



Desarrollo del Proyecto **agroBIOMET.** Evaluación del biometano procedente de la planta de demostración como biocombustible en vehículos a motor

Foto: ktu-media (cc)

Noticias_reportajes_opinión_vídeos_productos_agenda..., todo en:

www.residuosprofesional.com

Desarrollo del Proyecto agroBIOMET. Evaluación del biometano procedente de la planta de demostración como biocombustible en vehículos a motor

Aida Domínguez
Carmen Barrios
José A. Sánchez
Nely Carreras
CIEMAT

Paz Gómez
Begoña Ruiz
AINIA

1. Introducción

La producción de biogás mediante codigestión anaerobia de residuos agroindustriales ha comenzado su desarrollo en España siguiendo los pasos de otros países europeos como Alemania, Suecia, Dinamarca o Austria. Entre los factores que justifican el creciente interés y probable desarrollo de esta alternativa en nuestro país cabe destacar: la existencia de una gran cantidad y diversidad de residuos orgánicos biodegradables susceptibles de ser empleados para la producción de biogás, el desarrollo de las técnicas de codigestión anaerobia respecto a las monosustrato y las políticas emergentes para reducir las emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI). El biogás de origen agroindustrial no solo es efectivo en la reducción de los GEI por su carácter de energía renovable sino también por su potencial para reducir las emisiones de metano producidas por algunos residuos (principalmente purines).

Por otra parte, cabe destacar que el biogás tiene diversas aplicaciones que requieren de diferente grado de purificación. El uso actual más frecuente es la producción de electricidad y calor en motores de cogeneración, pero también puede emplearse en microturbinas, pilas de combustible, como combustible para vehículos o inyectarse en la red de gas natural, siendo necesario en estos tres últimos casos un mayor grado de purificación que el requerido por los motores de cogeneración.

2. DESARROLLO DEL PROYECTO AGROBIOMET

El proyecto agroBIOMET (www.agroBIOMET.es), coordinado por la GRANJA SAN RAMÓN y con la participación de AINIA, CIEMAT y HERA, aborda una temática de gran relevancia para el futuro del biogás agroindustrial en España, como es el uso del biogás depurado y enriquecido en metano (biometano) como biocombustible en vehículos. El objetivo del proyecto agroBIOMET es la demostración de un sistema sostenible de producción y uso de biometano en vehículos obtenido a partir de la codigestión de residuos ganaderos y biomásas alternativas. Este proyecto se ha enmarcado dentro del ámbito rural con el objetivo de demostrar que el biogás agroindustrial para uso en vehículos es una solución innovadora y de proyección en el mercado energético español, tal y como se está consolidando en otros países europeos como Suecia, Holanda, Alemania, Suiza o Austria.

El proyecto justifica su interés y desarrollo al cumplir y profundizar en todos y cada uno de los factores antes mencionados.

Con relación a los residuos biodegradables, han sido evaluadas biomásas alternativas tales como cultivos energéticos (no susceptibles de uso alimentario), microalgas y residuos de cosecha. Los cultivos energéticos se centran actualmente en la producción de biodiésel o bioetanol, o como biocombustibles sólidos, estando su empleo como

para desarrollar su cultivo con altas productividades y bajos costes.

Por lo tanto, las limitaciones citadas en la disponibilidad de sustratos adecuados para su empleo en la codigestión anaerobia, han llevado a evaluar, en el contexto de agroBIOMET, la disponibilidad de residuos de cosecha procedentes de cultivos herbáceos. Se han considerado de mayor interés en este estudio aquellos cultivos herbáceos no forrajeros con amplia representación geográfica, elevadas producciones (al menos en determinadas regiones o comarcas) y/o una proporción significativa de residuos asociados a la cosecha. Así, cereales como cebada (*Hordeum vulgare*), trigo (*Triticum aestivum*), maíz de grano (*Zea mays*), avena (*Avena sativa*) y arroz (*Oryza sativa*), hortalizas como el tomate (*Solanum lycopersicum*), tubérculos como la patata (*Solanum tuberosum*) y cultivos industriales como la remolacha (*Beta vulgaris*) o el girasol (*Helianthus annuus*), entre otros muchos, presentan las características citadas y constituyen gran parte de la producción agrícola española. Han sido evaluadas las producciones potenciales de residuos de cosecha para cultivos herbáceos de un total de las 324 comarcas españolas. De los estudios realizados, geográficamente, destacan, con valores estimados superiores a las 100.000 t/año, comarcas de Andalucía (campiñas de Sevilla, Cádiz y Córdoba, Campo Dalías en Almería), Murcia (Valle del Guadalentín y Campo de Cartagena) y vega del Guadiana (Don Benito, Badajoz). Tan sólo

El objetivo del proyecto agroBIOMET es la demostración de un sistema sostenible de producción y uso en vehículos de biometano obtenido a partir de la codigestión de residuos ganaderos y biomásas alternativas.

cosustratos en la producción de biogás en fase experimental o precomercial. Entre los cultivos energéticos (no susceptibles de uso alimentario) que han sido objeto de diversos estudios de viabilidad en el territorio español para la producción de biogás, cabe citar el cardo (*Cynara cardunculus*), la caña común (*Arundo donax*), la chumbera (*Opuntia ficus-indica*) o el sorgo de fibra (*Sorghum bicolor*). De ellos, el que presenta mayor interés en el ámbito mediterráneo es el del cardo (*Cynara cardunculus*), para el que se señala específicamente su valor como cosustrato para la producción de biogás (Rodríguez et ál., 2013). Respecto a las microalgas, la situación en España relativa a su empleo como sustratos, y con carácter general en el resto de países, es experimental (Ramos-Suárez et ál., 2014). El conjunto de la bibliografía consultada señala tanto las grandes expectativas que genera su empleo como las numerosas dificultades técnicas

32 comarcas (10% del total) contribuyen en su conjunto con 2,5 millones de t/año, lo que representa en torno al 45% de la producción total estimada de residuos en España (Rodríguez et ál., 2013). Esta notable concentración puede resultar favorable para el potencial empleo de los residuos de cosecha como materia prima en la generación de biogás. Del total estimado de 5,53 millones de t/año, cabe destacar, además de cultivos como la cebada (1,37 millones) o el trigo (1,11), cultivos de amplia distribución en España, como el maíz de grano (0,68 millones t/año, presente en alguna medida en un 95% de las comarcas) o el girasol (0,23 millones t/año, 70% de las comarcas) (Rodríguez, et ál., 2013).

Por otra parte, se han llevado a cabo mejoras en la herramienta Metaniza para permitir evaluar la sostenibilidad

TABLA 1. COMPOSICIÓN DEL BIOGÁS DE ENTRADA Y DE LOS PRODUCTOS, BIOMETANO Y CO₂

Fuente: Gómez et ál., 2013

Parámetro	Unidad	Material de entrada	Productos	
		Biogás agroindustrial	Biometano	CO ₂
Caudal	Nm ³ /h	100	57	-
CH ₄	%	59	98,4	<0,1
CO ₂	%	39	0	98,8
O ₂	%	0,2	0,3	-
N ₂	%	0,8	1,3	-
H ₂ S	ppm	300	<1	0
H ₂ O	%	-	-	1,2

de plantas que utilicen el biogás agroindustrial como biocombustible en vehículos. En el marco de este proyecto, Metaniza ha sido rediseñada (Metaniza+) para contemplar este nuevo uso del biogás, incorporar nuevas materias primas utilizables en la codigestión anaerobia e incluir mejoras nacidas del uso intensivo de la herramienta (Peña J.M., 2012).

Respecto al desarrollo de las técnicas de codigestión anaerobia, se han llevado a cabo distintos ensayos de biodegradabilidad, en concreto de tres especies de microalgas, cereales (diferentes variedades de cebada, avena, trigo, triticale, centeno, sorgo, maíz y girasol), residuos de cosecha (paja, residuos de horticultura), residuos de pro-

de producción de biogás por m³ digestor y por kgVS agregado (Ruiz et ál., 2012).

Por otro lado, como se ha comentado anteriormente, el biogás, para poder ser empleado como combustible para vehículos, ha de ser previamente depurado. En este sentido, dentro del proyecto agroBIOMET también se ha probado un sistema de absorción con aminas para capturar o absorber el CO₂ contenido en el biogás con el objetivo de obtener un gas con una calidad similar al gas natural, es decir, con una alta riqueza en metano y con un alto poder calorífico por metro cúbico de gas. Este gas es conocido como biometano y puede ser utilizado posteriormente como combustible en vehículos o inyectado en la red de gas natural, entre otras aplicaciones. Actualmente, los sistemas de absorción de CO₂ mediante aminas para biogás son ya una tecnología madura; sin embargo, continúa desarrollándose. La instalación de purificación mediante aminas del Grupo HERA forma parte del sistema aportado para el desarrollo del proyecto agroBIOMET. Cabe destacar el bajo consumo eléctrico, en torno a 0,1-0,12 kWh/Nm³ de biogás tratado, debido a que la tecnología de lavado con aminas trabaja a presión atmosférica (Gómez et ál., 2013). En relación con los productos obtenidos tras la purificación del biogás, en la **Tabla 1** se resumen las características del biometano y del CO₂, pudiéndose comparar en el caso del biometano, con el biogás de partida, previo al proceso de absorción de CO₂ con aminas.

El biometano obtenido es de una gran pureza, situándose la concentración en metano en torno al 98%, mientras que en el caso del CO₂, el sistema permite obtener también un CO₂ de alta pureza, en torno al 99%. Respecto al contenido en contaminantes, tales como el H₂S, el N₂ o el O₂, se reduce su presencia en ambos productos hasta valores prácticamente nulos (Gómez et ál., 2013). Cabe resaltar que las características obtenidas para el biometano lo hacen apto para su uso en vehículos, siendo esta la alternativa de aprovechamiento

El biometano obtenido es de gran pureza, situándose la concentración en metano en torno al 98%, lo que lo hace apto para vehículos.

cesamiento de vegetales industrial (bagazo, las peladuras, tortas de filtración) y residuos agrícolas (purines, estiércol de oveja, estiércol de aves de corral). Como inóculo se utilizó el material digerido de una planta industrial de biogás en funcionamiento. El mayor rendimiento de metano se observó para los cultivos, seguido por los residuos industriales orgánicos, residuos orgánicos agrícolas, algas y residuos de cosecha, y la velocidad de degradación más alta se obtuvo con los residuos orgánicos industriales (Ruiz et ál., 2012).

Asimismo, se llevaron a cabo ensayos de codigestión anaerobia en semicontinuo para evaluar el rendimiento de la codigestión de residuos orgánicos agrícolas y biomásas alternativas. En este caso, la mezcla constituida por 72% de estiércol de vaca y 28% de paja de centeno, en base húmeda, fue la que mostró el mejor resultado en términos

evaluada en el marco del proyecto agroBIOMET. La prueba experimental realizada se muestra en el siguiente apartado.

3.EVALUACIÓN DEL BIOMETANO PROCEDENTE DE LA PLANTA DE PURIFICACIÓN DE BIOGÁS DEL PROYECTO AGROBIOMET COMO COMBUSTIBLE DE VEHÍCULOS A MOTOR. ANÁLISIS DE EMISIONES CONTAMINANTES Y CONSUMOS

3.1. Objetivo

Este estudio se ha realizado con el objetivo de evaluar el comportamiento del biometano obtenido de la planta experimental de purificación de biogás instalada por HERA en la Granja San Ramón, en el marco del proyecto agroBIOMET, como biocombustible de un vehículo a motor. Esta tarea es una de las actividades realizadas por el CIEMAT en el proyecto.

3.2. Campaña experimental y composición del biometano

Para la consecución de este objetivo, se ha llevado a cabo una campaña experimental en un banco de rodillos con el fin de caracterizar el consumo y las emisiones contaminantes de un vehículo funcionando con biometano y compararlas con las emisiones producidas por el mismo vehículo funcionando con gasolina. Además, estas medidas se han comparado con las emisiones provenientes de otro vehículo de prestaciones similares alimentado con gasóleo. La composición del biometano utilizado ha sido mostrada en la **Tabla 1**.

3.3 Ensayos

3.3.1. Vehículos utilizados

Los vehículos que se utilizaron para los experimentos fueron dos FIAT Dobló Cargo (**Figura 1**). La primera furgoneta fue el modelo FIAT Dobló Cargo 1.3 Multijet II 90 CV del año 2010 (gasóleo), y la segunda fue el modelo FIAT Dobló Cargo 1.4 16v 120 CV Dualfuel del año 2011 (gasolina-gas natural). Los modelos tienen una diferencia de cuatro meses de antigüedad y ambos tenían un kilometraje similar (la FIAT Dobló de gasóleo 106.900 km y la FIAT Dobló Dualfuel 99.000 km).

3.3.2. Equipo instrumental

El equipo que se utilizó para hacer las medidas fue el OBS-2200 fabricado por la empresa Horiba. Este es un equipo comercial especialmente diseñado y homologado para la medida en tiempo real de las emisiones contaminantes provenientes de vehículos durante su funcionamiento. Las características técnicas principales son que dispone de un analizador de infrarrojos no dispersivos (NDIR) para la determinación de CO y CO₂, un analizador caliente de

Figura 1. Vehículos experimentados en las instalaciones del INSIA. Arriba: FIAT Dobló Cargo 1.3 Multijet II 90 CV; abajo: FIAT Dobló Cargo 1.4 16v 120 CV Dualfuel



Figura 2. Fotografía del laboratorio móvil del Grupo de Emisiones de Vehículos del CIEMAT durante la experimentación en banco rodillos



conductor calibrado en tubos de Pitot e incorporando en el mismo conjunto a la toma de muestra de gases, y una sonda de temperatura de escape. Este instrumento de medida está convenientemente calibrado con materiales de referencia (gases patrón) según las especificaciones de cada sistema, y se registran los datos en continuo, mostrándolos en tiempo real y registrándolos en un archivo de datos. El equipo está embarcado en el laboratorio móvil del CIEMAT (**Figura 2**), que está homologado y patentado. Este

Figura 3. Ciclo NEDC (New European Driving Cycle)

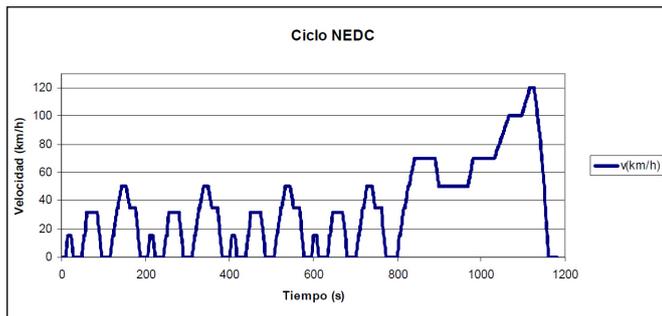


Figura 4. Ciclo urbano del NEDC (New European Driving Cycle)

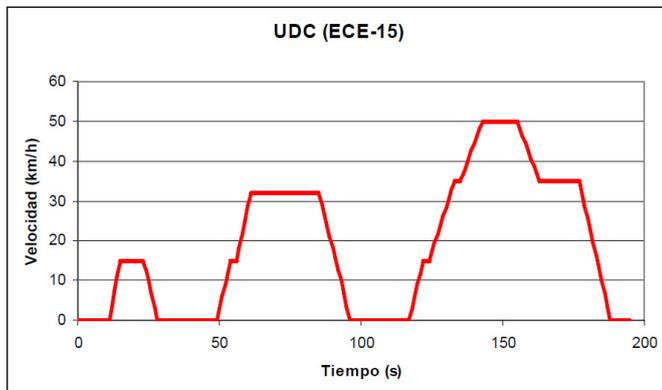
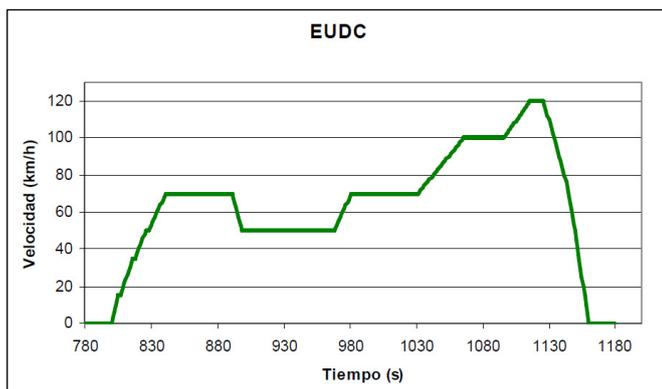


Figura 5. Ciclo extraurbano del NEDC (New European Driving Cycle)



laboratorio permite medir las emisiones contaminantes provenientes de vehículos en tiempo real. Además de las emisiones, es posible registrar otros parámetros del motor como el régimen de giro, el par, temperaturas, caudal de gases de escape, etc.

3.3.3. Metodología

Para realizar esta caracterización se utilizó el banco de rodillos de las instalaciones del INSIA (Instituto Universitario de Investigación del Automóvil-UPM). El banco de rodillos permite aplicar una carga controlada al vehículo de manera segura, mientras un operador conduce el vehículo reproduciendo un ciclo de velocidad normalizado. El banco de rodillos es utilizado para simular condiciones de conducción real. Las ruedas transmiten la dinámica del motor a los rodillos del dinamómetro, que actúa como freno, simulando la resistencia que el vehículo recibe cuando circula en la vía pública. En estos experimentos se realizó el ciclo NEDC. El ciclo NEDC (New European Driving Cycle) reproducido en el banco de rodillos consta de una parte urbana y otra extraurbana (**Figura 3**). La parte urbana consiste en la repetición cuatro veces de la secuencia ECE-15 o UDC (Urban Driving Cycle), mostrada en la **Figura 4**, y la extraurbana es un ciclo EUDC (ExtraUrban Driving Cycle), representado en la **Figura 5**. El NEDC es una prueba diseñada para evaluar objetivamente el impacto medioambiental de los automóviles.

La campaña experimental se realizó a lo largo de tres días, en los que se llevaron a cabo, respectivamente, tres repeticiones del ciclo NEDC con el vehículo diésel FIAT Dobló Cargo 1.3 Multijet II 90 CV, tres repeticiones del ciclo NEDC con el vehículo dual-fuel FIAT Dobló Cargo 1.4 16v 120 CV funcionando en modo biometano, y tres repeticiones del ciclo NEDC con el vehículo dual-fuel FIAT Dobló Cargo 1.4 16v 120 CV funcionando en modo gasolina.

Todos los ciclos NEDC se realizaron con el banco de rodillos correctamente calibrado y con el mismo conductor para no introducir la influencia de variables adicionales. Los equipos de medición funcionaron correctamente y no se registraron fallos de medida durante la campaña experimental.

3.4. Resultados

En las **Figuras 6, 7, 8 y 9** se puede ver la emisión en g/s de CO₂, CO, NO_x y THC (hidrocarburos inquemados) medida en tres experimentos independientes.

Las emisiones y consumos del ciclo NEDC se suelen analizar como el resultado (unidad/km) en todo el ciclo. Para ello, se realizaron los cálculos para cada uno de los ciclos y combustibles, y después se calcularon las medias para cada una de

Figura 6. Emisión de CO₂ en un ciclo NEDC para los tres combustibles utilizados

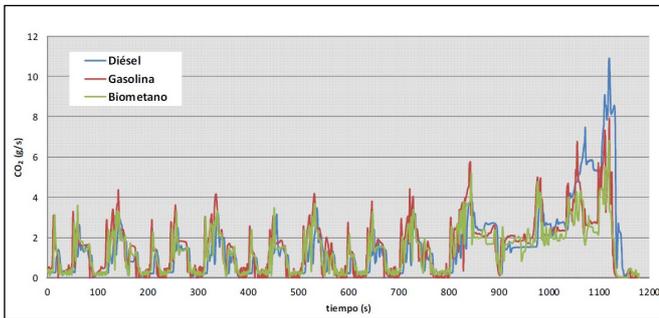


Figura 7. Emisión de CO en un ciclo NEDC para los tres combustibles utilizados

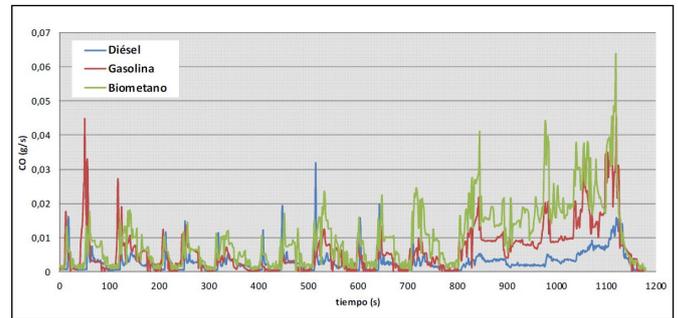


Figura 8. Emisión de NOx en un ciclo NEDC para los tres combustibles utilizados

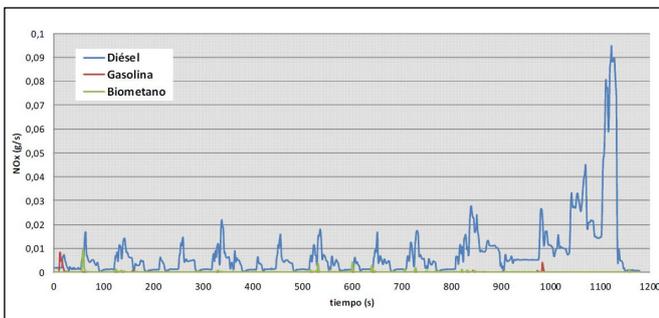
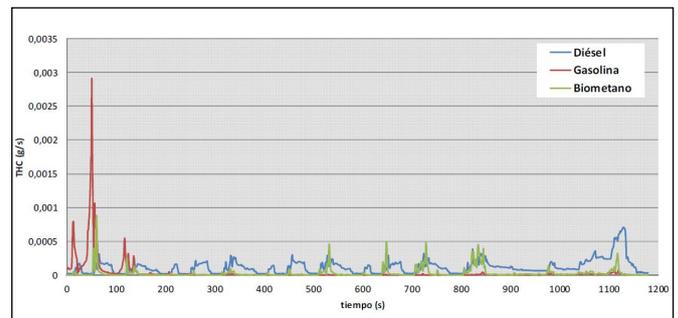


Figura 9. Emisión de THC en un ciclo NEDC para los tres combustibles utilizados



las variables de estudio. En la **Tabla 2** se pueden observar esos valores medios. Las desviaciones de las medias han sido siempre inferiores al 10% para todas las variables, por lo que se puede considerar una repetibilidad aceptable

El biometano es un combustible gaseoso almacenado bajo alta presión. En consecuencia, el consumo se puede expresar en Nm³/100 km, y en kg/100 km. Nm³ representa un metro cúbico en condiciones normales (1 atm y 0 °C). El consumo de los vehículos de gas natural está, sin embargo, más a menudo expresado en kg/100 km, por lo que para hacer la comparativa con gasolina y con diésel se realizará con esa unidad. Para el cálculo del consumo de biometano se ha tenido en cuenta que el porcentaje de carbono del combustible es del 72,7%; esto supone (a falta de confirmación) que se ha equiparado el biometano con un gas natural de alto poder calorífico.

En la **Tabla 2** se puede observar que la menor emisión de gases de efecto invernadero (sin considerar el ciclo de vida del carbono) se da para el biometano, con una reducción del 12,9% respecto al mismo vehículo funcionando con gasolina, y con una reducción del 9,8% respecto a un vehículo similar funcionando con diésel convencional. Además, el valor de emisión de CO₂ está en el mismo orden de

magnitud que el presentado por otros autores (Walsh et ál., 2011; Pelkmans et ál., 2011) y es ligeramente superior al marcado por el fabricante del vehículo (www.fiatprofesional.es) cuando está funcionando con gas natural (debido a la antigüedad y estado del vehículo). Además, el cálculo teórico de la emisión de CO₂, en un vehículo de idénticas propiedades e idéntico rendimiento, muestra que el uso de

TABLA 2. EMISIONES CONTAMINANTES MEDIAS PARA CADA UNO DE LOS COMBUSTIBLES EXPERIMENTADOS

Contaminante	Diésel	Gasolina	Biogás
CO ₂ (g/s)	1,51	1,56	1,36
CO ₂ (g)	1.940,47	2.008,81	1.749,51
CO ₂ (g/km)	176,29	182,50	158,94
CO (g/s)	0,0028	0,0062	0,010
CO (g)	3,70	7,98	12,89
CO (g/km)	0,33	0,72	1,17
NOx (g/s)	0,0078	7,66E-05	0,00014
NOx (g)	9,98	0,098	0,18
NOx (g/km)	0,90	0,0089	0,017
THC (g/s)	0,00011	3,94E-05	3,23E-05
THC (g)	0,15	0,050	0,041
THC (g/km)	0,014	0,0046	0,0038

TABLA 3. CONSUMOS OBTENIDOS EN EL NEDC PARA LOS TRES COMBUSTIBLES EXPERIMENTADOS

	Diésel	Gasolina	Biometano
Consumo (kg/100 km)	5,57	5,72	5,96
Consumo (l/100 km)	6,67	7,62	-

biometano aporta una reducción del 20-30% respecto a la gasolina (dependiendo de la pureza y del poder calorífico del biometano).

En cambio, las emisiones de CO se incrementan considerablemente para el biometano e incluso no cumpliría los límites de emisión de la normativa EURO IV. Observando los datos, esas altas emisiones suceden en la parte extraurbana del ciclo NEDC (**Figura 7**), por lo que parece que a altas cargas en el motor no ocurre una combustión completa del gas cuando funciona con biometano, lo que justificaría este incremento del CO. Esto puede ser debido a una baja velocidad de la combustión para esas velocidades del motor o a una mezcla combustible-aire rica en exceso. Esta emisión especialmente elevada en sólo un contaminante, cuando la FIAT Dobló Cargo funciona con biometano, no significa que

Los resultados obtenidos de emisiones y consumos con combustibles convencionales son más altos que los suministrados por los fabricantes, tanto para el vehículo 1.3 Multijet II 90 CV como para el 1.4 16v 120 CV, lo que se debe probablemente al desgaste del motor debido a los más de 100.000 km de funcionamiento que tienen ambos. Este hecho hace que los valores que se encuentran ligeramente superiores a las normativas europeas no sean de especial relevancia.

En cuanto al consumo de combustible, realizar una comparativa entre combustibles tan distintos es complicado. Como se puede ver en la **Tabla 3**, el biometano es el combustible que más consume de los tres combustibles experimentados, cuando se compara el consumo en kilogramos. Para poder calcular la autonomía del vehículo, es necesario conocer el tamaño de los depósitos y la presión a la que se almacena el combustible gaseoso (en este caso biometano).

En resumen, y a tenor de los resultados obtenidos, se puede decir que el biometano obtenido a partir de residuos ganaderos y biomásas alternativas es una opción medioambientalmente viable y beneficiosa. Se ha obser-

A tenor de los resultados conseguidos, se puede decir que el biometano obtenido a partir de residuos ganaderos y biomásas alternativas es una opción medioambientalmente viable y beneficiosa.

el biometano sea de mala calidad, sino que el vehículo en el momento de la experimentación no estaba en perfectas condiciones de uso o presentaba desgaste debido al uso. Para homologar un combustible para su uso en vehículos, no se utiliza el ciclo NEDC. El combustible debe cumplir unas características fisicoquímicas (octanaje, densidad, solubilidad, etc).

En cuanto a las emisiones de NOx, la máxima emisión se observa para diésel (superando los valores de homologación). Las emisiones de gasolina y biometano están en el mismo orden de magnitud y muy por debajo de los 0,06 g/km que exige la normativa europea para las emisiones de NOx en el ciclo NEDC. Respecto a las emisiones de los hidrocarburos inquemados, la mínima emisión se da para el biometano, resultado esperado y típico de los combustibles gaseosos. Además, la reducción en material particulado es más que significativa respecto al vehículo diésel. Todas las emisiones (exceptuando la de CO) son menores que las observadas por otros autores en vehículos funcionando con biometano en el ciclo NEDC (BIOGASMAX, 2010).

vado especialmente una reducción en la emisión de gases de efecto invernadero, de NOx y de partículas totales. Este último, también se cumple cuando se utiliza gasolina como combustible. El primero de los contaminantes, el CO₂, es especialmente conflictivo a nivel planetario y transfronterizo por su contribución al calentamiento global, mientras que los óxidos de nitrógeno y partículas tienen mayores implicaciones a nivel urbano, especialmente para la salud. Por otro lado, es necesario destacar que el uso de combustibles procedentes de biomasa evita la dependencia excesiva de los combustibles procedentes del petróleo.

4. CONCLUSIONES

En el proyecto agroBIOMET se han evaluado cultivos energéticos (no susceptibles de uso alimentario), microalgas y residuos de cosecha como biomásas alternativas a emplear como cosustratos para la codigestión con deyecciones ganaderas. Uno de los cultivos que presenta mayor interés en el ámbito mediterráneo es el del cardo (*Cynara cardunculus*), destacando su valor como cosustrato para la producción de biogás. En cuanto al empleo de microalgas,

actualmente está en fase experimental, existiendo grandes expectativas pero a la vez dificultades técnicas para desarrollar su cultivo con altas productividades y bajos costes. Se ha considerado de mayor interés en este estudio los cultivos herbáceos no forrajeros con amplia representación geográfica, elevadas producciones (al menos en determinadas regiones o comarcas) y/o una proporción significativa de residuos asociados a la cosecha, destacando, con valores estimados superiores a las 100.000 t/año, comarcas de Andalucía, Murcia y vega del Guadiana. Tan sólo 32 comarcas (10% del total) contribuyen en su conjunto con 2,5 millones t/año, lo que representa en torno al 45% de la producción total estimada de residuos en España.

Respecto al desarrollo de las técnicas de codigestión anaerobia, el mayor potencial de biometanización se observó para los cultivos, seguido por los residuos industriales orgánicos, residuos orgánicos agrícolas, algas y residuos de cosecha, y la velocidad de degradación más alta se obtuvo con los residuos orgánicos industriales. En cuanto a los ensayos de codigestión anaerobia en semicontinuo, la mezcla constituida por 72% de estiércol de vaca y 28% de paja de centeno, en base húmeda, fue la que mostró el mejor resultado en términos de producción de biogás por m³ digestor y por kgVS agregado.

Se dispone de la herramienta Metaniza+, rediseñada a partir de Metaniza, que permite evaluar la sostenibilidad de plantas de biogás que utilicen el gas en vehículos, así como la introducción de nuevas materias primas y cosustratos que no contemplaba Metaniza.

De la planta experimental de purificación de biogás se ha obtenido un biometano de una gran pureza, en torno a un 98% de CH₄, que lo hace apto para su uso en vehículos. Asimismo, el sistema permite obtener también un CO₂ de

Se ha observado especialmente una reducción en la emisión de gases de efecto invernadero, de NOx y de partículas totales.

alta pureza (99%). Respecto al contenido en contaminantes tales como el H₂S, el N₂ o el O₂, se reduce su presencia en ambos productos hasta valores prácticamente nulos.

En cuanto a la evaluación del biometano procedente de la planta de purificación como biocombustible de vehículos a motor, se puede concluir que es una opción medioambientalmente viable y beneficiosa, observándose especialmente



una reducción en la emisión de gases de efecto invernadero, de NOx y de partículas totales. Este último también se cumple cuando se utiliza gasolina como combustible.

Por último, destacar que el proyecto agroBIOMET “Demostración de un sistema sostenible de producción y uso de biometano en vehículos a partir de residuos ganaderos y biomásas alternativas” ha sido cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) y por el Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO). Programa INNPACTO IPT-440000-2010-14.

REFERENCIAS

- *BIOGASMAX (2010) Final report: EXHAUST GAS AFTERTREATMENT AND EMISSIONS OF NATURAL GAS AND BIOMETHANE DRIVEN VEHICLES. BIOGASMAX - Integrated Project N° 019795.*
- *Gómez, P.; Ruiz, B.; Roig, B.; Muñoz, S.; Torrente, M.; Carreras, N.; Peña, J.M. EL PROYECTO AGROBIOMET Y LA ABSORCIÓN DE CO₂ MEDIANTE AMINAS. Energías Renovables. nº. 125 (Octubre 2013).*
- *Pelkmans, L.; Lenaers, G.; Bruyninx, J. (2011). IMPACT OF BIOFUEL BLENDS ON THE EMISSIONS OF MODERN VEHICLES. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. DOI: 10.1177/0954407011407254.*
- *Peña, J.M.; Carreras, N.; Ruiz Fuertes, M.B.; Pascual, A. LA HERRAMIENTA METANIZA. SOSTENIBILIDAD DE PLANTAS DE BIOGÁS AGROINDUSTRIAL. Conferencias ATEGRUS sobre Bioenergía 2012. IFEMA-Madrid (Mayo 2012).*
- *Ramos-Suárez, J.L.; Carreras, N. USE OF MICROALGAE RESIDUES FOR BIOGAS PRODUCTION. Chemical Engineering Journal, nº. 242, 86-95 (2014).*
- *Rodríguez, M.; Peña, J.M.; Carreras, N.; Ruiz, B.; Pascual, A. EL PROYECTO AGROBIOMET. DEMOSTRACIÓN DE UN SISTEMA SOSTENIBLE DE PRODUCCIÓN Y USO DE BIOMETANO EN VEHÍCULOS A PARTIR DE RESIDUOS GANADEROS Y BIOMASAS ALTERNATIVAS. Conferencias ATEGRUS sobre Bioenergía 2013. IFEMA-Madrid (Febrero 2013).*
- *Ruiz, M.B.; Gómez, P.; Giralda, R.; Carreras, N.; Rodríguez, M.; Ramos-Suárez, J.L.; Morales, J.; Muñoz, S.; Torrente, M.; Pascual, A. BIOGAS PURIFICATION AND USE AS VEHICLE FUEL IN RURAL AREAS. ISBN: 978-88-89407-54-7. 20th European Biomass Conference and Exhibition. Milán, Italia (2012).*
- *Walsh, C.; Carroll, S.; Speers, P.; Porter, B. COMPARISON OF LOW CARBON VEHICLE TECHNOLOGIES IN FLEET USE USING THE CENEX FLEET CARBON REDUCTION TOOL. Cenex Fleet Carbon Reduction Project (2011).*