

CARBÓN Y BIOMASA UNA ALTERNATIVA PARA LA OBTENCIÓN DE HIDRÓGENO POR MEDIO DE PROCESOS TERMOQUÍMICOS

Andrés Alejandro Valverde-Ramírez, M. Esther Sánchez-Castro*

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, Unidad Saltillo, Carretera Saltillo-
Monterrey. Km 13, Ramos Arizpe, Coahuila, México. Teléfono 8444389612. E-mail:
esther.sanchez@cinvestav.edu.mx

Resumen

En nuestro país, tanto el carbón mineral como la biomasa son materias primas abundantes y representan una alternativa interesante para producir energía, razón por la cual son atractivos como combustibles para producir hidrógeno, con bajas emisiones de gases de efecto invernadero. La gasificación como proceso termoquímico es la ruta más eficaz para la producción de este vector energético a partir de las materias primas antes mencionadas, por ello resulta importante conocer las propiedades y características de estos combustibles para determinar su potencial energético así como los procesos más adecuados para su transformación.

El objetivo de este trabajo es llevar a cabo un estudio comparativo de las propiedades potenciales que tienen combustibles sólidos como el carbón mineral y la biomasa para su aprovechamiento en procesos termoquímicos y la producción de hidrógeno con bajo impacto ambiental. Aquí se describirá cómo el hidrógeno y la biomasa son un tema activo de investigación actual que está generando avances importantes para su aprovechamiento como fuentes de energía. Además se mostrará la importancia que tiene el hidrógeno como combustible alternativo ante la visible necesidad de descentralizar la producción energética basada en hidrocarburos.

1.- Introducción

Nuestro país ocupa el tercer lugar en América Latina en la producción de carbón siendo el estado de Coahuila donde se ubican los yacimientos más grandes este mineral. Dentro de sus principales usos en nuestro país son como combustible para la producción de energía y como materia prima en la industria siderúrgica. Sin embargo, cada vez incrementa el interés por hacer un uso eficiente de los recursos fósiles buscando e implementando tecnologías limpias, en este contexto, es necesario analizar los potenciales del carbón en procesos que permitan incrementar su valor utilizando métodos no convencionales. Otro recurso con que Coahuila cuenta es la biomasa, la cual es ambientalmente amigable cuando se utiliza para la producción de energía, se caracteriza por tener un elevado contenido de materia volátil, bajo contenido de azufre, nitrógeno y cenizas.

Es importante que se aprovechen estos sólidos, carbón mineral y biomasa, de modo integral y particularmente para su uso eficiente en sistemas alternativos de generación y/o cogeneración de energía, basados en procesos tecnológicos de vanguardia a nivel mundial y con un alto contenido innovador. Con base en lo anterior una alternativa para el aprovechamiento de estos recursos a parte de la combustión son los procesos de gasificación y/o licuefacción, por medio de los cuales se generan gases de alto contenido energético así como precursores de derivados químicos y electricidad.

El estudio de nuevas fuentes generadoras de energía con un impacto ambiental mínimo conduce a involucrarse en temas como la gasificación, cogasificación y combustión de biomásas vegetales, por tal motivo el propósito de este trabajo es el de dar un panorama de los estudios que se han realizado respecto a dichas fuentes de energía con base en la evaluación de las propiedades químicas del carbón mineral y de la biomasa de la Región para la obtención de combustibles gaseosos. Para lograr lo anterior es necesario que ambos materiales se caractericen y se clasifiquen de acuerdo a sus propiedades físicas y químicas. A continuación se describen generalidades de ambos combustibles.

1.1 Carbón Mineral






El carbón es un sedimento de naturaleza mayoritariamente orgánica, procedentes de restos vegetales transformados durante la diagénesis a cierta presión y temperatura. Constituido principalmente de carbono, hidrógeno, oxígeno, azufre y nitrógeno en concentraciones mínimas,

entre otros; además de dióxido de carbono, metano y compuestos aceitosos, como alquitrán y brea [1,2].

La calidad del carbón recae principalmente en sus propiedades físicas y químicas, la propiedad más importante es su poder calorífico, es decir, la cantidad de calor que se libera en la combustión completa por cada unidad de material quemado, sin embargo uno de los principales componentes que restan valor al carbón y que obligan a su posterior tratamiento, lo constituye el contenido de cenizas. La ceniza es el material inorgánico e inerte que acompaña al carbón, su presencia por tanto, rebaja el poder calorífico. Otro elemento a controlar es el contenido de azufre ya que esta impureza inorgánica es perjudicial debido a que en la combustión se forman ácidos corrosivos que, además de tener un efecto nocivo al medio ambiente, afectan las características del carbón.

Existen diferentes tipos de carbón, de acuerdo a una escala de la madurez de este mineral se divide en varias categorías, la American Society for Testing and Materials (ASTM) [3] define el “rango” del carbón mineral como la clasificación desde el lignito hasta la antracita, según la cantidad de carbón fijo presente (Tabla 1). Por lo general, cuanto más alto sea el rango del carbón, mas bajo será su contenido de hidrógeno y materias volátiles.

Tabla 1. Clasificación del carbón mineral según sus características

Características del Carbón						
Rango			Carbón Fijo (%)	Humedad (%)	Materia Volátil (%)	Poder Calorífico (cal/gr)
Antracita		AUMENTO DEL RANGO Mayor contenido de C. fijo – Mayor Poder Calorífico	86-98	< 3	< 5	> 8600
Bituminoso "Hulla"			65-85	5-10	10-30	> 7000
Sub-Bituminoso			40-70	15-30	30-40	7000 - 6000
Lignito			25-40	40-60	40-50	6000 - 4000
Turba			<20	>75	55-75	< 3000

La región carbonífera, también conocida como “Cuenca de Sabinas” situada al norte-centro del Estado de Coahuila (figura 1), aporta casi el 100% de la producción nacional de carbón mineral [4].



Figura 1. Localización de la Cuenca Sabinas, en Coahuila

1.2 Biomasa

Entre las fuentes de energías renovables se encuentra la biomasa, que representa la cuarta fuente de energía en el mundo, aproximadamente el 15% del consumo de energía primaria del mundo y aproximadamente el 38% de la correspondiente en los países en desarrollo [5]. La biomasa es la materia orgánica renovable tanto de origen animal como vegetal y que puede ser utilizada como fuente de energía. Se caracteriza por tener alto contenido de materia volátil, reactividad alta de carbón, bajo contenido de azufre y nitrógeno además de bajo contenido de cenizas [6]. Existen diferentes tipos de biomasa que pueden ser utilizados como recurso energético, se dividen en tres categorías: residual o desechos, productos forestales y cultivos energéticos, [7] como se describe en la Figura 2.

En Coahuila se produce biomasa del tipo residual: residuos madereros, agrícolas, y agroalimentarias por ejemplo de los cultivos producidos principalmente se tienen el maíz, frijol, sorgo, trigo y algodón.

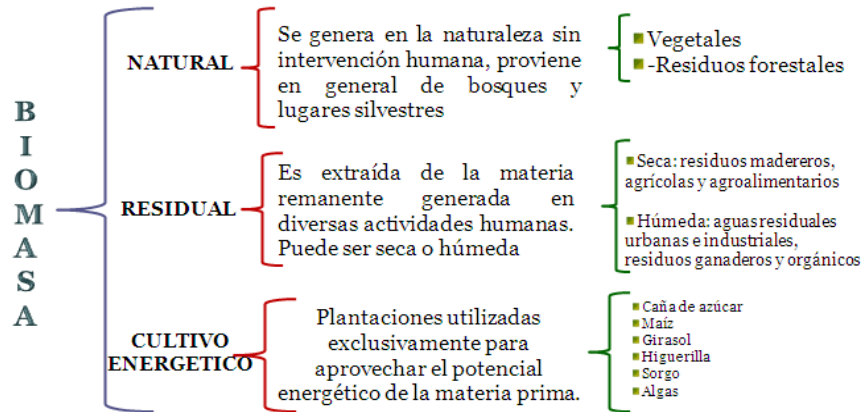


Figura 2. Tipos de biomasa, descripción y ejemplos.

2. Procesos de conversión del carbón y de la biomasa

Tanto el uso de la biomasa y del carbón mineral como materias primas para su conversión en productos con alto valor energético dependen sobre todo de su composición química y de sus propiedades físicas. Como ya se mencionó el carbón está constituido principalmente por carbono, hidrógeno, oxígeno, azufre y nitrógeno en concentraciones mínimas; por otro lado la biomasa contiene celulosa, hemi-celulosa y lignina, entre otras [8]. Ambas materias primas se pueden convertir a energía por medio de diferentes procesos, los factores que influyen en dichos procesos dependen del tipo y la cantidad de materia prima. Las rutas de conversión son: a) conversión termoquímica (biomasa y carbón), b) conversión biológica/bioquímica (biomasa) y c) extracción mecánica (biomasa)

Los dos métodos más utilizados son los termoquímicos y los biológicos. La conversión termoquímica, la que es de nuestro interés comprende diferentes procesos como la combustión, la pirólisis, la licuefacción, y la gasificación, estas dos últimas se describirán a continuación.

2.1 Licuefacción:

Este proceso permite transformar el carbón en productos líquidos, o sólidos a temperatura ambiente, susceptibles de ser solubilizados. Para el caso de la biomasa el líquido combustible se obtiene por termo-conversión química a temperaturas en un intervalo de 250-450°C y presiones

de alrededor de 27MPa con un catalizador en presencia de hidrógeno. Las moléculas complejas de celulosa y lignina se rompen, el oxígeno se remueve y se adicionan átomos de hidrógeno. El producto de esa reacción química es una mezcla de hidrocarburos que al enfriarse se condensan en un líquido [9,10]. Con este proceso se persigue la producción de combustibles limpios para transporte y para la generación de electricidad y calor, así como la obtención de productos químicos.

2.2 Gasificación:

La gasificación es un proceso que permite la conversión de un sólido, como la biomasa y el carbón en un combustible gaseoso, mediante un proceso de oxidación parcial. Recientemente ha llegado a ser un proceso sustentable potencialmente competitivo también para producir reactivos químicos. El carbón se transforma en un gas constituido esencialmente por CO, H₂ y CH₄, capaz de producir energía de una manera limpia (no contaminante) [11]. Este gas posee un bajo poder calórico, del orden de 4 a 7 MJ/m³; en cambio, si se emplea como agente oxidante el O₂ se pueden alcanzar de 10 a 18 MJ/m³. La tecnología más empleada es, sin embargo, la que utiliza aire como agente oxidante, por razones económicas y tecnológicas. Este proceso se lleva a cabo a temperaturas altas, 900 a 1200 °C, dependiendo de las características de la materia prima. Es importante controlar la temperatura para que se lleven a cabo las diferentes reacciones químicas que tienen lugar en el proceso [12]. Mientras que la biomasa se convierte en una mezcla de gas combustible por medio de su oxidación parcial a temperatura altas en el rango de 800-900 °C.

En la figura 3 se describen las reacciones involucradas en la gasificación del carbón y la biomasa.

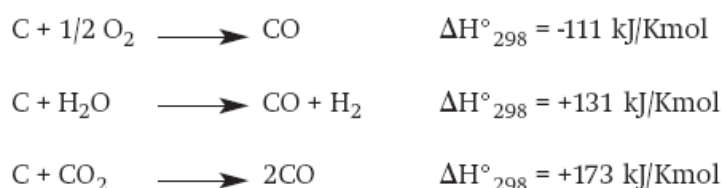


Figura 3. Reacciones típicas en el proceso de gasificación

A diferencia de los procesos de combustión, la gasificación se realiza en atmósfera de oxígeno controlado. De esta forma, el gas combustible (gas de síntesis) conserva la mayor parte de la energía del combustible inicial. La composición química y el uso que se le dará al gas de síntesis producido varia, dependiendo de algunos parámetros que a continuación se mencionan brevemente: a) composición de las materias primas; b) tamaño de partícula; c) agentes gasificantes empleados (oxígeno o aire), d) condiciones de temperatura, presión, velocidad de calentamiento y tiempo de residencia en el gasificador y e) la configuración de la planta es decir, el sistema de alimentación (ya sea en polvo o como lodo), la ruta de contacto entre el combustible y los agentes gasificantes y finalmente la purificación del gas de síntesis (remoción de azufre, nitrógeno y otros contaminantes) [13].

2.3 Co-gasificación de carbón y biomasa

Como ya se ha mencionado anteriormente hay una constante búsqueda por encontrar nuevas tecnologías ambientalmente amigables y la gasificación parece ser un mejor proceso que la combustión. Es por esto que se ha descrito en la literatura el uso de la tecnología de co-gasificación a procesos de carbón mezclados con biomasa con el objetivo de obtener beneficios de su contenido energético así como reducir el impacto ambiental asociado con el uso de desechos y disminuir los costos del tratamiento del gas obtenido. Sin embargo hay relativamente poca información sobre co-gasificación de carbón con residuos biomásicos, [14] comparada con la amplia información disponible de éstos en gasificación. Por consiguiente la utilización de los dos combustibles representa un paso hacia el uso sostenible de combustibles fósiles y a la minimización del impacto ambiental al implementar recursos renovables [15]. La co-utilización del carbón y de la biomasa para la producción de energía proporciona beneficios económicos y ambientales ya que no solo se reducen contaminantes del aire como NO_x , SO_x y compuestos orgánicos volátiles (CsOV), sino también mejoran su reactividad en la gasificación y en la eficiencia total [16].

3. Producción de hidrógeno a partir de la gasificación

La búsqueda de fuentes no convencionales de energía y la adaptación de tecnología para un mejor aprovechamiento de los combustibles son de las mayores preocupaciones de la comunidad científica contemporánea y de la sociedad en general. Actualmente la demanda mundial de electricidad está aumentando alrededor de tres veces el porcentaje de energía total, mientras que se espera que la industria reduzca las emisiones de CO₂ debido al calentamiento global. Como consecuencia existe una fuerte presión por mejorar la eficiencia del uso de energía a través de cambios en los procesos tecnológicos así como para producir vectores energéticos como el hidrógeno H₂, con emisiones de gases de efecto invernadero cercanas a cero. La gasificación es la ruta más atractiva para la producción de H₂ a partir del carbón y de la biomasa con la correspondiente captura y secuestro de CO₂. El hidrógeno y la biomasa son un tema activo de investigación actual y se están generando avances importantes para su aprovechamiento como fuentes de energía. En nuestro país, tanto el carbón mineral como la biomasa son materias primas abundantes y representan una alternativa interesante en el ámbito energético [17-19].

El hidrogeno es reconocido como uno de los más prometedores recursos energéticos del futuro, para la generación eficiente de electricidad. En la actualidad se ha elegido al hidrogeno como el combustible que puede dar solución a los problemas de contaminación ambiental, debido a que es limpio y puede satisfacer necesidades energéticas de la sociedad, ya que es apto para el transporte, producir calor con altas eficiencias y electricidad en quemadores de combustibles de alto rendimiento [20].

Es cierto que el hidrogeno está en todas partes y que por lo tanto no es un recurso escaso, el ingenio humano debe extraerlo de su entorno y explotarlo para generar energía. El proceso de extracción requiere cierta inversión de tiempo, trabajo y capital, al igual que su almacenamiento y utilización. Actualmente se conocen diferentes métodos para la extracción de hidrógeno, como lo son los: térmicos, eléctricos, químicos, fotovoltaicos entre otros. La elección del método de extracción y la fuente de energía primaria para llevarla a cabo es decisiva para juzgar la sostenibilidad de la producción de hidrógeno.

El hidrógeno es un energético secundario y puede producirse por una gran variedad de métodos, cada uno de ellos se caracteriza por la fuente de energía primaria utilizada para obtenerlo. Dentro

de las fuentes primarias están incluidos recursos fósiles como el gas natural y el carbón, también se incluyen fuentes renovables como la biomasa, la energía solar, la eólica, la hidráulica y la nuclear [21]. Las tecnologías de producción también representan una gran cantidad de alternativas, existen procesos químicos, biológicos, electrolíticos, fotolíticos y termoquímicos. Uno de procesos que ha cobrado importancia en los últimos años en el ámbito mundial, ha sido la gasificación de diversos tipos de carbón y biomasa ya que son combustibles con alto valor potencial energético. La generación de hidrogeno a partir de ellos es un tema activo de investigación actual y se está generando avances importantes para su aprovechamiento como fuente de energía. El hidrógeno es sin duda alguna uno de los combustibles alternos más prometedores ante la visible necesidad de descentralizar la producción energética basada en hidrocarburos.

4. Conclusiones

El aprovechamiento de los recursos naturales del país es un tema primordial que se ha abordado ampliamente principalmente en sistemas alternativos de generación de energía. A este respecto con este estudio se determinó que es de suma importancia que se aproveche de manera integral el carbón mineral y la biomasa que se producen en nuestro país, particularmente para su uso eficiente en sistemas alternativos de generación y/o cogeneración de energía, por medio de procesos tecnológicos de vanguardia e innovadores.

Se determinó que los procesos termoquímicos de gasificación y/o licuefacción representan una alternativa para el aprovechamiento de estos recursos por medio de la generación de gases de alto contenido y con un bajo impacto ambiental.

Se llevaron a cabo estudios de las propiedades químicas del carbón mineral y de la biomasa de la Región, caracterizándolos y clasificándolos de acuerdo a sus propiedades físicas y químicas.

La co-utilización del carbón y de la biomasa para la producción de energía proporciona beneficios económicos y ambientales, se reducen contaminantes del aire y se mejora su reactividad y eficiencia en los procesos termoquímicos.

La generación de hidrogeno a partir del carbón mineral y de la biomasa cada vez genera avances importantes para su aprovechamiento como fuente de energía. Ya que sin duda es uno de los combustibles alternos más prometedores ante la visible necesidad de descentralizar la producción energética basada en hidrocarburos

5. Referencias

- [1] C. F. K. Diesel, *Coal-bearing depositional systems*. Springer-Verlag Telos: Berlin, 1992.
- [2] R.W.T. Wilkins, C. George , *International Journal of coal geology*, 50, 317, 2002.
- [3] W. Joseph, Inc. *Port City Press*, 3, 1, 1991.
- [4] SGM, Anuario estadístico de la minería mexicana. Servicio Geológico Mexicano, Ed. México, 2009.
- [5] G. Chen, J. Andries, H. Spliethoff, *Energy Convers Manage* 44, 2289, 2003.
- [6] H. B. Goyal, S. Diptendu, R. C. Sexena, *Renew Sustain Energy Rev*, 12, 504, 2008.
- [7] L. P. White, L. G. Plasket, *Biomass as fuel* Academic Press: London, 1981.
- [8] A. V. Bridgewater, *J Anal Appl Pyrolysis*, 51, 3, 1999.
- [9] A. Demirbas, *Energy Convers Manage*, 42, 1357, 2001.
- [10] A. Demirbas, *Energy Convers Manage*, 41, 633, 2000.
- [11] C. Reinoso, A. Cuevas, K. Janssen, M. Morris, K. Lassing, T. Nilsson, *Clean coal technology programme*. Bemtgen JM et al, Ed. University of Stuttgart, Vol. III, p 45 1995.
- [12] H. Christopher, M. Van der Burgt, *Gasification*. 2 ed.; Gulf Professional Publishing: p 456, 2008.
- [13] G. A. Collot, *Int. J. of Coal Geol*, 65, 191, 2006.

- [14] (a) R. Davison, *Coprocessing waste with coal* 1997; (b) P. Filomena, A. R. Neto, F. Carlos, C. Tavares, M. Diaz, I. Gulyurtlu, *Fuel*, 82, 1967, 2003; (c) Y. Pan, E. Velo, L. Puigjaner, *Fuel*, 75, 412, 1996.
- [15] A. J. Minchene, *In Combined gasification of coal with biomass and sewage sludge*, Proceedings of the 8th European Biomass Conference: biomass for energy, environment, agriculture and industry, Oxford: Elsevier, Ed.; p 1513, 1995.
- [16] R. C. Brown, Q. Liu, G. Norton, *Biomass Bioenergy*, 18, 499, 2000.
- [17] G. J. Stiegel, M. Ramezan, *Int. J. Coal Geology*, 65, 173, 2006.
- [18] H. K. Yong, *Int. J. Hydrogen Energy*, 32, 5088, 2007.
- [19] D. Moriarty, D. Honneryb, *Int. J. Hydrogen Energy*, 32, 5088, 2007.
- [20] H. J. Tamczak, *IFRF Combustion Journal*, 200207, 2002.
- [21] P. Chiesa, et al *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*, 127, 73, 2005.