

# Estado del arte sobre la producción del dimetil éter, a partir del biogás

Yohana De la Hoz-Izquierdo\*, Georgina Michelena-Álvarez, Yaima Izquierdo-González

Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA)

Vía Blanca, No. 804 y Carretera Central, San Miguel del Padrón. La Habana, Cuba

\*[yohana.delahoz@icidca.azcuba.cu](mailto:yohana.delahoz@icidca.azcuba.cu)

## RESUMEN

**Introducción.** En los últimos años se ha incrementado el interés por el dimetil éter, que se presenta como alternativa al diésel, por la necesidad de encontrar un combustible limpio, para ello se realizó una búsqueda bibliográfica sobre el tema. Se propone el dimetil éter como nueva alternativa de biocombustible, para sustituir los recursos energéticos derivados del petróleo.

**Objetivo.** Estudiar las bondades del dimetil éter como nueva alternativa de biocombustible.

**Conclusiones.** Para extender la producción y el uso del dimetil éter como combustible debe competir con el gasóleo diesel, por ello se valoran las ventajas medioambientales y la infraestructura de manejo.

**Palabras clave.** Dimetil éter, residuales, medioambiente.

## ABSTRACT

**Introduction.** A bibliographic search was carried out studying dimethyl-ether, chemical compound that has had promissory interest recently, because of it has been presented as a biofuel alternative to diesel, replacing petroleum-derived energy resources, thus emphasizing the need to find a clean fuel.

**Objective.** Dimethyl-ether uses 'advantages as a new choice of biofuel were defined as aim in this manuscript.

**Conclusions.** If production expanding in dimethyl- ether uses is pretended as fuel alternative, this chemical compound must be as competitive as diesel, being also environmental advantages and handling infrastructure highly valued.

**Keywords.** Dimethyl ether, waste, environment.

## INTRODUCCIÓN

El dimetil éter (DME) es el más simple de los éteres y se emplea, principalmente, como propelente de aerosoles y como materia prima del sulfato de dimetilo, reactivo utilizado en la metilación de otros compuestos. Sin embargo, en los últimos años se ha incrementado el interés por el DME, debido a su posible aplicación como combustible sustituto del diésel y por lo respetuoso que resulta con el medioambiente; además, por ser un combustible limpio que podría reducir la dependencia al petróleo (puede obtenerse a partir del gas natural, carbón, residuos o biomasa) (1).

El DME ya se utiliza como aerosol, en sustitución de los hidrocarburos y derivados de flúor, por ser más compatible con el medioambiente; pero el volumen de producción es, todavía, relativamente pequeño. Desde la década de los 90 recibe atención especial y es objeto de estudio e investigación intensa como combustible diesel y su producción y aplicación, a gran escala, están ya en el umbral de la industria y el comercio.

Uno de los problemas más graves de la sociedad actual es el incremento de los residuos que se generan, por su impacto medioambiental, por ello es necesario gestionar residuos sólidos en vertederos, la biomasa cañera y, también, dar tratamiento a las aguas residuales urbanas, de ahí que se desarrollen nuevas y eficientes maneras de minimizar el impacto de esos residuos en la naturaleza y disminuir, finalmente, su volumen, a la vez que se persigue su máximo aprovechamiento y valorización.

El tratamiento de las corrientes residuales, anteriormente citadas, mediante tecnologías de digestión anaerobia está generando grandes cantidades de un gas combustible, rico en metano denominado biogás, a la vez que minimiza el volumen de residuos; sin embargo, existe un inconveniente, pues los principales compuestos del biogás son el metano ( $\text{CH}_4$ ) y el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), considerados dos de los principales gases de efecto invernadero, por lo que se necesitan nuevas tecnologías para evitar la emisión de estos gases a la atmósfera y frenar el cambio climático.

Existen diversas posibilidades para el aprovechamiento y valorización del biogás; por una parte, mediante su conversión directa en energía; por otra parte, mediante su procesado y acondicionamiento para ser utilizada como combustible o, finalmente, como materia prima que pueda ser transformada, posteriormente, en otros productos valiosos. En este sentido, una de las alternativas más prometedoras permite la valorización simultánea de ambos gases, mediante su conversión en combustibles sintéticos o en productos de interés industrial (2).

### **Contexto actual de la producción de biocombustibles**

En la actualidad existe un creciente interés por las energías renovables, la producción de biocombustibles, a partir de residuos agrícolas se propone como una de las posibles opciones para sustituir los recursos energéticos derivados del petróleo y el biogás es uno de los llamados biocombustibles de tercera generación, ya que procede de la biomasa, no apta para el consumo humano o de desechos.

El biogás es una mezcla, principalmente, de dióxido de carbono y metano, este último es el gas que se presenta en mayor proporción. La población bacteriana transforma los residuos en biogás, a través de una serie de reacciones químicas que pertenecen a los procesos de: hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis.

Tradicionalmente, el DME se ha empleado en la industria química como compuesto para la formulación de aerosoles, pues posee diferentes características que lo convierten en el compuesto ideal para este tipo de producto. Por un lado, es un buen disolvente y puede ser mezclado con alcoholes y sustancias acuosas; además, no provoca daños en la capa de ozono ni gases de efecto invernadero, por ello tuvo mucho éxito como sustituto de los refrigerantes R-12, ya que estos causaban grandes impactos medioambientales y emitían a la atmósfera gases clorofluorocarbonos (CFC) que incrementaban, de manera exponencial, el deterioro de dicha capa (3).

Actualmente, uno de los principales usos del DME es su empleo como sustituto del combustible diésel, en el sector del transporte. Esto se debe a que presenta una clasificación de cetano superior al 20 % y a que es considerado un gas limpio (4).

No obstante, todas no son ventajas, la aplicación del DME como biocombustible también presenta inconvenientes pues, al mostrar propiedades muy similares a los gases licuados del petróleo (GLP), su almacenamiento se tiene que realizar en depósitos a presión. Esto conlleva la implantación de medidas de seguridad adicionales para evitar fugas. Tiene menor densidad y poder calorífico que el gasóleo, por lo que para mantener las prestaciones actuales de los vehículos se han de adaptar los sistemas de inyección, debido al requerimiento de un mayor caudal; además, posee peores propiedades lubricantes que el gasóleo, lo que origina mayores desgastes en las partes móviles del motor (5).

### Mercado mundial del dimetil éter (DME): crecimiento, tendencias

El DME es un compuesto orgánico que comenzó a tener presencia en el sector industrial en la década de los 90, por ser una ventajosa alternativa frente a los GLP; sin embargo, fue en 2005 cuando empezó a tener una influencia considerable en el mercado. Este punto de inflexión fue marcado por la construcción de la que sería, hasta entonces, la mayor planta de producción del DME. Su capacidad era de 110.000 toneladas anuales y estaba situada en China, desde ese momento en Asia se centra la mayor parte del desempeño de esta actividad (6).

El mercado del dimetil éter (DME) está segmentado por fuentes (gas natural, carbón y productos de base biológica), aplicaciones (propulsores, mezcla de GLP, combustible entre otras) y geografía (Asia-Pacífico, América del Norte, Europa, América del Sur, Oriente Medio y África).

Debido a sus favorables propiedades, su bajo impacto ambiental, su fácil manejo, su baja toxicidad y sus óptimas propiedades de licuefacción, el mercado global de este producto fue creciendo y numerosas empresas comenzaron a entrar en la industria del éter dimetílico (7).

Numerosos estudios confirman que el mercado del dimetil éter experimentará un crecimiento significativo durante el próximo período, momento en el que superará todos los registros.

### Producción del dimetil éter (DME)

La producción mundial del DME se estima en 3 millones de toneladas anuales y se realiza, principalmente, mediante la deshidratación del metanol (8). La mayor parte de la producción mundial del DME se encuentra, en la actualidad, en China. Japón, Corea y Brasil, países que cuentan con importantes instalaciones de producción y están previstas, o en construcción, importantes ampliaciones de capacidad en Egipto, India, Indonesia, Irán y Uzbekistán.

El DME puede producirse de forma directa, a partir del gas de síntesis (previamente obtenido del gas natural, carbón o materia orgánica) o, de forma indirecta, a partir de metanol. Para la vía directa así como para la indirecta, según la literatura científica, se plantean distintas tecnologías de obtención, como se muestra en la figura 1.

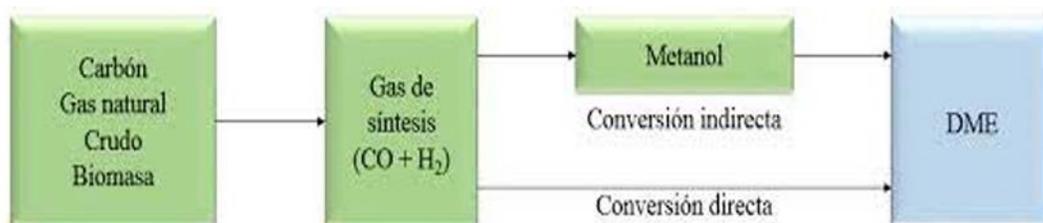


Figura 1. Obtención del DME, a partir del gas de síntesis.

En la literatura científica es fácil encontrar presentaciones de obtención del DME (9) de la forma clásica, del proceso convencional. No obstante, dada la necesidad de mejora continua, también existen distintas versiones del proceso, que plantean adaptaciones tecnológicas, con la eficiencia como objeto principal.

Una propuesta es un proceso que incluye un reactor adiabático de cinco lechos catalíticos, con intercambios intermedios de energía (10). Además, también se presenta un reactor con tres lechos catalíticos e inyección intermedia de alimentación fresca, a menor temperatura, para mantener la reacción a una temperatura óptima.

Otra propuesta muestra un algoritmo que mantiene la temperatura en un reactor multitubular, que maximiza la producción del DME (11). Comparado con el proceso convencional se incrementa la conversión de metanol, de un 81.9 a un 85.75 %, lo que supone un incremento de un 4.3 % en la producción. No obstante, la mejora supone un gran aumento en el coste del reactor y el autor admite la dificultad de obtener el perfil óptimo de temperatura. En otro artículo se presenta la simulación de

un reactor CSTR, en el que se obtiene directamente DME a partir de carbón (12); por otro lado Azizi (13) combina la etapa de reacción con las etapas de separación en una destilación reactiva.

También, en un artículo publicado por Luyben (14) reproduce, al variar la capacidad de producción, el proceso convencional de obtención del DME, presentado anteriormente por Turton *et al.* (9) e indica su problemática, en el propio documento se hace referencia a otro artículo en el que se habla del mismo proceso convencional de obtención del DME y se propone, en ese caso, como mejora tecnológica, una destilación reactiva que permita realizar las etapas de reacción y separación en un mismo equipo. Finalmente, Luyben (14) plantea un proceso mejorado, a partir del convencional, en el que defiende una viabilidad tanto técnica como económica, mayor que en el convencional y en la destilación reactiva..

### **El dimetil éter (DME) como nuevo combustible diésel limpio ¿Qué porvenir le está reservado?**

Se produce a partir del metanol, que es previamente obtenido del gas de síntesis o, directamente, a partir de este. El gas de síntesis se obtiene por reformado catalítico del gas natural o carbón previamente gasificado. También se puede comenzar el proceso a partir del biogás o biomasa como fuente de carbono, en este caso el DME es un biocombustible. Esto hace del DME una alternativa interesante, por su alto grado de accesibilidad y disponibilidad.

Existen, por lo menos, un par de proyectos de producción del DME a gran escala, en fases iniciales. En India, que consume mucho GLP, se prevé una escasez de este combustible en el futuro y se ha iniciado un proyecto de gran alcance para usar el DME, como posible combustible diesel y, principalmente, como fuente más amplia de energía. La idea es construir una gran planta de producción del DME en Oriente Medio y transportarlo a India y, eventualmente, también a otros países asiáticos (Japón, China y otros.). Con tal fin se constituyó un consorcio en el que participan BP-Amoco y la Indian Oil Corporation, que tiene intención de invertir 600 millones de dólares en el proyecto. El proyecto durará entre dos y tres años y sería, por lo tanto, la primera planta comercial del DME.

Entre otros proyectos se destaca el de producción del DME con una capacidad entre 4000 y 7000 TM/D. El gobierno de Australia ha encargado el estudio de viabilidad a un consorcio japonés, en el que participan Mitsubishi Gas Chemical, Itochu, JGC y Mitsubishi Industries (16).

Paralelamente, se han dedicado también esfuerzos de investigación y desarrollo de derivados del DME.

Este interés está justificado por varias razones:

- Pocos son los tipos de componentes que pueden entrar en la formulación de un gasóleo diesel, en contraste con las gasolinas y, fuera del gasóleo derivado del petróleo, sólo hay el biodiesel, cuya producción es todavía pequeña.
- La fabricación de gasóleo diesel con cero azufre, requerido en las futuras especificaciones de calidad, por la vía de hidrotreamiento, es más difícil y costosa que en el caso de la gasolina.
- El DME se puede fabricar, igual que el metanol, a partir de materias primas más abundantes y variadas, como el gas natural, el carbón, residuos pesados y coque de petróleo, la biomasa (madera).
- El DME tiene un alto índice de cetano y, por lo tanto, propiedades detonantes (baja temperatura de ignición), similares a las de un gasóleo diesel bueno, por lo que la relación de compresión del motor diesel es la misma.
- Tiene ventajas medioambientales sobre el gasóleo porque, debido a que contiene oxígeno y a que no tiene ligamentos entre átomos de carbono, tiene un nivel bajísimo de emisión de partículas, por lo que no produce humo. Las emisiones de NOx se pueden mantener a niveles muy bajos, si se ajusta la inyección. También es poco probable que se formen aromáticos y poliaromáticos.

## CONCLUSIONES

1. Entre las alternativas de valorización del biogás emerge, como una alternativa interesante y con enorme potencial, la producción del gas de síntesis ( $H_2+CO$ ), ya que permite producir, posteriormente, combustibles líquidos y/o compuestos químicos de interés industrial, como el metanol.
2. El DME debe competir con el gasóleo diesel, para que se extienda como combustible y se tienen en cuenta las ventajas medioambientales, también los costes de la materia prima, de inversión en unidades de proceso, de infraestructura de manejo, de almacenamiento, de transporte y distribución, de seguridad, del equipamiento de los vehículos, entre otros.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sanchez, E. Diseño mejorado del proceso de producción de dimetiléter Trabajo de fin de grado para la obtención del título de graduado en Ingeniería Química, Junio, 2018.
2. Navarro-Puyuelo, A., Reyero, I., Reyero, I., Moral, A., Bimbela, F., y Gandía, L. M., (2017). Rutas y retos para la valorización de biogás. Bogotá, 14(1), 211-224.
3. Cordobes, L. Análisis técnico-económico de la producción de dimetil-éter a partir de gas de síntesis. Trabajo fin de grado. Ingeniería Química. Dpto. de Ingeniería Química y Ambiental Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla, 2019.
4. www.prnewswire.com/es Alternativa renovable limpia al combustible diesel para el sector del transporte. [Online]. [Accessed: 26-Aug-2019].
5. R. Aga Van Zeebroeck, El dimetil éter (DME) como nuevo combustible limpio, Ing. Quim., vol. 34, no. 390, p. 98, 2002.
6. R. Aga Van Zeebroeck, El dimetil éter (DME) como nuevo combustible limpio, Ing. Quim., vol. 34, no. 390, p. 98, 2002.
7. C. E. L. y O. F. Akzo Nobel NV, Royal Dutch Shell PLC, Global Dimethyl Ether (DME) Market Forecast by Top Leading Manufacturers | Akzo Nobel NV, Royal Dutch Shell PLC, China Energy Limited y Oberon Fuels. [Online]. [Accessed: 28-Mar-2019].
8. Fleisch, T. H., Basu, A., & Sills, R. A. (2012). Introduction and advancement of a new clean global fuel: The status of DME developments in China and beyond. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 9, 94-107.
9. Turton, R; Baille, R.C; Whiting, W.B; Shaelwitz, J.A. Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes. Tercera. Westford: Prentice Hall, 2008. 978-0-13-512966-1.
10. Bai, Z., Ma, H., Zhang, H, Ying, W., Fang, D. Simulation of a multi-stage adiabatic reactor with inter-stage quenching for dimethyl ether synthesis. *Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly*. 2014, no. 20, págs. 481-490.
11. Farsi, M, Jahanmiri, A., Eslamloueyan, R. Modeling and Optimization of MeOH to DME in isothermal fixed-bed reactor. *Int. J. Chem. Res.* 2010, no 8. Article A79.
12. Han, Y., Zhang, H., Ying, W., Fang, D. Modeling and simulation of production process on dimethyl ether synthesized from coal-based syngas by one-step meyhod. *Chin. J. Chem. Eng*, págs. 2009. no. 17, págs. 108-112.
13. Azizi, Z.; Rezaeimanesh, M.; Tohidian, T.; Rahimpour, M.R. Dimethyl ether: a review of technologies and production challenges. *Chem. Eng. Process. Process Intensif.*, 2014, no. 84 págs. 150-172.
14. Luyben, William L. Improving the conventional reactor/separation/recycle DME process. *Computers and Chemical Engineering*. 2017, no. 106, págs. 17-22.

15. Bildea, C.S., György, R., Brunchi, C.C., Kiss A.A. Optimal design of intensified processes for DME synthesis. Computers and Chemical Engineering. 2017, no. 105, págs. 142-151.
16. R. Aga Van Zeebroeck, El dimetil éter (DME) como nuevo combustible limpio, Ing. Quim., vol. 34, no. 390, p. 98, 2002.