

Sumario ejecutivo del artículo

El potencial del biometano en una ciudad de referencia: Lleida

El metano (CH_4) es un gas de efecto invernadero (GEI), con una capacidad de calentamiento global 34 veces superior al CO_2 . Este gas se emite de forma natural en las balsas de purines, pilas de estiércol, depósitos de residuos municipales que contienen materia orgánica y, en general, allí donde hay materia orgánica en un ambiente sin o con poco oxígeno. Es, a su vez, un gas combustible y el componente principal del gas natural. El proceso controlado para producir este gas se denomina digestión anaerobia, con el cual se obtiene biogás, un gas constituido principalmente por CH_4 y CO_2 . De su limpieza y enriquecimiento se obtiene el biometano, un gas equivalente al gas natural que puede inyectarse en su red a fin de ser utilizado donde y cuando su rendimiento sea óptimo. El uso energético de este gas evita las emisiones que se producirían de forma natural y las debidas al combustible fósil que se substituye, por lo cual las emisiones de GEI por unidad de energía sustituida pueden ser negativas.

En Europa se contabilizaron 18.200 plantas de producción de biogás en 2018, con una producción de energía primaria de 195,4 TWh de biogás; cuando ha sido utilizado para producción eléctrica, esta ha sido de 63,5 TWh, con una potencia instalada de 11,1 GW. A su vez, en 2020, 729 plantas producían 23 TWh de biometano inyectado en red. El grado de implantación es desigual, con una producción per cápita de energía primaria desde 66 kWh/habitante/año en España hasta 1 MWh/habitante/año en Alemania, con una media de 382 kWh/habitante/año en la Unión Europea en 2018. Las diferencias

se explican por un diferente grado de implantación hasta el presente de políticas transversales en los ámbitos de la autosuficiencia energética, la lucha contra el cambio climático, la gestión de residuos y el desarrollo rural. El Pacto Verde Europeo (Green Deal) y todas las políticas europeas conducentes a la economía circular están dando un impulso para hacer converger las diferentes políticas de los estados miembros hacia los objetivos comunes de reducción de las emisiones GEI del 55% en 2030, respecto 1990, y emisiones netas nulas y energía 100% renovable en 2050.

En España los estudios de potencial energético del biogás, o del biometano, indican valores que podrían llegar a 35,8 – 53,3 TWh/año, lo que implicaría un ahorro de emisiones GEI de 10,6 – 12,6 Mt CO_2 eq/año. En la actualidad, de este potencial solo se realizan 225 GWh/año eléctricos y unos 105 GWh/año en forma de biometano inyectado al sistema gasista. Hay, por tanto, un amplio camino por recorrer. Pero, ¿qué beneficios podría aportar la realización de este potencial en un entorno cercano? ¿Cuáles serían las dificultades a vencer?

El objetivo del presente artículo es analizar qué aportación podría representar la producción de biogás y biometano en una ciudad media, a fin de valorar también los limitantes o barreras a superar. Se ha escogido la ciudad de Lleida como caso de estudio. Lleida es capital de la comarca del Segrià (208.799 habitantes), con una población de 140.403 habitantes.

Con datos de 2019, en el escenario 0 de referencia se evalúa el consumo de gas natural del Segriá y gasoil de los autobuses de Lleida y se estiman sus emisiones GEI así como las de CH₄ debidas a la gestión de deyecciones ganaderas, compuestos orgánicos de residuos municipales, lodos de depuradoras y residuos orgánicos industriales.

En este escenario, el consumo total comarcal de los combustibles fósiles mencionados asciende a 1.578,1 GWh/año, las emisiones GEI debidas a estos es de 411,1 kt CO₂ eq./año y las emisiones de CH₄ debidas a gestión de subproductos orgánicos se estima en 588,6 kt CO₂ eq./año de acuerdo a Tabla 1.

Tabla 1. Consumo anual de gas natural en los municipios de la comarca del Segriá y de gasoil de la flota de autobuses de Lleida, emisiones anuales estimadas de GEI por este consumo y emisiones anuales estimadas de metano (CH₄)*.

| | Consumo energía (gas natural y autobuses Lleida) | Emisiones GEI por consumo energía | Emisiones CH ₄ por gestión deyecciones | Emisiones CH ₄ por gestión residuos municipales | Emisiones CH ₄ por gestión lodos y residuos orgánicos | Total emisiones estimadas | % emisiones debidas a consumo energía fósil |
|-----------------------------|--|-----------------------------------|---|--|--|---------------------------|---|
| | GWh | kt CO ₂ eq | kt CO ₂ eq | kt CO ₂ eq | kt CO ₂ eq | kt CO ₂ eq | % |
| Lleida (municipio) | 553,1 | 143,8 | 45,9 | | 1,5 | 19,3 | 75,2 |
| Municipios con línea de gas | 1.578,1 | 411,1 | 372,4 | 18,6 | 5,0 | 807,0 | 50,9 |
| Total comarca | 1.578,1 | 411,1 | 565,1 | 18,6 | 5,0 | 999,7 | 41,1 |

* En unidades de CO₂ eq, tomando como referencia los valores de 2019.

Posteriormente, se han evaluado distintos escenarios cuyas características básicas se detallan a continuación, siguiendo las fuentes de información, hipótesis de cálculo y metodologías de estimación de energía producida y emisiones de metano (en unidades de CO₂ equivalente) que se detallan en [Flotats \(2021\)](#).

En el escenario 1 se estima la energía en forma de biometano que se podría obtener de la digestión anaerobia de todos los subproductos orgánicos, la sustitución de los combustibles anteriores y el ahorro de emisiones GEI. En el escenario 2 se considera que la fracción orgánica de los residuos municipales (FORM), recogida

selectivamente, se somete a digestión anaerobia para producir biogás, que se transforma a biometano, se recupera el 60% del potencial de gas emitido por el vertedero comarcal y se destinan a digestión anaerobia las deyecciones de granjas que pueden producir más de 20 m³ biogás/h, mientras que se envían a este proceso la fracción sólida de las deyecciones del resto de explotaciones. Finalmente, en el escenario 3 se adopta la hipótesis que en estas últimas explotaciones se recupera biometano del biogás de las balsas de almacén, que han de ser cubiertas y estancas. La Tabla 2 resume los resultados para estos escenarios.

Tabla 2. Estimaciones de la producción anual de biometano, de las emisiones anuales de CH₄ por gestión de subproductos orgánicos, de la aportación a la demanda de energía y de la reducción de emisiones, en las condiciones de los escenarios indicados.

| | Biometano de deyecciones ganaderas | Biometano de FORM | Biometano de lodos y residuos orgánicos | Total biometano | Aportación a la demanda de energía | Emisiones CH ₄ por gestión deyecciones | Emisiones CH ₄ por gestión de FORM | Emisiones CH ₄ por gestión de lodos y residuos org, | Total emisiones CH ₄ | Reducción emisiones respecto escenario 0 |
|-----------------------------|------------------------------------|-------------------|---|-----------------|------------------------------------|---|---|--|---------------------------------|--|
| | GWh | GWh | GWh | GWh | % | kt CO ₂ eq | kt CO ₂ eq | kt CO ₂ eq | kt CO ₂ eq | % |
| Escenario 1 | | | | | | | | | | |
| Lleida (municipio) | 62,4 | | 7,2 | 69,6 | 12,6 | 8,5 | | 0,6 | 9,0 | 29,6 |
| Municipios con línea de gas | 438,4 | 43,4 | 17,0 | 498,8 | 31,6 | 60,5 | 0,8 | 1,3 | 62,6 | 57,5 |
| Total comarca | 635,5 | 43,4 | 17,4 | 696,2 | 44,1 | 87,8 | 0,8 | 1,3 | 89,8 | 62,9 |
| Escenario 2 | | | | | | | | | | |
| Lleida (municipio) | 44,2 | | 7,2 | 51,4 | 9,3 | 28,0 | | 0,6 | 28,6 | 27,1 |
| Municipios con línea de gas | 338,5 | 22,3 | 17,0 | 377,9 | 23,9 | 260,0 | 17,2 | 1,3 | 278,5 | 53,6 |
| Total comarca | 486,4 | 22,3 | 17,4 | 526,1 | 33,3 | 388,6 | 17,2 | 1,3 | 407,1 | 59,8 |
| Escenario 3 | | | | | | | | | | |
| Lleida (municipio) | 23,4 | | 7,2 | 30,6 | 5,5 | 8,1 | | 0,6 | 8,7 | 24,3 |
| Municipios con línea de gas | 208,7 | 22,3 | 17,0 | 248,0 | 15,7 | 56,1 | 17,2 | 1,3 | 74,6 | 49,4 |
| Total comarca | 304,6 | 22,3 | 17,4 | 344,4 | 21,8 | 81,2 | 17,2 | 1,3 | 99,7 | 56,4 |

 **ESCENARIO 1:**

Este escenario es el de máxima realización del potencial energético del biogás en el que puede cubrirse el 12,6% de la demanda de gas natural con biometano para la ciudad de Lleida o el 31,6% de la demanda, contando autobuses de la ciudad, para los municipios de la comarca con suministro actual de gas natural, con recursos propios, y el 44,1% en caso de contar con los recursos de toda la comarca. En este

último caso, la reducción de emisiones GEI, contando solo las de CH₄ a la atmósfera por gestión de subproductos orgánicos, así como las emisiones debidas al consumo de gas natural no cubierto por el aporte del biometano, es del 62,9% respecto del escenario 0.

Para el global de la comarca, considerando las emisiones por gas natural que no se substituye por biometano, la aportación del biometano es de 696,2 GWh/año de energía y la reducción de las emisiones

estimadas es de 629,3 kt CO₂_{eq}/año (62,9% de las emisiones en escenario 0), esto es -0,904 kg CO₂_{eq}/kWh. Para la ciudad de Lleida, suponiendo que queda cubierta en un 100% la demanda de energía de la flota de autobuses, estas emisiones son de -0,797 kg CO₂_{eq}/kWh. O sea, una reducción de emisiones (signo negativo) por unidad de energía renovable producida en forma de biometano.

El 92,8% de las explotaciones ganaderas de la comarca tiene un potencial de producción inferior a 20 m³ biogás/h y el 70% presenta valores inferiores a 10 m³ biogás/h, valores bajos que dificultan la viabilidad técnica de su aprovechamiento. Por ello, deben analizarse alternativas que permitan aprovechar su potencial energético y reducir las emisiones actuales de GEI de las granjas de menor tamaño (escenarios 2 y 3).

ESCENARIO 2:

En el escenario 2, llama la atención el elevado valor de emisiones debidas a residuos municipales, en comparación al escenario 1. Estas emisiones son solo ligeramente inferiores a las del escenario 0, en el que se supone que el 60% del gas emitido por el vertedero es quemado en antorcha. Para que la digestión anaerobia de la fracción orgánica de residuos municipales pueda contribuir al aporte de energía y a la reducción de emisiones de GEI, es imperativa la participación ciudadana en la separación domiciliar de los residuos de cocina, de manera que se pueda producir biogás con facilidad de la FORM y se evite que esta llegue al vertedero.

Con la separación y transporte de la fracción sólida de las deyecciones, se pasa de una producción potencial de 635,5 GWh/año de las deyecciones a 486,4 GWh/año, para el total de la comarca, mientras que las emisiones estimadas de

CH₄ suben de 87,8 kt CO₂_{eq}/año a 388,6 kt CO₂_{eq}/año. Esto es debido a las emisiones de la materia orgánica diluida que queda en la balsa de las granjas, que podrían evitarse cubriéndolas de forma estanca y recuperando el gas, ya sea para quemar en antorcha o para cubrir demandas de energía térmica de la explotación.

ESCENARIO 3:

En el escenario 3 la producción energética de las deyecciones baja respecto de los dos escenarios anteriores, ya que la producción de biogás depende en este caso de la temperatura ambiente, pero también lo hacen ostensiblemente las emisiones de CH₄ a la atmósfera a 81,2 kt CO₂_{eq}/año, por debajo del escenario 1 de máxima producción, para deyecciones y el total de la comarca.

Se comprueba que el sector que presenta mayor potencial energético es el ganadero, pero también es en el que el aprovechamiento energético de los algo más de 3 Mt/año de deyecciones producidas en la comarca presenta mayores dificultades. Ya sea desarrollar nuevos sistemas para aprovechar el potencial de producción natural a temperatura ambiente en propia granja, con transporte de gas, o ya sea concentrar sólidos volátiles en granja para transportarlos a planta centralizada, implica prestar mucha atención a solucionar el problema de logística que representa coordinar multitud de explotaciones. Sea cual sea la solución tecnológica apropiada, al igual que en el caso de la FORM donde el limitante es la participación ciudadana, en el caso de la gestión de deyecciones el limitante es la implicación del ganadero, quien debería modificar sus métodos de manejo de los purines y retirarlos a la mayor brevedad posible de las naves del ganado, a fin de que el CH₄ que produce tenga la posibilidad de ser aprovechado.

Conclusiones

El estudio realizado muestra un potencial considerable tanto en lo que se refiere al aporte energético del biometano como a la reducción de emisiones. Es necesaria una visión global en lo referente a infraestructuras, áreas geográficas, desarrollo tecnológico necesario, implicación del ciudadano, etc., pero es una oportunidad relevante en el proceso de transición energética que incorpora varios sectores de manera transversal, solucionando tanto problemas energéticos como de gestión de residuos.

Del análisis particular realizado se comprueba que puede existir una sinergia entre los diferentes municipios de la comarca, ya que algunos cuentan con muchos recursos para producir biometano

pero con poca demanda energética, mientras que en otros es al revés. La existencia de conducciones de gas para distribuir el biometano desde donde se produce hasta donde pueda consumirse con la máxima eficiencia permite aprovechar la sinergia mencionada, superando las restricciones que supone centrarse en un único municipio.

El presente estudio, con las hipótesis y simplificaciones adoptadas, debe considerarse una primera aproximación y solo pretende detectar potenciales y limitantes para poder dedicarles atención preferente en estudios de campo más detallados.

Sumario ejecutivo del artículo completo de [Xavier Flotats 2021](#)