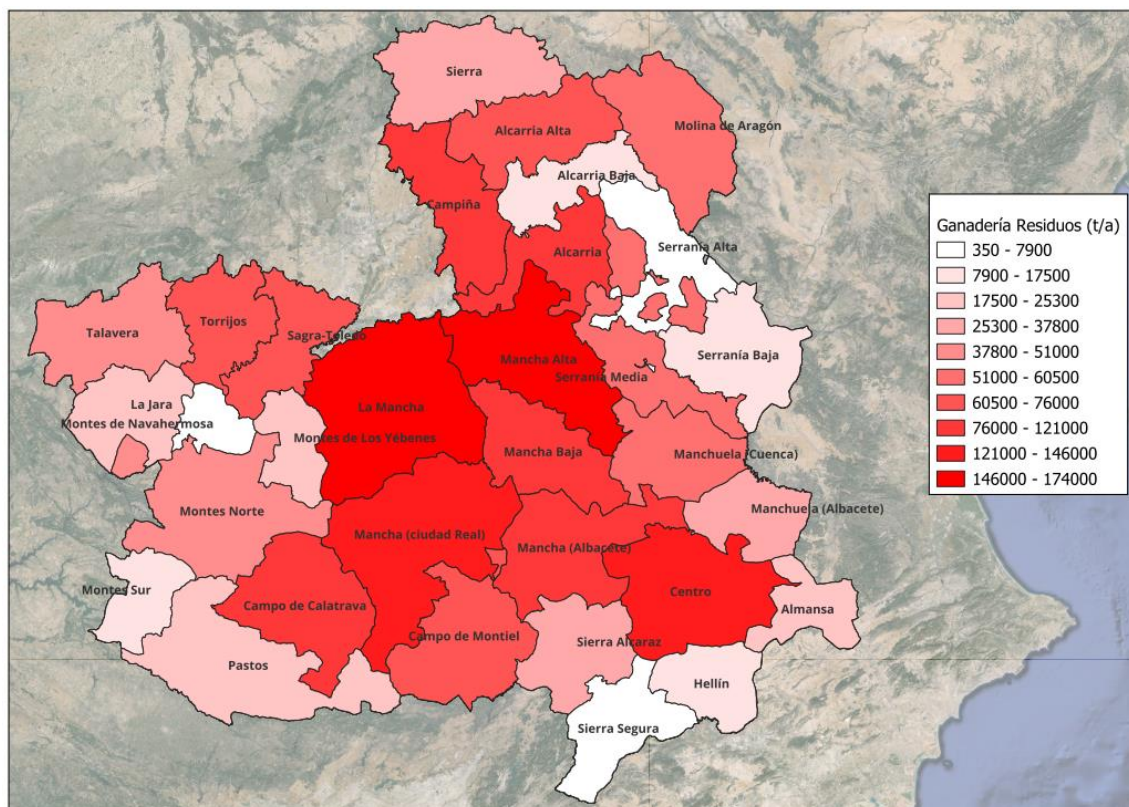


ILUSTRACIÓN 9. MAPA DE LAS COMARCAS AGRARIAS CLASIFICADAS POR GENERACIÓN DE RESIDUOS EN TODA LA GANADERÍA.

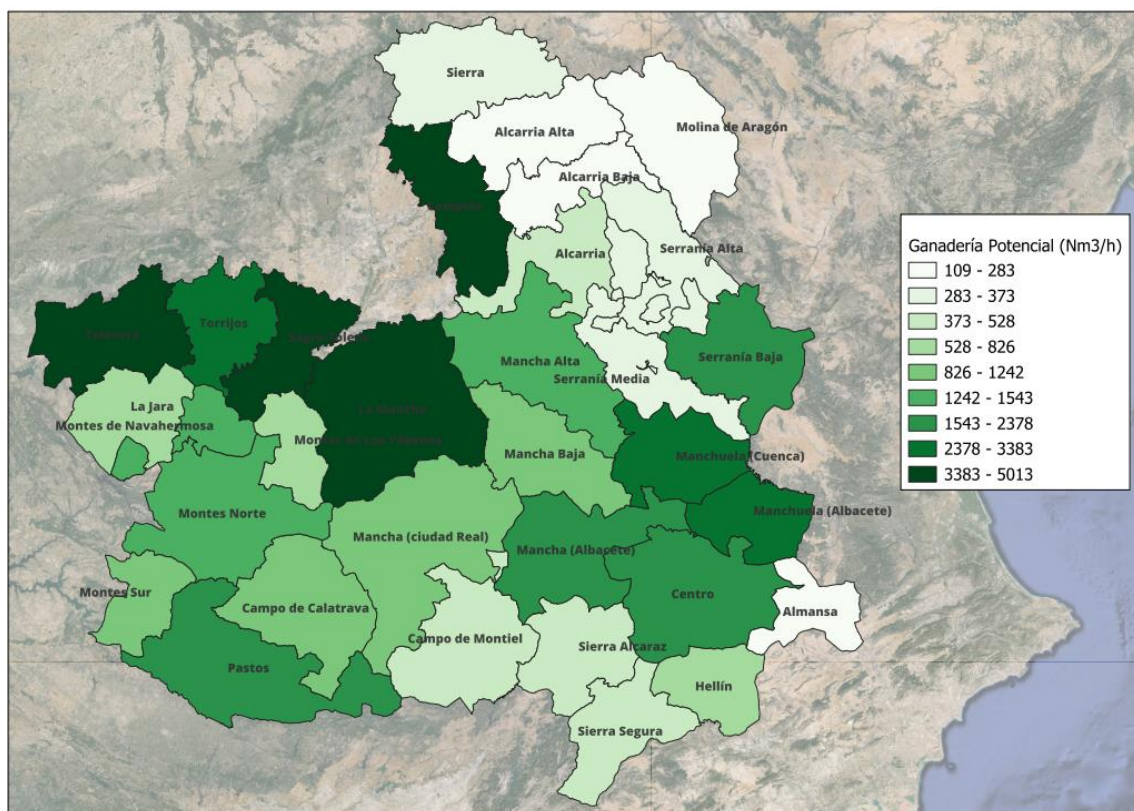


ILUSTRACIÓN 10. MAPA DE LAS COMARCAS AGRARIAS CLASIFICADAS POR EL POTENCIAL DE BIOGÁS EN TODA LA GANADERÍA.



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

A continuación, se presentan mapas según el tipo de ganadería la cantidad de residuos y potencial de biogás que genera, correspondiente a porcino, bovino, ovino, caprino, avícola y equino respectivamente:

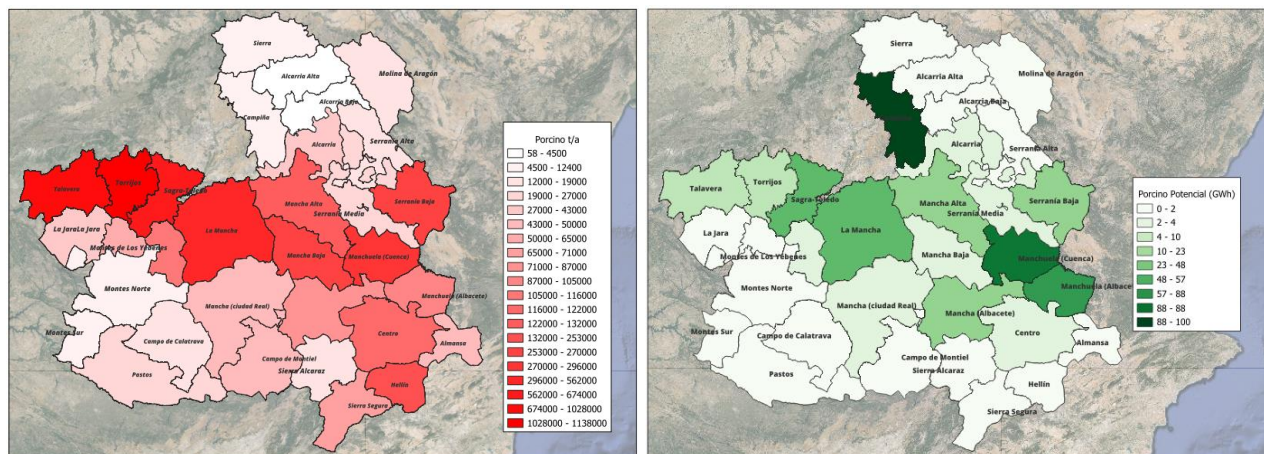


ILUSTRACIÓN 11. GENERACIÓN DE RESIDUOS Y POTENCIAL DE BIOGÁS A NIVEL DE GANADERÍA PORCINA.

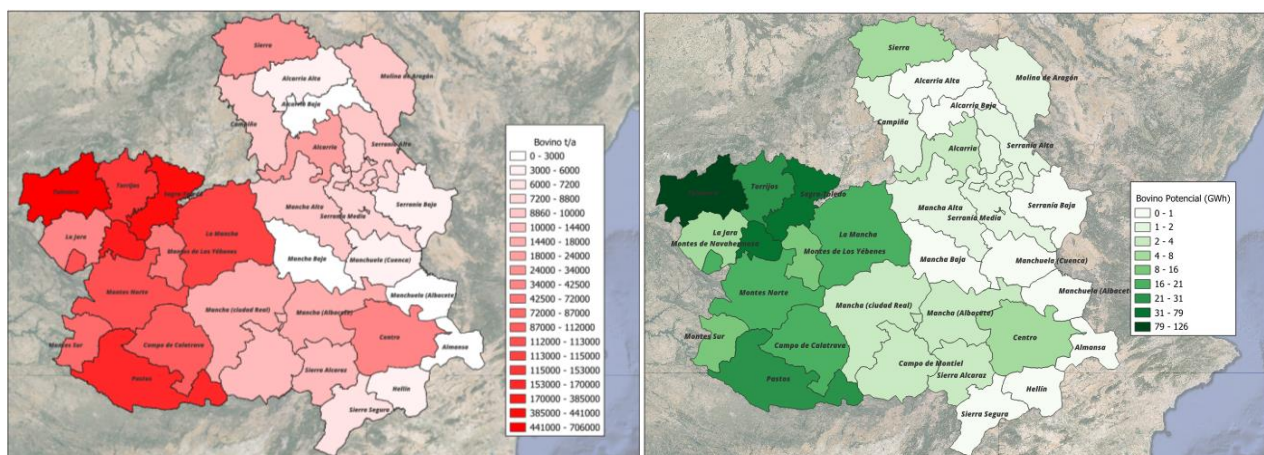


ILUSTRACIÓN 12. GENERACIÓN DE RESIDUOS Y POTENCIAL DE BIOGÁS A NIVEL DE GANADERÍA BOVINA.

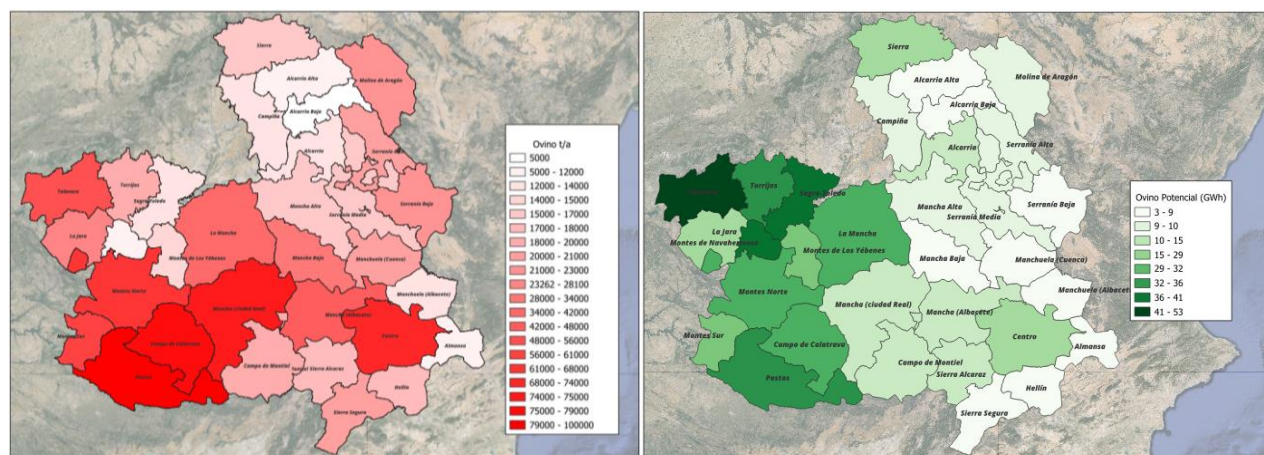


ILUSTRACIÓN 13. GENERACIÓN DE RESIDUOS Y POTENCIAL DE BIOGÁS A NIVEL DE GANADERÍA OVINA.



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

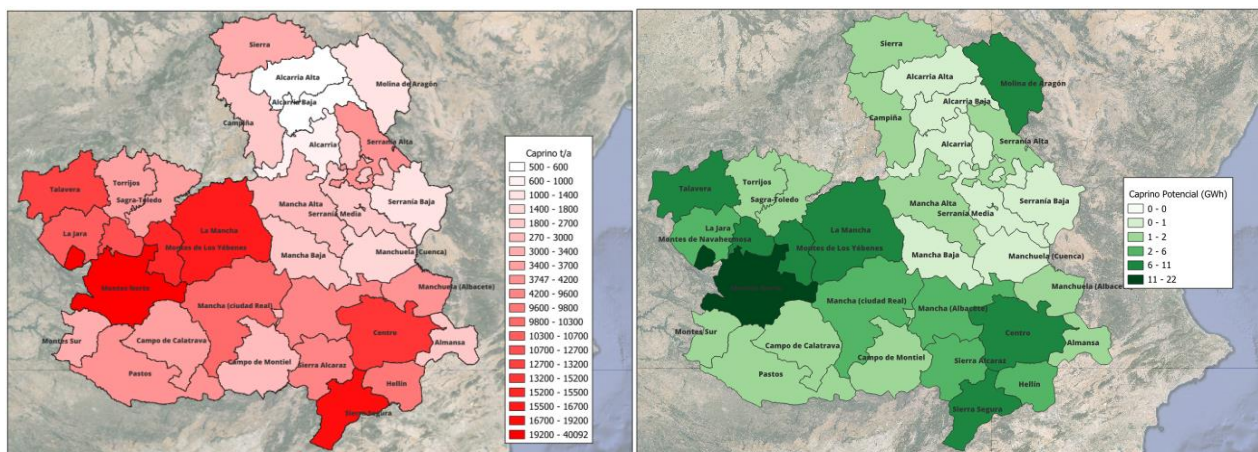


ILUSTRACIÓN 14. GENERACIÓN DE RESIDUOS Y POTENCIAL DE BIOGÁS A NIVEL DE GANADERÍA CAPRINA.

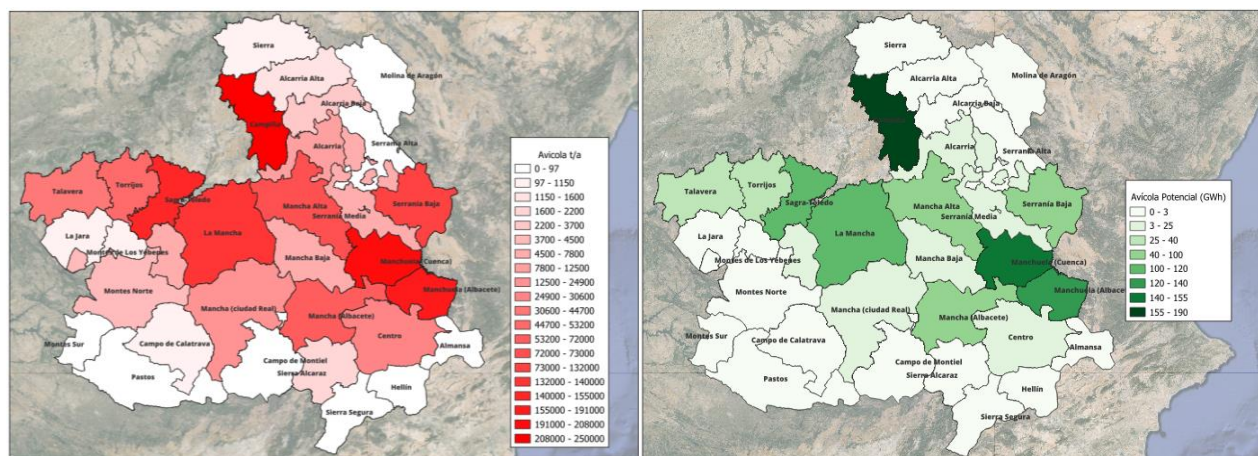


ILUSTRACIÓN 15. MAPA DE LAS COMARCAS AGRARIAS CLASIFICADAS POR POTENCIAL DE BIOGÁS A NIVEL DE GANADERÍA AVÍCOLA.

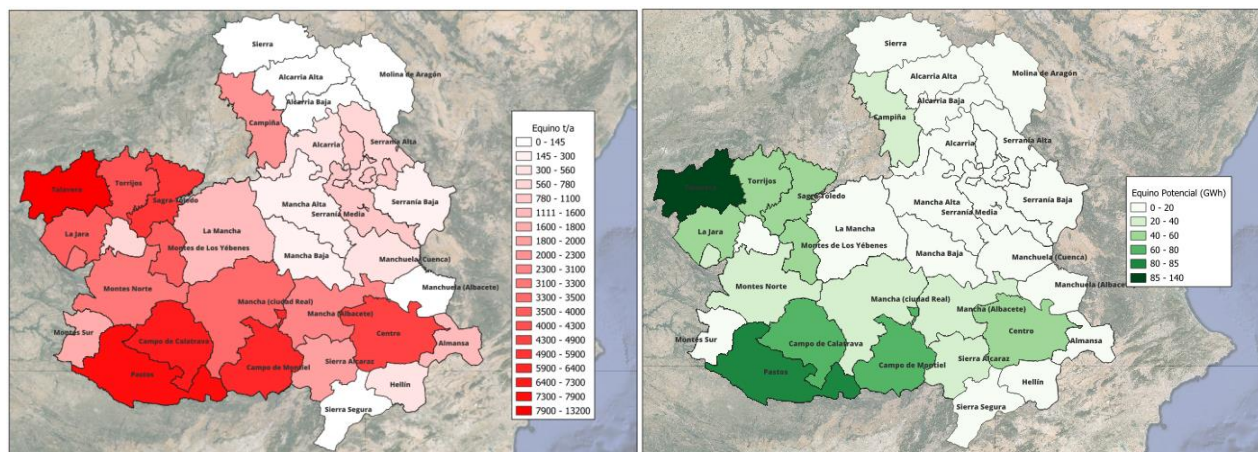


ILUSTRACIÓN 16. MAPA DE LAS COMARCAS AGRARIAS CLASIFICADAS POR POTENCIAL DE BIOGÁS A NIVEL DE GANADERÍA EQUINA.

3.1.2. Residuos agrarios.

Según los datos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, en la Comunidad de Castilla-La Mancha existen 1.374.964 ha dedicadas al cultivo de cereales. En la Tabla 3 se presentan los distintos cultivos a lo largo de la comunidad con su superficie aprovechada, los residuos y el potencial de producción de biogás.



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

TABLA 3. HECTÁREAS POR TIPO DE CULTIVO EN CASTILLA-LA MANCHA CON SU GENERACIÓN TOTAL DE RESIDUOS (T/A) Y SU POTENCIAL DE BIOGÁS (NM³/H).

Tipo de cultivo	Superficie (ha.)	Residuos (t/año)	Potencial de biogás (Nm ³ /h)	GWh/a
Arroz	121	665	19	1
Avena y mezcla de cereales de primavera	185.487	185.487	7.127	415
Cebada	804.129	1.206.193	43.077	2.506
Centeno y mezcla de cereales de invierno (incluido tranquillón)	27.386	27.386	961	56
Maíz en grano y mezcla de grano-zuro	18.317	16.485	390	23
Otros cereales para grano	627	250	8	0,4
Sorgo	261	417	15	0,8
Trigo blando y escanda	253.975	431.757	14.389	837
Trigo duro	4072	5.700	189	11
Triticale	80.589	96.706	3.465	202
TOTAL	1.374.964	1.971.050	69.647	4.052

Se observa que los cultivos más prominentes en términos de superficie cultivada y generación de residuos son la cebada y seguidos del trigo blando y escanda y avena. Estos cultivos representan la mayor parte de la producción agrícola y, por ende, la generación de residuos asociados.

En total, los cultivos agrícolas analizados generan un total de 1.971.050 toneladas de residuos por año y tienen un potencial de producción de biogás de 69.647 Nm³/h, lo que resulta en la generación de aproximadamente 4.052 GWh/a de energía eléctrica. Estos números subrayan el importante papel que los residuos agrícolas pueden desempeñar en la producción de energía renovable y en la transición hacia un sistema energético más sostenible y resiliente.

En los siguientes dos mapas se presenta la situación por comarcas agrarias la generación de residuos y el potencial de biogás que podría tener estos residuos.



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

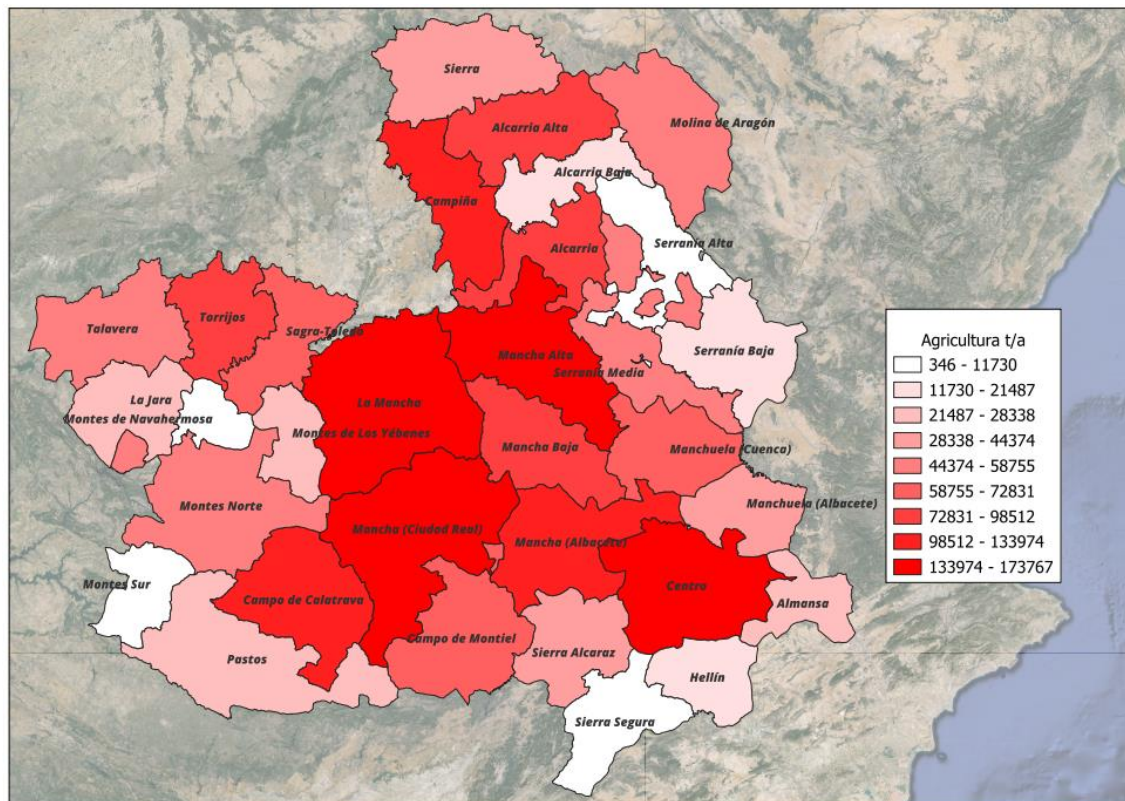


ILUSTRACIÓN 17. MAPA DE LAS DIFERENTES COMARCAS AGRARIAS CLASIFICADAS SEGÚN SU GENERACIÓN DE RESIDUOS A NIVEL DE AGRICULTURA.

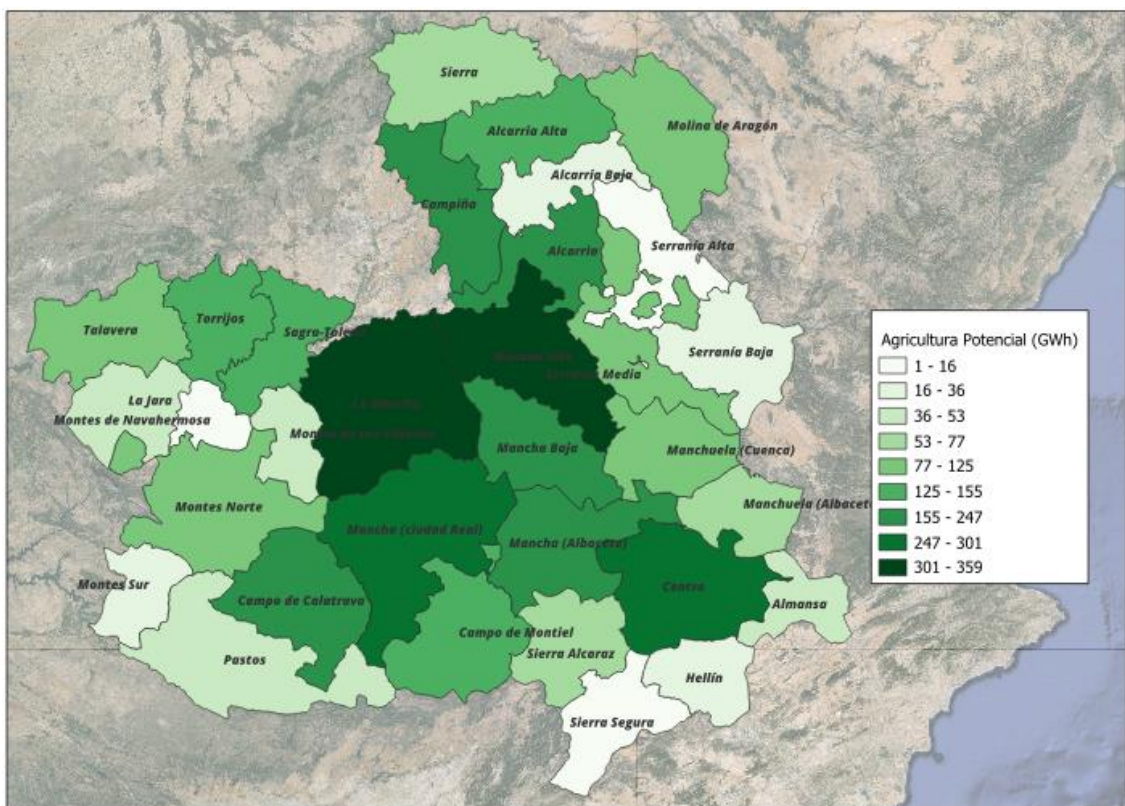


ILUSTRACIÓN 18. MAPA DE LAS DIFERENTES COMARCAS AGRARIAS CLASIFICADAS SEGÚN SU POTENCIAL DE BIOGÁS A NIVEL DE AGRICULTURA.



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

3.1.3. Residuos agroindustriales.

La agroindustria en Castilla-La Mancha abarca una amplia diversidad de sectores, desde la producción de vino y aceite de oliva hasta la transformación de alimentos como el café, productos lácteos, la cerveza, productos cárnicos, las conservas de pescado, los dulces, las frutas y hortalizas, entre otros. Estas industrias desempeñan un papel crucial en la economía regional, generando no solo productos finales de alta calidad, sino también una cantidad significativa de residuos a lo largo de sus procesos de producción y procesamiento.

En el sector de la industria agroalimentaria, se generan alrededor de 1.505.386 toneladas de residuos al año, con un potencial de biogás de 10.606 Nm³/h y una energía de 615 GWh/a. No obstante, esta cifra es estimativa y se espera que la generación de residuos sea mayor.

La industria agroalimentaria, se categoriza dependiendo del tipo de industria que genera el residuo. A continuación, en la Tabla 4 se muestra la generación de residuos y el potencial de biogás por categoría.

TABLA 4. GENERACIÓN DE RESIDUOS Y POTENCIAL DE BIOGÁS POR CATEGORÍAS DE LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA.

Tipo de residuo	Generación de residuos (t/año)	Potencial de biogás (Nm ³ /h)	GWh/a
<i>Residuos lácteos</i>	2.038	20	1
<i>Alimentación animal</i>	5.660	201	12
<i>Pan y bollería</i>	595	44	3276
<i>Vinazas</i>	329.063	592	34
<i>No conformes de restos hortofrutícolas</i>	1.679	13	1
<i>Subproductos hortofrutícolas</i>	7.180	57	3
<i>Excedentes hortofrutícolas</i>	5.598	45	3
<i>Lactosueros</i>	306.558	3.163	183
<i>Alpechín</i>	7.775	59	3
<i>Café</i>	20.971	203	12
<i>Subproductos cárnicos</i>	82.607	992	58
<i>Aguas residuales almazaras</i>	87.293	156	9
<i>Aguas residuales bodegas</i>	615.635	4.769	276
<i>Lodos cárnicos</i>	17.308	165	10
<i>Lodos EDAR vegetal</i>	6.216	39	2
<i>Lodos lácteos</i>	9.203	87	5
TOTAL	1.505.387	10.605	615



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

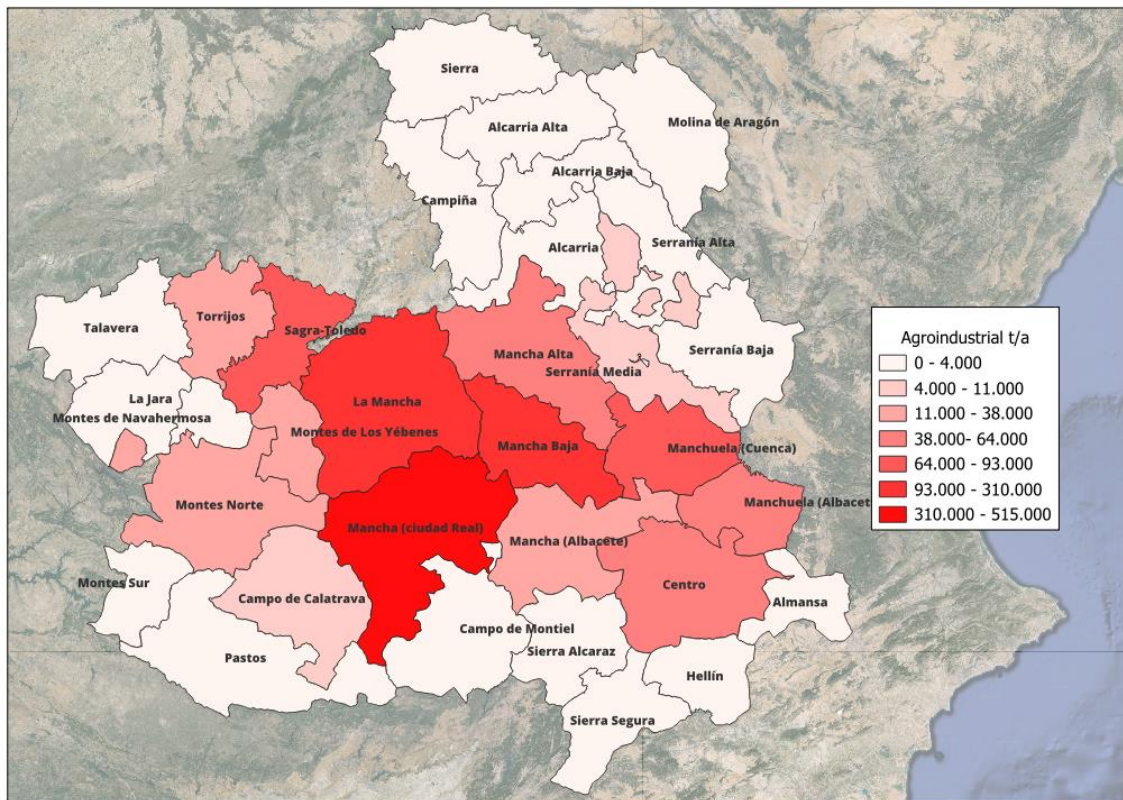


ILUSTRACIÓN 19. MAPA DE LAS DIFERENTES COMARCAS AGRARIAS CLASIFICADAS SEGÚN SU GENERACIÓN DE RESIDUOS A NIVEL DE LAS INDUSTRIAS AGROALIMENTARIAS.

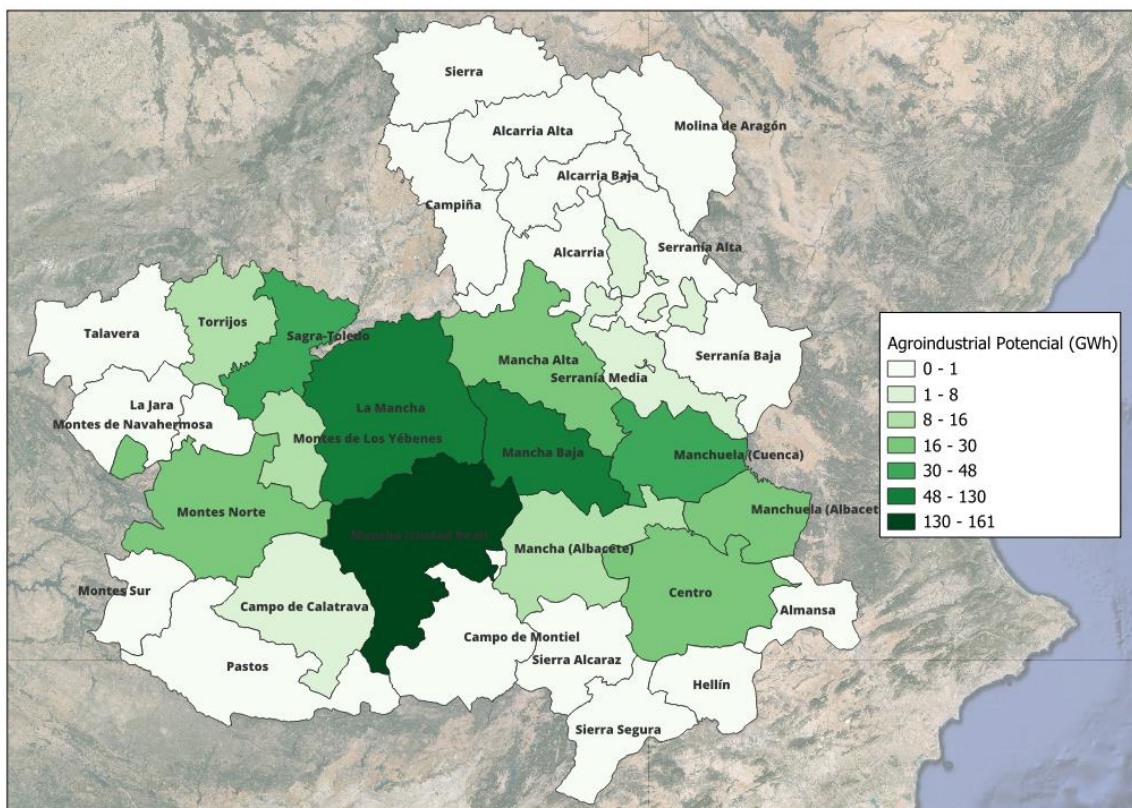


ILUSTRACIÓN 20. MAPA DE LAS DIFERENTES COMARCAS AGRARIAS CLASIFICADAS SEGÚN SU POTENCIAL DE BIOGÁS A NIVEL DE LAS INDUSTRIAS AGROALIMENTARIAS.



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN
DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

3.1.4. Residuos EDAR

Las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR) desempeñan un papel esencial en el tratamiento de las aguas residuales. Durante el proceso de tratamiento del agua residual se generan unos lodos que contienen una alta concentración de materia orgánica y que pueden ser sometidos a procesos de digestión anaeróbica para su estabilización.

A partir de los datos del volumen de agua tratado en las EDAR, se ha calculado una generación de 873.286 t/a de lodos en la región. Esto representa un total de 370 GWh/a de potencial de generación de biogás, como se muestra a continuación:

TABLA 5. GENERACIÓN DE RESIDUOS AL AÑO Y POTENCIAL DE BIOGÁS CORRESPONDIENTE A EDAR.

Sector	Residuos (t/año)	Potencial de biogás (Nm³/h)	GWh/a
EDAR	873.286	6.367	370

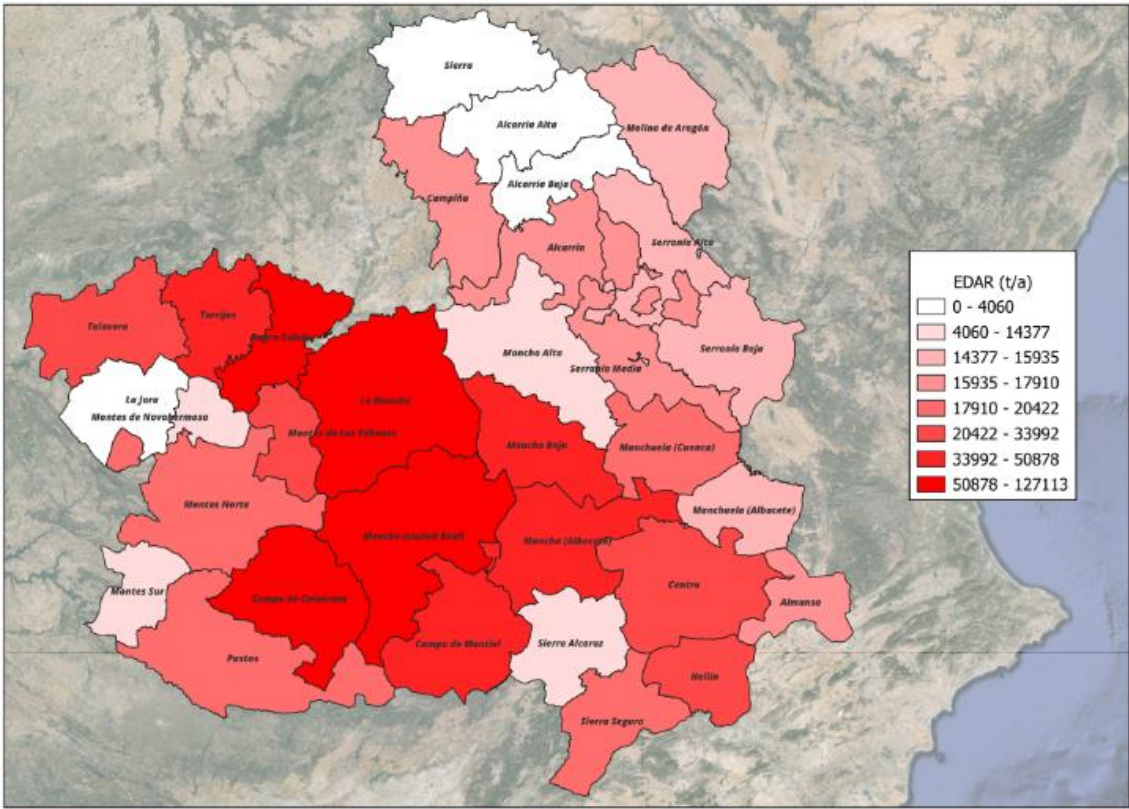


ILUSTRACIÓN 21. MAPA DE LAS DIFERENTES COMARCAS AGRARIAS CLASIFICADAS SEGÚN SU GENERACIÓN DE RESIDUOS A NIVEL DE EDAR.



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN
DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

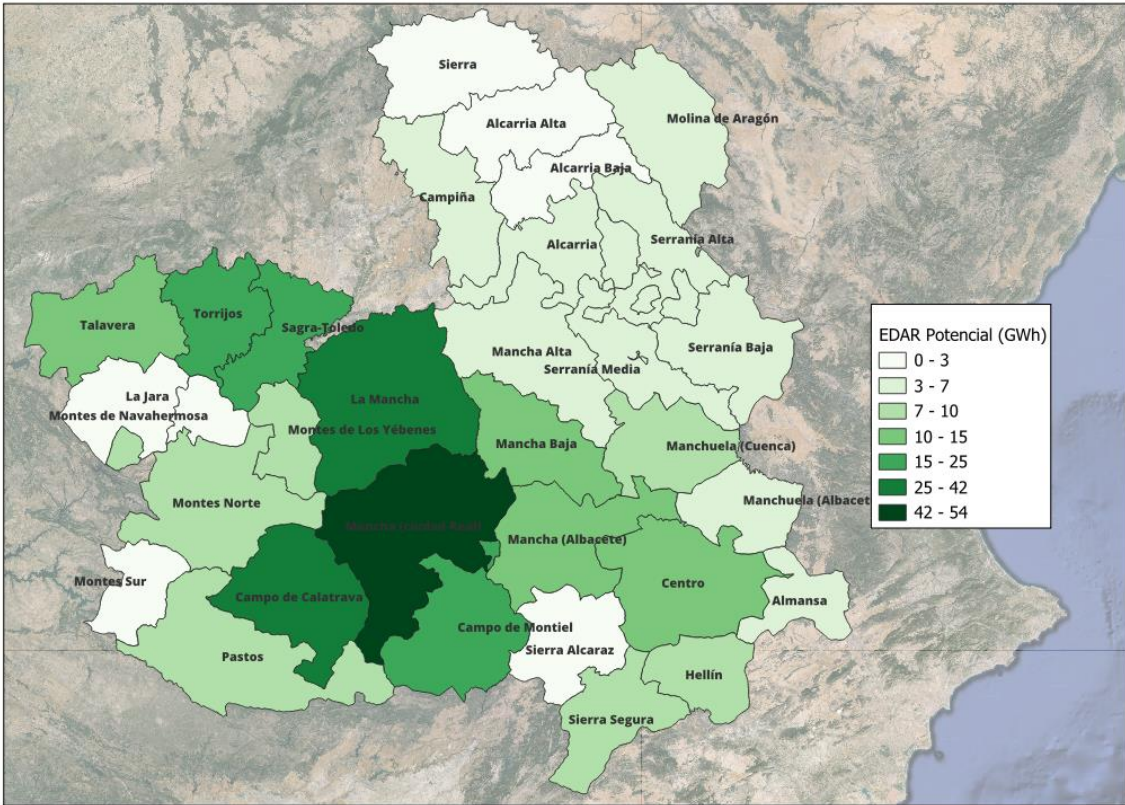


ILUSTRACIÓN 22. MAPA DE LAS DIFERENTES COMARCAS AGRARIAS CLASIFICADAS SEGÚN SU POTENCIAL DE BIOGÁS A NIVEL DE EDAR.

3.1.5. Residuos FORSU.

La fracción orgánica de los residuos urbanos (FORSU) desempeña un papel esencial en el manejo de residuos. Entender el volumen de generación de FORSU y su capacidad para producir biogás permitirá identificar oportunidades para valorizar estos residuos y generar energía renovable en la región.

En total, se estima que la región de Castilla-La Mancha tiene un potencial de generación de 322 GWh/a de biogás a partir de 350.434 t/a de fracción orgánica procedente de los residuos sólidos urbanos, ya sea separada en origen, o mezclada.

TABLA 6. GENERACIÓN DE RESIDUOS AL AÑO Y POTENCIAL DE BIOGÁS CORRESPONDIENTE A FORSU.

Sector	Residuos (t/año)	Potencial de biogás (Nm³/h)	GWh/a
FORSU	350.434	5.416	322



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

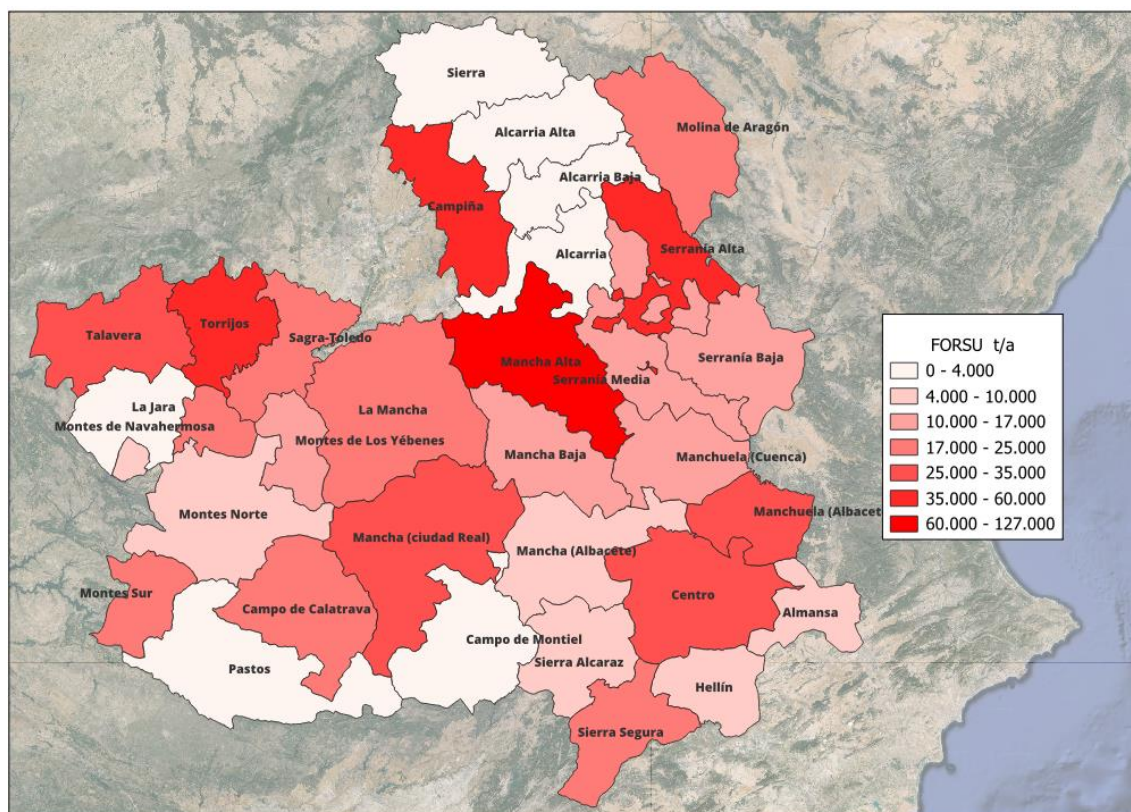


ILUSTRACIÓN 23. MAPA DE LAS DIFERENTES COMARCAS AGRARIAS CLASIFICADAS SEGÚN SU GENERACIÓN DE RESIDUOS A NIVEL DE FORSU.

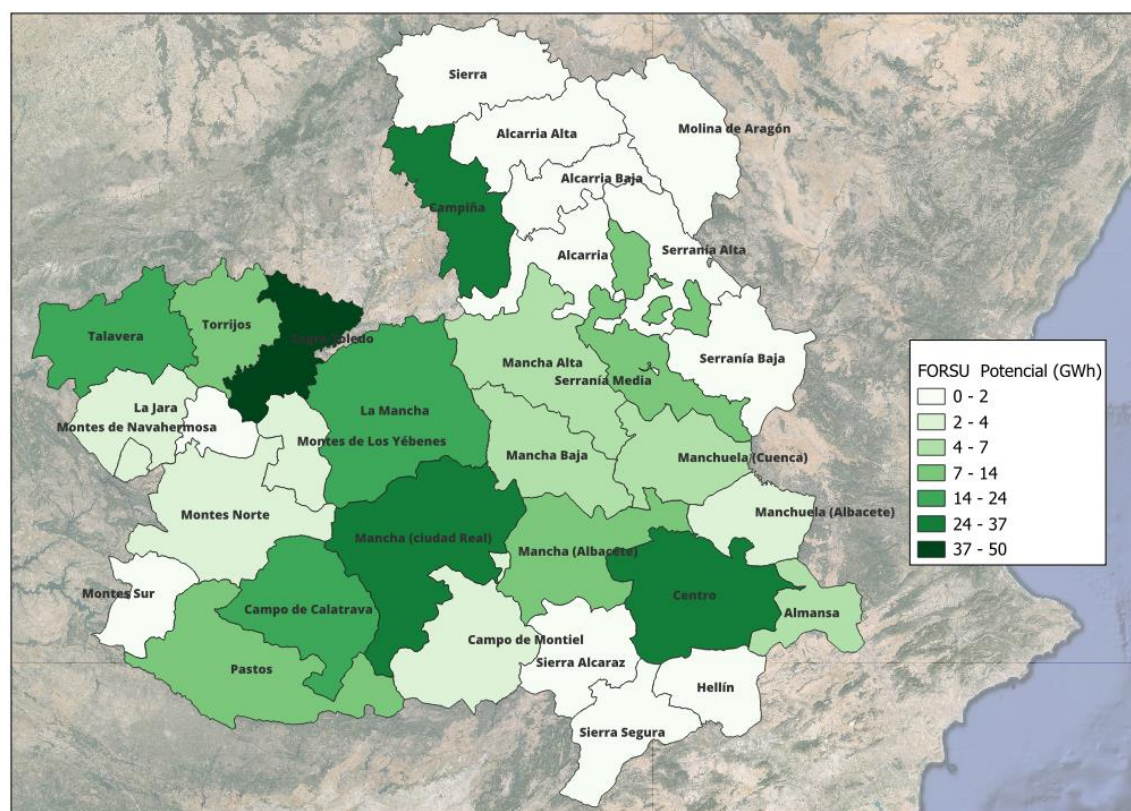


ILUSTRACIÓN 24. MAPA DE LAS DIFERENTES COMARCAS AGRARIAS CLASIFICADAS SEGÚN SU POTENCIAL DE BIOGÁS A NIVEL DE FORSU.



4. MARCO NORMATIVO

Normativa europea

Normativa en materia medioambiental

- **Reglamento (UE) 2021/1119 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de junio de 2021 por el que se establece el marco para lograr la neutralidad climática y se modifican los Reglamentos (CE) n° 401/2009 y (UE)2018/1999("Legislación europea sobre el clima").**

Se establecen las bases en la Unión Europea para lograr la neutralidad climática en toda la economía con fecha máxima de 2050, reduciendo las emisiones netas a cero para esa fecha, obteniendo emisiones negativas a partir de entonces, asumiendo que en la Unión Europea para 2030 reduzca al menos un 55% los gases de efecto invernadero (GEI) en comparación con 1990.

- **Pacto Verde Europeo/Fit for 55.**

Conjunto de propuestas encaminadas a revisar y actualizar la legislación de la UE y poner en marcha nuevas iniciativas con el fin de garantizar que las políticas de la UE se ajusten a los objetivos climáticos acordados por el Consejo y el Parlamento Europeo. En conjunto, el principal objetivo es alcanzar la reducción del 55% de gases de efecto invernadero para 2030. Juntamente se vuelven a presentar los paquetes de medidas descritos en los anteriores reglamentos y directivas, sin embargo, como novedad presenta las nuevas normas que aumentarán en los sectores afectados el objetivo de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero a escala de la UE para 2030 del 29% al 40%. Así mismo, presenta también la actualización para los objetivos nacionales.

- **REPowerEU: Plan para reducir la dependencia con respecto a los combustibles fósiles rusos y avanzar con rapidez en la transición ecológica.**

Estrategia que trata de reducir la dependencia de la UE de los productos energéticos de Rusia, al tiempo que, apuesta por una transición hacia un modelo energético respetuoso con el medio ambiente, fomentando en conjunto la resiliencia del sector energético y apostando por una Unión de la Energía.

Dentro de este plan, el biometano aparece como energía clave para lograr la independencia energética, estableciendo el objetivo de consumir 35.000 millones de m³ de biometano.

- **Estrategia de la UE sobre el Metano.**

Sienta las bases para impulsar un nuevo modelo de producción y consumo en el que el valor de productos, materiales y recursos se mantengan en la economía durante el mayor tiempo posible, en la que se reduzcan al mínimo la generación de residuos y se aprovechen con el mayor alcance posible los que no se pueden evitar. La Estrategia Española de Economía Circular (EEEC) contribuye así a los esfuerzos de España por lograr una economía sostenible, descarbonizada, eficiente en el uso de los recursos y competitiva, estableciendo los objetivos para la Agenda 2030:

- Reducir un 30 % el consumo nacional de materiales en relación con el PIB respecto a 2010
- Reducir la generación de residuos un 15 % respecto de lo generado en 2010.



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

- Reducir la generación de residuos de alimentos en toda cadena alimentaria: 50 % de reducción per cápita a nivel de hogar y consumo minorista y un 20 % en las cadenas de producción y suministro a partir del año 2020, contribuyendo así al Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 12.
- Incrementar la reutilización y preparación para la reutilización hasta llegar al 10 % de los residuos municipales generados.
- Reducir la emisión de gases de efecto invernadero por debajo de los 10 millones de toneladas de CO₂eq.
- Mejorar un 10 % la eficiencia en el uso del agua.

➤ **Directiva (UE) 2018/851 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de mayo de 2018 por la que se modifica la Directiva 2008/98/CE sobre los residuos.**

La Directiva Marco de Residuos establece objetivos y requisitos para el reciclado y la valorización de los residuos, reducir la dependencia del vertido y la incineración. Establece objetivos específicos para el reciclado y fomenta el uso de tecnologías de recuperación respetuosas con el medio ambiente, como la digestión anaeróbica. Se indica que los biorresiduos procedentes de la digestión anaeróbica deben considerarse reciclados cuando dan lugar a digerido que se utiliza como producto, material o sustancia reciclada. El artículo 6 detalla el fin de la condición de residuo y recomienda a los Estados miembros que adopten medidas para garantizar que los residuos que hayan sido sometidos a una operación de reciclado u otro tipo de valorización se consideren que han dejado de ser residuos si cumplen unas condiciones específicas.

➤ **Directiva 2010/75/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 24 de noviembre de 2010 sobre las emisiones industriales (prevención y control integrados de la contaminación).**

Directiva que vela por lograr un alto nivel de protección del medio ambiente y simplificar el marco jurídico y las cargas administrativas.

El texto refunde y modifica las seis directivas previamente existentes de Prevención y Control Integrado de la Contaminación (IPPC); la Directiva de Grandes Instalaciones de Combustión; la Directiva de Incineración de Residuos; directivas de Compuestos Orgánicos Volátiles; y tres directivas sobre Óxidos de Titanio.

Normativa en materia de zonas vulnerables a la contaminación por nitratos origen agrario y SANDACH

- **Reglamento (CE) No 1069/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de octubre de 2009 por el que se establecen las normas sanitarias aplicables a los subproductos animales y los productos derivados no destinados al consumo humano y por el que se deroga el Reglamento (CE) nº 1774/2002 (Reglamento sobre subproductos animales).**
- **Reglamento (UE) nº142/2011 de la Comisión, de 25 de febrero de 2011, por el que se establecen las disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) nº1069/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establecen las normas sanitarias aplicables a los subproductos animales y los productos derivados no destinados al consumo humano, y la Directiva 97/78/CE del Consejo en cuanto a**



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

determinadas muestras y unidades exentas de los controles veterinarios en la frontera en virtud de la misma.

- **Reglamento Delegado (UE) 2023/1605 de la Comisión de 22 de mayo de 2023 por el que se completa el Reglamento (CE) nº1069/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que respecta a la determinación de los puntos finales en la cadena de fabricación de algunos abonos orgánicos y enmiendas del suelo.**

La normativa en materia de Subproductos animales No Destinados a Consumo Humano (SANDACH) regula la manipulación, el tratamiento y la eliminación de los subproductos y productos derivados. Se establecen tres categorías de subproductos animales: Categoría 1, 2 y 3, de los cuales únicamente las categorías 2 y 3 pueden destinarse a producción de biogás, al ser las únicas que no suponen un riesgo para la salud. Para las plantas de biogás, se establece que el parámetro de transformación estándar es de 1 hora a 70°C con partículas no mayores de 12 mm, pero las autoridades competentes pueden autorizar el uso de parámetros alternativos. La normativa SANDACH indica que los subproductos animales de las categorías 2 y 3 pueden utilizarse para la producción de fertilizantes y por tanto, podrán formar parte del digerido. Para ser incluidos en una categoría de material componente (CMC) conforme el Reglamento (UE) 2019/1009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de junio de 2019, los subproductos animales deben alcanzar el punto final en su cadena de fabricación, establecido dicho punto final mediante el Reglamento Delegado (UE) 2023/1605, de la Comisión de 22 de mayo de 2023. El punto final consiste en que el digerido cumpla varios requisitos, incluido el parámetro de transformación estándar.

- **Reglamento (UE) 2019/1009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de junio de 2019, por el que se establecen disposiciones relativas a la comercialización de los productos fertilizantes UE y se modifican los Reglamentos (CE) nº 1069/2009 y (CE) nº 1107/2009 y se deroga el Reglamento (CE) nº 2003/2003.**

El Reglamento (UE) 2019/1009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de junio de 2019 establece normas armonizadas para la disponibilidad de productos fertilizantes en el mercado de la UE, incluidos los fertilizantes derivados de digerido, permitiendo el acceso al mercado interior de la UE de abonos y enmiendas del suelo orgánicos reciclados para que puedan competir en igualdad de condiciones con los abonos sintéticos. Cuando un digerido pasa a formar parte de un producto fertilizante, obtiene la condición de fin de residuo. Un producto fertilizante puede estar compuesto por varias Categorías de Materiales Componentes (CMC) y deberá clasificarse en una Categoría Funcional de Producto (CFP). Para el digerido, se utilizan generalmente dos CMC: "CMC 4 Digestato de cultivos frescos" y "CMC 5 digerido distinto de digerido de cultivos frescos", y tres CFP: "CFP I.A.I. Abono orgánico sólido", "PFC I.A.II. Abono orgánico líquido" o "PFC 3.A. Enmienda orgánica". Dependiendo de los PFC y CMC, se deberá cumplir con los límites de metales pesados o patógenos establecidos, o con requisitos de proceso específicos.

- **Directiva 91/676/CEE del Consejo, de 12 de diciembre de 1991, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura.**



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

Esta directiva aborda el problema de la contaminación por nitratos y fósforo de las aguas superficiales y subterráneas, que puede tener efectos adversos sobre los ecosistemas acuáticos y la salud humana.

Los Estados miembros deben determinar las zonas de su territorio en las que las aguas están contaminadas o corren el riesgo de estarlo por nitratos procedentes de fuentes agrarias. Estas Zonas Vulnerables a los Nitratos designadas están sujetas a medidas específicas destinadas a reducir la contaminación por nitratos, donde se deben aplicar programas de acción para cada zona vulnerable con el objetivo de reducir la contaminación por nitratos procedentes de actividades agrarias. Una de las medidas establecidas es limitar la aplicación de nitrógeno procedente de estiércol a 170 kg por hectárea y año.

Normativa en materia de biometano

- **Directiva (UE) 2023/2413 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de octubre de 2023, por la que se modifican la Directiva (UE) 2018/2001, el Reglamento (UE) 2018/1999 y la Directiva 98/70/CE en lo que respecta a la promoción de la energía procedente de fuentes renovables y se deroga la Directiva (UE) 2015/652 del Consejo**
- **Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo de 11 de diciembre de 2018 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.**

Fomenta el uso de gases renovables, entre ellos biogás y biometano, fijando un objetivo mínimo del 3,5% para biocombustibles avanzados y biogás en 2030. Asimismo, facilitará el acceso de biometano a la red de gas natural, extenderá las garantías de origen de la electricidad renovable al gas renovable y facilitará el comercio transfronterizo de biometano.

El anexo IX establece los sustratos por los que un biometano puede considerarse biocarburante avanzado y ser elegible para obtener su certificación o garantías de origen. Como norma general, un sustrato para la planta que puede destinarse a alimentación humana o animal, no se incluye dentro del anexo IX.

La dieta de las plantas de biogás depende de este reglamento, ya que, si alguna materia prima no está incluida, no se podrá comercializar con las garantías de origen de ese biometano.

Asimismo, la Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo de 11 de diciembre de 2018 establece los criterios de sostenibilidad que ha de cumplir el biometano en cuanto a porcentaje de reducción de emisiones. Para el cálculo del porcentaje de reducción de emisiones, establece la metodología de cálculo.

Normativa estatal

Normativa en materia de medioambiente

- **Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030.**

Contempla el impulso a la fabricación y uso de los biocarburantes avanzados como uno de los principales ejes de descarbonización en el sector del transporte, junto al cambio modal y el despliegue de la movilidad eléctrica. En particular, la medida 1.7 del PNIEC, relativa a los biocombustibles avanzados en el transporte y la medida 1.8, referida a la promoción de energías renovables, destacan la función dual del biogás para producción de



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

calor y electricidad y el papel fundamental que debe tener para descarbonizar la industria y el transporte. Además, se incorpora la cuota mínima de biogás (3,5% al 2030) como biocarburante establecido en la RED II.

Las medidas 1.21. y 1.22. establecen una serie de acciones para la gestión de los residuos generadores de metano y la valorización energética del biogás obtenido.

Con el enfoque de la descarbonización se proponen objetivos complementarios a los propuestos por la UE en el cual se establece:

- Para 2030 una mejora en el 39,5% de la eficiencia energética.
 - Para 2030 un uso del 42% de energías renovables sobre el consumo total de energía final.
 - Una reducción del 23% de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) respecto a 1990.
- **Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular.**

La ley de residuos es de aplicación tanto a las plantas de biogás como al digerido. Las plantas de biogás, al tratar residuos, deben registrarse como gestoras de residuos, así como estar autorizadas para realizar la operación de valorización "R0302 Tratamiento biológico anaerobio de residuos orgánicos" conforme lo establecido en el artículo 33.

En esta ley, se establece la definición de digerido como material orgánico obtenido a partir del tratamiento biológico anaerobio de residuos biodegradables recogidos separadamente. No se considerará digerido el material bioestabilizado. De igual manera que con las plantas de biogás, para poder realizar una valorización agrícola del digerido, se ha de autorizar la operación de valorización R1001 Valorización de residuos en suelos agrícolas y en jardinería o una R1002 Valorización de residuos para la restauración de suelos degradados.

Asimismo, el artículo 28 referente a los biorresiduos establece que las autoridades competentes promoverán el uso del compost y digerido en sustitución de otras enmiendas orgánicas y como contribución al ahorro de fertilizantes minerales.

- **Real Decreto Legislativo 1/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de prevención y control integrados de la contaminación.**

Las plantas de biogás que cumplan los siguientes criterios han de ser sometidas al procedimiento de autorización por vía de la figura de Autorización Ambiental Integrada (AAI):

5. Gestión de residuos

5.4 "Valorización o una mezcla de valorización y eliminación, de residuos no peligroso con una capacidad superior a 75 t/día, que incluya una o más de las siguientes actividades:

1. Tratamiento biológico": Cuando la única actividad de tratamiento de residuos que se desarrolle en la instalación sea la digestión anaeróbica, los umbrales de capacidad para esta actividad serán de 100 toneladas al día.



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

Normativa en materia de zonas vulnerables a la contaminación por nitratos origen agrario y SANDACH

- **Real Decreto 1528/2012, de 8 de noviembre, por el que se establecen las normas aplicables a los subproductos animales y los productos derivados no destinados al consumo humano.**

Esta normativa ha sido desarrollada con el objetivo de establecer disposiciones específicas de aplicación en España del Reglamento (CE) n.º 1069/2009, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de octubre, por el que se establecen las normas sanitarias aplicables a los subproductos animales y los productos derivados no destinados al consumo humano y del Reglamento (UE) n.º 142/2011, de la Comisión, de 25 de febrero de 2011, por el que se establecen las disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) n.º 1069/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establecen las normas sanitarias aplicables a los subproductos animales y los productos derivados no destinados al consumo humano y la Directiva 97/78/CE del Consejo en cuanto a determinadas muestras y unidades exentas de los controles veterinarios en la frontera en virtud de la misma.

- **Real Decreto 47/2022, de 18 de enero, sobre protección de las aguas contra la contaminación difusa producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias.**

Este Real Decreto transpone la Directiva 91/676/CEE del Consejo, de 12 de diciembre de 1991, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura, con el objetivo de corregir y prevenir la contaminación de las aguas causada por los nitratos de origen agrario. Para las zonas designadas como vulnerables por las CC.AA. se establece una limitación en las dosis de abonado, considerando tipo de suelo, cultivos y rotación, prácticas agrícolas, aportes por excrementos animales, etc. No se permite incorporar más de 170 kg/año de nitrógeno procedente del estiércol.

- **Real Decreto 1051/2022, de 27 de diciembre, por el que se establecen normas para la nutrición sostenible en los suelos agrarios.**

Esta normativa tiene por objeto establecer normas básicas para conseguir un aporte sostenible de nutrientes en los suelos agrarios.

Su finalidad es prever un marco de acción que permita mantener o aumentar la productividad de los suelos agrarios, a la vez que se disminuye el impacto ambiental y climático de la aplicación en dichos suelos de productos fertilizantes y otras fuentes de nutrientes o materia orgánica.

El anexo VIII establece los materiales distintos que pueden emplearse en la fertilización de suelos agrarios. Se incluye el digerido, siempre que cumpla con los requisitos establecidos en dicho anexo.

- **Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes.**

Tiene como objetivo garantizar el buen uso de productos fertilizantes, así como la seguridad para las personas y el medio ambiente. Para ello, establece los requisitos para que un producto fertilizante pueda ser comercializado dentro del territorio nacional.

El Real Decreto 506/2013, de 28 de junio y el Reglamento (UE) 2019/1009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de junio de 2019. A son complementarios, es decir, el Reglamento (UE) 2019/1009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de junio de 2019 no impide que los productos fertilizantes que cumplan



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

con normativas nacionales sigan comercializándose si cumplen con los requisitos establecidos dentro del Real Decreto 506/2013 de 28 de junio. Conforme al anexo IV, un producto fertilizante puede estar compuesto de digerido (LER 190605 y 190606) siempre y cuando cumpla con los requisitos en cuando a los ingredientes empleados y los márgenes y límites de tolerancia de nutrientes y contaminantes, entre otros requisitos. También establece en su anexo I la relación de productos fertilizantes formularios, donde los grupos donde mejor se encuadra el digerido son en los grupos 2 (abonos orgánicos), 3 (Abonos órgano-minerales) y 6 (Enmiendas orgánicas).

- **Real Decreto 306/2020, de 11 de febrero, por el que se establecen normas básicas de ordenación de las granjas porcinas intensivas, y se modifica la normativa básica de ordenación de las explotaciones de ganado porcino extensivo.**

Este real decreto es de aplicación a las plantas de biogás siempre que utilicen estiércoles y otros subproductos SANDACH. Se establece la obligación a las plantas de biogás que traten residuos categorizados como SANDACH a situarse a más de 500 m de explotaciones porcinas y a 1 km de centros de concentración porcina, así como la obligatoriedad de aplicar las mejores técnicas disponibles (MTDs).

- **Real Decreto 637/2021, de 27 de julio, por el que se establecen las normas básicas de ordenación de las granjas avícolas.**

Este real decreto se aplica a las plantas de biogás siempre que utilicen estiércoles y otros subproductos SANDACH provenientes de explotaciones avícolas. En el artículo 8 se especifican las condiciones sobre ubicación y disposiciones sanitarias que pueden afectar a cada tipo de instalación según sus características.

También especifica los requerimientos para la aplicación de estiércoles a campo.

- **Real Decreto 1053/2022, de 27 de diciembre, por el que se establecen normas básicas de ordenación de las granjas bovinas.**

Es de aplicación siempre y cuando en la planta se traten estiércoles de origen bovino. Establece el correcto registro de la entrega de estiércoles y purines y la gestión adecuada en el almacenamiento de purines de forma que se minimicen las emisiones de amoníaco.

Establece que las autoridades competentes podrán establecer en su territorio distancias entre las explotaciones de bovino de nueva instalación con respecto a las explotaciones de bovino ya existentes y con respecto a cualquier otro establecimiento o instalación que pueda representar un riesgo higiénico-sanitario.

Normativa en materia de biometano

- **Hoja de Ruta del Biogás.**

La hoja de ruta nace con el objetivo de definir una serie de acciones necesarias para el fomento y despliegue del sector del biogás en el territorio nacional, definiendo una serie de acciones entre las que se encuentran, la implementación de un sistema de garantías de origen del biometano, la agilización de los procedimientos de autorización de las plantas y la facilitación del uso del digerido como fertilizante a nivel nacional.



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

Asimismo, se fijan los objetivos de producción de biogás en todo el país. Se fijó como objetivo principal una producción de 10,4 TWh para el 2030.

Este documento viene acorde con el PNIEC 2023-2030 el cual define las estrategias, así como actualiza la hoja de ruta a modo de plan de futuro para la Agenda 2030 y el fomento de este sector.

- **Ley 34/1998, de 7 de octubre, del sector de hidrocarburos.**

Considera al biogás como un combustible gaseoso y regula el suministro de biometano en la red de gas ya que establece que las normas de aplicación al gas natural son de aplicación al biogás.

- **Resolución de 8 de octubre de 2018, de la Dirección General de Política Energética y Minas, por la que se modifican las normas de gestión técnica del sistema NGTS-06, NGTS-07 y los protocolos de detalle PD-01 y PD-02.**
- **Resolución de 21 de diciembre de 2012, de la Dirección General de Política Energética y Minas, por la que se modifica el protocolo de detalle PD-01 "Medición, Calidad y Odorización de Gas" de las normas de gestión técnica del sistema gasista.**

El PD-01 establece los requisitos mínimos de calidad por los que un biometano puede ser inyectado a la red de gas. La tecnología de upgrading dependerá de la calidad del biogás y su capacidad para cumplir con los requisitos de calidad establecidos.

- **Real Decreto 376/2022, de 17 de mayo, por el que se regulan los criterios de sostenibilidad y de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero de los biocarburantes, biolíquidos y combustibles de biomasa, así como el sistema de garantías de origen de los gases renovables.**

Transpone la Directiva (UE) 2018/2001, del Parlamento Europeo y del Consejo de 11 de diciembre de 2018.

- **Real Decreto 1434/2002, de 27 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de gas natural.**

Establece el régimen jurídico y de autorización a las instalaciones vinculadas a las actividades del gas y conexiones a la red.

- **Real Decreto 949/2001, de 3 de agosto, por el que se regula el acceso de terceros a las instalaciones gasistas y se establece un sistema económico integrado del sector de gas natural.**
- **Real Decreto-ley 6/2022, de 29 de marzo, por el que se adoptan medidas urgentes en el marco del Plan Nacional de respuesta a las consecuencias económicas y sociales de la guerra en Ucrania.**

El biogás suministrado deberá cumplir una reducción de emisiones de un 6% en su ciclo de vida respecto al valor de referencia de 94,1 g de CO₂eq/MJ.

- **Real Decreto-ley 14/2022, de 1 de agosto, de medidas de sostenibilidad económica en el ámbito del transporte, en materia de becas y ayudas al estudio, así como de medidas de ahorro, eficiencia energética y de reducción de la dependencia energética del gas natural.**



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

Facilita la tramitación de la modificación de instalaciones de la red de transporte o distribución del sistema gasista para adaptarlas a la inyección de gases renovables.

- **Real Decreto-ley 18/2022, de 18 de octubre, por el que se aprueban medidas de refuerzo de la protección de los consumidores de energía y de contribución a la reducción del consumo de gas natural en aplicación del «Plan + seguridad para tu energía (+SE)», así como medidas en materia de retribuciones del personal al servicio del sector público y de protección de las personas trabajadoras agrarias eventuales afectadas por la sequía.**

Establece la posibilidad de solicitar la declaración de utilidad pública de las líneas directas de conexión de plantas de producción de gases renovables con la red de transporte y distribución de gas natural como medida de fomento a los gases renovables.

Normativa autonómica

Normativa en materia de medioambiente

- **Estrategia de Economía Circular 2030.**

La Estrategia abarca al menos las áreas relacionadas con la gestión eficiente de los recursos, la producción, el consumo, los residuos y la innovación. Contempla medidas transversales específicas relacionadas con la administración y el buen gobierno, especialmente con el fomento de la compra pública verde y la contratación pública circular, los recursos naturales (hídricos, suelo y biodiversidad), la investigación, el desarrollo y la innovación y la concienciación, formación y divulgación (educación para la sostenibilidad, consumo responsable y empleo verde) y medidas sectoriales específicas, relacionadas con la sostenibilidad local, la gestión de residuos, el sector agroalimentario y silvícola y el energético, industrial y turístico. Esta Estrategia se ha establecido en base a lo establecido en el artículo 6.1 de la Ley 7/2019, de 29 de noviembre, de Economía Circular de Castilla-La Mancha.

- **Estrategia de Cambio climático de Castilla-La Mancha (2020-2030).**

Estrategia establece la necesidad de acometer un proceso de revisión para actualizar sus objetivos a los nuevos horizontes temporales de acuerdo con la política de la Unión Europea en materia de cambio climático, mediante la reformulación de sus objetivos y estructura, desde los principios de transparencia y participación.

Se presentan los objetivos del horizonte 2030 así como un plan de programa de mitigaciones en ámbitos del transporte y la movilidad; residuos; industria; residencial, servicios e infraestructura; agricultura y ganadería; y bosques y diversidad biológica.

En adición se presentan programas para corroborar la correcta aplicación de las distintas mitigaciones y asegurar así el éxito de la estrategia, basándose en un programa de adaptación, un programa de sumideros de CO₂ y un programa de información y capacitación para la sostenibilidad.

- **Plan de prevención y Gestión de Residuos de Castilla-La Mancha 2023-2030, aprobado por Decreto 35/2024, de 2 de julio.**



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

Plan de prevención donde se establecen los objetivos de desarrollo sostenible con mayor exigencia en materia de residuos frente al nuevo paradigma de la economía circular, los cambios socioeconómicos y de estructura productiva.

Se establece un marco estratégico para la prevención y gestión de residuos en Castilla-La Mancha, promoviendo un mayor aprovechamiento de los recursos conforme a la economía circular. Proporciona información sobre la producción de residuos y las instalaciones de eliminación y valorización, identificando necesidades futuras de infraestructura. Ofrece herramientas para planificar y mejorar la recogida selectiva y la gestión de residuos, estableciendo modelos y medidas adaptados a la región para alcanzar objetivos normativos. Además, busca aumentar la prevención, reutilización y reciclado, y establece un sistema de indicadores para evaluar el progreso. Finalmente, fomenta la implicación de agentes sociales y económicos en los objetivos del Plan, promoviendo su participación.

Normativa en materia de zonas vulnerables a la contaminación por nitratos origen agrario

- Orden de 07/02/2011, de la Consejería de Agricultura y Medio Ambiente, por la que se modifica la Orden de 04/02/2010, de la Consejería de Industria, Energía y Medio Ambiente, por la que se aprueba el programa de actuación aplicable a las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario, designadas en la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha.
- Orden de 02/08/2012 de la Consejería de Agricultura, por la que se modifica la Orden de 07/02/2011, de la Consejería de Agricultura y Medio Ambiente, por la que se aprueba el programa de actuación aplicable a las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario, designadas en la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha.
- Orden 158/2020, de 28 de septiembre, de la Consejería de Desarrollo Sostenible, por la que se amplía la designación de zonas vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario en la Comunidad de Castilla-La Mancha, y por la que se modifica el programa de actuación aplicable a las zonas vulnerables designadas publicado como anexo a la Orden de 07/02/2011, de la Consejería de Agricultura y Medio Ambiente.
- Orden 69/2024 de 6 de mayo, de la Consejería de Desarrollo Sostenible, por la que se modifica el programa de actuación aplicable a las zonas vulnerables designadas en la comunidad autónoma de Castilla-La Mancha publicado como anexo a la Orden de 07/02/2011, de la Consejería de Agricultura y Medio Ambiente por la que se modifica la Orden de 04/02/2010, de la Consejería de Industria, Energía y Medio Ambiente, por la que se aprueba el programa de actuación aplicable a las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario, designadas en la comunidad autónoma de Castilla-La Mancha.

En las ordenes se especifican todas las actuaciones en el marco de la fertilización por afección a las zonas vulnerables, indicando las ubicaciones precisas, las limitaciones y recomendaciones de la aplicación de cualquier producto que contenga estiércoles o que tengan potencial de afección por nitratos.



4.1. Proceso de tramitación de las plantas de biogás.

➤ Autorización Ambiental Integrada.

La Autorización Ambiental Integrada (AAI) es una figura de intervención ambiental cuyo objetivo es el de simplificar los trámites administrativos mediante una única autorización, previa a la puesta en marcha de las instalaciones industriales sujetas a su solicitud.

Las plantas de biogás están sujetas a la solicitud de AAI siempre y cuando cumplan los umbrales contemplados en el anexo I del texto refundido de la ley de prevención y control integrados de la contaminación, aprobado por Real Decreto Legislativo 1/2016, de 16 de diciembre:

5. Gestión de residuos

5.4 "Valorización o una mezcla valorización y eliminación, de residuos no peligroso con una capacidad superior a 75 t/día, que incluya una o más de las siguientes actividades:

a) Tratamiento biológico": Cuando la única actividad de tratamiento de residuos que se desarrolle en la instalación sea la digestión anaeróbica, los umbrales de capacidad para esta actividad serán de 100 toneladas al día.

En esta autorización se incluyen todos los aspectos ambientales, y aquellos otros relacionados que consideren las autoridades ambientales competentes, de acuerdo con la legislación básica estatal y las correspondientes autonómicas. Por tanto, involucra a diferentes órganos administrativos distintos a los que emiten la AAI (residuos, SANDACH, etc.).

La AAI debe solicitarse ante la dirección general con competencias en la materia, utilizando el formato de solicitud establecido y acompañando, como mínimo, la siguiente documentación:

- Proyecto Básico de la actividad, cuyo contenido mínimo es el establecido en el artículo 12 del texto refundido de la Ley de prevención y control integrados de la contaminación, aprobado por Real Decreto Legislativo 1/2016, de 16 de diciembre
- Resumen no técnico
- Informe urbanístico favorable del ayuntamiento
- En caso de existir un vertido, se deberá incluir:
 - Proyecto de instalaciones de depuración
 - Acreditación de la propiedad de terrenos
 - Declaración de vertido
- Justificante de pago de las tasas a los que está sujeto su tramitación

En el caso de plantas de biogás que no superaran los umbrales de tratamiento establecidos en el anexo I del texto refundido de la Ley de prevención y control integrados de la contaminación, aprobado por Real Decreto Legislativo 1/2016, de 16 de diciembre, la planta no está sujeta a solicitar la AAI. En este caso, la planta deberá



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

solicitar su autorización como gestor de residuos ante la dirección general con competencia en materia de residuos y la autorización de actividad potencialmente contaminadora de la atmósfera ante la dirección general con competencia en esta materia.

➤ Evaluación de Impacto Ambiental

La evaluación de impacto ambiental (EIA) es el proceso administrativo a través del cual se concretan y analizan los efectos significativos que pueden tener los proyectos, antes de su autorización, sobre el medio ambiente.

El procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) está regulado por la Ley 2/2020, de 7 de febrero, de evaluación ambiental de Castilla-La Mancha, que adapta al ámbito regional la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.

De acuerdo con el Título II de la Ley 2/2020, de 7 de febrero, el procedimiento de EIA puede ser de tipo ordinario y de tipo simplificado. Las plantas de biogás, conforme lo establecido en el anexo II entrarían dentro *del Grupo 9)* Proyectos de tratamiento y gestión de residuos, por lo que estarían sometidas al procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental Simplificado. No obstante, cuando la planta se encuentre incluida en el ámbito de aplicación de la Autorización Ambiental Integrada, se recomienda ir por la vía de la EIA ordinaria, ya que en este caso el proyecto se somete a información pública de forma simultánea con la Autorización Ambiental Integrada.

Para iniciar el trámite de EIA, la planta deberá presentar ante la dirección general con competencia en materia de evaluación ambiental la documentación recogida en el artículo 39 de la Ley 2/2020, de 7 de febrero. Esta documentación es la siguiente:

- Solicitud de inicio de evaluación de impacto ambiental ordinaria
- Documento técnico del proyecto
- Estudio de Impacto ambiental. Este estudio deberá contener la información recogida en el anexo VI de la Ley 2/2020 de 7 de febrero.
- Justificación del abono de la tasa.

➤ Autorización como gestor de residuos SANDACH

Todas las plantas de biogás que gestionan Subproductos Animales No Destinados a Consumo Humano (SANDACH) deben estar autorizadas por la dirección general competente en la materia, conforme a los Reglamentos (CE) nº 1069/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de octubre de 2009 y 142/2011, de la Comisión, de 25 de febrero de 2011, y el Real Decreto 1528/2012, de 8 de noviembre. Para su registro, se debe presentar una memoria descriptiva de solicitud, así como la licencia de actividad y resolución de la EIA y/o AAI (si procede) y el justificante de pago de las tasas a los que está sujeto su autorización.

➤ Proyecto Prioritario

El objetivo de la figura de Proyecto Prioritario es el de crear un marco de tramitación preferente para agilizar y simplificar la autorización administrativa de proyectos estratégicos debido a su especial relevancia para el



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

desarrollo económico, social y territorial de Castilla-La Mancha. La declaración de Proyecto Prioritario se regula mediante la Ley 5/2020, de 24 de julio de Medidas Urgentes para la Declaración de Proyectos Prioritarios en Castilla-La Mancha y el Acuerdo de 01-09-2020, del Consejo de Gobierno, por el que se determinan los criterios o supuestos por los que se procederá a la declaración de proyectos prioritarios correspondientes a los sectores estratégicos calificados por la Ley 5/2020, de 24 de julio.

Los beneficios que obtienen los proyectos declarados como prioritarios son:

- Impulso preferente y urgente ante la administración, reduciéndose a la mitad los plazos administrativos;
- asistencia de una unidad específica (Unidad de Acompañamiento Empresarial, UAE) para ofrecer asesoramiento y seguimiento personalizado en todos los trámites necesarios;
- acceso preferente a subvenciones, financiación y avales ofrecidos por las entidades dependientes del Gobierno de Castilla-La Mancha;
- para los proyectos que se implanten en suelo rústico, la declaración de Proyecto Prioritario implica la obtención de la calificación urbanística prevista en la normativa de ordenación territorial;
- puede incluir la declaración de utilidad pública o interés social con los efectos previstos en la Ley de 16 de diciembre de 1954 sobre expropiación forzosa.

Para que un proyecto sea declarado como prioritario, se deberá pertenecer a alguno de los sectores económicos estratégicos recogidos en el artículo 4.3 y superar los baremos de inversión y empleo mínimos especificados en el artículo 5.2. contemplados en la Ley 5/2020, de 24 de julio.

Además de los condicionantes impuestos en dicha ley, y con el objetivo de hacer frente a la reducción de la contaminación por nitratos de origen agrario, las plantas de biometano para declararse como Proyecto Prioritario deberán cumplir con los criterios recogidos en el apartado c) 4, aprobados mediante el Acuerdo de 03/09/2024, del Consejo de Gobierno, por el que se modifica el Acuerdo de 01/09/2020, por el que se determinan los criterios o supuestos por los que se procederá a la declaración de proyectos prioritarios correspondientes a los sectores estratégicos calificados por la Ley 5/2020, de 24 de julio, de Medidas Urgentes para la Declaración de Proyectos Prioritarios en Castilla-La Mancha y que son los siguientes :

1. Que la instalación se localice en una Zona declarada como Vulnerable a la contaminación por Nitratos de origen agrario en Castilla-La Mancha.
2. Que al menos el 50% de los residuos a tratar en la planta de biometano sean purines, vinazas y/o alperujos.
3. Que la fracción sólida obtenida en la planta de biometano no se aplique directamente a los cultivos, sino que se someta a un procedimiento de tratamiento posterior, con el fin de convertirlo en un fertilizante registrado.
4. En caso de que la fracción líquida vaya a aplicación directa a campo, ésta se someta a un tratamiento



de reducción de nitrógeno con el objetivo de disminuir la cantidad de nitrógeno total de salida de la planta.

5. Que la instalación lleve asociado un proyecto de carácter agroindustrial y/o social, generando un beneficio con dicho proyecto a la comunidad local donde vaya a ubicarse la planta. El proyecto social puede equivaler a un plan de responsabilidad social corporativa.

Para solicitar la declaración de Proyecto Prioritario, se deberá entregar una memoria que incluirá lo recogido en el artículo 6. Asimismo, en caso de que el proyecto sea en suelo rústico, se deberá entregar el proyecto de actuaciones al ir aparejada la calificación urbanística.

5. ESTADO DEL ARTE DE LA VALORIZACIÓN DEL BIOGÁS Y DEL DIGERIDO.

5.1. Que es el biogás.

El biogás es un gas combustible que se genera en medios naturales o en dispositivos específicos, producido a partir de la fermentación o biodegradación de desechos de tipo orgánico mediante la acción de microorganismos en ausencia de oxígeno (es decir, por digestión anaerobia). Dentro de la mezcla de gases que constituyen el biogás, se encuentra principalmente el metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), además de pequeñas proporciones de otros gases como hidrógeno (H_2), nitrógeno (N_2), oxígeno (O_2), vapor de agua, sulfuro de hidrógeno (H_2S), amoníaco o siloxanos. Los componentes del biogás dependen del tipo de biomasa utilizada, las condiciones y tecnología utilizada.

Durante el proceso de producción de biogás se obtiene un efluente denominado **digerido**, un material constituido por materia orgánica estabilizada con un alto contenido en nitrógeno, fósforo y potasio. Debido a su composición, es posible utilizarlo como materia prima para la producción de fertilizantes o como enmienda orgánica.

Asimismo, si el biogás se purifica hasta obtener una composición de metano del 95% se obtiene el biometano, un gas combustible con una composición muy similar al gas natural. Al ser un gas rico en metano, debido a su poder calorífico puede emplearse para generar electricidad y energía térmica, así como utilizarse como combustible para el transporte en sus formas comprimida y licuada. Al ser producido a partir de desechos orgánicos, el biogás y biometano son considerados una fuente de energía renovable. Uno de los principales beneficios del uso del biogás es que tiene cero emisiones de carbón asociadas, es decir, es neutro en CO_2 .

5.1.1. Digestión anaerobia

La digestión anaerobia consiste en una serie de reacciones químicas, en parte consecutivas y en parte simultáneas, realizadas por colonias bacterianas en un ambiente totalmente anaerobio. Las reacciones fundamentales producidas en el proceso de digestión anaerobia se pueden resumir en las 4 siguientes etapas:

1. Hidrólisis de los polímeros complejos. Ruptura de las moléculas complejas en azúcares simples, aminoácidos y ácidos grasos con la adición de grupos hidroxilo;



2. Acidogénesis. Fraccionamiento en moléculas más simples, como los ácidos grasos volátiles (acetato, propionato, butirato, succinato) y otros subproductos, como amoníaco, alcoholes, sulfuro de hidrógeno y dióxido de carbono;
3. Acetogénesis. Transformación de los productos de la etapa de acidogénesis en H_2 , CO_2 y ácido acético;
4. Metanogénesis. Producción, a partir de los productos de la acetogénesis, de CH_4 , CO_2 y agua.

Se trata de un proceso biológico que se basa en la vida y en la actividad de las bacterias, y depende de numerosos factores físico-químicos, entre ellos, el contenido de materia orgánica, los nutrientes aportados, la temperatura y el pH.

5.2. Valorización del biogás.

El biogás y el biometano pueden ayudar a descarbonizar diversos sectores de difícil electrificación como el del transporte, el industrial y el primario entre otros. Existen diversas alternativas de aprovechamiento energético del biogás y del biometano, entre las cuales destacan: el uso térmico, el uso eléctrico y la depuración del biogás para generación de biometano e inyección en la red de gas.

5.2.1. Biogás para uso térmico.

Utilizar biogás para generar energía térmica es la opción más sencilla y económica, pues no necesita grandes inversiones al poder utilizarse directamente en calderas, sin embargo, es necesario que la planta de producción de biogás esté próxima tanto a la fuente de sustratos como a los puntos de consumo.

Es una opción para industrias del sector agroalimentario y explotaciones ganaderas, pues son sectores que practican actividades que generan una gran cantidad de residuos in situ, por lo que utilizar el biogás para generar energía térmica puede proporcionarles un ahorro económico, además de mejorar su impacto ambiental al no necesitar fuentes de energía externas.

5.2.2. Biogás para uso eléctrico o cogeneración.

El biogás también puede aprovecharse para generar electricidad a partir de residuos orgánicos, mediante el empleo de motores de cogeneración, turbinas de gas o microturbinas. Se le llama cogeneración cuando la energía calórica derivada de la maquinaria también se puede aprovechar para sistemas de calefacción.

La generación eléctrica por cogeneración con biogás de procedencia agroindustrial ha sido tradicionalmente el uso del biogás más desarrollado, ya que conlleva una serie de beneficios, entre ellos, el ahorro económico por el autoconsumo y posibles ingresos por la venta de electricidad. No obstante, esta tendencia ha girado hacia el uso predominante de la depuración del biogás a biometano debido a los objetivos de descarbonización y valor actual del biometano.

5.2.3. Depuración de biogás para producción de biometano.

El biogás puede convertirse en gas de elevado poder calorífico (o gas renovable o biometano) reduciendo su contenido de dióxido de carbono y otros gases que lo componen. Los usos del biometano son los mismos que



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

los del gas natural: puede inyectarse a la red de distribución de gas natural, o utilizarse como combustible para vehículos mediante la producción de gas natural comprimido o licuado.

Existen 6 tecnologías fundamentales para el enriquecimiento del biogás (o separación del biogás original en dos corrientes principales, una rica en CH₄ y la otra rica en CO₂):

- Membranas
- Lavado con agua (PWS)
- Absorción química
- Pressure Swing Adsorption (PSA)
- Separación criogénica
- Separación biológica

5.3. Valorización del digerido.

La valorización del digerido es un proceso fundamental en el aprovechamiento integral de los residuos generados en las plantas de biogás. Va más allá de simplemente considerar este material como un fertilizante, buscando maximizar su valor ambiental y económico mediante diversas estrategias. Estas estrategias no solo tienen como objetivo primario el aprovechamiento agrícola, sino también la generación de productos de mayor valor agregado y la reducción del impacto ambiental asociado a su disposición. El aprovechamiento que se realiza actualmente del digerido se detalla a continuación:

1. Uso directo: Esta es una de las formas más directas de valorización del digerido. Al aplicarse directamente en los campos agrícolas, el digerido proporciona nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas, lo que no solo reduce la necesidad de fertilizantes químicos, sino que también promueve prácticas agrícolas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente.

2. Producción de compost: El digerido sólido puede ser una valiosa materia prima para la producción de compost de alta calidad. Combinado con otros materiales orgánicos, el digerido puede someterse a procesos de compostaje que transforman los residuos en un producto final rico en nutrientes y materia orgánica. Este compost puede ser utilizado como enmienda del suelo, mejorando su estructura, capacidad de retención de agua y fertilidad, lo que resulta en cosechas más saludables y sostenibles.

3. Extracción de nutrientes: Otra estrategia de valorización del digerido implica la extracción y concentración de nutrientes específicos, como el nitrógeno y el fósforo, para su posterior uso en la fabricación de fertilizantes de alta calidad. Este proceso no solo permite obtener productos más concentrados y eficientes en términos de nutrición vegetal, sino que también reduce el riesgo de contaminación ambiental asociado al exceso de nutrientes en el suelo y el agua.

Al implementar estas estrategias de valorización del digerido, no solo se maximiza el aprovechamiento de los recursos disponibles, sino que también se contribuye significativamente a la reducción de los impactos ambientales asociados a la gestión de residuos y la producción agrícola. Además, se fomenta el desarrollo de sistemas más circulares y sostenibles, donde los residuos se convierten en recursos valiosos en lugar de ser simplemente desechados.



5.3.1. Propiedades agronómicas y factores favorecedores del digerido.

Durante el proceso de biometanización, las diferentes familias de bacterias anaeróbicas degradan las cadenas orgánicas complejas en cadenas más simples. Al finalizar, la materia orgánica residual estabilizada y el agua constituyen el digerido.

El digerido, producto resultante del proceso de digestión anaerobia de residuos orgánicos en plantas de biogás, posee una serie de propiedades agronómicas que lo hacen valioso como fertilizante orgánico y enmienda del suelo. Entre sus propiedades se encuentran:

- a) Aporte de nutrientes: El digerido contiene una variedad de nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas, incluyendo nitrógeno, fósforo, potasio, así como otros micronutrientes como calcio, magnesio y azufre. Estos nutrientes están presentes en formas fácilmente asimilables por las plantas, lo que promueve un crecimiento saludable y una mayor productividad de los cultivos.
- b) Mejora de la estructura del suelo: El digerido actúa como un agente mejorador de la estructura del suelo, ayudando a aumentar la capacidad de retención de agua y nutrientes, así como la aireación y permeabilidad del suelo. Esto favorece el desarrollo de un sistema radicular más vigoroso y una mejor absorción de nutrientes por parte de las plantas.
- c) Estabilidad y liberación gradual de nutrientes: A diferencia de algunos fertilizantes químicos, el digerido libera gradualmente los nutrientes a lo largo del tiempo, lo que reduce el riesgo de lixiviación y pérdida de nutrientes por escorrentía. Esta liberación controlada de nutrientes contribuye a una nutrición más equilibrada y sostenible de los cultivos, minimizando el impacto ambiental asociado con la fertilización excesiva.
- d) Aumento de la actividad microbiana: El digerido contiene una diversidad de microorganismos beneficiosos para el suelo, como bacterias y hongos, que contribuyen a la descomposición de la materia orgánica, la mineralización de nutrientes y la mejora de la salud del suelo. Esta actividad microbiana puede promover la formación de agregados del suelo y la disponibilidad de nutrientes para las plantas.
- e) Reducción de la dependencia de fertilizantes químicos: El uso de digerido como fertilizante orgánico puede ayudar a reducir la dependencia de los agricultores en fertilizantes químicos sintéticos, lo que a su vez puede disminuir los costos de producción y minimizar el impacto ambiental asociado con su fabricación y aplicación.

En resumen, el digerido posee propiedades agronómicas beneficiosas que lo convierten en una opción atractiva como fertilizante orgánico y enmienda del suelo. Su capacidad para aportar nutrientes, mejorar la estructura del suelo, liberar gradualmente los nutrientes, promover la actividad microbiana y reducir la dependencia de fertilizantes químicos lo posiciona como una herramienta clave en la agricultura sostenible y regenerativa.

El uso del digerido como un fertilizante orgánico es útil por sus características nativas, en concreto por su alto contenido en materia orgánica y macronutrientes necesarios para la estructuración de los suelos y la



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

alimentación de las plantas. A continuación, se presentan los factores por los cuales el uso de los digeridos es factible en la agricultura:

1. Composición de la materia orgánica.

La composición de la materia orgánica del digerido es un aspecto crucial que influye en su calidad como fertilizante y enmienda del suelo. Esta materia orgánica se puede dividir en tres categorías principales:

- **Materia orgánica biodegradable:** Esta fracción comprende los componentes orgánicos que son fácilmente descompuestos por microorganismos en el suelo, como carbohidratos, grasas y proteínas. Esta materia orgánica es la principal fuente de nutrientes para las plantas y contribuye significativamente a la fertilidad del suelo.
- **Materia orgánica poco degradable:** Incluye componentes como lignina y ciertas proteínas, que son más difíciles de descomponer y tienen una degradación más lenta en el suelo. Aunque estas fracciones pueden proporcionar cierta estabilidad al suelo a largo plazo, su descomposición es más lenta y su disponibilidad de nutrientes para las plantas puede ser limitada en el corto plazo.
- **Materia orgánica viva (microorganismos):** Esta categoría comprende la biomasa microbiana presente en el digerido, que incluye diversas comunidades de microorganismos. Estos microorganismos desempeñan un papel fundamental en la descomposición de la materia orgánica, la mineralización de nutrientes y la mejora de la estructura del suelo. Su presencia en el digerido puede aumentar la actividad biológica del suelo y mejorar su salud y fertilidad.

La relación carbono/nitrógeno (C/N) es un parámetro importante a tener en cuenta en el digerido. Una relación C/N más baja indica una mayor disponibilidad de nitrógeno en relación con el carbono orgánico. Esto significa que la materia orgánica del digerido se descompone más fácilmente y se mineraliza más rápido, lo que resulta en una liberación más rápida de nutrientes nitrogenados disponibles para las plantas. Esta relación adecuada de C/N es crucial para una mineralización eficiente de los nutrientes y un suministro óptimo de nitrógeno para el crecimiento de las plantas.

En resumen, la composición de la materia orgánica del digerido, que abarca desde la materia orgánica biodegradable hasta la materia orgánica poco degradable y la presencia de microorganismos vivos, juega un papel fundamental en su capacidad para mejorar la fertilidad y la estructura del suelo. Además, la relación C/N adecuada y la tasa de nitrógeno mineralizado contribuyen a su eficacia como fertilizante orgánico al proporcionar nutrientes disponibles para las plantas de manera eficiente.

2. Valor fertilizante

El digerido ofrece un valioso valor fertilizante gracias a su composición rica en nutrientes esenciales y su capacidad para mejorar la salud del suelo. La rápida descomposición de su materia orgánica biodegradable proporciona una fuente inmediata de nutrientes, como nitrógeno, fósforo y potasio, impulsando el crecimiento vigoroso de las plantas. Además, su contenido de materia orgánica poco degradable asegura una liberación



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

gradual de nutrientes a lo largo del tiempo, contribuyendo a la estabilidad a largo plazo del suelo. La actividad microbiana asociada al digerido, mejora aún más su valor fertilizante al promover la descomposición de la materia orgánica y la disponibilidad de nutrientes para las plantas. En resumen, el digerido es un recurso valioso que no solo nutre los cultivos, sino que también mejora la fertilidad, la salud y la estructura de los suelos.

Sin embargo, no hay un digerido homogéneo, los valores de estos, aunque sean mayormente parecidos dependerán totalmente del tipo de dieta que alimenta la planta variando según la riqueza de los nutrientes de los sustratos de alimentación. La ventaja es que en todos los digeridos producidos las cantidades de elementos fertilizantes de Nitrógeno, Fosforo, Potasio y los oligoelementos del sustrato, se conservan en el digerido obtenido, de ahí su alta capacidad para ser utilizado como un fertilizante. A continuación, se presentan las especificaciones de los nutrientes necesarios para la fertilización agrícola (se puede ver de forma resumida en la Ilustración 25):

- Nitrógeno (N): El nitrógeno orgánico del sustrato se mineraliza parcialmente durante la metanización en forma amoniacal. El nitrógeno orgánico restante y en caso de ser aplicado se divide en dos partes. Una parte que también se mineraliza y otra que se humidifica asociándose al carbono de la materia orgánica del suelo que el mismo digerido aporta. El digerido, al metanizarse y generar el nitrógeno mineral se puede afirmar que contiene más contenido en nitrógeno asimilable. En cuanto al nitrógeno podemos dividir entre dos efectos:
 - Efecto corto plazo: Absorción inmediata por los cultivos del nitrógeno mineralizado y del nitrógeno orgánico mineralizado.
 - Efecto a largo plazo: Durante el proceso de humidificación se realiza un reservorio de nitrógeno que ira mineralizándose poco a poco generando así un reservorio constante de nitrógeno mineralizado para las épocas donde el aporte sea bajo o inexistente.
- Fósforo (P): Se demuestra que es un elemento que bajo los efectos de la metanización se genera su biodisponibilidad inmediata por parte de los cultivos.
- Potasio (K): El potasio no varía durante los procesos de metanización, las cantidades nativas en la dieta serán las resultantes en el digerido producido. Se encontrará en forma soluble, y su biodisponibilidad no varía para las plantas.

Todos los digeridos tienen la capacidad de ser aplicados a campo directamente de los digestores sin procesamiento. Sin embargo, aunque sea un material totalmente estabilizado por propósitos de reducción de volumen y manejo de los nutrientes el digerido puede separarse en una fase sólida y otra líquida por métodos de separación.

Los métodos de separación son múltiples, aunque habitualmente suelen ser sistemas mecánicos como centrifugas, decantadores u otros sistemas operativos.

Una vez separado, los nutrientes no se reparten de forma homogénea en las dos fases, factor a tener en cuenta en el uso posterior de la fracción sólida o líquida, ya que por ejemplo los fosfatos migran principalmente a la fracción sólida mientras que el nitrógeno y el potasio a la acuosa.



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

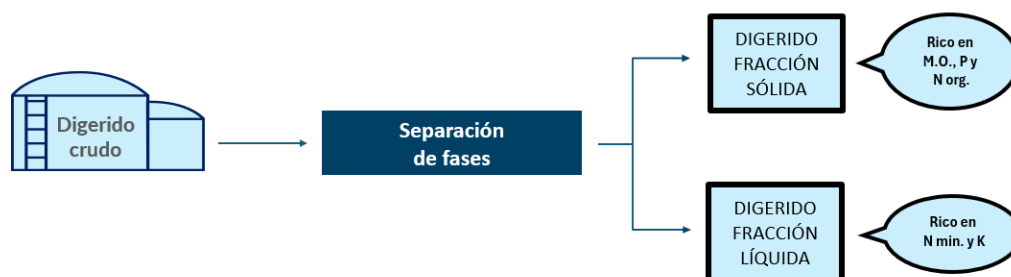


ILUSTRACIÓN 25. CARACTERÍSTICAS DE LOS DIGERIDOS DESPUÉS DE LA SEPARACIÓN SÓLIDO-LÍQUIDA Y RIQUEZA EN NUTRIENTES

3. Olores

Cuando se aplica el digerido a campo, generalmente se inyecta directamente en el suelo para minimizar la volatilización de los olores. Este enfoque ayuda a reducir la emisión de olores desagradables en comparación con otros métodos de aplicación superficial. Sin embargo, hay excepciones a esta norma, especialmente cuando se cumplen ciertos requisitos establecidos en la legislación. Aparte, el digerido por sí solo al pasar un proceso de transformación de los sustratos, suele presentar niveles de olores muy inferiores a las de los estiércoles y purines.

Es importante destacar que el proceso de compostaje descompone aún más los materiales orgánicos y estabiliza los compuestos olorosos, lo que da como resultado un producto final que es menos probable que produzca olores desagradables. Esto significa que el digerido compostado se puede aplicar a los campos de una manera más segura, incluso en el suelo, sin causar perturbaciones significativas a las comunidades circundantes.

5.3.2. Captura del carbono y beneficios del digerido frente a la sequía.

El digerido, como producto de la digestión anaerobia de residuos orgánicos, ofrece una serie de beneficios significativos en términos de captura de carbono y resistencia a la sequía, lo que lo convierte en una herramienta importante en la lucha contra el cambio climático:

- Reducción de la erosión del suelo:** El digerido, al mejorar la estructura del suelo y su capacidad de retención de agua, ayuda a reducir la erosión del suelo causada por la escorrentía superficial y el viento. La erosión del suelo es un problema importante en el contexto del cambio climático, ya que puede provocar la pérdida de nutrientes, la degradación de la fertilidad del suelo y la pérdida de biodiversidad.
- Aumentar la biodiversidad:** Al mejorar las condiciones del suelo y promover el crecimiento vegetal saludable, el digerido puede aumentar la biodiversidad en los ecosistemas agrícolas y naturales. La mejora de la biodiversidad proporciona una variedad de servicios ecosistémicos como la polinización, el control de plagas y la prevención de enfermedades, y ayuda a que los ecosistemas sean más resilientes a los impactos del cambio climático.
- Almacenamiento de carbono en el suelo:** La aplicación regular de digerido al suelo puede aumentar el contenido de carbono orgánico del suelo, contribuyendo así al almacenamiento de carbono en el



suelo a largo plazo. Es una estrategia importante de mitigación del cambio climático, ya que el suelo actúa como un sumidero de carbono, retirando el exceso de CO₂ de la atmósfera y ayudando a estabilizar los niveles de carbono atmosférico.

5.3.3. Tecnologías para el tratamiento del digerido.

1. Separación de fases

La aplicación de las tecnologías de separación es el primer paso para luego poder continuar con el tratamiento posterior, dependiente del tipo de digerido y los requisitos para cada ubicación. Mediante las tecnologías de separación obtenemos dos fracciones: una sólida con un 20-28% de materia seca y una fracción líquida con una materia seca de 1-5%.

Las tecnologías disponibles son múltiples: tamices, tornillos prensa, tornillos deshidratadores, decantadores centrífugos, microfiltros, etc.

2. Tecnologías para la valorización del digerido sólido

a) Compostaje.

El compostaje es un método biológico, aplicable al digerido obtenido en las plantas de biogás, que implica un proceso termófilo y aerobio para transformar la materia orgánica obteniendo un material estabilizado y libre de patógenos que puede ser aplicado como enmienda orgánica al suelo.

El tiempo de residencia en un proceso de compostaje varía dependiendo del sustrato de entrada, de las condiciones climáticas del medio y del tipo de compostaje seleccionado. No obstante, un proceso de compostaje convencional mediante volteo manual tiene una duración mínima de 12 semanas. Las primeras 4 semanas para el proceso de fermentación y el resto para el proceso de maduración. Normalmente, al inicio de la etapa del compostaje el compost tiene una materia seca entre 40-50%.

Dependiendo del tipo de compostaje seleccionado, es posible reducir las semanas de proceso de compostaje, disponer de mayor control del proceso y mejorar la calidad del compost. Los principales sistemas de compostaje tecnificados son los siguientes:

- Compostaje al aire libre estático (aireación pasiva)
- Compostaje al aire libre con aireación activa (corriente negativa o positiva)
- Compostaje al aire libre tapado con lonas y aireación
- Compostaje tapado con aireación en trinchera y con mezcladora
- Compostaje mediante el empleo de túneles
- Compostaje dinámico

b) Secado térmico.

Los tratamientos térmicos emplean energía en forma de calor para disminuir significativamente el contenido en



humedad del digerido. Se obtiene un producto apto para ser transportado a menor coste al reducirse significativamente su volumen. No obstante, el consumo energético y la degradación de nutrientes deben tenerse en cuenta en el diseño de este tipo de procesos.

El secado térmico puede usarse para reducir significativamente el agua del digerido consiguiendo un producto con más del 90% de materia seca. El producto secado térmicamente tiene un volumen muy reducido y puede manipularse, almacenarse y transportarse fácilmente.

c) Peletización.

Una forma de fertilizante orgánico de liberación lenta es el peletizado de la fracción sólida del digerido. El compost y la fracción sólida en forma de pellets mejora la conservación, transporte y aplicación del mismo.

En el proceso de producción de pellets se requieren tres pasos: secado, molienda y prensado (proceso de peletización) del sustrato. Todos los sustratos presentan un valor de humedad de 8 a 20% tras el secado.

Este es un proceso que puede resultar interesante cuando en la planta de biogás se genera un digerido de calidad ya que al peletizar el digerido, su valor económico aumenta. No obstante, se ha de tener en cuenta que en la agricultura cercana se disponga de sistemas de fertilización por pellets, pues su aplicación en campo requiere de maquinaria agrícola específica.

5.3.4. Tecnologías para la concentración de nutrientes del digerido líquido.

a) Evaporación

Los evapoconcentradores son dispositivos que permiten deshidratar la fracción líquida de un digerido después de una separación de fases previa. Este proceso de deshidratación aprovecha eficientemente la energía térmica para evaporar el contenido de agua del digerido y aumentar la concentración de nutrientes y sólidos en el concentrado resultante.

El concentrado resultante puede utilizarse directamente o, alternativamente, valorizarse para la producción de fertilizantes mediante su enriquecimiento o utilizándolo en un sistema de compostaje mezclado con la fracción sólida.

b) Membranas.

La filtración por membranas constituye una avanzada separación de fases que permite retener todo o parte de los elementos fertilizantes, según el proceso elegido. En todos los casos, se obtienen concentrados líquidos, ninguno de los cuales representa más del 40%, e incluso el 30%, del volumen inicial. A partir de los concentrados obtenidos, enriqueciéndolos hasta los niveles establecidos por la normativa en materia de fertilizantes, podrían registrarse como producto fertilizante.

La filtración por membrana se lleva a cabo bajo el efecto de un gradiente de presión. Se pueden identificar cuatro categorías de membranas según, entre otros factores, el tamaño de los poros: microfiltración (tamaño de poro 0,1 - 2 μm), ultrafiltración (0,1 - 2 μm), nanofiltración (0,01 - 0,1 μm), y ósmosis inversa (<0,001 μm).



La ultrafiltración (UF) elimina completamente bacterias y parcialmente virus, pero no componentes disueltos. Solo la ósmosis inversa permite separar el agua de los iones disueltos, como el amonio y el potasio, obteniendo agua desmineralizada e higienizada, apta para su vertido a cause o para su aplicación en zonas agrícolas sin restricciones de cantidad.

5.3.5. Tecnologías para la recuperación de nutrientes del digerido líquido.

a) Stripping de amonio.

El objetivo de esta tecnología es la recuperación del amonio contenido en la fracción líquida del digerido en forma principalmente de sulfato amónico o nitrato de amonio, de forma que pueda ser valorizado como fertilizante mineral o para otros usos industriales. Encontramos esta tecnología tanto en plantas donde la limitación de digeridos puede verse por el contenido en N máximo que puede aplicarse en suelos agrícolas cercanos, como en plantas cuyo elevado contenido en N de la dieta hace necesario la eliminación del mismo para garantizar la correcta operación del digestor.

Durante el proceso de stripping, se extrae el amoníaco en una columna mediante aire o vapor en contracorriente (columna de extracción) y su posterior recuperación en una columna con una corriente de ácido absorbente (columna de absorción), generalmente con ácido sulfúrico o nítrico.

b) Recuperación de estruvita.

La formación de estruvita ($\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) es un proceso natural que ocurre en digestores anaeróbicos cuando las concentraciones de los iones Mg^{2+} , NH_4^+ y PO_4^{3-} superan la constante de solubilidad del producto.

La estruvita, un compuesto químico poco soluble en agua, se considera un fertilizante mineral de liberación lenta con valor económico en el mercado de fertilizantes. Se reconoce como un método para recuperar altas concentraciones de magnesio, amonio y fosfato en la fracción líquida mediante la adición de óxido de magnesio y ácido fosfórico para su reacción.

5.3.6. Tecnologías para el tratamiento del digerido líquido

a) Reactores biológicos de membrana (MBR).

Esta tecnología presenta una gran ventaja frente a otras, ya que permite una doble función de eliminación de nutrientes en el reactor aerobio biológico MBR. En la primera etapa se produce una eliminación de los compuestos orgánicos y biodegradables (DQO/DBO), y en la segunda una eliminación de los compuestos nitrogenados mediante una nitrificación/desnitrificación. Este sistema destaca por ser utilizado ampliamente en el tratamiento de aguas residuales.

Es una gran solución para asegurar una fracción líquida tratada. Implementando un sistema de afino posterior mediante membranas de ósmosis, se puede obtener un agua depurada apta para vertido.



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

b) NDN.

El proceso de nitrificación-desnitrificación (NdN) tiene como objetivo básico transferir a la atmosfera el nitrógeno amoniacal (NH_4^+) inicialmente contenido en el agua residual, en forma de nitrógeno molecular (N_2). Igualmente, el carbono orgánico biodegradable también será eliminado de la fase líquida en forma gaseosa (CO_2).

Se trata de un proceso microbiológico donde el amonio es oxidado por bacterias autótrofas a nitrato en presencia de oxígeno y carbono inorgánico (nitrificación) y a continuación, este nitrato es reducido por bacterias heterótrofas a nitrógeno molecular gas, en ausencia de oxígeno y presencia de carbono orgánico (desnitrificación).



6. CRITERIOS DE ACTUACIÓN.

La implantación de unos criterios de actuación para la tramitación de las plantas de biogás y biometano permite establecer una trazabilidad de la calidad del biogás y digerido producido en las plantas de biogás a partir de materia potencialmente biodegradable.

Es importante destacar que estos criterios se han establecido siguiendo la normativa vigente relativa a la instalación y puesta en marcha de todo el ecosistema formado por una planta de biogás. Por ello, definir unas reglas de diseño y operación va a permitir cumplir con la legislación vigente, al mismo tiempo que trabajar de una forma limpia y segura.

Las plantas de biogás están condicionadas por la normativa de residuos, la de elaboración de fertilizantes, la de nutrición sostenible de los suelos, la normativa SANDACH y la normativa relativa a las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos.

Las competencias de estos ámbitos están actualmente repartidas entre distintas consejerías. La Consejería de Desarrollo Sostenible de Castilla-La Mancha tiene competencias en materia de residuos y en materia de contaminación por nitratos, mientras que la Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, tiene competencias en materia de fertilizantes, nutrición sostenible de suelos y SANDACH. Además, de estas competencias autonómicas atribuidas en el marco de la Constitución y del Estatuto de Autonomía, el Gobierno de España también tiene atribuidas unas funciones en el entorno comentado como poder ejecutivo. En este sentido, corresponde al Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación la propuesta y ejecución de la política del Gobierno de España en materia de recursos agrícolas, ganaderos y pesqueros, de industria agroalimentaria y de alimentación y al Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico la propuesta y ejecución de la política del Gobierno en materia de lucha contra el cambio climático, prevención de la contaminación, aguas, energía, lucha contra la despoblación y medio ambiente entre otros.

Paralelamente, la concienciación social y su debida comunicación es clave en el proceso del emplazamiento de una planta, haciendo hincapié en la comunicación de las externalidades positivas del proyecto y la involucración de los agentes interesados (como municipios, agricultores, ganaderos, asociaciones...), así como la adopción de actuaciones ventajosas para el municipio, de manera que se vean beneficiadas ambas partes de forma recíproca.

Con este plan se pretende aunar las buenas prácticas relativas a la ubicación, gestión de los sustratos, la producción del biogás y la gestión del digerido para que el desarrollo de la citada actividad se integre perfectamente en el entorno donde se ubique. Además de lo anteriormente mencionado, los objetivos de los criterios establecidos son:

- a) Concienciar y generar confianza en las plantas de digestión anaerobia, vistas como una alternativa a la producción de energía de forma sostenible, para dejar constancia que bajo las condiciones establecidas son totalmente compatibles con el medioambiente y la salud pública;



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

- b) Definir un marco de referencia. Se generan y se establecen unos estándares de calidad a partir de la unificación de criterios, que asegura que los procedimientos más efectivos y seguros se sigan alcanzando, minimizando los riesgos y errores durante la operación y mejorando también así la eficiencia;
- c) Generar conciencia y confianza en el digerido por parte de los usuarios, por haber sido obtenido bajo un estándar aprobado y consolidado, y que, por tanto, su uso sea totalmente seguro y sostenible en la agricultura, mediante un buen manejo;
- d) La mejora de la calidad del producto generado y servicio, debido a que cumplimenta a los estándares de calidad establecidos;
- e) Proteger la salud de las personas y del medioambiente (incluyendo los suelos) los criterios de actuación para la aplicación del digerido de calidad en agricultura, silvicultura, horticultura y la restauración de suelos. Además, de asegurar la gestión efectiva de los sustratos para que su uso en la planta sea eficaz y adecuado.
- f) Fomentar la cultura de calidad, dando compromiso a la excelencia, de manera que los operadores y diseñadores tengan la confianza de poder realizar los distintos procesos de forma correcta, demostrando así el compromiso con la calidad de los procesos.

6.1. Alcance y partes.

La instalación de la planta de biogás comporta diversos procesos que influyen directamente en el diseño, construcción y operación. A modo de facilitar las posteriores recomendaciones el documento se ha dividido en los siguientes grupos dependiendo de la función principal por la cual influyen en la planta:

- a) Ubicación: La implantación correcta de una planta de digestión anaerobia es crucial para potenciar la eficiencia de la misma, siempre velando por la seguridad y garantizando la no afección negativa, tanto medioambientalmente como socialmente. De esta manera, es vital realizar estudios de tráfico, rutas de residuos y movilidad aparte de ceñirse a la normativa vigente para que el proyecto pueda continuar con las siguientes fases de diseño. Este punto limita desde el inicio la posibilidad o no de implantación de cualquier proyecto.
- b) Sustratos: La selección de los sustratos de entrada influyen en todos los procesos posteriores, tanto en la capacidad de generar biogás como para producir un digerido de calidad. Los sustratos deben tratarse como un producto valioso y ceñirse a sus recomendaciones ya que determina el correcto funcionamiento de la planta de digestión anaerobia. Esto abarca desde la selección de los sustratos, su recepción y almacenamiento.
- c) Metanización: El proceso de metanización es el núcleo de la producción de biogás y biometano. El equipo responsable de realizar el proceso de digestión anaeróbica es el digestor (metanizador), encargado de almacenar el sustrato en condiciones anaeróbicas para transformar la materia orgánica con potencial de biometanización en biogás y posteriormente en biometano.
- d) Valorización del biogás: En el digestor se produce biogás, el cual tiene un poder calorífico debido a la presencia de metano, pudiendo utilizarse directamente para producir energía térmica o eléctrica. Aislando el m/etano, en este caso biometano, se genera un producto totalmente apto para la inyección a la red de gas, de manera que se puede generar un producto con los mismos



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

valores que el gas natural pero producido de una forma sostenible. Para esto se precisa de una serie de equipos complementarios al metanizador, conocido como la unidad de “Upgrading”, capaz de aislar el biometano del resto de los componentes presentes en el biogás.

- e) Valorización del digerido: el digerido es un material residual que se obtiene a partir de la digestión anaerobia y que tiene un valor agronómico debido a su contenido en materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio. Reduce la demanda de producción de fertilizantes minerales y ayuda a devolver el carbono orgánico al suelo.

6.2. Ubicación de las plantas de digestión anaerobia.

6.2.1. Ubicación y distancias de aplicación del digerido.

La instalación de una planta de digestión anaeróbica debe cumplir con las distintas normativas estatales, autonómicas y municipales de urbanismo que delimitan y especifican las características de implantación de cualquier emplazamiento.

Siempre y cuando la planta de biogás se ubique en suelo rústico, conforme a la Orden 4/2020, de 8 de enero, por la que se aprueba la instrucción técnica de planeamiento sobre determinados requisitos sustantivos que deberán cumplir las obras, construcciones e instalaciones en suelo rústico, el uso del suelo de la planta de biogás corresponde al de actividad dotacional de titularidad privada, de elementos pertenecientes al sistema de tratamiento de residuos, debiendo cumplirse, por tanto, los requisitos aplicables a este uso del suelo. Respecto a su ubicación en suelo industrial y suelo de uso terciario y dotacional privado, se deberá cumplir con la normativa urbanística municipal.

Para certificar que el uso del suelo es compatible con los usos establecidos en el planeamiento municipal, se deberá solicitar el certificado de compatibilidad urbanística ante el ayuntamiento. Este certificado es requisito en caso de que la planta esté sometida a la obtención de la Autorización Ambiental Integrada.

Asimismo, cualquier actividad ganadera presente en el lugar deberá estar separada de la instalación de metanización en caso de valorizarse subproductos animales no destinados a consumo humano (SANDACH) y viceversa. En concreto el Real Decreto 306/2020 de 11 de febrero, por el que se establecen normas básicas de ordenación de las granjas porcinas intensivas, y se modifica la normativa básica de ordenación de las explotaciones de ganado porcino extensivo y el Real Decreto 637/2021 de 27 de julio, por el que se establecen las normas básicas de ordenación de las granjas avícolas establecen:

Las plantas de biogás se enmarcan como las Plantas de SANDACH de categoría 2 y 3. Para este caso se establecen las siguientes distancias a las zonas de actividad agropecuaria (granjas):

- A grupo primero, segundo, tercero y explotaciones de distancia ampliada: 500m en Avícola y Porcino y 200 m en Equino.
- A centros de concentración: 1.000 m

En cuanto a la ubicación de las plantas de biogás respecto a núcleos urbanos, de acuerdo con el Plan de



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

prevención y gestión de residuos de Castilla-La Mancha 2023-2030 deben situarse a una distancia mínima de 2.000 m medidos desde el límite de suelo urbano, urbanizable o apto para urbanizar, de uso residencial exclusivo o predominante, pudiendo ser autorizadas, de forma excepcional, a una distancia mínima de 1.000 m en casos particulares siempre y cuando se adopten medidas correctoras adicionales que garanticen las ausencias de esas afecciones". En el caso de las plantas de biogás, la distancia mínima excepcional de 1.000 m se restringe a 1.500 m.

En el caso de las plantas donde se traten residuos de cadáveres (SANDACH categoría 2), deberán situarse como mínimo a una distancia de 3.500 m de suelo urbano, urbanizable o apto para urbanizar, de uso residencial y terciario.

En el caso de actividades de restauración y hoteleras, se deberá guardar una distancia mínima de 250m.

Para evitar las molestias que el funcionamiento de las plantas de biogás pudiera ocasionar en los núcleos poblacionales, toda planta deberá garantizar un valor límite de inmisión de olores de 1,5 UOe/m³, percentil 98%, a cumplir en los límites del suelo urbano, urbanizable y apto para urbanizar de uso residencial y terciario.

Siguiendo las directrices de la Orden de 02/08/2012 de la Consejería de Agricultura, por la que se modifica la Orden de 07/02/2011, de la Consejería de Agricultura y Medio Ambiente, por la que se aprueba el programa de actuación aplicable a las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario, designadas en la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha., el dígido debe cumplir las siguientes distancias de aplicación:

- a) 250 metros respecto a captaciones de agua subterránea para abastecimiento de poblaciones, en caso de no existir otra delimitación de perímetros de protección mayores.
- b) 250 metros respecto a embalses o masas de agua superficial destinadas al abastecimiento público. Con independencia de la distancia a éstas, no se aplicará estiércol al terreno si por la pendiente de este existe riesgo de escorrentía directa.
- c) 100 metros respecto a lugares de captación de aguas de uso potable privado, en caso de no existir otros perímetros de protección mayores, legalmente establecidos.
- d) 50 metros respecto a lugares de captación de aguas para restantes usos.
- e) Respecto a aguas superficiales en las que está previsto su uso para baño: las distancias determinadas como zonas de protección del dominio público hidráulico en los diferentes Planes Hidrológicos de cuenca o en su defecto 100 metros, como zona de policía conforme a la Ley de Aguas.
- f) 100 metros respecto a las demás aguas superficiales y cauces.

Particularmente en la aplicación de fertilizantes con residuos animales y según lo dispuesto en el Real Decreto 306/2020, de 11 de febrero se debe garantizar que cualquier producto que contenga residuos animales como estiércoles, o estiércol como tal, debe respetarse como distancia mínima de distribución 100 m respecto a otras explotaciones porcinas de grupo primero (explotaciones con capacidad hasta 120 UGM) y 200 m respecto a otras explotaciones de los grupos segundo (explotaciones con capacidad de 120 hasta 480 UGM), tercero (explotaciones con capacidad de 480 hasta 720 UGM) y a los cascos urbanos. Todo en vistas a la prevención



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

de transmisión de enfermedades, tanto a animales (en este caso porcino) como a humanos. Siempre y cuando la Comunidad Autónoma competente no establezca lo contrario.

Por otra parte, y establecido por el Real Decreto 637/2021, de 27 de julio, se deben tener en cuenta unas distancias de aplicación mínimas para la prevención de enfermedades en la cabaña ganadera, realizando protocolos de actuación en el desempeño básico de la bioseguridad de las explotaciones. En esta normativa se establece que la aplicación de cualquier producto que contenga restos animales, como estiércoles, purines o lodos de depuradora respetará una distancia de 100 m a cualquier explotación avícola, excepto a las de selección, multiplicación y recría de aves de cría o reproductoras que serán 200 metros, salvo que proceda de la propia explotación.

6.2.2. Estudios de afección por transportes.

A la hora de tramitar un proyecto, será necesario especificar ciertos aspectos en cuanto a la localización, accesos y rutas de entrada y salida de los residuos y digeridos. En este caso, se deberán realizar y presentar los siguientes estudios junto con la tramitación del proyecto:

- a) Accesos a la parcela. Se deberá especificar con claridad la forma de acceder a la parcela, no solamente para poder saber cómo llegar en caso de ser necesario, sino también para optimizar la mejor ruta de los transportes. Se prohíbe el paso de los camiones con residuos por los núcleos urbanos de los municipios, zonas de uso terciario y otras zonas donde pudieran causar molestias. Al final una planta necesitará el constante flujo de transporte de sustratos, así como de los residuos y subproductos (digerido), y este suele ser llevado a cabo por vehículos de gran tonelaje. Al trabajar en zonas rurales, no todas las vías de acceso suelen estar preparadas para su continuo uso por vehículos de gran tonelaje y envergadura. En la parcela seleccionada debe realizarse un estudio de tráfico, de accesos, de movilidad y de ruta de los residuos, con el objetivo de estudiar la viabilidad del proyecto. Estos estudios se recomiendan para poder analizar la viabilidad del proyecto, de esta forma el proceso se alinea según la normativa que atañe esta parte, basado en la Norma 3.1-IC de Instrucción de Carreteras y la Orden de 16 de diciembre de 1997 por la que se regulan los accesos a las carreteras del Estado, las vías de servicio y la construcción de instalaciones de servicios.
- b) Rutas de los residuos. Se deberá realizar un estudio donde se analicen las ubicaciones de cada uno de los sustratos de entrada a la planta de biogás y queden identificadas las rutas de transporte de los residuos. Como se menciona arriba, para la realización de estas rutas, se prohíbe el paso de los camiones con residuos por los núcleos urbanos de los municipios, zonas de uso terciario y otras zonas donde pudieran causar molestias.
- c) Estudio de tráfico. Análisis del tráfico habitual más el inducido para no superar los valores máximos establecidos por ley, de manera que el sitio seleccionado tenga capacidad para el volumen dado de vehículos.
- d) Estudio de accesos. Análisis de los accesos a la parcela para concretar que el firme, cambios de



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

secciones y glorietas están en correctas condiciones para sostener el volumen de los vehículos pesados, y en caso de que no proceda presentar un plan de mejora de los accesos (siempre y cuando sea viable) para evitar posibles accidentes.

- e) Estudio de movilidad: Muchas veces la instalación de una planta no es posible por los accesos, por ese motivo y en zonas rurales se deben prever la movilidad de los accesos en caso de ser necesario. Este análisis permite en toda precisión valorar la posibilidad económica de la instalación, ya que reestructurar los accesos adyacentes puede incrementar mucho los costes haciendo que la selección de otra parcela sea la opción óptima.
- f) Transporte de los sustratos: se deberá justificarse el uso de formas de transporte de los residuos aptos, asegurando transportes cerrados para evitar malos olores, así como la correcta desinfección de los vehículos.

6.2.3. Otras consideraciones.

- a) Suministros. En el estudio de la ubicación de la parcela y dependiendo del objetivo perseguido se deberá estudiar todos los elementos secundarios que afectan directamente a la implantación de la planta, como si existe red de agua, red de saneamiento, si hay red eléctrica próximas para poder proveer electricidad y donde se encuentra la red de transporte o distribución de gas natural en caso de querer inyectar el biometano generado.
- b) Afecciones. Se deberá tener en cuenta y respetar las posibles afecciones que pudieran producirse a áreas protegidas, carreteras, autovías, vías de tren, zonas aeronáuticas, dominio público hidráulico, vías pecuarias, montes de utilidad pública, elementos geomorfológicos y hábitats de protección especial, etc.
- c) Adaptaciones estéticas. De acuerdo con la normativa autonómica de suelo rústico, las instalaciones ubicadas en suelo rústico deben armonizarse con su entorno inmediato. Por tanto, las instalaciones construidas deberán adaptarse estéticamente en cuanto a los materiales y colorido de las edificaciones acorde con el entorno paisajístico donde se encuentren situadas y siguiendo las especificaciones urbanísticas del municipio donde se realice tal emplazamiento. Se evitarán zonas donde las plantas sean visibles, como miradores o puntos de atracción turística, evitando principalmente zonas de interés cultural o patrimonio natural.



6.3. Sustratos de entrada.

A diferencia de otras fuentes de energía renovable, como la solar o la eólica, el biogás no se obtiene directamente de un recurso natural espontáneo. Su producción requiere de sustratos específicos, generalmente derivados de actividades agropecuarias y agroindustriales.

Cualquier materia orgánica tiene la capacidad de producir biogás, ahora bien, no todas son aptas, bien sea por la naturaleza del sustrato que no se pueden utilizar por cuestiones de contaminantes o bien por cuestiones éticas.

Para que el digerido sea un producto de calidad en cuanto a capacidad fertilizante, nivel de metales pesados, impurezas y otros contaminantes, en el metanizador no se puede aceptar cualquier tipo de materia orgánica con potencial de biometanización. En el anexo 1 se presenta la lista de materias aptas para biometanización, con sus códigos LER correspondientes, basada en las disposiciones del Real Decreto 506/2013, de 28 de junio.

Todo sustrato, al igual que en la industria agroalimentaria, debe ser conocido y trazable, por tanto, todo acopio de sustrato debe cumplir con un sistema de trazabilidad. De esta forma, en caso de que algún lote esté contaminado se pueda llegar tanto al problema como al proveedor y se puedan realizar las acciones pertinentes.

En cuanto a la procedencia de los sustratos de entrada, no existe una distancia máxima de donde puedan proceder. No obstante, se deberá tener en cuenta la huella de carbono del transporte de estos sustratos para cumplir el porcentaje de reducción de emisiones marcado por la Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo de 11 de diciembre de 2018 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, donde se establece que el porcentaje de reducción de emisiones ha de ser de al menos un 65% para el caso del biogás consumido en el transporte y de al menos un 70% para el biogás utilizado para producción de electricidad y calefacción (80% en el caso de instalaciones en funcionamiento a partir del 1 de enero de 2026).

Subproductos SANDACH.

Los subproductos SANDACH destinados a las plantas de biogás han de cumplir con la normativa en materia de Subproductos animales No Destinados a Consumo Humano (SANDACH).

Para los SANDACH que se traten en las plantas de biogás, se establece que han de ser sometidos a un método de transformación, siendo el parámetro de transformación de 1 hora a 70°C con partículas no mayores de 12 mm (pasteurización), según se establece en el Real Decreto 1528/2012, de 8 de noviembre, por el que se establecen las normas aplicables a los subproductos animales y los productos derivados no destinados al consumo humano. No obstante, las autoridades competentes en materia de Autorizaciones Ambientales Integradas, pueden autorizar el uso de parámetros alternativos bajo ciertas condiciones conforme lo establecido en el apartado 6.5.2.9.

Para ser incluidos en una categoría de material componente (CMC) conforme el Reglamento (UE) 2019/1009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de junio de 2019, sobre productos fertilizantes, los SANDACH



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

deben alcanzar el punto final en su cadena de fabricación, establecido dicho punto final mediante el Reglamento Delegado (UE) 2023/1605, de la Comisión de 22 de mayo de 2023. El punto final consiste en que el digerido cumpla varios requisitos, incluido el parámetro de transformación estándar.

En el caso de las plantas donde se traten estiércoles y purines, estos están exentos de la necesidad de higienización, de acuerdo con el artículo 13, letra e) apartado ii) del Reglamento (CE) 1069/2009, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de octubre siempre y cuando se demuestre la calidad sanitaria del digerido para su aplicación directa.

Lodos de EDAR.

Actualmente, los lodos de EDAR pueden destinarse a biogás, teniendo en cuenta que el digerido que contenga lodos de EDAR no tendrá la condición de fin de residuo bajo la disposición adicional vigesimosegunda de la Ley 7/2022, de 8 de abril. No obstante, el digerido sí puede aplicarse a campo, pues se enmarca bajo el Real Decreto 1051/2022, de 27 de diciembre, por el que se establecen normas para la nutrición sostenible en los suelos agrarios y la Orden AAA 1072/2013, de 7 de junio, sobre utilización de lodos de depuración en el sector agrario.

FORSU sin recogida selectiva

Los residuos FORSU se recogen dentro de la Ley 7/2022, de 8 de abril. El subproducto resultante de los residuos FORSU que tengan una recogida selectiva, una vez biometanizados, puede obtener la condición de fin de residuo y se tratarán como cualquier otro tipo de residuo según el Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, pero en el caso de tener residuos FORSU sin recogida selectiva el subproducto generado (digerido) será categorizado como un material bioestabilizado, que no tendrá la condición de fin de residuo.

6.3.1. Tipología de plantas en función de la dieta.

El digerido que se produce en la planta varía en su composición y calidad dependiendo de los sustratos de entrada. Esto limitará en un futuro la aplicación o valorización del digerido, de forma que sus usos sean más o menos permisivos. En función de los residuos de entrada, se distinguen la siguiente tipología de plantas de biogás:

- a) Plantas agropecuarias: purines, estiércoles y residuos agrarios.
- b) Plantas agroindustriales: codigestión de purines, estiércoles, residuos agropecuarios y residuos de la industria agroalimentaria.
- c) Plantas con lodos de EDAR: con y sin codigestión con otros residuos.
- d) Plantas con FORSU con separación en origen: con o sin codigestión con otros residuos.
- e) Plantas FORSU sin separación en origen: con o sin codigestión con otros residuos.
- f) Dietas que contengan sustratos que no se cataloguen en los códigos LER presentados en el anexo 1.



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

6.3.2. Selección de la dieta óptima.

Para poder realizar un diseño efectivo de la planta se necesita saber los parámetros técnicos del mix de los sustratos a utilizar, debido a que afectarán a cómo se vaya a encarar el proceso de diseño, construcción y funcionamiento de la planta de digestión anaerobia. En la Tabla 7 se presentan los parámetros técnicos necesarios para poder tener un total conocimiento de los criterios con los que se va a trabajar a posterior.

TABLA 7. PARÁMETROS TÉCNICOS DE LOS SUSTRATOS RELACIONADOS CON LA DIGESTIÓN ANAEROBIA.

Parámetros Técnicos	Características
Sólidos totales/ Humedad	Los sólidos totales están ligados directamente con la capacidad de biodegradabilidad de la materia, además según el tipo de planta diseñada habrá unos límites de sólidos totales en la composición de la dieta para asegurar la correcta homogeneidad y trasiego del compendio a lo largo de los procesos de producción.
Carga orgánica	La carga orgánica muestra la capacidad de biodegradabilidad de los sustratos, de manera que permite estudiar la capacidad de producción de biogás de la planta. Se buscan los sustratos que sin tener muy elevados los demás valores, tengan la carga orgánica más alta, siendo más potenciales a la biodegradabilidad y consecuentemente a la producción de biogás.
Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)	La proporción C/N es importante para el proceso de fermentación. La ratio varía mucho de unos sustratos a otros, por lo que se deberá tener en cuenta el mix de materias de entrada.
Nitrógeno total	El nitrógeno total determina aproximadamente la cantidad de ion amonio presente en la muestra. Conocer su cantidad es crucial para poder evitar posibles inhibiciones en el interior del digestor.
Sustancias inhibidoras	Determinadas sustancias presentes en el residuo (los lípidos a partir de determinada concentración, por ejemplo) o producidas en la fermentación (los ácidos grasos volátiles en elevadas concentraciones) pueden reducir considerablemente el rendimiento.

A continuación, se presenta una lista de algunos sustratos con las que se debe llevar precaución a la hora de la realización de la dieta:



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

1. Sustratos con grandes concentraciones de inhibidores de los microorganismos encargados de la metanización.
2. Sustratos con insuficiente carga de nutrientes o con baja digestibilidad del sustrato. Debido a que la gran dificultad de digestión puede provocar la inhibición o la reducción de rendimiento durante el proceso de metanización.
3. Sustratos con grandes concentraciones de proteínas o amonio. Las proteínas se degradan a amonio, el cual es un gran inhibidor de los microorganismos responsables de la producción de metano. Esto es típico de sustratos de origen animal, que deben ser mezclados con otros sustratos y en cantidades correctamente calculadas para evitar que las concentraciones de amonio en el interior del digestor sean muy elevadas.
4. Sustratos con grandes concentraciones de sulfuro. El sulfuro es un elemento presente en prácticamente todos los sustratos que se convierte en ácido sulfhídrico durante el proceso de metanización. Estos compuestos son altamente corrosivos, lo que puede afectar a los sistemas de valorización del biogás.
5. Sustratos con trazas de elementos químicos inorgánicos, antibióticos o desinfectantes. Estos elementos, aun en concentraciones muy bajas, son inhibidores de las reacciones de metanización, incluso pudiendo llegar a parar la producción de metano. Se debe a toda costa descartar cualquier sustrato que contenga trazas de estos elementos.
6. Sustratos con altas concentraciones de metales pesados: los metales pesados de los sustratos se trasladan al digerido. Para evitar elevadas concentraciones de metales pesados en el digerido que pueda dificultar su aplicación a campo, se deben evitar residuos con altos contenidos en metales pesados.

Esto es fácilmente comprobable a partir de los análisis químicos, físicos y biológicos que se recomiendan realizar previo cálculo de la dieta.

6.3.3. Almacenamiento de los sustratos.

Los sustratos utilizados en plantas de digestión anaerobia son catalogados como residuos, y como tal, tienen la capacidad de generar una contaminación medioambiental, por tanto, su uso, distribución y almacenamiento se debe realizar en entornos de seguridad para evitar cualquier tipo de problema futuro.

Durante el almacenamiento y trasiego se tendrán como objetivos principales:

1. Almacenar de forma que se evite cualquier riesgo de contaminación a las unidades de producción circundantes.
2. Respetar el principio de “avance” de los materiales, que permite excluir el encuentro de los materiales entrantes y el producto, debido a que cualquier tipo de contaminación cruzada convertirá a la materia prima en un residuo.



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

3. Almacenar las materias de entrada y salida en sistemas adecuados en función de las características del sustrato a almacenar, ajustando el tiempo de permanencia necesario en planta.

Para la minimización del conjunto de potenciales impactos ambientales derivados de los procesos que tienen lugar en el acopio, almacenamiento y uso de sustratos con potencial contaminante existen las Mejores Técnicas Disponibles (MTD) respecto al tratamiento de residuos, que deberán implementarse siempre y cuando sean de aplicación.

Para una correcta entrada y almacenamiento de los sustratos, se debe llevar a cabo las siguientes prácticas:

- a) Un procedimiento de caracterización, pre-aceptación y aceptación de los sustratos: se deberá establecer un procedimiento de aceptación de todos los sustratos de entrada y se comprobará que la carga transportada es susceptible de ser aceptada a partir de los criterios previamente establecidos.
- b) Trazabilidad de los sustratos conforme a la normativa vigente de gestión de residuos: se llevará a cabo un libro de registro de residuos de entrada, donde se anotará, la tipología de residuo y sus características, la cantidad, fecha de llegada a la planta, información del productor, tratamiento previsto y la matrícula.
- c) Un sistema de almacenamiento por tipología de materiales y por proceso: se deberá diseñar los almacenamientos y trasiego de los sustratos conforme a sus características. En el caso de sustratos sólidos, deberán ser almacenados en sistemas cerrados o cubiertos con el fin de reducir los olores. Además, se impermeabilizarán mediante solera de hormigón, así como deberán disponer de sistemas de drenaje de lixiviados para evitar las emisiones al suelo y al agua. En el caso de los sustratos líquidos, se almacenará en un tanque hermético, para reducir las emisiones de amoníaco a la atmósfera. Los sustratos SANDACH deberán almacenarse en sistemas independientes dentro de naves, para evitar malos olores y separado del resto de residuos para evitar su contaminación.
- d) Optimizar el lugar de almacenamiento, ubicando la instalación alejada de cursos de agua y receptores sensibles. Se optimizará la cercanía de los residuos a sus zonas de tratamiento para evitar transportes innecesarios por el interior de la instalación.
- e) Adecuar las instalaciones a las cantidades de sustratos a almacenar y tratar en la planta. Los almacenamientos se deben diseñar para reducir el tiempo de almacenamiento al máximo necesario para la correcta operación de la planta para evitar la descomposición de los residuos previo a su entrada en la digestión anaerobia.

Se deberá contar con un plan de limpieza y desinfección de todos los equipos y maquinaria empleados en el almacenamiento y trasiego de sustratos con el objetivo de evitar contaminaciones cruzadas, así como de los vehículos de transporte de los residuos y digeridos. En el caso de las plantas que traten SANDACH, particularmente cadáveres, se deberá hacer hincapié en el plan de limpieza y desinfección.

Paralelamente, no solamente se debe realizar un monitoreo de los sustratos que van entrado a la planta, sino también debe haber un plan de monitorización de emisiones de gases y aguas residuales, así como de recursos



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

y producción de residuos, las cuales van alineadas con las MTD.



6.4. Proceso de producción.

6.4.1. Digestor (metanizador).

6.4.1.1. Diseño de la planta de digestión anaerobia.

Son múltiples los factores para tener en cuenta en el diseño de una planta de digestión anaerobia. La construcción de una planta viene limitada principalmente por dos factores, donde va a ser ubicada y el tipo de dieta que va a componer la alimentación de los digestores, pero también otros secundarios como por ejemplo las personas proveedoras de la tecnología. En este apartado se abordan las características a tener en cuenta para el diseño de una planta, ahora bien, parámetros importantes que también limitan el diseño de la planta se presentan también en el apartado 6.4.1.2 del proceso de digestión, ya que la planta se diseña en todo momento para la optimización de los procesos de digestión, tomando al digestor como el núcleo de la planta y del proceso, ya que es el que limita las características aguas abajo (sustratos) y aguas arriba (digerido). Los factores del proceso de digestión anaerobia para su diseño son:

- a) Humedad: En vía húmeda o vía seca.

Se considera que el proceso de digestión se diferencia entre vía húmeda y seca según el contenido de materia seca en el digestor. Para residuos con concentración máxima del 15 % de sólidos totales dentro del digestor se trata de una digestión anaerobia por vía húmeda. Cuando la concentración de residuos es de entre 15 y 40 % de materia seca, no se necesita la dilución de los sustratos, por tanto, se trata de una digestión anaerobia por vía seca.

- b) Temperatura: Mesófila o termófila.

La digestión se realiza en el digestor a una temperatura entre 38 y 42°C para el rango mesófilo y entre 50-55°C para el proceso termófilo.

El Reglamento (UE) 2019/1009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de junio de 2019 determina los rangos de temperatura para las CMC 4 y 5 con el fin de obtener un digerido lo más higienizado posible. En concreto especifica con exactitud la descomposición controlada de materiales biodegradables que se hará en condiciones anaerobias y a temperaturas adecuadas, tanto para los procesos mesófilos como los termófilos. En el caso de deber cumplir con el Reglamento (UE) 2019/1009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de junio de 2019, la digestión anaerobia presentará los siguientes perfiles de variación de la temperatura en función del tiempo:



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

TABLA 8. PERFILES TÉRMICOS PARA EL PROCESO DE DIGESTIÓN ANAEROBIA

Perfiles térmicos
Digestión termófila 55°C durante 24 h seguidas y un tiempo de retención hidráulico de 20 días (TRH)
Digestión termófila 55°C y pasteurización (70°C/1h)
Digestión termófila 55°C y compostaje (70°C/3 días o 65°C/5 días o 60°C/7 días o 55°C/14 días)
Digestión mesófila (37 – 40°C) y pasteurización (70°C/1 h)
Digestión mesófila (37 – 40°C) y compostaje (70°C/3 días o 65°C/5 días o 60°C/7 días o 55°C/14 días)

1. Etapas: Una etapa o varias etapas.

La primera digestión puede ir seguida de una fase de postdigestión en un postdigestor calentado o sin calentar. Por tanto, una planta de biogás puede componerse de digestores primarios (se realiza la primera y única digestión) o de una combinación de digestores donde se realiza una primera digestión y una segunda más completa.

2. Alimentación: Continuo o por fases.
3. A la hora de alimentar los digestores, existen dos estrategias de alimentación: continua, donde el sustrato es alimentado y el digerido es descargado del digestor de forma continuada y por fases o lotes, donde los digestores se llenan una única vez y cuando la digestión anaerobia ha sido llevada a cabo se vacían para introducir un nuevo lote de sustratos. Se priman las instalaciones continuas, por una cuestión de maximización de los beneficios, sin embargo, las plantas de digestión anaerobia en vía seca pueden trabajar con una alimentación por fases.

6.4.1.2. Proceso de la planta de digestión anaerobia.

En cuanto al proceso, la digestión anaerobia varía según múltiples factores, tanto relativos al tipo de materia, ambiente en el que se encuentra o presupuesto, como ejemplo de algunos factores. Los dos principales objetivos son la producción de biogás o biometano y la valorización del digerido. Estos determinan el objetivo de la planta en sí, que se refleja directamente en el tipo de planta de biogás a instalar. Esta complejidad está basada en:

- a) Dieta de entrada: la mezcla de sustratos que se utiliza (ej. residuos agrícolas, lodos de depuradora). La dieta determina el tamaño de los digestores, la tecnología aplicable (vía seca o húmeda, tipo de digestor, tiempo de retención, temperatura) y la necesidad de pretratamiento (trituración, pasteurización, etc.).
- b) Uso final del biogás: Dependiendo de si se va a usar directamente como biogás o se va a depurar a biometano, se necesitan instalaciones adicionales para alcanzar las especificaciones requeridas. Las plantas de digestión anaerobia se basan en el tratamiento de la materia orgánica de partida para la maximización de producción de biogás y en caso de ser posible, biometano. Durante el proceso, hay ciertos parámetros de control para que el proceso se desarrolle en base a las condiciones



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

óptimas que se han de tener en cuenta para el diseño de la misma planta, que también dependen de los sustratos utilizados. Se deberá justificar que la elección de los parámetros de diseño y operacionales son el óptimo para el buen funcionamiento de la planta. Los principales parámetros de diseño y operacionales claves se resumen a continuación.

Materia seca en el digestor.

La materia seca de la dieta delimita el diseño de la planta tanto en el tipo de metanización que se llevará a cabo (seca o húmeda), así como los sistemas de agitación que se vayan a instalar en la planta.

Al igual que en apartados anteriores esto recae en un conocimiento exacto del tipo de dieta con la cual se va a trabajar en la planta de digestión anaerobia.

Temperatura.

Dependiendo del tipo de digestión establecida en el digestor (mesófila o termófila), se deberán establecer unos valores de temperatura óptima para que la carga de microorganismos pueda trabajar en sus condiciones ideales, todo dependiendo del tipo de digestión seleccionado en el proceso de diseño. Se debe realizar un cálculo correcto de las necesidades térmicas en la fase de diseño, así como un exhaustivo control de la temperatura, de manera que la temperatura en el digestor sea constante. Un descenso en la temperatura puede acarrear problemas por procesos inhibitorios de otras sustancias.

Agitación.

Para favorecer la eficiencia del proceso se debe contemplar un sistema de agitación en el digestor, aunque previamente la dieta se haya mezclado correctamente, bien sea mecánico, hidráulico o neumático.

La correcta agitación no solo ayuda a tener una buena mezcla del sustrato fresco, sino también a mantener en niveles correctos las concentraciones de las poblaciones de microorganismos, mantener en concentraciones medias o bajas los posibles inhibidores, evitar problemas como la formación de costras, espumas y sedimentación y también indirectamente mantiene en valores homogéneos la temperatura en todo el sustrato alimentado.

Relación Carbono:Nitrógeno (C:N).

El carbono y el nitrógeno son las principales fuentes de alimentación de las bacterias metanogénicas. El carbono constituye la fuente de energía y el nitrógeno es utilizado para la formación de nuevas células.

Los sustratos con elevadas concentraciones de nitrógeno ($C:N < 15$) inducen la inhibición de la actividad bacteriana debido a la formación de un exceso de amonio durante el proceso de digestión, el cual en grandes cantidades es tóxico e inhibe el proceso. Por otro lado, una alta tasa de $C:N (> 40)$ carece de nitrógeno, lo que afecta directamente a la formación de proteínas, afectando al metabolismo microbiano. Es decir, ocurre más lentamente el proceso, porque la multiplicación y desarrollo de bacterias es bajo por la falta de nitrógeno, por tanto, el período de producción de biogás es más prolongado.



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

En la fase de diseño se deberá tener presente el parámetro de la concentración de amonio en el digestor y la relación carbono nitrógeno para realizar un correcto dimensionado de la planta.

Tiempo de retención hidráulico (THR) y velocidad de carga orgánica (VCO).

Tanto el tiempo de retención hidráulico (TRH) como la velocidad de carga orgánica (VCO) delimitan el volumen de la planta y en consecuencia el diseño de esta.

El tiempo de retención hidráulico (TRH) es el resultante del cociente entre el volumen y el caudal de ingreso de sustrato en el digestor, es decir, el tiempo de permanencia del sustrato en el digestor. La materia orgánica necesita un tiempo mínimo de degradación, por el cual antes presenta índices de actividad metanogénica igual a cero, además la eliminación de materia orgánica sigue una tendencia asintótica, con una eliminación completa a tiempo infinito.

El TRH depende del tipo de sustratos que compongan la dieta de la planta, por tanto, es de crucial importancia el conocimiento de ellas, las cantidades, así como los correspondientes análisis para poder obtener los tiempos efectivos donde se alcanzan las máximas producciones de metano con los menores tiempos posibles, con el objetivo de no perder eficiencia durante el proceso, ya que por ejemplo, los compuestos más complicados de biodegradar deben permanecer más tiempo en el digestor que materias más fáciles de biodegradar. Esto también está determinado por los diseñadores de la planta que se basan en la experiencia de casos pasados y ensayos para delimitar los tiempos dependiendo de la composición de la dieta. Este valor es un parámetro de dimensionado, por tanto, calcularlo es de obligatoriedad por parte del equipo de diseño de la planta para el correcto funcionamiento de esta.

Por otra parte el tiempo de retención hidráulico calculado y optimizado afectará directamente [la velocidad de carga orgánica \(VCO\)](#) en el digestor, ya que junto al tamaño de la planta dimensionado en el proceso de diseño según la dieta disponible, se deberá presentar una velocidad de carga orgánica de los sustratos a los metanizadores basados en modelos, experiencia y rectificaciones en el caso real para poder alcanzar así también la eficiencia del proceso de metanización, obteniendo el máximo alimentando lo justamente y necesario. Para evitar sobredosis de materia orgánica y para optimizar a la vez el volumen de los digestores, la carga orgánica debe estar comprendida en el intervalo 2,0 – 5,0 kg SV/(m³*d), siempre dependiendo de los sustratos de entrada, por tanto, se deberá realizar un previo estudio de los sustratos y realizar un correcto balance de las materias para poder contemplarse dentro del rango óptimo.

La alimentación de carga orgánica se debe seguir según los parámetros delimitados por el equipo de diseño para poder asegurar una alimentación continua en el digestor. Alimentar a un sistema biológico no se aleja de cualquier otro tipo de ser vivo, las bacterias se acostumbran a la periodicidad, por tanto se debe plantear un plan de alimentación donde se alimente de forma constante, con el volumen indicado y a la hora indicada, de manera que no hayan fluctuaciones en el proceso de producción de biogás, eso sí, siempre y cuando la planta no se esté poniendo en marcha o bien se necesite realizar cambios en la alimentación por problemas en el proceso de digestión, como se ha comentado en el subapartado de la acidez.



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

Control pH.

Para poder analizar la salud del proceso de digestión anaerobia se deberá realizar un muestreo y monitorización del pH diariamente con los sistemas más pertinentes y controlado por un operario con experiencia para corregir en caso necesario. Uno de los análisis más fiables y utilizados es el análisis FOS/TAC, el cual permite analizar los ácidos grasos volátiles (FOS) y la capacidad de compensación alcalina o salinidad (TAC), indirectamente también indica el pH de la mezcla. Este sistema hace un seguimiento diario del proceso de digestión y permite identificar las interferencias en la digestión, para posteriormente controlar el proceso y evitar posibles pérdidas en la producción de metano. Este control se realiza mediante el estudio de la ratio FOS/TAC la cual está directamente ligada con la alimentación del digestor, permitiendo evaluar la estabilidad de los procesos de generación de metano.

Inhibidores de la digestión anaerobia.

La producción de gas puede inhibirse por múltiples motivos. En estas inhibiciones se hace una escisión entre las causas técnicas a causa de la operación que pueden enlentecer la metanización o por sustancias que incluso en bajas concentraciones bajan la tasa de descomposición o incluso llegando a concentraciones tóxicas detienen por completo el proceso de descomposición.

En la Tabla se presentan los principales compuestos inhibitorios de la digestión anaerobia, sus concentraciones y comentarios acerca de cómo estas sustancias afectan al proceso. En la Tabla 9, a modo de resumen, se presentan todos los parámetros operacionales que se han ido mencionando a lo largo de este apartado.

TABLA 9. INHIBIDORES EN PROCESOS DE DESCOMPOSICIÓN ANAERÓBICA Y CONCENTRACIONES PERJUDICIALES.

Inhibidor	Concentración inhibitoria	Comentarios
Oxígeno	>0,1 mg/L	Inhibición de arqueas metanogénicas anaeróbicas obligadas
Sulfuro de hidrógeno	>5.0 mg/L H ₂ S	Mayor efecto inhibitorio a pH bajo
Ácidos grasos volátiles	>5.000 mg/L HAc	Mayor efecto inhibitorio a pH bajo. Adaptabilidad de las bacterias.
Nitrógeno amoniacal	>4.500 mg/L NH ₄ ⁺	Efecto inhibitorio se eleva a medida que cae el valor del pH y la temperatura. Gran adaptabilidad de las bacterias.
Metales pesados	Cu >50 mg/L Zn >150 mg/L Cr >100 mg/L	Sólo los metales disueltos tienen un efecto inhibitorio. La desintoxicación se hace por medio de la precipitación de sulfuros.
Desinfectantes, antibióticos	No especificado	Efecto inhibitorio específico para el producto



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

COVs	No especificado	Efecto inhibitorio específico para el producto
------	-----------------	--

Las perturbaciones por estos compuestos inhibitorios se deben a multitud de factores, para evitarlos se debe realizar un correcto estudio de la dieta, pero aparte se deberán realizar ciertas acciones para evitar la disminución de los procesos de biodegradación. Entre algunos se encuentra:

- a) Evitar sobrealimentaciones del digestor. Añadir excesivo sustrato también puede inhibir el proceso de digestión porque cualquier constituyente de un sustrato puede tener un efecto dañino en las bacterias si su concentración es demasiada alta.
- b) En el caso del oxígeno. Se debe garantizar la correcta hermeticidad de la planta, esto se puede realizar previa puesta en marcha con un análisis con aire comprimido, ahora bien, durante el proceso se puede analizar a partir de la producción de metano, si este desciende puede ser provocado por algún poro por el cual o bien se fuge el biogás y por el cual también pueda entrar oxígeno, en ese caso se debería realizar su correcto mantenimiento y en casos extremos parar la planta para poder solucionar la fuga. Hay que destacar que muchas plantas disponen de compresores de oxígeno, pero este proceso se realiza para la desulfuración del digerido, su inyección es tan baja que las arqueas no son capaces de percibir esas concentraciones.
- c) En cuanto a los ácidos grasos volátiles y nitrógeno amoniacal, se debe evitar concentraciones inhibitorias en el digestor previo conocimiento de los sustratos de entrada y correcto diseño de la dieta y parámetros operacionales.
- d) Evitar sustancias no nativas en los sustratos y programar un plan de detección periódico para poder determinar si los sustratos contienen inhibidores auxiliares como: antibióticos, desinfectantes, solventes, herbicidas, sales y metales pesados. Esto se puede evitar con un concreto y eficaz sistema de trazabilidad de los sustratos, así como análisis pertinentes de los sustratos que alimentaran la planta. Esto se ha determinado con más detenimiento en el apartado 6.3, que atañe a todo lo que se debe tener presente para la selección y manejo de los sustratos que componen la dieta.

TABLA 10. PARÁMETROS OPERACIONALES CLAVE EN LA DIGESTIÓN ANAEROBIA.

Parámetro	Descripción	Efectos
T^a	Influye en la actividad microbiana y las reacciones químicas.	Se recomiendan rangos mesófilos y/o termófilos en función de los sustratos a tratar. Aumento de temperatura aumenta la actividad microbiana hasta un punto máximo. Temperaturas elevadas pueden inhibirla.
Materia seca	Influye en la digestión, así como en el diseño de la planta.	Se debe conocer con precisión la materia seca de los sustratos para saber así las proporciones de la dieta, que incluso pueden influir en el cambio de los equipos, así como el cambio del tipo de planta existente.



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

Parámetro	Descripción	Efectos
pH	Afecta la actividad microbiana y su tasa de crecimiento.	El pH óptimo para la digestión anaerobia es neutro. Valores fuera de este rango pueden afectar la actividad microbiana.
Agitación	Asegura homogeneidad de condiciones y favorece la actividad microbiana.	La agitación mejora la transferencia de nutrientes y gases, la estabilidad de la reacción y reduce la formación de sedimentos. Se deberá elegir una agitación adecuada en función de la mezcla en el interior del digestor
Relación C:N	Fuente de alimentación de las bacterias y arqueas anaerobias.	Tasas de carbono nitrógeno (C:N) estén en un adecuado. Esto permite el correcto funcionamiento del digestor, pero también afecta directamente a la posterior valorización del digerido.
Tiempo de retención (TRH)	Tiempo medio de permanencia del sustrato en el digestor.	Un tiempo de retención adecuado permite la degradación completa del sustrato y la producción de biogás. Un tiempo demasiado corto puede resultar en una degradación incompleta, mientras que uno demasiado largo puede aumentar la producción de ácidos grasos volátiles.
Velocidad de carga orgánica	Cantidad de materia orgánica por unidad de volumen y tiempo.	La velocidad de carga orgánica determina la eficiencia del proceso y la producción de biogás. Un exceso puede desestabilizar el proceso, mientras que una carga baja puede ser ineficiente.

6.4.2. Valorización del biogás.

Existen diversas alternativas de **aprovechamiento energético** del biogás y del biometano, entre las cuales destacan: el uso térmico, el uso eléctrico y cogeneración para aprovechamiento en la propia instalación o instalaciones anexas y el biogás para biometanización e inyección en la red de gas.

Utilizar biogás para generar energía térmica ~~y~~o eléctrica es la opción más sencilla, pues no necesita grandes inversiones y proporciona un ahorro económico en la instalación utilizada, además de mejorar su impacto ambiental al no necesitar fuentes de energía externas.

Asimismo, el biogás puede convertirse en gas de elevado poder calorífico (o gas renovable o biometano) reduciendo su contenido de dióxido de carbono, nitrógeno y oxígeno. Los usos del biometano son los mismos que los del gas natural: puede inyectarse a la red de distribución de gas natural, o utilizarse como combustible para vehículos mediante la producción de gas natural comprimido (bioGNC) o licuado (bioGNL).

Previo a su uso o depuración, el biogás debe ser acondicionado debido a que el biogás, al salir del digestor, contiene compuestos complementarios no deseados.



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

6.4.2.1. Acondicionamiento del biogás y producción del biometano.

El biogás cuyo objetivo es la producción de energía térmica y/o eléctrica no precisará de la unidad de valorización a biometano para su posterior inyección y tendrá unas especificaciones de calidad inferiores. En este caso no existen protocolos ni reglamentos que regulen una obligación o especificación de las características que debe tener ese biogás, por tanto, en este caso el biogás deberá regirse a las características de los equipos que se instalen para su uso, es decir, según fabricante, como es el ejemplo de las calderas o motores de cogeneración.

Sin embargo, siempre se precisará de equipos de previo acondicionamiento para la eliminación de compuestos contaminantes que al ser combustionados junto con el biogás generen emisiones nocivas a la atmósfera (NO_x , SO_x , COVs, etc.).

6.4.2.2. Inyección del biometano a la red de gas.

En el caso que la planta de digestión anaerobia tenga como objetivo la valorización del biogás a biometano para ser inyectado a la red de gas, previa presentación de la tramitación del proyecto deberá realizarse un estudio de trazado de la tubería de enganche, así como el punto de evacuación y capacidad de la red de gas. Esta documentación deberá presentarse en el momento de tramitar el proyecto. En caso de no existir una solución plausible o coherente a la magnitud del proyecto, deberá presentarse una solución alternativa para la evacuación y uso del biometano.

Para la inyección de biometano en red, la calidad del gas es un requisito que debe cumplirse en todo momento y debe supervisarse continuamente. La calidad del biometano se establece mediante el Protocolo de detalle PD-01, por lo que el biometano, para poder inyectarse en la red de distribución de gas natural, ha de cumplir especificaciones reguladas por el PD-01 y no podrán rebasar los valores límites que este protocolo establece, los cuales son:

TABLA 11. LÍMITES DE COMPOSICIÓN DEL BIOMETANO DE ACUERDO CON EL PROTOCOLO DE DETALLE PD-01.

Parámetro	Unidades	Cantidad
Metano (CH_4)	% mol	>90
O_2	% mol	<0,01*
CO_2	% mol	<2,5*
Índice de Wobbe	kWh/m^3	13,403 – 16,058
PCS	kWh/m^3	10,26 – 13,26
Densidad relativa		0,555 – 0,7
Punto de rocío	$^{\circ}\text{C}$	< +2
S Total	mg/m^3	0 – 50
$\text{H}_2\text{S} + \text{COS}$ (como S)	mg/m^3	0 – 15



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

Parámetro	Unidades	Cantidad
<i>RSH (como S)</i>	<i>mg/m³</i>	0 – 17
<i>Polvo/partículas</i>		Técnicamente puro
<i>CO</i>	<i>% mol</i>	0 – 2
<i>H₂</i>	<i>% mol</i>	0 – 5
<i>Flúor/cloro</i>	<i>mg/m³</i>	0-10 / 1
<i>NH₃</i>	<i>mg/m³</i>	0 – 3
<i>Hg</i>	<i>microg/m³</i>	0 – 1
<i>Siloxanos</i>	<i>mg/m³</i>	0 – 10
<i>BTX</i>	<i>mg/m³</i>	0 – 500
<i>Microorganismos</i>		Técnicamente puro

*En redes de distribución el contenido de O₂ puede llegar hasta 1% mol y en redes de transporte hasta 0,3% mol siempre que: 1) el contenido de CO₂ no supere el 2% mol y el punto de rocío no supere los -8°C.

En adición, esta normativa regula la odorización del biometano para poder ser inyectado. Nativamente el gas metano es inodoro e incoloro, por tanto, para poder ser detectado en su uso debe ser odorizado al igual que todo el metano que es transportado por la red de gas natural.

Para la inyección a la red de gas del biometano, hay que tener en cuenta las características externas de la implantación de la planta, que pueden hacer que se vea repercutido en la inversión a realizar y muchas veces no se acabe ejecutando un proyecto. A continuación, se presentan los criterios y prácticas que se deberían tener en cuenta en caso de que en el objetivo de la planta a instalar se quiera realizar la inyección de gas a la red existente.

Horas de funcionamiento del equipo y equipos de seguridad.

La unidad de inyección tiene limitaciones a la hora de inyectar respecto a las horas de funcionamiento. Esto se debe a que la unidad de valorización no funciona todas las horas del año, por sus paradas por mantenimiento. Paralelamente existen limitaciones dependiendo del tipo de red en base a los horarios y la capacidad a inyectar. Por estos motivos se deberá estudiar en detalle los horarios de inyección y las cantidades, debido a que no proyectar la mejor eficiencia de la planta podrá incurrir en pérdidas de biometano que se deberá combustionar cuando la capacidad de la red no alcance más por la antorcha de la instalación, esto se verá repercutido en los beneficios económicos de la planta, por tanto, se debe tener muy en cuenta.

6.4.3. Minimización de emisiones atmosféricas.

Durante el proceso de digestión y valorización del biogás también se puede incurrir en [emisiones a la atmósfera](#) si no se siguen una serie de prácticas, las cuales también se deben prever durante el diseño de la planta.

Para evitar al máximo posible las [emisiones difusas](#) se establecen las siguientes prácticas:



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

- a) Minimización del número de fuentes potenciales de emisión. Se diseñará la planta limitando todas las posibles fuentes de emisión. Para ello, se realizará un diseño apropiado de tuberías, minimizando la longitud siempre que sea posible, y reduciendo el número de conectores (bridas) y válvulas mediante la soldadura de tuberías. Siempre que sea posible, se utilizará la transferencia de presión (ej. Gravedad) para reducir el número de bombas utilizadas.
- b) Selección y uso de equipos de alta integridad. A la hora del diseño de la instalación, se deben tener en cuenta la selección de equipos y montaje de juntas de alta integridad para minimizar las emisiones. Seleccionar válvulas con sellos dobles de empaque o equipos de igual eficiencia y las bombas, compresores y agitadores estarán provistos de juntas mecánicas y serán accionados magnéticamente.
- c) Prevención de la corrosión. En el diseño de la instalación se debe tener en cuenta la selección de los materiales apropiados, por ejemplo, juntas y válvulas, para cada equipo para evitar emisiones por fugas.
- d) Mantenimiento. Se realizarán planes de mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaria propia del proceso, especialmente de aquella que pudiera provocar emisiones difusas, como el upgrading.

Para evitar al máximo posible las emisiones directas, se establecen las siguientes prácticas:

- a) Diseño correcto de la instalación: Que permita estar funcionando con normalidad durante 8 horas de manera que en caso de avería o mantenimiento de la unidad de upgrading haya almacenamiento suficiente del biogás generado durante esas horas de parada. Esto se debe calcular durante la fase de diseño a partir del valor de producción de biogás de la planta.
- b) La instalación de una antorcha de combustión es obligatoria en toda planta de biogás, esto se debe a que en caso de avería el biometano que no se pueda almacenar se deberá combustionar, debido a que en la combustión el metano se transforma a dióxido de carbono, el cual tiene un poder de calentamiento global 28 veces inferior al metano. Pero cuando el uso de la antorcha es inevitable, para reducir las emisiones a la atmósfera, se utilizarán las dos técnicas descritas a continuación:
- c) En los sistemas de combustión, se implementará un sistema de depuración de gases siempre y cuando sea requisito para cumplir con la emisión máxima de partículas contaminantes.
- d) Cuando el offgas de la unidad de upgrading contenga más de un 0,5% de metano, se instalará una unidad de oxidación térmica regenerativa (RTO) para la combustión del metano contenido en el offgas.

6.4.4. Construcción y operación de la planta de digestión anaerobia.

La construcción en cuanto a materiales y estructuras deberá estar conforme al Código Técnico de la Edificación, aprobado a partir del Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. El proyecto definirá las obras proyectadas con el detalle adecuado a sus características, de modo que pueda comprobarse que las soluciones propuestas cumplen las exigencias básicas del CTE y demás normativa aplicable. Se deberán definir como mínimo:

- a) Las características técnicas mínimas que deben reunir los productos, equipos y sistemas que se incorporen



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

de forma permanente al proyecto, así como sus condiciones de suministro, las garantías de calidad y el control de recepción que deba realizarse.

b) Las características técnicas de cada unidad de obra, con indicación de las condiciones para su ejecución y las verificaciones y controles a realizar para comprobar su conformidad con lo indicado en el proyecto. Se precisarán las medidas a adoptar durante la ejecución de las obras y en el uso y mantenimiento del edificio, para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos.

Un contrato de verificación de seguimiento entre la persona diseñadora y la persona contratadora (ejecutora del proyecto), la cual deberá hacer constar que las conoce y que se compromete a la ejecución de la obra con estricta sujeción a las mismas en la propuesta que formule y sirva de base para la adjudicación.

6.4.4.1. Medidas de seguridad en torno a la planta de biogás.

Los gases generados en la planta de digestión anaerobia son nocivos y tóxicos para las personas, además de ser gases altamente inflamables. Los peligros y riesgos que atañan a la planta de biogás son múltiples debido a la gran complejidad de operación de estas, por tanto, es de vital importancia contar con múltiples medidas de protección con el objetivo de reducir al mínimo posible los riesgos derivados de la operación de las plantas de digestión anaerobia, tanto para las personas como el medioambiente.

Como instalación industrial debe cumplir la normativa de instalaciones industriales, por tanto se deberán instalar los equipos y construir según especificaciones para prevenir riesgos de distintas naturalezas. Al abarcar un compendio de procedimientos, son múltiples las normativas de instalaciones industriales que se tendrán que tener en cuenta, tanto en el diseño, construcción y la operación de las plantas.

Sistemas de protección contra incendios.

Conocidas todas las posibles causas, combustibles y las zonas con un mayor riesgo de incendio (e.g. almacenes de biomasa, sustrato...) se debe realizar un plan de prevención de incendios basado en el análisis de los focos de conflagración.

Sistemas de protección contra explosiones.

En una planta de biogás, se debe identificar los puntos de ignición de la planta, su naturaleza y la localización en el mapa de la planta, tanto las fijas como las móviles. Se evalúa especialmente las actividades que se realizan en las áreas de riesgo y los equipos que en estas intervienen, incluso el uso de herramientas manuales.

Sistemas de protección contra atmosferas explosivas (ATEX).

Dependiendo de la probabilidad de la presencia de una atmósfera explosiva, de acuerdo con la UNE-EN IEC 60079-10-1:2022, se dividen las distintas partes de la planta en categorías de áreas de peligro ('Zonas Ex'), dentro de las cuales se debe desplegar de manera prominente los signos relevantes y se deben tomar medidas de precaución y seguridad apropiadas.

En todas las zonas ATEX (0 a 2) y según el Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo y recomendado por la UNE-EN 1127-1:2020 se deben tomar medidas para evitar fuentes de ignición, identificándose en toda la planta por medio de signos altamente visibles y avisos de advertencia.

Pararrayos.

En la planta se deberá contar con un sistema de seguridad frente al riesgo relacionado a con la acción de rayo, sistemas de pararrayo. Esto se debe a que los rayos son un riesgo potencial por ser un precursor de ignición del fuego, así como propensos a dañar equipos electrónicos y sistemas eléctricos.

Las plantas de digestión anaerobia, al estar categorizadas dentro de una planta industrial deben cumplir el Código Técnico de la Edificación, en concreto la Exigencia Básica DB-SUA 8 de seguridad frente al riesgo relacionado con la acción del rayo donde se tratan de limitar los riesgos de electrocución y de incendio causado por la acción del rayo, mediante instalaciones adecuadas de protección contra el rayo.

En adición, deben cumplir también el Reglamento electrotécnico para baja tensión (REBT) aprobado por el Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, donde se establecen las condiciones técnicas y garantías que deben reunir las instalaciones eléctricas conectadas a una fuente de suministro en los límites de baja tensión.

Combustión de emergencia: Antorcha.

En caso de que el biogás o biometano no pueda ser almacenado durante los tiempos donde la unidad de valorización no funciona, el biogás resultante se debe combustionar para transformar el metano generado en dióxido de carbono, de manera que se reduce el potencial de calentamiento global. Para realizar este proceso, en toda planta de biogás se debe proveer e instalar una antorcha de combustión acorde a la producción de biogás de la planta.

Las antorchas cumplen la función de combustionar el gas de forma segura y controlable en situaciones de emergencia, evitando su emisión directa a la atmósfera. Adicionalmente, se utilizan para eliminar los excedentes de gas y las puntas producidas en caso de parada de los quemadores o motores.

Ruidos y vibraciones.

En general en las plantas de biogás no se generan grandes ruidos y vibraciones que puedan incurrir en molestias. Sin embargo, las plantas que se instalan en zonas naturales, pueden afectar a la vecindad y a la fauna de aquellas, como es el caso de las plantas que se ubican en zonas ZEPA (Zonas de Especial Protección para las Aves). Estas deben establecer, aplicar y revisar periódicamente un plan de gestión del ruido y las vibraciones como parte del sistema de gestión ambiental.

En caso de no contar con grandes afecciones de vibraciones y ruidos se debe prever una serie de prácticas para reducir al máximo posible las afecciones que se puedan generar. Estas prácticas consisten en:

- a) Ubicar los procesos que mayor ruido produzcan lo más alejados posibles del borde de la instalación con el fin de producir un efecto de atenuación del ruido con la distancia.
- b) Medidas operativas. Las actividades de la instalación que mayor ruido emiten, como el cargador de



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

sólidos, sólo funcionarán en horario diurno para evitar posibles ruidos por la noche.

- c) Maquinaria de bajo nivel de ruido. Toda la maquinaria ruidosa estará dotada de sus correspondientes silenciadores.

Mantenimiento.

Las plantas de biogás son sistemas complejos al trabajar con elementos biológicos sensibles. Un plan de mantenimiento es esencial en toda planta para evitar posibles riesgos de parada que puedan incurrir directamente en grandes pérdidas económicas. Aparte, favorecer el correcto funcionamiento de la planta influye directamente en la disminución de riesgos que puedan resultar en grandes peligros.

El mantenimiento de una planta es una respuesta a la búsqueda de la eficiencia energética de la instalación, permitiendo que esta funcione al máximo de su capacidad siempre bajo de todas las condiciones de seguridad,. Para ello se deberá desarrollar; en la planta un plan de eficiencia energética durante la fase de explotación de la instalación. Estas acciones consisten en:

- a) Contabilidad de los consumos, manteniendo una estadística periódica de los mismos y de los indicadores asociados.
- b) Evaluación funcional de las instalaciones y del estado de obsolescencia de equipos. o Plan de mantenimiento preventivo de los equipos e instalaciones.
- c) Fomento y desarrollo de programas de asesoramiento y auditorías energéticas para determinar las posibilidades de ahorro.
- d) La puesta en marcha, de forma escalonada, de mejoras energéticas y realización de un plan de seguimiento y evaluación.
- e) La organización de programas de información en el uso de instalaciones y formación o capacitación en tecnologías más eficientes.
- f) Recuperación de la energía, en forma de calor, producida en la unidad de upgrading y su aprovechamiento en la instalación (principalmente en el proceso de digestión anaerobia). Siempre y cuando sea posible, proveer de un sistema de recuperación de calor será esencial para el ahorro económico, así como para reducir las emisiones por las necesidades de calor en la planta.
- g) Registro del balance energético: se llevará a cabo un registro de la energía generada y consumida (calor), así como un control de la energía eléctrica captada de la red por medio de las facturas correspondientes.

6.4.5. Plan de comunicación social.

Cada planta será responsable de realizar un plan de comunicación social donde se identifiquen los puntos clave de la instalación y operación de las plantas de digestión anaerobia con el objetivo de comunicar y favorecer la aceptación de la ciudadanía a los niveles que se vean necesarios. El plan comunicación debe entregarse junto con la documentación de la tramitación del proyecto, habiéndose iniciado el plan previamente del inicio de la tramitación por parte de la promotora.



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

En cuanto al desarrollo del plan, este dependerá de las personas involucrados y del grado de necesidad acorde a las demandas de los diferentes proyectos. Asimismo, se deberán realizar dos modelos, uno dirigido a la administración que se presentará junto con la tramitación del proyecto y otro dirigido a las personas involucradas

Para la administración, se entregará una memoria donde se resuma el plan a realizar y los medios para llevarlo a cabo, de manera que se justifique que las principales personas involucradas sean correctamente informados.

En cuanto al plan de comunicación que se ha de desarrollar para informar e involucrar a las personas implicadas, tiene como objetivo principal el informar de forma clara y precisa los detalles del proyecto, su propósito y funcionamiento.

Educar a la población es de vital importancia por la gran desinformación alrededor del biogás y biometano y como parte de la estrategia se debe explicar los beneficios ambientales, económicos y sociales del proyecto. Esto se puede realizar mediante:

- a) Jornadas de presentación del proyecto
- b) Medios de comunicación locales
- c) Líneas directas de información: número de teléfono y correo electrónico para consultas y sugerencias.
- d) Reuniones comunitarias: talleres informativos y foros públicos con participación pública.
- e) Materiales impresos: folletos, carteles infografías en lugares clave.
- f) RRSS y sitios web: creación de perfiles y páginas específicas para el proyecto con información actualizada regularmente.

En adición, la planta responsable de tramitar el proyecto deberá presentar un plan de responsabilidad social corporativa (RSC) con criterios que atiendan a las necesidades de los grupos de interés y del municipio donde se ubica. Estas actuaciones dependerán de la zona de estudio y de los grupos de población, pero deberá contemplar la aportación de soluciones, mejoras, ayudas y apoyos a la sociedad y municipio con implementación de acciones de manera voluntaria.

La importancia de la RSC reside en facilitar la cohesión entre la planta de biogás, el entorno y las personas, de forma responsable y a la altura de las expectativas. De esta forma se genera un intercambio bidireccional, generando un beneficio a las necesidades de la ciudadanía.

La involucración de las personas interesadas, así como la ciudadanía es vital para fomentar la retroalimentación del proyecto, de manera que se puedan mitigar las posibles incertidumbres y presentar respuestas y soluciones transparentes.

Asimismo, las personas promotoras deberán evaluar la afección socioeconómica y los efectos sinérgicos y cumulativos de la planta de biogás con otras actividades y proyectos relevantes que se realizan en el municipio y que pudieran verse afectadas. De esta forma, se facilita que, en el momento de la emisión del informe sobre la compatibilidad del proyecto por parte del ayuntamiento al órgano ambiental, conforme lo establecido al



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

artículo 37.5 de la Ley 2/2020, de 7 de febrero, dicho informe sea favorable.

En definitiva, tener una estrategia bien definida por parte del promotor es primordial como objetivo en el plan de comunicación, centrándose en la transparencia del proyecto y de esta forma, asegurando que la comunidad esté informada, educada e involucrada para la aceptación del proyecto.



6.5. Digerido.

El digerido posee un potencial significativo para impulsar prácticas agrícolas sostenibles en Castilla-La Mancha, contribuyendo así a la bioeconomía circular regional. La integración del digerido y sus derivados en las prácticas agronómicas no solo beneficia al medio ambiente, sino que también presenta oportunidades económicas y sociales para las personas agricultoras y comunidades locales.

Su uso ofrece una alternativa valiosa a los fertilizantes sintéticos convencionales. Esto no solo promueve la salud del suelo y la biodiversidad, sino que también reduce la dependencia de insumos externos, lo que a su vez fortalece la autonomía las personas agricultoras y contribuye a la sostenibilidad económica a largo plazo.

El uso del digerido también fomenta la restauración y mejora de la calidad del suelo en Castilla-La Mancha. Su alta concentración de nutrientes esenciales y materia orgánica contribuye a la fertilidad del suelo, mejorando así la productividad agrícola y asegurando la viabilidad a largo plazo de la agricultura regional. También ofrece una solución sostenible para la gestión de residuos orgánicos en la región. Al aprovechar los desechos orgánicos y convertirlos en un recurso valioso para la agricultura, se reduce la cantidad de residuos enviados a vertederos y se minimiza la contaminación ambiental, lo que a su vez contribuye a la preservación de los recursos naturales.

Ahora bien, esto tiene que ir alineado con el estudio de las zonas vulnerables de Castilla-La Mancha, enmarcadas por la Orden de 07/02/2011 de la Consejería de Agricultura y Medio Ambiente, Orden de 02/08/2012 de la Consejería de Agricultura y Orden 158/2020, de la Consejería de Desarrollo Sostenible, donde se establecen todas las disposiciones de fertilización de las superficies que se encuentran en zonas vulnerables. Un estudio exhaustivo preliminar es primordial para reflejar el buen uso de este producto con capacidad fertilizante, pero también como enriquecedor del nivel de materia orgánica.

El Real Decreto 1051/2022, de 27 de diciembre, regula la aplicación de digerido en los suelos agrarios con el fin de producir un beneficio a la agricultura o una mejora ecológica de los mismos. Esto viene englobado con los objetivos perseguidos tanto a nivel europeo como nacional, donde destacan las siguientes líneas de actuación:

- a) Reducción paulatina de fertilizantes nitrogenados de origen químico.

Las estrategias europeas frente a la Agenda 2030 ya incluyen la reducción de fertilizantes químicos, no solo por su capacidad de contaminación de suelos y acuíferos por un mal uso, sino también porque estos frente a los de origen orgánico presentan una huella de carbono asociado muchísimo más elevada. Por estos motivos y muchos otros más, la Ley 7/2022 de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular, establece en el artículo 28.4 que “las autoridades competentes promoverán el uso del compost y del digerido que cumplan los criterios en el sector agrícola, jardinería o la regeneración de áreas degradadas en sustitución de otras enmiendas orgánicas y como contribución al ahorro de fertilizantes minerales priorizando en la medida de lo posible el uso del compost frente al del digerido, y en su caso, el uso del biogás procedente de digestión anaerobia con fines energéticos, para su uso directo en las propias instalaciones, como combustible para transporte, como materia prima para procesos industriales, para su inyección a la red de gas natural en forma de biometano, siempre que sea técnica y económicamente viable”.



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

Esto viene relacionado con el control de las fertilizaciones en las zonas vulnerables, debido a que la degradación de estas zonas se debe, parcialmente, al uso excesivo durante años de estos complejos químicos. Los abonos químicos solo se aprovechan durante la campaña de implantación y cuando no son utilizados por el cultivo, se lixivian generando así toda la problemática de contaminaciones ligadas al suelo y al agua. Además, al utilizar este tipo de fertilizantes, no se mantiene el nivel de materia orgánica del suelo y se produce una pérdida considerable de la biota del suelo.

- b) Aumento del contenido de materia orgánica y salud microbiana de los suelos.

Las prácticas asociadas a la agricultura del carbono, como no laboreo y laboreo mínimo, siembra directa, cubiertas del suelo y gestión del pastoreo buscan mantener o aumentar el contenido de carbono de los suelos, reduciendo la degradación de la materia orgánica y aumentando su incorporación al propio suelo. Mejorando las propiedades físicas, químicas y biológicas. Además, el Real Decreto 1051/2022, establece como uno de los objetivos primordiales el incremento o mantenimiento de la materia orgánica del suelo, favoreciendo el uso de abonos orgánicos como los obtenidos a partir de digerido de las plantas de biogás.

- c) El residuo no tiene por qué tener una connotación negativa si el origen es del sector agroganadero y agroalimentario.

Pese a su condición de residuo, hay que tener presente la capacidad fertilizante que tienen los digeridos de las plantas de biogás, con o sin tratamiento previo, de forma que se convierten en un producto que ofrece grandes posibilidades para la agricultura. Cabe resaltar que los residuos utilizados en plantas de digestión anaerobia provienen mayormente del sector agrícola, ganadero y agroalimentario, por lo que, en este proceso, simplemente se está aplicando la economía circular por su capacidad fertilizante y mejorante del suelo.

En resumen, el uso del digerido en la agricultura de Castilla-La Mancha no solo representa una práctica agrícola sostenible, sino que también impulsa la bioeconomía circular regional al promover la eficiencia de recursos, la gestión responsable de residuos y la autosuficiencia agrícola.

En los siguientes apartados se presenta las especificaciones, así como las buenas prácticas que engloban el uso de este producto, tanto si se utiliza en aplicación a campo como si se le quiere dar una revalorización posterior debido a que muchas veces su aplicación no es posible.

6.5.1. El uso del digerido y su valorización en la agricultura.

Por todos los motivos expuestos con anterioridad, la aplicación del digerido en los suelos puede tener un gran potencial en la agricultura manchega, tanto por su naturaleza orgánica como por su perfil fertilizante.

El digerido se produce en el proceso de digestión anaerobia como un producto acuoso con un gran contenido en materia orgánica. En toda planta de digestión anaerobia, una vez generado el biogás, se realiza una separación de las fases sólida y líquida, obteniendo de este modo dos flujos con características físicas y químicas diferentes. Una vez diferenciadas estas dos líneas se podría llevar a cabo una valorización posterior de cada una de estas fases para obtener un valor añadido dependiendo de los objetivos perseguidos.



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

Por una parte, se obtiene una fracción sólida que suele tener un contenido en materia seca entorno al 20-30%, el cual tiene el mayor beneficio para la planta, por su facilidad de manejo y su mejor aceptación por la similitud a cualquier otro tipo de abono orgánico. Esta fracción puede someterse a varios procesos, las distintas valorizaciones se especifican en los siguientes subapartados. En cuanto a la fracción líquida, su composición depende de la dieta seleccionada, así como de los posibles tratamientos complementarios que se realicen en la planta. Por lo general, en dietas muy secas con un tipo de digestión por vía húmeda se prima que la fracción líquida se utilice para ser recirculada; aun así, la restante producida puede ser valorizada para la posterior aplicación a campo.

En la Ilustración 26 se presenta un esquema de los distintos destinos del digerido dependiendo de la valorización que se realice, siendo la aplicación directa, obtención de un fertilizante sólido certificado o compost las posibilidades de la fracción sólida. Por su parte, la fracción líquida se puede utilizar en la aplicación directa, así como en la obtención de un fertilizante líquido certificado.

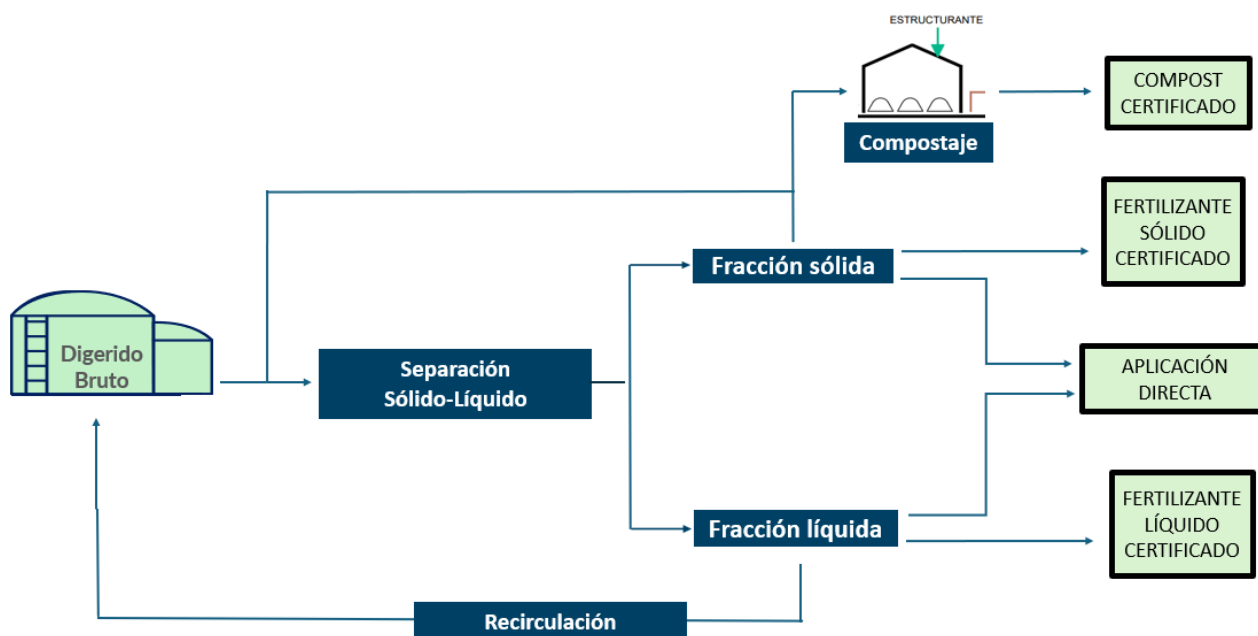


ILUSTRACIÓN 26. POSIBLES VALORIZACIONES DEL DIGERIDO EN SU FRACCIÓN SÓLIDA Y FRACCIÓN LÍQUIDA

El digerido tiene la consideración de residuo y se debe codificar con el código LER 19 06 05 para el digerido líquido ("Licores del tratamiento anaeróbico de residuos animales y vegetales") o con el código LER 19 06 06 para el digerido sólido ("Lodos de digestión del tratamiento anaeróbico de residuos animales y vegetales"), según corresponda. Por lo tanto, con independencia de otra normativa que sea de aplicación, el digerido se deberá de gestionar atendiendo a la normativa en materia de residuos. El digerido perderá su condición de residuo cuando con él se elabore un producto fertilizante, para el cual se determinará el fin de la condición de residuo.

La aplicación del digerido es posible en la agricultura enmarcado dentro de la Ley 7/2022 de 8 de abril. Para la aplicación de residuos a los terrenos agrícolas se debe considerar una operación de valorización codificada



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

dentro del anexo II como R1001, valorización de residuos en suelos agrícolas y en jardinería. Esta normativa permite la aplicación de residuos de carácter orgánico directamente a campo siempre y cuando estén catalogados dentro con su correcta codificación LER y siempre y cuando esos residuos que se vayan a aplicar produzcan un beneficio a la agricultura o una mejora ecológica de los mismos, además de cumplir con los requisitos establecidos en el Real Decreto 1051/2022, de 27 de diciembre. Para la aplicación de cualquier residuo se debe solicitar la autorización correspondiente a la Comunidad Autónoma donde se vaya a realizar la operación, así como cumplir con los requisitos marcados por normativa. Estos se engloban en el apartado 6.5.2.9, en específico en el subapartado de calidad sanitaria.

Las plantas que podrán hacer una aplicación directa sin la obligación de realizar una valorización del digerido son:

- a) Plantas agropecuarias: purines, estiércoles y residuos agrarios.
- b) Plantas agroindustriales: codigestión de purines, estiércoles, residuos agropecuarios y residuos de la industria agroalimentaria.
- c) Plantas de tratamiento de FORSU separada en origen.

Para poder estar exenta de la obligación de tratar el digerido, se deberá presentar un estudio agronómico de digeridos en base a una superficie agrícola en un radio de 15 km donde se certifique la suficiente capacidad para su aplicación conforme a las necesidades de fósforo y nitrógeno de los cultivos y posibles limitaciones a la aplicación del nitrógeno que pudieran existir en la zona.

La valorización del digerido en las plantas de digestión anaerobia es crucial para cerrar el ciclo de los recursos orgánicos y maximizar la eficiencia ambiental y económica de este proceso. La valorización del digerido produce fertilizantes orgánicos ricos en nutrientes, que pueden ser utilizados para mejorar la calidad del suelo, aumentando el nivel de materia orgánica, y aumentar la productividad agrícola de manera sostenible. Este enfoque no solo reduce la cantidad de residuos orgánicos que llegan a los vertederos, sino que también contribuye a la mitigación del cambio climático al evitar la emisión de gases de efecto invernadero. En resumen, la valorización del digerido no solo optimiza la gestión de recursos, sino que también promueve la sostenibilidad ambiental y la bioeconomía circular, por estos motivos se presentan a continuación las distintas valorizaciones que se pueden presentar dentro de las posibilidades del digerido como un producto para la agricultura.

6.5.1.1. Valorización del digerido para producción de fertilizantes y compostaje.

La producción de fertilizantes es una forma de mejorar la competitividad de las instalaciones de biogás y biometano mediante la valorización del digerido a un producto fertilizante comercializable, el cual supone una fuente de ingresos adicional.

El digerido, para poder ser empleado como materia prima de un producto fertilizante, ha de cumplir con los criterios de fin de la condición de residuos incluidos en el Reglamento (UE) n.º 2019/1009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de junio de 2019.



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

Actualmente, existe normativa para la producción de fertilizantes tanto a nivel comunitario como nacional. El fertilizante tendrá que cumplir con la normativa nacional para ser comercializado dentro de España. En el caso de cumplir la normativa europea el producto fertilizante será etiquetado con el marcado CE y podrá comercializarse tanto en Europa como en España.

Productos fertilizantes comercializables en España.

El Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes, establece los requisitos para que un producto pueda ser registrado como producto fertilizante y, por tanto, comercializarse.

La producción de fertilizantes a partir de los digeridos procedentes de plantas de producción de biogás está regulado por el artículo 17 del Real Decreto 506/2013 de 28 de junio, sobre utilización de residuos para la producción de fertilizantes.

Dicho artículo indica que cuando se utilice como materia prima, aditivo o reactivo, uno o varios de los residuos incluidos en la Lista Europea de Residuos, recogidos en el anexo I de la Decisión de la Comisión de 18 de diciembre de 2014 por la que se modifica la Decisión 2000/532/CE, sobre la lista de residuos, de conformidad con la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, se deberá cumplir con lo establecido en la Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular.

Para la producción de fertilizantes únicamente se podrán utilizar residuos que se encuentren incluidos expresamente en la Lista de residuos orgánicos biodegradables del anexo IV del Real Decreto 506/2013 de 28 de junio. Asimismo, se deberá cumplir con lo establecido en la disposición adicional vigesimosegunda de la Ley 7/2022, donde se establece que la condición de fin de residuo se aplica a nivel nacional siempre y cuando los residuos destinados a la fabricación del producto fertilizante estén incluidos en el Reglamento (UE) 2019/1009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de junio de 2019.

Además de tener que cumplir con los sustratos autorizados, se deberá cumplir con los márgenes y límites de tolerancia de nutriente y contaminantes establecidos. El digerido puede entrar a formar parte como materia prima para la elaboración de productos de los grupos 2, 3 y 6 (abonos orgánicos, abonos organominerales y enmiendas orgánicas, respectivamente) si se cumplen los requisitos establecidos en dicha norma.

Para poder ser utilizados, al igual que la aplicación directa del digerido a campo deben estar en acuerdo con los criterios de calidad sanitaria limitados por normativa.

Productos fertilizantes comercializables en la Unión Europea.

En adición con el marco normativo nacional, el digerido se puede utilizar como ingrediente para la fabricación de un producto fertilizante con marcado CE, es decir, un producto fertilizante regulado por el Reglamento (UE) 2019/1009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de junio de 2019. En este caso, se debería de cumplir con la CMC 4 “digerido de cultivos frescos” o con la CMC 5 “digerido distinto del digerido de cultivos frescos” así como con el resto de los requisitos establecidos en el mencionado reglamento. Las CMC son las categorías de material componente, es decir, los requisitos que deben cumplir los sustratos que van a utilizarse para fabricar un determinado fertilizante.



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

Además, el digerido debe de incluirse dentro de alguna categoría funcional de producto (CFP).

Gestión como fertilizante en la Unión Europea (UE).

Si, además, el digerido cumple por sí solo con alguna categoría funcional de producto (CFP), éste podría ponerse en el mercado (sin añadir ningún ingrediente adicional) al amparo de dicho Reglamento (UE) 2019/1009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de junio de 2019. Para el digerido, se utilizan generalmente dos CMC: "CMC 4 Digestato de cultivos frescos" y "CMC 5 digerido distinto de digerido de cultivos frescos", y tres CFP: "CFP I.A.I. Abono orgánico sólido", "PFC I.A.II. Abono orgánico líquido" o "PFC 3.A. Enmienda orgánica". Dependiendo de los PFC y CMC, se deberá cumplir con los límites de metales pesados o patógenos establecidos, o con requisitos de proceso específicos.

Compostaje del digerido.

Adicionalmente, hay una alternativa apartada de las tecnologías de valorización que permiten producir un digerido con unas aptitudes mucho más interesantes y estables, sin contar con el valor añadido que se le da.

Se trata del compostaje de la fracción sólida mediante un proceso de digestión aerobia manteniendo unas condiciones controladas de ventilación, humedad y temperatura. En el proceso el material reduce su masa y volumen, así como se produce una higienización complementaria lo que permite obtener un producto aún más estable y con cualidades extras debido a la participación de bacterias y otros microorganismos distintos a los de la digestión anaerobia. En concreto se ve beneficiado por los ácidos fúlvicos y húmicos que le dan otras capacidades complementarias a un digerido crudo.

El compostaje se puede realizar con cualquier tipo de digerido, siempre y cuando cumplan con las calidades sanitarias y recomendaciones que se han ido comentado anteriormente. El compost al igual que los digeridos se incluyen en el Reglamento (UE) 2019/1009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de junio de 2019, donde se indica que un fertilizante UE podrá contener compost obtenido por ciertos sustratos, donde se puede realizar el compost, las condiciones de control para realizar dicho compost y los criterios de estabilidad. En este caso el código CMC es el CMC 3 Compost.

6.5.1.2. Valorización complementaria del digerido.

Siempre y cuando sea posible, se priorizará el tratamiento del digerido como producto fertilizante frente a su aplicación directa.

Se dará preferencia a la tramitación de plantas de biogás declaradas como Proyecto Prioritario de acuerdo con la Ley 5/2020, de 24 de julio, de Medidas Urgentes para la Declaración de Proyectos Prioritarios en Castilla-La Mancha. Además de los condicionantes impuestos en dicha ley, y con el objetivo de hacer frente a la reducción de la contaminación por nitratos de origen agrario, las plantas de biometano para declararse como Proyecto Prioritario deberán cumplir con los criterios recogidos en el apartado c) 4, aprobados mediante el Acuerdo de 03/09/2024, del Consejo de Gobierno, por el que se modifica el Acuerdo de 01/09/2020, por el que se determinan los criterios o supuestos por los que se procederá a la declaración de proyectos prioritarios



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

correspondientes a los sectores estratégicos calificados por la Ley 5/2020, de 24 de julio, de Medidas Urgentes para la Declaración de Proyectos Prioritarios en Castilla-La Mancha y que son los siguientes

1. Que la instalación se localice en una Zona declarada como Vulnerable a la contaminación por Nitratos de origen agrario en Castilla-La Mancha
2. Que al menos el 50% de los residuos a tratar en la planta de biometano sean purines, vinazas *y/o* alperujos.
3. Que la fracción sólida obtenida en la planta de biometano no se aplique directamente a los cultivos, sino que se someta a un procedimiento de tratamiento posterior, con el fin de convertirlo en un fertilizante registrado.
4. En caso de que la fracción líquida vaya a aplicación directa a campo, ésta se someta a un tratamiento de reducción de nitrógeno con el objetivo de disminuir la cantidad de nitrógeno total de salida de la planta.
5. Que la instalación lleve asociado un proyecto de carácter agroindustrial *y/o* social, generando un beneficio con dicho proyecto a la comunidad local donde vaya a ubicarse la planta. El proyecto social puede equivaler a un plan de responsabilidad social corporativa.

Existen multitud de tecnologías aptas que permiten transformar los nutrientes de los digeridos en otros subproductos con multitud de usos, estas se presentan a modo de resumen en el apartado 5.3, tanto las bases y el porqué de la valorización como las distintas posibilidades tecnológicas aplicables a este subproducto. La instalación de estas tecnologías depende en todo momento del tipo de dieta y de la capacidad económica, debido a que suelen ser equipos que aumentan los costes y el mantenimiento en el proceso de diseño de la planta.

Por otra parte, cabe destacar la valorización complementaria del digerido líquido, el cual tiene cabida dentro del marco de la fertirrigación. La utilización de digerido líquido, en fertirrigación puede ser una vía para la aplicación de este, pero el sistema de riego empleado va a determinar su viabilidad, así como las dosis necesarias para cada uno de los cultivos. Actualmente, la aplicación del digerido líquido en riego por gravedad, puede ser una opción factible, estudiando siempre cada caso en particular.

Por otra parte, en riego localizado es todo un reto conseguir que el digerido líquido no provoque obturaciones de los emisores y el riego por aspersión una vez establecido el cultivo no se podría utilizar por entrar en contacto directo con el cultivo. Por ello, cabría aplicar tecnologías de filtración o similar, previas para que esta opción fuera admisible en la aplicación por riego localizado.

6.5.1.3. Gestión de digeridos no valorizables.

Todas las valorizaciones descritas en los puntos anteriores serán para los digeridos que puedan obtener la condición de fin de residuo. En caso de no ser elegible para la condición de fin de residuo y como se ha comentado en apartados anteriores, el digerido deberá ser valorizado por otras vías o mediante la intervención de un gestor autorizado para este tipo de residuos.



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

Las plantas que no podrán obtener la condición de final de residuo del digerido, y por tanto, deberán presentar una justificación del tipo de tratamiento a aplicar son:

- Plantas con lodos de EDAR: con y sin codigestión con otros residuos.
- Plantas FORSU sin separación en origen: con o sin codigestión con otros residuos.
- Dietas que contengan sustratos que no se cataloguen en los códigos LER presentados en el anexo 1

En cuanto a los digeridos procedentes de los lodos de EDAR, si se puede realizar una operación de valorización R1001 valorización de residuos en suelos agrícolas y en jardinería, pero deberá realizarse conforme lo establecido en la normativa aplicable a la utilización de los lodos en el sector agrario.

Los digeridos procedentes de las plantas de FORSU sin separación en origen y plantas que contengan LER no incluidos en el anexo I no podrán valorizarse mediante una R1001. No obstante, sí podrán valorizarse mediante una operación de valorización R1002 valorización de residuos para la restauración de suelos degradados o mediante métodos alternativos, como, por ejemplo, utilizarse como material combustible. En caso de no poder valorizarse, deberán ser entregados a un gestor autorizado.

Como opción alternativa, en el anexo VIII Parte 3 del Real Decreto 1051/2022, de 27 de diciembre, se establecen las directrices para la inclusión o modificación de un nuevo residuo o existente, con el objetivo de demostrar su eficacia agronómica con los métodos adecuados de análisis y que no cause daños a la salud ni al medio ambiente. En esta directriz se deberá presentar un expediente técnico detallando la identificación, composición y posibles contaminantes del residuo, sus efectos agronómicos, riesgos para la salud y el medio ambiente, métodos de análisis empleados, y una propuesta de inclusión en la lista oficial de residuos.

Toda planta, previa implantación y dependiendo de los sustratos de la dieta, deberá estudiar la posibilidad de realizar una línea independiente para aquellos sustratos cuya aplicación directa no sea posible o que incluso la valorización no sea plausible. De esta manera se asegura el total reaprovechamiento de los sustratos biometanizables.

6.5.2. Plan de gestión del digerido.

El desarrollo de un plan de gestión del digerido es fundamental para garantizar su uso eficiente y seguro en la agricultura. Este plan optimiza los beneficios agronómicos del digerido, mejorando las propiedades del suelo y la nutrición de los cultivos, mientras minimiza los riesgos ambientales y de salud. Por estos motivos se deberá disponer de un plan de gestión del digerido en el cual se incluyan todos los puntos que se enumeran en el siguiente apartado.

6.5.2.1. Manejo según tipo de digerido.

La digestión anaerobia permite multitud de combinaciones para la valorización de sustratos, por tanto, los tipos de dietas generadas son prácticamente infinitas, teniendo multitud de opciones dependiendo de la accesibilidad de los sustratos, cantidades o por múltiples razones alternativas. Esto, debe limitarse ya que la calidad del digerido definirá totalmente su posibilidad o no de aplicación, haciendo que en algunos casos se opten por



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

técnicas complementarias de valorización por su imposibilidad de aplicación directa. Esta división de digeridos recae directamente en el itinerario de la planta y la división del tipo de plantas existentes, de manera que con una especificación clara del digerido producido se puede hacer frente a unas actuaciones o bien a otras.

A modo de clarificación se hace una escisión de tres tipos de digerido a modo de limitar las posibles malas prácticas en búsqueda de un correcto uso de este subproducto, que directamente clasificará el tipo de plantas. Esto también viene amparado por normativa, con lo cual es muy importante realizar un análisis del tipo de planta que se va a proyectar en vistas de que el subproducto se pueda valorizar correctamente.

La división de estos digeridos recae directamente en la calidad de este, lo cual marcará su posibilidad de aplicación o no, aparte de que dependen totalmente del tipo de dieta por el cual están compuestos. Los tres tipos de digeridos conforme el Reglamento (UE) 2019/1009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de junio de 2019 son:

1. Digeridos que cumplen con lo establecido en el Real Decreto 1051/2022, de 27 de diciembre, por el que se establecen normas para la nutrición sostenible en los suelos agrarios, para poder ser valorizados agronómicamente.
2. Digeridos que cumplen con los criterios de fin de residuo conforme la Ley 7/2022, de 8 de abril, para poder ser valorizados como producto fertilizante.
3. Digeridos que no cumplen con los criterios de fin de residuos conforme la Ley 7/2022, de 8 de abril, para poder ser valorizados como producto fertilizante y por tanto, deberán ser tratados para su eliminación.

6.5.2.2. Análisis previos a la gestión del digerido.

a) Gestión agronómica de la zona de estudio.

Antes de realizar la valorización, se deberá comprobar si el terreno donde se realizará la aplicación se encuentra dentro de una zona designada como vulnerable a nitratos de origen agrario en cumplimiento de lo establecido en la Directiva 91/676/CEE del Consejo, de 12 de diciembre de 1991, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura y en Real Decreto 47/2022, de 18 de enero, sobre protección de las aguas contra la contaminación difusa producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias.

En caso de que la aplicación se realice en una zona vulnerable se deberá tener en cuenta el Programa de Actuación vigente aplicable a las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario designadas en la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha.

En la Ilustración 27 se presentan las zonas vulnerables por nitratos actualmente designadas en Castilla-La Mancha, como zonas vulnerables a la contaminación difusa de nitratos de origen agrícola.



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

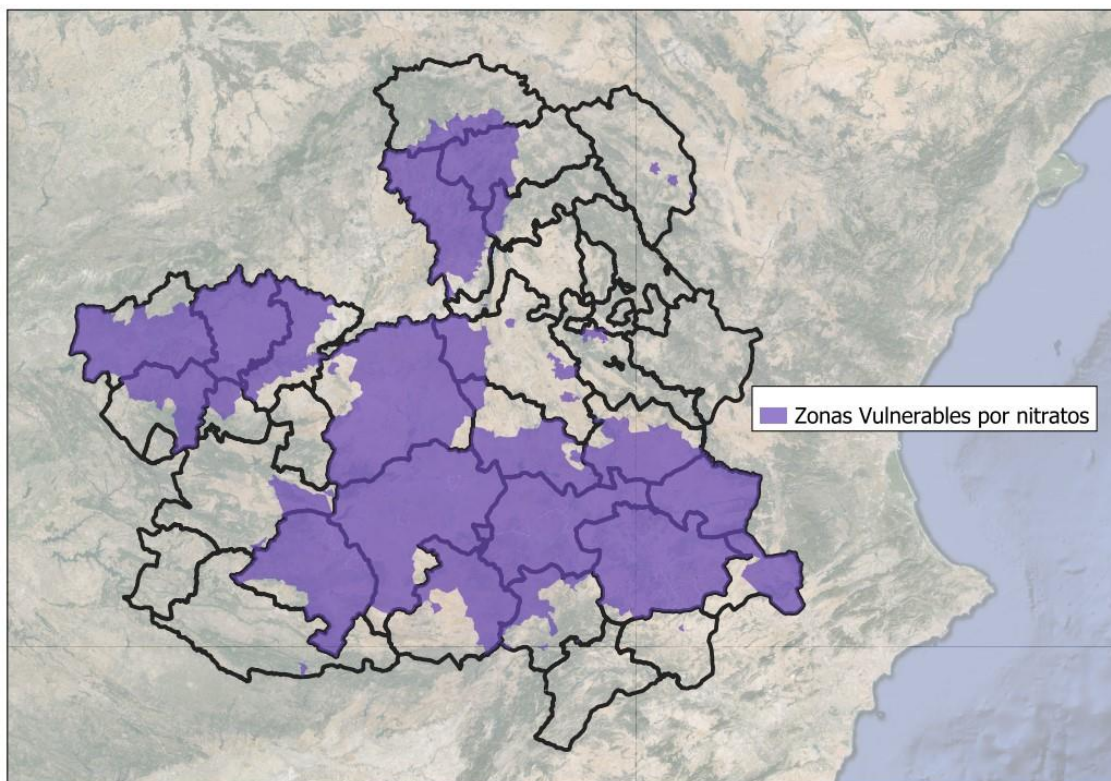


ILUSTRACIÓN 27. ZONAS VULNERABLES POR NITRATOS DE CASTILLA-LA MANCHA.

Para una información más detallada, en caso de que se quiera delimitar una población en concreto se recomienda la búsqueda en el Portal de Transparencia donde se va actualizando la información periódicamente: <https://datosabiertos.castillalamancha.es/dataset/zonas-vulnerables-la-contaminacion-por-nitratos-en-castilla-la-mancha>.

En el programa de actuación vigente se establece el cómo, cuándo y cuánto se va a poder aplicar el digerido en el campo. De acuerdo con esto se deberá prever y realizar un correcto estudio de la zona a fertilizar, siempre con un estudio agronómico a partir de un profesional que contenga y contemple como mínimos los siguientes criterios:

- b) Tipo de cultivo: Identificar el cultivo específico que se va a estudiar, ya que las necesidades y características varían entre diferentes tipos de cultivos, como cereales, hortalizas, frutas, etc.
- c) Condiciones climáticas: Evaluar el clima local, incluyendo temperatura, humedad, precipitación, y vientos. Estos factores tienen un gran impacto en el crecimiento y desarrollo de los cultivos.
- d) Suelo y condiciones edafológicas: Analizar la composición del suelo, su pH, nutrientes disponibles, estructura, capacidad de retención de agua, entre otros. Estos aspectos son fundamentales para determinar la fertilidad del suelo y la viabilidad del cultivo.
- e) Características del agua de riego: Analizar también las características del agua de riego, debido a que esta también contiene nitrógeno que puede ser utilizado y que reste la cantidad de digerido a suministrar. Como contenido de sales disueltas, contenido de sodio absorbible, materia orgánica o



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

incluso contaminantes pueden delimitar las ejecuciones en cuanto a fertilización.

- f) Prácticas de manejo agrícola: Evaluar las técnicas utilizadas para el manejo del cultivo, incluyendo la preparación del suelo, siembra, riego, control de malezas, manejo de plagas y enfermedades, entre otros. Existen multitud de manuales de buenas prácticas del manejo de los cultivos, así como para la aplicación de estiércoles y enmiendas húmicas.
- g) Tecnología y equipo agrícola adecuado: Evaluar la disponibilidad y eficacia de la maquinaria agrícola, sistemas de riego, herramientas de monitoreo, y otras tecnologías que puedan influir en la producción, se especifica más detenidamente posteriormente en cuanto al digerido.

Para no incrementar la nitrificación de los suelos en zonas con agricultura intensiva o con concentración de explotaciones ganaderas (Ilustración 28 e Ilustración 29), y prevenir la contaminación por nitratos de las aguas, es importante contar con una buena organización de los residuos orgánicos y con una paulatina sustitución de las materias inorgánicas, que han sido utilizadas en exceso a lo largo de las últimas décadas, por productos orgánicos con capacidad fertilizante. Además, en esta nueva organización es fundamental contar con una planificación agronómica, consistente en un calendario objetivo de aplicación y de unas dosis exactas y precisas que permitan ser utilizadas por los distintos cultivos de la forma más eficiente posible. Las plantas de digestión anaerobia permiten funcionar como centro gestor de estos nutrientes y materia orgánica con altas capacidades fertilizantes y mejoradoras de suelo. Por ello, presenta grandes ventajas frente a tener multitud de puntos de producción de nutrientes y materia orgánica, ya que permite gestionar de manera conjunta un gran volumen pudiendo programar y planificar las dosis y calendarios de las distintas zonas con necesidad de fertilización.

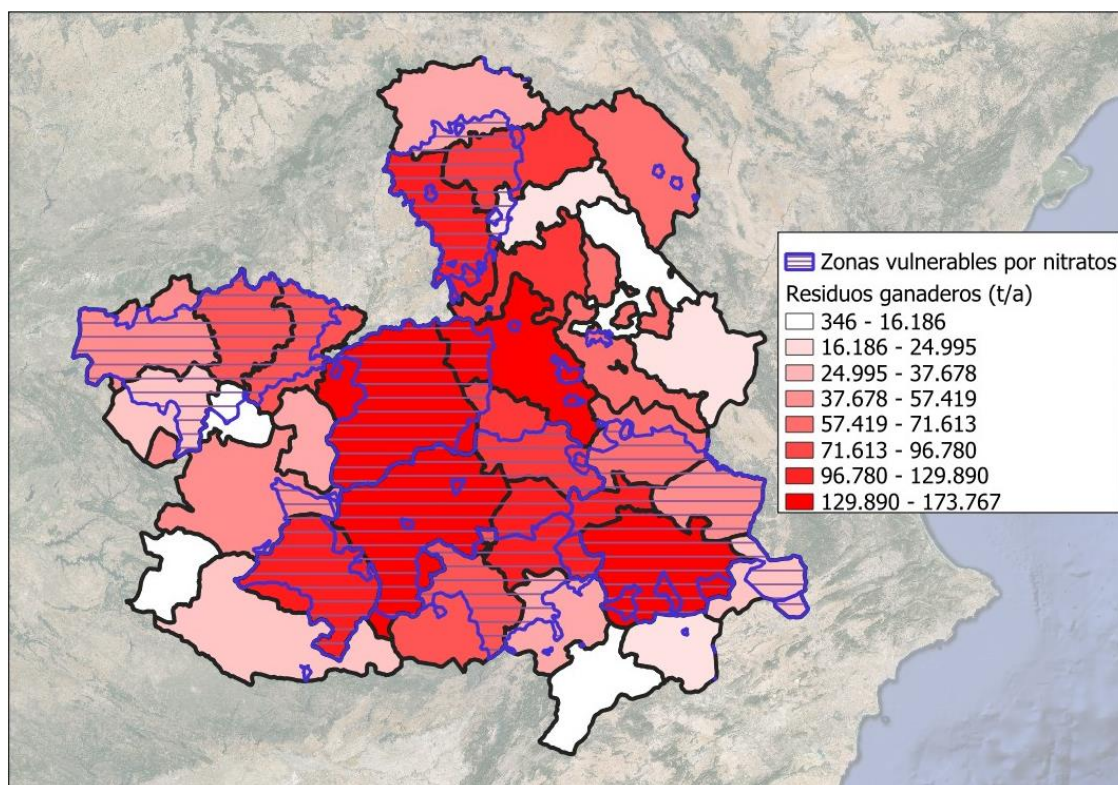


ILUSTRACIÓN 28. CORRELACIÓN DE LAS ZONAS VULNERABLES CON LOS RESIDUOS GANADEROS (T/A) EN CASTILLA-LA MANCHA.



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

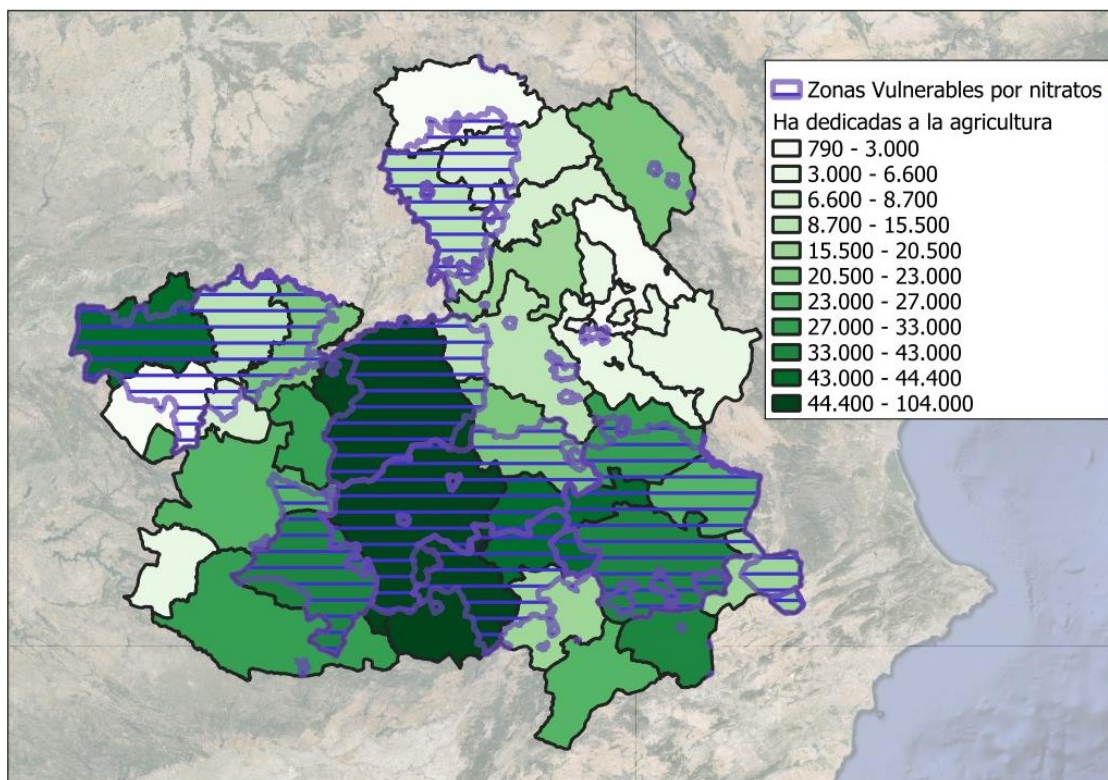


ILUSTRACIÓN 29. CORRELACIÓN DE LAS ZONAS VULNERABLES CON LAS HECTÁREAS DEDICADAS A LA AGRICULTURA EN CASTILLA-LA MANCHA.

6.5.2.3. Aplicación del digerido en cuanto al contenido de nitrógeno, fósforo y materia orgánica.

El digerido contiene materia orgánica. Con este aporte se asegura una mejora de la salud de los suelos y un aumento en la capacidad de retención de agua. Por tanto, la calidad del digerido dependerá, entre otros, de la cantidad de materia orgánica que aporte a los suelos.

Sin embargo, en cuanto a nitrógeno y fósforo se debe asegurar un sistema de control exhausto y seguimiento mediante analíticas como por ejemplo el seguimiento de la calidad de agua de riego y los entornos. El control de los retornos y lixiviados del regadío permite detectar episodios de exceso de fertilizantes y poder corregirlos. A la vez los métodos de control de la Huella de Nitrato y Fósforo permiten caracterizar y cuantificar los vertidos y lixiviados de compuestos nitrogenados hacia el agua subterránea o medio saturado, contribuyendo a controlar y disminuir la contaminación de las masas de agua subterránea. La integración de estos sistemas y su correcto uso contribuyen a reducir los aportes de fertilizantes ajustándolos a las necesidades del cultivo en cada momento, mejorando el control y la prevención de la contaminación de las masas de agua y de los suelos.

A continuación, y a modo de precaución se presentan las especificaciones para el control de la aplicación del nitrógeno.

Aplicación en base al nitrógeno.

En cuanto a la aplicación de digerido, basándose en el nitrógeno, como material con capacidad fertilizante y



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

según la normativa vigente sobre el programa de actuación aplicable a las zonas vulnerables. Se dispone que cualquier producto que contenga estiércoles, bien en su forma original o transformado, se debería aportar una dosis por hectárea de como máximo 170 kg/año de nitrógeno para zonas vulnerables. No obstante, cabe destacar que la forma química en la que se encuentra el nitrógeno del digerido es amoniacal y el nitrógeno del estiércol está en forma orgánica. La forma amoniacal queda retenida en el suelo por el complejo arcillo-húmico, por lo que se consigue una mayor disponibilidad para el cultivo, ahorrando costes de abonado y mejorando la cantidad y homogeneidad de las cosechas. Mientras que el nitrógeno orgánico debe mineralizarse y permanece más tiempo en el suelo.

En este sentido, habrá de tenerse en cuenta siempre las características agronómicas y atender a criterios objetivos como:

- Ciclos de crecimiento largos.
- Cultivos con elevada captación de nitrógeno.
- Prácticas de doble cultivo/doble cosecha en el ciclo anual.
- Suelos con capacidad de desnitrificación excepcionalmente elevada.
- Mecanismo de aplicación conjunta con otros fertilizantes inorgánicos u orgánicos.
- Características del procedimiento de fertilización utilizado (en relación con el número de cosechas, el tipo de cultivo, o las prácticas de conservación asociadas).
- Vulnerabilidad ambiental del medio al que drenan las aguas de escorrentía de los terrenos de cultivo.

Para cumplir con la normativa se recomienda, mediante analíticas, calcular los aportes de nitrógeno dependiendo de los distintos criterios agronómicos a partir del criterio de un técnico competente. Esto permite no solo cumplir con la normativa, sino que optimiza el correcto control de los suelos para que pese a no estar en zona vulnerable tengan los aportes necesarios en los momentos oportunos. Estos criterios agronómicos se basan en:

- Tipo de suelo y nitrógeno endógeno: Los suelos determinan que capacidad tienen de retención de este elemento, paralelamente tener en cuenta las cantidades previas a la implementación del cultivo permiten calcular con más precisión que cantidad se debe aportar para alcanzar las necesidades de esos cultivos.
- Características del agua de riego: Permite establecer que aportes hay de nitrógeno previa aplicación. En este caso se debe tener presente las medidas de mejora medioambiental del regadío como los sistemas de control y seguimiento del agua de riego y de los retornos, que permite conocer los nutrientes incorporados por el riego evitando así el exceso de fertilización y pudiendo ser precisos en el cálculo de los aportes.
- Climatología: Establece la aplicación de los fertilizantes, o en este caso los digeridos.
- Tipo de cultivo: Tablas de necesidades fertilizantes. En la Orden de 07/02/2011 de la Consejería de



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

Agricultura y Medio Ambiente, y en la Orden de 02/08/2012 de la Consejería de Agricultura se presenta una tabla por cultivos y tipo de regadío que indica las necesidades fertilizantes de cada uno de los cultivos típicos de Castilla-La Mancha dependiendo de la forma de aplicación.

6.5.2.4. Plan de producción y gestión del digerido.

Toda planta la cual vaya a realizar una aplicación directa del digerido a campo deberá contar con un plan agronómico de aplicación de digeridos y que esté correctamente registrado en la plataforma INDA (INtercambio de Datos Ambientales) y notificado a las administraciones. La presentación del plan deberá ser anual, con la actualización del plan de abonado. La planta de biogás será siempre el último responsable en cuanto al plan de aplicación de los digeridos.

Se debe realizar un estudio preliminar con un plan de aplicación cuya realización debe estar enmarcada en el Real Decreto 1051/2022 de 27 de diciembre, donde se indiquen y analicen el valor agronómico de los materiales a aplicar, así como una caracterización del suelo.

El objetivo es realizar un cuaderno de explotación por parcelas o por recintos SIGPAC donde los agricultores que usen el digerido aporten la información preceptiva del aporte de nutrientes a los suelos agrarios, a partir de un plan de aplicación que indique los requisitos mínimos:

- Aumentar o, al menos, mantener el contenido de materia orgánica del suelo.
- Respetar los periodos de prohibición de fertilización nitrogenada.
- No abonar si las condiciones meteorológicas o la topografía del terreno no lo permiten.
- Reflejar los datos del suelo y los provenientes de la analítica de agua en regadío.
- Contemplar las precipitaciones de la zona -su distribución anual-, y también el agua de riego disponible para programar los momentos de fertirriego con el uso de digeridos líquidos.
- Calcular las necesidades nutricionales teniendo en cuenta la rotación de cultivos, el potencial productivo, la cantidad de nitrógeno y de fósforo disponible, los restos de cultivos, los aportes de enmiendas y estiércoles, así como los nutrientes procedentes del agua de riego.
- Planificar los momentos previstos de aplicación, tipo de fertilizantes, formas de aplicación y maquinaria.
- Reflejar las medidas para disminuir las emisiones de amoníaco o de gases de efecto invernadero.

En este plan de aplicación se identificarán las parcelas de aplicación, los cultivos donde se va a incorporar, ubicación espacial, proporcionará información sobre el titular de la explotación y mostrará las cantidades de nitrógeno y otros nutrientes que aplican por superficie. También es un sistema de trazabilidad, de manera que se contempla en todo momento el correcto funcionamiento del sistema.

6.5.2.5. Distancias de aplicación

Los digeridos, al igual que los estiércoles, purines o cualquier otro abono convencional, deben cumplir unas distancias de aplicación de los digeridos frente a la protección de los acuíferos, ya que el aporte de nitrógeno



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

en estos afecta a todas las cadenas tróficas posteriores pudiendo incluso afectar la salud de las personas. A continuación, se presentan las buenas prácticas frente a la aplicación de estos subproductos basados en normativa, por tanto, son de obligatorio cumplimiento.

En concreto, en la Orden de 02/08/2012 de la Consejería de Agricultura, se establece el programa de actuación a las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario, sea cual sea el material de fertilización. Al igual que otros apartados, los productos que no contengan restos animales también se recomienda que se basen en estas distancias, ya que está enfocado en las afecciones por el nitrógeno, y los digeridos realizados únicamente con restos agrícolas también los tienen. Por tanto, se deben cumplir las mismas distancias de aplicación que en el caso de la disposición de las plantas de digestión anaerobia presentadas en el apartado 6.2.

Particularmente en la aplicación de fertilizantes con residuos animales y según lo dispuesto en el Real Decreto 306/2020 de 11 de febrero, se debe garantizar que cualquier producto que contenga residuos animales como estiércoles, o estiércol como tal, debe respetarse como distancia mínima de distribución 100 m respecto a otras explotaciones porcinas de grupo primero (explotaciones con capacidad hasta 120 UGM) y 200 m respecto a otras explotaciones de los grupos segundo (explotaciones con capacidad de 120 hasta 480 UGM), tercero (explotaciones con capacidad de 480 hasta 720 UGM) y a los cascos urbanos. Todo en vistas a la prevención de transmisión de enfermedades, tanto a animales (en este caso porcino) como a humanos. Siempre y cuando la comunidad autónoma competente no establezca lo contrario. Por otra parte, y establecido por el Real Decreto 637/2021, de 27 de julio, se deben tener en cuenta unas distancias de aplicación mínimas para la prevención de enfermedades en la cabaña ganadera, realizando protocolos de actuación en el desempeño básico de la bioseguridad de las explotaciones. En esta normativa se establece que la aplicación de cualquier producto que contenga restos animales, como estiércoles, purines o lodos de depuradora respetará una distancia de 100 m a cualquier explotación avícola, excepto a las de selección, multiplicación y recría de aves de cría o reproductoras que serán 200 metros, salvo que proceda de la propia explotación.

Cabe destacar que estas limitaciones solamente afectan en caso de realizar una aplicación directa (R10) del digerido sólido y líquido. En caso de realizar una valorización del digerido producido y formalizándose como un producto fertilizante certificado estas distancias no serán de aplicación.

Sin embargo, cuando el digerido de aplicación no está compuesto por estos elementos, su uso no está limitado a estas restricciones. En estos casos, se deberá especificar una correcta calidad y salud del digerido mediante analíticas anuales, con el cual se verifique que ese producto ha sido producido sin utilizar estiércoles u otros SANDACH y que no tiene la potencialidad de transmitir enfermedades a los animales.

6.5.2.6. Periodos y buenas prácticas de aplicación.

Dependiendo de la categoría se le quiera dar al digerido acorde con el Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, se podrán clasificar los digeridos en los siguientes grupos:

- Grupo 2: Abonos orgánicos.
- Grupo 3: Abonos órgano-minerales.



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

- Grupo 6: Enmiendas orgánicas.

Los digeridos del grupo 6, validado por el Real Decreto 1051/2022, de 27 de diciembre, se verán exentos de los periodos de exclusión, los cuales se adjuntan en la Tabla , siempre y cuando la comunidad de Castilla-La Mancha no establezca lo contrario en normativas futuras. En el caso de los grupos 2 y 3 se verán regulados bajo las disposiciones de este real decreto cuyos detalles se presentan a continuación.

El Real Decreto 1051/2022 de 27 de diciembre y específicamente el anexo II regula los periodos de aplicación según los tipos de cultivo. Para el correcto abonado de los cultivos y para que estos puedan utilizar los nutrientes suministrados en la cantidad necesaria y en el momento adecuado, es necesario ceñirse a los periodos de aplicación suministrados en la Tabla 12 donde se indican cuando se debería evitar cultivar dependiendo del tipo de cultivo.

TABLA 12. PERIODOS DE EXCLUSIÓN DE LA APLICACIÓN DE DIGERIDOS.

Cultivos	Periodo de exclusión
Cereales de invierno	Junio a Septiembre (incluidos).
Arroz	Septiembre a Marzo (incluidos).
Olivar	Noviembre a Enero (incluidos).
Uva de vinificación	Noviembre a Febrero (incluidos)
Uva de mesa	Diciembre a Febrero (incluidos).
Cítricos	Noviembre a Enero (incluidos). En el caso de variedades sin recolectar se permite la aplicación de fertilizantes nitrogenados bajo la prescripción de un técnico.
Frutales hueso	Caída hoja a inicio brotación.
Frutales pepita	Caída hoja a inicio brotación
Frutos secos.	Noviembre a Enero (incluidos).
Otras frutas	Noviembre a Enero (incluidos).

En el caso de las superficies que no estén cultivadas tendrán un periodo de exclusión de todo el año, salvo cuando se vayan a realizar labores de reforestación o se justifique que se va a iniciar la implantación de un cultivo en ese terreno.

Paralelamente, también se deben establecer las prohibiciones de aplicación de digerido a campo, tanto en su forma líquida como sólida según características agronómicas, orográficas o climatológicas. Al igual que otros parámetros se establecen las recomendaciones de los estiércoles y fertilizantes, no solamente por una cuestión medioambiental sino también económica, de nada sirve aplicar cualquier producto y que sea lixiviado o



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

percolado inmediatamente de manera que no pueda ser aprovechado por ninguno de los cultivos establecidos. En el caso de las zonas vulnerables se establecen específicamente las recomendaciones de la Orden de 07/02/2011 de la Consejería de Agricultura y Medio Ambiente, enmarcado en el correcto uso de los fertilizantes orgánicos y enmiendas húmicas para evitar la contaminación por nitratos a los suelos por origen agrario.

Una zona que no es vulnerable y no sigue normas mínimas de cuidado del suelo y el agua puede convertirse con el tiempo en vulnerable. Esto se refleja en la actualización periódica de las zonas vulnerables, que tienden a aumentar en todas las comunidades con el tiempo, sin que haya zonas que dejen de ser vulnerables.

6.5.2.7. Uso de los equipos adecuados para la distribución.

Seleccionar los equipos adecuados para la aplicación de digeridos de plantas de biogás es fundamental para lograr una distribución eficiente y efectiva de estos fertilizantes orgánicos en los campos agrícolas, tanto en caso de digeridos sólidos como líquidos. Al perseguir objetivos como mejorar la regularidad de la aplicación, evitar pérdidas por volatilización y prevenir la compactación del suelo, es esencial considerar diversos factores.

Para evitar pérdidas por volatilización, se deben seleccionar equipos que minimicen la exposición del fertilizante al aire y maximicen su absorción por parte de los cultivos. Por ejemplo, esparcidores de banda ancha mediante tubos colgantes o inyector de suelo profundo pueden ayudar a depositar el fertilizante en el suelo de manera más efectiva, reduciendo la evaporación de nutrientes. Está prohibida la aplicación de cualquier material orgánico mediante sistemas de plato, abanico y por cañón, siempre que la humedad de estos materiales sea igual o superior al 90 % y su contenido en nitrógeno amoniacal sea superior al 0,1 % sobre materia fresca. Estos sistemas que generan unas pérdidas de nitrógeno amoniacal del 40 al 90 %. En la Tabla 13 se presentan distintos equipos con sus características y sus pérdidas de volatilización del nitrógeno amoniacal en la aplicación de digeridos.

TABLA 13. EQUIPOS DE APLICACIÓN DE DIGERIDO, CARACTERÍSTICAS Y SUS PÉRDIDAS POR VOLATILIZACIÓN.

Equipo	Características	Pérdidas por volatilización (% de nitrógeno amoniacal perdido)
Enterrado por mangueras de arrastre	Grandes necesidades de potencia mecánica y de equipos auxiliares. Grandes rendimientos de aplicación.	< 2,5 %
Enterradores de púas o discos. Incorporación de digerido y labranza simultáneamente.	Gran fuerza de tracción en los suelos. Usados generalmente en campos que no tienen cultivos y se prevé utilizarlos.	< 5 %
Esparcidores con inyector de discos esparcidos a 20 cm. Crean surcos de 4 a 6 cm de profundidad.	Específico para pastizales. Rendimientos de trabajo bajos por su poco ancho de banda.	5 – 10 %
Rampas de arrastre con zapatas colocadas en el suelo que apartan la vegetación para	En cultivos o prados. Poca fuerza de tracción. Grandes rendimientos por su gran ancho de banda.	10 – 15 %



**PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN
DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030**

Equipo	Características	Pérdidas por volatilización (% de nitrógeno amoniacal perdido)
depositar el digerido (o purines) en el suelo.		
Rampas colgantes	Aportes a cultivos ya establecidos. Gran rendimiento por su gran extensión.	15 - 20 %

Estos objetivos se buscan entorno a la minimización de las pérdidas de amoníaco por volatilización, pero hay otros parámetros que también influyen en la selección del equipo. La compactación del suelo se prioriza para mejorar la eficiencia de nascencia de las plántulas, así como las características edafológicas del suelo y preservar la estructura del suelo, para eso es aconsejable:

- Elegir un neumático acorde con el pesaje del equipo.
- Monitorear el peso total del equipo para evitar sobrecargas sobre los suelos.
- Utilizar sistemas de inflado remoto, que permitan adaptar la presión del aire de los neumáticos de un vehículo para mejorar su rendimiento en función del tipo de superficie encontrada.
- Usar métodos alternativos como la inyección por equipos autopropulsados o tractores equipados con una manguera extensible. Aunque estos sistemas solo son recomendables en grandes extensiones debido a que necesita de una maquinaria específica que se ve capada en sitios con muchos obstáculos, aparte de que se necesita un punto de bombeo y red abastecimiento que encare y dificulta su uso.

En todo caso y debido a la categoría del digerido se deberá contemplar las disposiciones del Real Decreto 1051/2022, de 27 de diciembre, aunque sean específicas para la aplicación de los estiércoles, productos fertilizantes orgánicos y otros materiales de origen orgánico, por tanto y siempre y cuando el digerido cumpla con las especificaciones de calidad sanitaria (apartado 6.5.2.9) se recomendará el seguimiento de estas buenas prácticas. Sin embargo, en este real decreto también se indica que será para la aplicación de cualquier fertilizante orgánico el cual contenga restos animales como estiércoles, por tanto, aquellos digeridos cuya dieta este formada por estiércoles deben cumplir estas recomendaciones de aplicación obligatoriamente.

La gran mayoría de los digeridos están formados por productos de origen animal, pero, para los que no lo están, también es recomendable ajustarse a estas buenas prácticas, debido a que las pérdidas por volatilización son un gran potencial contaminante de la atmosfera. Por tanto, se marcan las siguientes limitaciones de obligatorio cumplimiento:

a) Digerido líquido.

En aplicación del artículo 10 del Real Decreto 1051/2022, de 27 de diciembre, para el caso de los digeridos, aplicarían los siguientes puntos:



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

1. Se prohíbe la aplicación de otros materiales orgánicos u órgano-minerales, incluidos residuos, mediante sistemas de plato, abanico y por cañón, siempre que la humedad de estos materiales sea igual o superior al 90 % y su contenido en nitrógeno amoniacal sea superior al 0,1 % sobre materia fresca.
2. Los digeridos líquidos deben ser enterrados lo antes posible tras su aplicación y siempre en las primeras 24 horas, mediante arado de vertedera, chisel, cultivador o equipo que asegure una labor equivalente, excepto si concurre alguna de las siguientes circunstancias:
 - a) Los recintos en los que se practique la siembra directa o la agricultura de conservación, incluidos los cultivos leñosos con cubierta vegetal entre líneas, o estén dedicados a pastos o tengan el cultivo ya nacido.
 - b) Cuando los digeridos líquidos hayan sido aplicados al suelo por inyección o utilizando sistemas de bandas con mangueras o rejas o cualquier otro dispositivo de aplicación localizada.
 - c) Cuando se aplique material que haya sido previamente compostado o digerido y presente un certificado analítico con un contenido de nitrógeno amoniacal inferior al 0,6 %, expresado en nitrógeno (N) respecto al peso fresco del material.

b) Digerido sólido.

Las autoridades competentes de las comunidades autónomas, atendiendo a las características agroclimáticas de sus territorios, establecen un plazo de tiempo máximo inferior a las 24 horas para llevar a cabo el enterrado de los digeridos sólidos una vez aplicados a campo. Sin embargo, se recomienda encarecidamente hacer la aplicación directamente y no esperar a hacer una posterior incorporación.

Cuando se apliquen los digeridos sólidos, será obligatorio emplear al menos una de las medidas de mitigación de emisiones incluidas en el Real Decreto 1051/2022 de 27 de diciembre, anexo V o cualquier otra avalada técnicamente y reconocida por las comunidades autónomas para la que se haya demostrado una eficiencia similar a la hora de reducir emisiones de amoníaco.

Para prevenir la compactación del suelo, es importante elegir equipos que distribuyan el fertilizante de manera uniforme sin causar daño a la estructura del suelo. Implementar técnicas como la aplicación en bandas o el uso de equipos de baja presión puede reducir el riesgo de compactación y mejorar la infiltración de agua y aire en el suelo. Además, para mejorar la regularidad de la aplicación, se deben elegir equipos que permitan una distribución uniforme y precisa del fertilizante. Esto puede incluir esparcidores de disco, boquillas de pulverización ajustables o sistemas de inyección en el suelo que controlen la cantidad y la velocidad de aplicación.

Los equipos de aplicación tendrán la suficiente precisión y estarán adecuadamente regulados para la distribución de la dosis requerida con la máxima eficiencia y uniformidad de reparto en el proceso de aplicación. Para eso deberán estar correctamente catalogados en el ROMA (Registros oficiales de maquinaria agrícola) y tener en vigencia y pasar periódicamente las correspondientes ITV's de los distintos equipos a excepción de los



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

equipos que estén exentos. De todas formas, debe existir un plan de revisión periódico donde se verifique el correcto funcionamiento del equipo de aplicación para evitar accidentes y asegurar la correcta uniformidad de aplicación.

6.5.2.8. Almacenamiento del digerido.

Dispositivos de almacenamiento del digerido.

Al igual que en los almacenamientos de los sustratos hay que realizar un correcto diseño del almacenamiento del digerido, tanto para los digeridos sólidos como líquidos. Como norma principal se debe hacer un gran hincapié en la separación de los almacenamientos del digerido y los sustratos, esto abarca desde el proceso de diseño haciendo una separación de procesos bien marcada, así como en producción tener presente todas las acciones posibles para evitar las posibles contaminaciones cruzadas. Recordar y dar importancia que esto se debe a que los sustratos no están tratados como el digerido.

Para asegurarse la aplicación del digerido, incluso en los periodos que no pueden aplicarse, se debe disponer de capacidades de almacenamiento, tanto de líquido como de sólido, de al menos el periodo de no aplicación más un margen de seguridad de un 10%. Para ello, sería recomendable realizar un estudio agronómico de digeridos donde se analice el porcentaje de superficie agraria útil (SAU) necesaria a utilizar, sobre el total de SAU en un radio de 15 km alrededor de la planta.

Al igual que en otras disposiciones (como el cubrimiento de las balsas de purines), es recomendable la instalación de equipos para cubrir los almacenamientos de digeridos, siempre y cuando no pueda justificarse la no afección por emisiones u olores. No solamente con el objetivo de reducir las posibles emisiones odoríferas, sino también para evitar posibles pérdidas auxiliares de biogás residual, así como de las emisiones de amoníaco. Existen muchas alternativas dependiendo del tipo de digerido producido, por ello se recomienda estudiar las posibilidades para este tipo de instalaciones durante el proceso de diseño.

A efectos de impedir el desbordamiento deberá contar con un resguardo, en caso de no ser cubierta.

6.5.2.9. Calidad sanitaria y especificaciones del digerido.

El operador realizará al menos un análisis anual del digerido sobre los parámetros agronómicos (materia seca (%), materia orgánica (%), pH, nitrógeno global, nitrógeno amoniacal (en NH_4), relación C/N, fósforo total (en P_2O_5) y potasio total (en K_2O). Junto a estas analíticas se debe establecer el valor de biogás residual en los digeridos, de forma que se pueda analizar la optimización del proceso y que este ha realizado las reacciones optimizándose al máximo potencial posible.

Cabe recordar que para las actividades de metanización, cualquier utilización de subproductos animales (incluidos los purines endógenos) requiere aprobación sanitaria. El Real Decreto 1528/2012, de 8 de noviembre, establece los requisitos relativos a las normas de procesamiento de los subproductos animales tratados, así como las condiciones de uso de los digeridos resultantes.

Sin embargo, para la aplicación de digeridos se establecen las obligaciones del Real Decreto 1051/2022, de 27



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

de diciembre, el cual permite la aplicación del digerido a los suelos agrarios con el fin de producir un beneficio a la agricultura o una mejora ecológica de los suelos, operación codificada como R1001 en la normativa de residuos.

En el caso de las plantas donde se traten estiércoles y purines, estos están exentos de la necesidad de higienización si cumplen con los requisitos de material de entrada, estabilidad, impurezas y contaminantes de las CMC 3, 4 y 5 del Reglamento 2019/1009, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de junio de 2019.

Cabe destacar que debe existir una gran diferenciación del tipo de digeridos en cuanto a su calidad y composición. Los digeridos dependiendo de su composición producen distintos niveles de emisiones atmosféricas y odoríferas. Esta diferenciación permite decidir el diseño de almacenamientos del digerido, así como del posterior tratamiento del digerido, de ahí la gran importancia de realizar este análisis, antes del diseño y la puesta en funcionamiento de la planta.

A continuación, se definen los límites microbiológicos, así como de materia orgánica y nutrientes para los digeridos procedentes de instalaciones clasificadas como autorizadas, así como la periodicidad, definidas en la citada normativa:

1. Escherichia coli y Enterococcaceae

En 5 muestras de 1 g cada una, al menos 4 deben contener un máximo de:

- 1000 bacterias y una muestra máxima de 1000 a 5000 bacterias. < 1000 NMP/g de material.

2. Salmonella

En 5 muestras de 25 g ninguna debe presentar bacterias.

3. Materia orgánica

Materia orgánica total $\geq 25\%$ s.m.s (sobre materia seca).

4. Análisis de nutrientes

Aporta análisis de los nutrientes que aportan, en particular, nitrógeno, fósforo (expresado como P_2O_5) y potasio (expresado como K_2O), así como pH y conductividad eléctrica.

5. Impurezas

- Cumplir con todos los requisitos adicionales incluidos en su autorización de valorización R1001.
- Todos los requisitos de la CMC 5, estos requerimientos sobre el digerido son:
 - o No contendrá más de 3 g/kg de materia seca de impurezas macroscópicas de tamaño superior a 2 mm en forma de: vidrio, metal o plástico;
 - o No contendrá más de 5 g/kg de materia seca de la suma de impurezas macroscópicas de tamaño superior a 2 mm en forma de: vidrio, metal o plástico;
 - o Deberá cumplir con alguno de los siguientes criterios de estabilidad: el índice de consumo de oxígeno será como máximo 25 mmol de O_2 /kg de materia orgánica/h o bien la producción de gas residual será como máximo 0,25 l de biogás por gramo de sólidos volátiles;



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

- No contendrán más de 6 mg/kg de materia seca de HAP₁₆.
- Los puntos complementarios que atañen al proceso y los sustratos se han visto en los apartados anteriores específicos.

En cuanto a metales pesados para la aplicación del digerido o cualquier producto proveniente de este sustrato se debe establecer lo indicado en el Real Decreto 1051/2022 de 27 de diciembre en el cual se definen los valores límites.

Se podrá aplicar siempre y cuando el suelo previa aplicación no supere los valores límites establecidos para los primeros 25 cm de profundidad, estos se recogen en la Tabla 14.

TABLA 14. VALORES LÍMITE DE METALES PESADOS EN LOS SUELOS AGRARIOS.

Metales pesados	Valores límite en el suelo (mg/kg ms)	
	pH suelo <7	pH suelo ≥ 7
Cadmio (Cd)	1	1,5
Cobre (Cu)	50	100
Níquel (Ni)	30	70
Plomo (Pb)	50	100
Zinc (Zn)	150	200
Mercurio (Hg)	0,5	1

Si el suelo a aplicar no rebasa los límites establecidos anteriormente se permitirá la aplicación del digerido, tanto líquido como sólido, siempre y cuando su valor en metales pesados no supere los límites establecidos en la Tabla 15.

TABLA 15. VALORES LÍMITE DE METALES PESADOS EN LOS DIGERIDOS.

Metales pesados	Valores límite (mg/kg ms)
Cadmio (Cd)	10
Cobre (Cu)	1000
Níquel (Ni)	300
Plomo (Pb)	750
Zinc (Zn)	2500
Mercurio (Hg)	10
Cromo hexavalente (Cr VI)	2
Arsénico inorgánico (As)	40
Cromo (Cr)	1000

En el caso particular de los digeridos producidos por lodos de EDAR estos de forma complementaria deberán cumplimentar con las especificaciones de la Orden AAA/1072/2013 de 7 de junio.



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

En conclusión, se debe tener un control riguroso de las características físicas y químicas del digerido para poder ser utilizado del lado de la seguridad, para esto el técnico competente encargado de la aplicación del digerido como producto con capacidad fertilizante debe avalar el correcto uso y características del digerido producido mediante las buenas prácticas y apoyándose en analíticas que permitan esclarecer el correcto contenido de los distintitos residuos producidos, de manera que en caso de no pasar con la calidad buscada se realicen las acciones pertinentes para que pueda posteriormente ser utilizado sin problema.

6. Analíticas y periodicidad.

Se requiere que al menos una vez al año se haga un ensayo de digerido, realizando analíticas de nuevo cuando se haga un cambio notorio de la dieta o el proceso. Se recomienda que el momento de realizar la analítica debería ser justo antes del periodo de aplicación del digerido.

Aunque se realicen analíticas al digerido, se recomienda la instalación de un conductímetro con seguimiento GPS en las cubas y remolques de aplicación. El conductímetro solo permite analizar la salinidad del digerido, pero como del 70 al 80 % de esa salinidad se debe al ion amonio nativo en el digerido, el cual está directamente relacionado con los nitratos, permite estimar la cantidad de nitrógeno aplicado. Este elemento permite realizar un correcto estudio de seguimiento de las aplicaciones al medio, de manera que al estar monitorizado permite incluirlo al cuaderno de campo y demostrar el correcto uso de este, así como tener una trazabilidad del correcto funcionamiento del digerido donde se haya aplicado teniendo así un control exhaustivo de la nitrificación del suelo.

6.5.2.10. Estabilización del digerido.

El digerido, siempre que se hayan seguido las buenas prácticas, es un producto estable, con un equilibrio en su composición de nutrientes y al presentar unas regulaciones marcadas se puede demostrar mediante analítica que siendo un producto proveniente de residuos puede ser más estable que los sustratos de partida.

En cuanto a normativa el Reglamento (UE) 2019/1009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de junio de 2019 y precisamente la CMC5 delimita dos criterios de estabilidad los cuales al menos uno es de obligatorio cumplimiento. Estos son:

- a) Índice de consumo de oxígeno:
 - definición: indicador de la medida en que la materia orgánica biodegradable se descompone en un plazo especificado. El método no es adecuado para material con un contenido superior al 20 % de partículas de tamaño mayor de 10 mm;
 - criterio: como máximo, 25 mmol de O₂/kg de materia orgánica/h, o
- b) Potencial de producción de biogás residual:
 - definición: indicador del gas liberado por un digerido en un período de 28 días, medido con respecto a los sólidos volátiles presentes en la muestra. El ensayo se lleva a cabo por triplicado, y la media de los resultados se utiliza para demostrar el cumplimiento del requisito. Los sólidos volátiles son los sólidos de una muestra de material que se pierden por combustión de los sólidos secos a 550 °C;



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

- criterio: como máximo 0,25 l de biogás por gramo de sólidos volátiles.



Anexo I. Sustratos aptos para la biometanización

TABLA 16. CODIGOS LER: MATERIAS PRIMAS APTAS PARA LA BIOMETANIZACIÓN BASADOS EN EL ANEXO IV DEL RD 506/2013, DE 28 DE JUNIO, SOBRE PRODUCTOS FERTILIZANTES.

Tipo	Código LER
Residuos de la agricultura, horticultura, acuicultura, silvicultura, caza y pesca; residuos de la preparación y elaboración de alimentos.	02
Residuos de la agricultura, horticultura, acuicultura, silvicultura, caza y pesca.	02 01
Lodos de lavado y limpieza.	02 01 01
Residuos de tejidos animales.	02 01 02
Residuos de tejidos vegetales.	02 01 03
Deyecciones de animales, estiércoles y efluentes recogidos selectivamente y tratados fuera del lugar donde se generan.	02 01 06
Residuos de la silvicultura.	02 01 07
Residuos no especificados en otra categoría: sustrato agotado y posteriormente higienizado del cultivo de setas.	02 01 99
Residuos de la preparación y elaboración de carne, pescado y otros alimentos de origen animal (SANDACH Cat. 2 y 3)	02 02
Lodos de lavado y limpieza.	02 02 01
Residuos de tejidos de animales.	02 02 02
Materiales inadecuados para el consumo o la elaboración.	02 02 03
Lodos del tratamiento «in situ» de efluentes.	02 02 04
Residuos de la preparación y elaboración de frutas, hortalizas, cereales, aceites comestibles, cacao, café, té y tabaco; producción de conservas; producción de levadura y extracto de levadura, preparación y fermentación de melazas.	02 03
Lodos de lavado, limpieza, pelado, centrifugado y separación.	02 03 01
Materiales inadecuados para el consumo o la elaboración.	02 03 04
Lodos de tratamiento «in situ» de efluente.	02 03 05
Residuos de la elaboración de azúcar	02 04
Lodos de tratamiento «in situ» de efluentes.	02 04 03
Residuos de la industria de productos lácteos	02 05
Materiales inadecuados para el consumo o la elaboración.	02 05 01
Lodos de tratamiento «in situ» de efluentes.	02 05 02
Residuos de la industria de panadería y pastelería.	02 06
Materiales inadecuados para el consumo o la elaboración.	02 06 01
Lodos de tratamiento «in situ» de efluentes.	02 06 03
Residuos de la producción de bebidas alcohólicas y no alcohólicas (excepto café, té y cacao).	02 07
Residuos de lavado, limpieza y separación mecánica de materias primas.	02 07 01
Residuos de la destilación de alcoholes.	02 07 02
Materiales inadecuados para el consumo o la elaboración.	02 07 04
Lodos de tratamiento «in situ» de efluentes.	02 07 05
Residuos de la transformación de la madera y de la producción de tableros y muebles, pasta de papel, papel y cartón.	03
Residuos de la transformación de la madera y de la producción de tableros y muebles.	03 01
Residuos de corteza y corcho.	03 01 01
Serrín, virutas, recortes, madera, tableros de partículas y chapa distintos de los mencionados en el código 03 01 04.	03 01 05
Residuos no especificados en otra categoría.	03 01 99
Residuos de la producción y transformación de pasta de papel, papel y cartón.	03 03
Residuos de corteza y madera.	03 03 01
Lodos de destinado procedentes del reciclado de papel.	03 03 05



**PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN
DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030**

Desechos, separados mecánicamente, de pasta elaborada a partir de residuos de papel y cartón.	03 03 07
Residuos procedentes de la clasificación del papel y cartón destinados al reciclado.	03 03 08
Desechos de fibras y lodos de fibras, de materiales de carga y de estucado, obtenidos por separación mecánica.	03 03 10
Lodos del tratamiento in situ de efluentes, distintos de los especificados en el código 03 03 10.	03 03 11
Residuos no especificados en otra categoría.	03 03 99
Residuos de las industrias del cuero, de la piel y textil.	04
Residuos de las industrias del cuero y de la piel.	04 01
Lodos, en particular los procedentes del tratamiento in situ de efluentes, que no contienen cromo.	04 01 07
Residuos de la industria textil.	04 02
Materia orgánica de productos naturales (por ejemplo, grasa, cera).	04 02 10
Lodos del tratamiento in situ de efluentes, distintos de los especificados en el código 04 02 19 [que contenían sustancias peligrosas].	04 02 20
Residuos de las instalaciones para el tratamiento de residuos, de las plantas externas de tratamiento de aguas residuales y de la preparación de agua para consumo humano y de agua para consumo industrial.	19
Residuos del tratamiento aeróbico de residuos sólidos.	19 05
Fracción no compostada de residuos municipales y asimilados.	19 05 01
Fracción no compostada de residuos de procedencia animal o vegetal.	19 05 02
Compost fuera de especificación.	19 05 03
Residuos no especificados en otra categoría.	19 05 99
Residuos de plantas de tratamiento de aguas residuales no especificados en otra categoría.	19 08
Lodos del tratamiento de aguas residuales urbanas.	19 08 05
Lodos procedentes del tratamiento biológico de aguas residuales industriales distintos de los especificados en el código 19 08 11 [eran RP].	19 08 12
Lodos procedentes de otros tratamientos de aguas residuales industriales, distintos de los especificados en el código 19 08 13 [eran RP].	19 08 14
Residuos municipales (residuos domésticos y residuos asimilables procedentes de los comercios, industrias e instituciones), incluidas las fracciones recogidas selectivamente.	20
Fracciones recogidas selectivamente (excepto las especificadas en el subcapítulo 15 01).	20 01
Residuos biodegradables de cocinas y restaurantes.	20 01 08
Residuos de parques y jardines (incluidos los residuos de cementerios).	20 02
Residuos biodegradables.	20 02 01
Otros residuos municipales.	20 03
Mezclas de residuos municipales.	20 03 01
Residuos de mercados.	20 03 02
Lodos de fosas sépticas.	20 03 04



Anexo II. Términos y definiciones

Biogás: producto gaseoso de la digestión anaeróbica que comprende fundamentalmente metano y dióxido de carbono, pero que, dependiendo del sustrato, puede contener también amoníaco, sulfuro de hidrógeno, vapor de agua y otros constituyentes gaseosos o vaporizables.

Biometano: el biometano es un combustible gaseoso producido biológicamente, cuyo principal constituyente es el metano y que se ajusta a los estándares nacionales relativos al gas natural.

Digestión anaerobia o metanización: descomposición biológica de la biomasa sin presencia de oxígeno para obtener biogás y digerido.

Sustrato: residuo de carácter orgánico que se introduce en el digestor como sustrato de la planta de biogás. Se categorizan según su origen, siendo:

- **Agropecuario o agroganadero:** sustratos provenientes del sector ganadero, principalmente a partir de las deyecciones de las distintas fuentes ganaderas como Bovino, Ovino, Caprino, Porcino, Avícola y Equino.
- **Agrícola:** sustratos provenientes de residuos agrícolas de carácter vegetal, engloba a todas las mermas y subproductos no aprovechables industrialmente.
- **Agroindustrial:** residuos no aprovechables de las industrias agroalimentarias.
- **EDAR:** residuos generados en las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR), principalmente lodos de la depuración de las aguas residuales.
- **Urbanos:** los residuos mezclados y los residuos recogidos de forma separada de origen doméstico.

FORSU: Fracción orgánica del residuo sólido urbano.

Subproductos de origen animal no destinados al consumo humano (SANDACH): cuerpos enteros o partes de animales, productos de origen animal u otros productos obtenidos a partir de animales, que no están destinados para el consumo humano.

Códigos LER: Lista Europea de Residuos modificada por la Decisión de la Comisión de 18 de diciembre de 2014 por la que se modifica la Decisión 2000/532/CE, sobre la lista de residuos, de conformidad con la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo.

UGM (Unidad de Ganado Mayor): equivalencia para cada tipo de animal presente en una explotación, de acuerdo con los valores que establece el *anexo I del Real Decreto 1053/2022, de 27 de diciembre, por el que se establecen normas básicas de ordenación de las granjas bovinas*, que sirve para establecer la capacidad máxima de



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

una explotación, para la aplicación de los distintos requisitos que establece el dicho real decreto, y para establecer su clasificación por tamaño. 1 UGM equivale a un macho de bovino de dos años o más.

Dieta: mezcla de sustratos empleados dentro de una planta de biogás para producir biogás.

Metanizador o digestor: cerramiento donde se produce la digestión anaerobia. Son el núcleo de la planta y todos los procesos y dimensionamientos se rodean entorno a estos equipos.

Potencial de biogás (Nm^3/h): unidad de producción de biogás de los sustratos a partir de sus cualidades físico-químicas. Esta unidad es crucial para la estimación de la producción de biogás, así como para el cálculo de la dieta y el posterior dimensionamiento de la planta, obteniéndose mediante datos empíricos o analíticas precisas del sustrato a utilizar. Las unidades pueden expresarse también a GWh/a.

TRH o tiempo de retención hidráulico: parámetro de medición para la duración de una etapa del proceso de digestión anaerobia cuya unidad es el tiempo. Permite conocer y delimitar el tiempo en el cual los sustratos van a permanecer en cada etapa pudiendo obtener así los dimensionamientos de los distintos equipos.

VCO o velocidad de carga orgánica: parámetro de medición de la cantidad de sustrato de alimentación de la planta de digestión anaerobia. Junto al TRH delimitan el diseño de los dimensionamientos de los distintos equipos de la planta.

Enriquecimiento o upgrading del biogás para transformarlo en biometano: proceso para separar metano y dióxido de carbono y reducir otros constituyentes gaseosos no deseados (H_2S , NH_3 y otros gases traza). El gas resultante presenta un alto contenido de metano (similar al gas natural) y se conoce como biometano. Los procesos de enriquecimiento se basan en la separación del metano del dióxido de carbono mediante distintas técnicas, las existentes son:

- **Membranas:** uso de membranas que por diferencias de permeabilidad de las moléculas permiten la separación del metano y el dióxido de carbono.
- **PWS o lavado con agua:** la separación por lavado con agua (water scrubbing) se basa en la diferencia de solubilidad entre el CO_2 y el CH_4 . En el proceso de absorción, el CO_2 se disuelve en la columna de agua, haciendo incrementar la concentración de CH_4 en el biogás, de esta manera se genera una corriente de metano libre de dióxido de carbono.
- **Absorción química:** proceso de lavado del biogás semejante al proceso de lavado por agua, la diferencia en que utiliza soluciones químicas para absorber, formando enlaces químicos reversibles entre el soluto y el solvente.
- **PSA o pressure swing adsorption:** sistema basado en la capacidad que tienen ciertos materiales, como el carbón activo y zeolitas, en adsorber el CO_2 y otros componentes (ej. H_2S , N_2 , O_2) al aplicar cierta presión, y la capacidad de desadsorberlos después en situación de vacío.



PLAN REGIONAL DE BIOMETANIZACIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA 2024-2030

- **Separación criogénica:** tecnología basada en la diferencia de los puntos de ebullición de los diferentes componentes del biogás, pudiéndose separar el CO₂ del CH₄ mediante la aplicación de frío.
- **Separación biológica:** procesos biológicos basados en la aptitud de los microorganismos en convertir CO₂ en productos útiles.

Offgas: corriente de gas producto de la separación del biogás que contiene principalmente CO₂ resultante del proceso de enriquecimiento del biogás a biometano.

Off-spec biometano: corriente de biometano que no puede ser inyectada en la red de gas por no cumplir los parámetros especificados en el Protocolo de detalle PD-01.

RTO (Oxidación térmica regenerativa): equipos diseñados para la eliminación de los contaminantes en el gas para la purificación del mismo mediante un sistema de oxidación térmica.

GEI (Gases de Efecto Invernadero): gases contribuyentes a la contaminación de la atmósfera y el aumento de la capa de ozono producidos mayoritariamente por fuentes antropogénicas. Los principales gases contribuyentes son el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarburos (HFC), perfluorocarburos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆).

COVs (Compuestos orgánicos volátiles): compuestos hidrocarburoados en estado gaseoso presentes en todos los compuestos orgánicos.

MTDs (Mejores Técnicas Disponibles): acciones de prevención y actuación frente a cualquier proceso el cual aúna las mejores técnicas estudiadas y corroboradas para la búsqueda del buen procedimiento de cualquier ejecución.

Digerido: material orgánico obtenido a partir del tratamiento biológico anaerobio de residuos biodegradables recogidos separadamente. No se considerará digerido el material bioestabilizado.

Compost: material orgánico higienizado y estabilizado obtenido a partir del tratamiento controlado biológico aerobio y termófilo de residuos biodegradables recogidos separadamente.

Material bioestabilizado: material con contenido orgánico obtenido de las plantas de tratamiento mecánico biológico de residuos mezclados.

