

BIOCOMBUSTIBLES

Sergio Cárdenas
Doctor en Bioquímica

La crisis ambiental de los últimos años, ha requerido un replanteamiento de nuestros procesos. Debemos producir lo mismo, pero tratando de hacerlo de forma eficiente y dañando lo menos que podamos nuestro entorno. Desde hace muy poco se está ocupando el término “economía circular”, para cambiar la forma tradicional en que producimos y luego consumimos. Este término, se enfoca a que en nuestro consumo no se generen desechos o basura, sino más bien, todo residuo producido pueda incorporarse a otro proceso productivo y genere nuevos productos. Bajo ese contexto, los biocombustibles han tomado un nuevo empuje en nuestra sociedad. La mayor cantidad de residuos que genera el ser humano, es de tipo orgánico y este tipo de residuo es el óptimo para transformarse en biocombustibles.

Los biocombustibles, son combustibles que derivan de la biomasa, que se fabrican a partir de esta. Se define biomasa como toda materia viva de la tierra y esta vive en una capa muy delgada en nuestro planeta que se llama biosfera. Esta biomasa, de la que formamos parte, está compuesta en casi su totalidad de sustancias químicas que tiene como base al átomo de carbono y estas estructuras químicas a base de carbono, se llama materia orgánica. La materia orgánica, es materia química con gran cantidad de energía acumulada en su estructura y se forma inicialmente por las plantas. Estas plantas, toman agua, dióxido de carbono (CO₂) desde el aire, algunos otros nutrientes del suelo y luego de capturar energía del sol, forman esta materia orgánica en un proceso llamado fotosíntesis, y finalmente esta materia orgánica pasa al resto de los seres vivos por alimentación. Debido a la gran cantidad de energía que tienen estas moléculas de materia orgánica, es posible generar diferentes combustibles de estas en diversos procesos, los cuales son llamados biocombustibles.

Aún no hay consenso en cuales son definidos como biocombustibles. Biodiesel y bioetanol, son dos líquidos que están en todas las publicaciones que hablan de biocombustibles. A nivel gaseoso, aparece el biogás como el tercero aceptado. Actualmente, se está clasificando a la leña, como biocombustible sólido, y a nivel gubernamental chileno hay discusión de una ley para uso eficiente de la leña, tratándola como biocombustible. Fuera de las discusiones, y más bien a nivel científico también se incluye al biocarbón, el biohidrógeno y los hidrocarburos sólidos y líquidos que derivan del proceso pirólisis. En el esquema de la figura 1, se puede observar una clasificación completa de todos los biocombustibles o combustibles derivados de la biomasa y, además, se define a que tipo de energía contribuye.

Biocombustibles sólidos.

Biomasa para quema

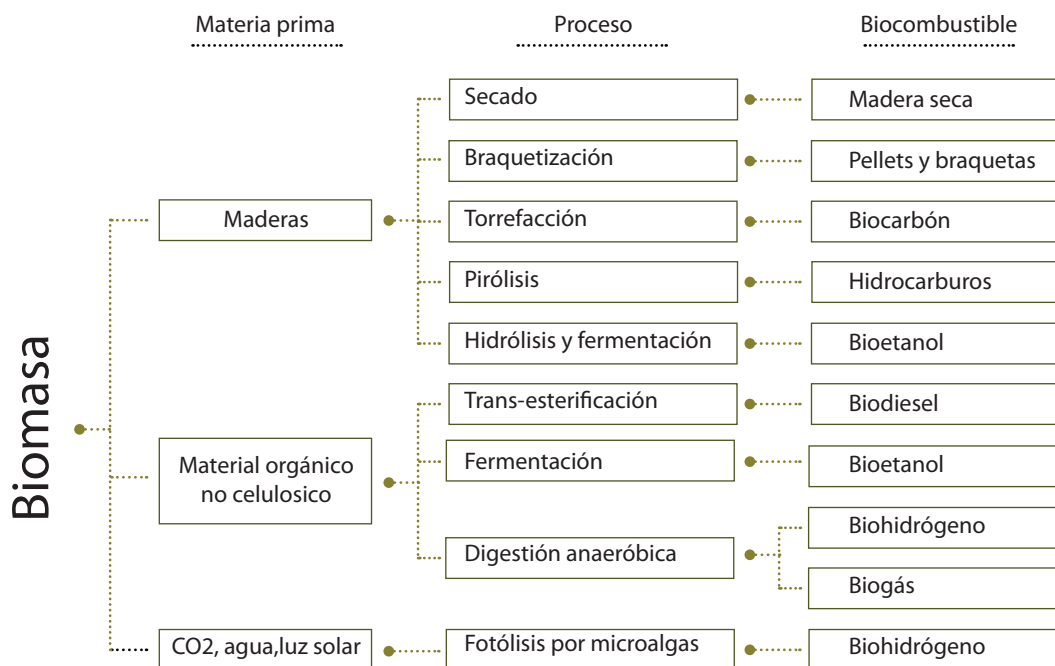
El biocombustible más antiguo utilizado por el hombre es la madera para generación de energía térmica por combustión. A pesar de que la combustión de la madera genera dióxido de car-

bono que es un gas con efecto invernadero y uno ve en la casa la gran generación de humo y siente que otras partículas contaminantes, a nivel industrial la madera se usa como un biocombustible que puede servir para reemplazar combustibles contaminantes como los derivados del petróleo. Esto es porque la madera es carbono neutral. Esto significa que no aporta de forma neta gases de efecto invernadero en su utilización. Esto es debido a que todo el CO₂ que se produce en la combustión, la planta ya lo había capturado desde el ambiente, por lo que la cantidad de CO₂ generado es igual que el CO₂ absorbido y, por lo tanto, se habla de neutralidad. Para evitar otro tipo de contaminantes en la combustión, hay que tener madera seca, un buen mecanismo para oxigenación del proceso y ciertas temperaturas mínimas en el horno. Solo de esta forma se logra una combustión completa y con un bajo nivel de emisiones contaminantes, pero esto solo es posible en hornos de alta tecnología que solo pueden pagar grandes empresas, adicional a esto, se deben incluir ciertos filtros en las chimeneas para generaciones limpias al medio ambiente. Volviendo a este biocombustible, es esencial en su proceso, un secado adecuado para lograr una mejor combustión y disminuir el peso para abaratar el transporte. En una segunda generación de este biocombustible, aparecen los pellets o briquetas, que se fabrican a partir de madera, pero de forma muy condensada. Es como tener madera completamente seca pero condensada a presión, esto logra que, con menor peso y volumen, se logra mayor energía a partir de la madera [1].

Biocarbón

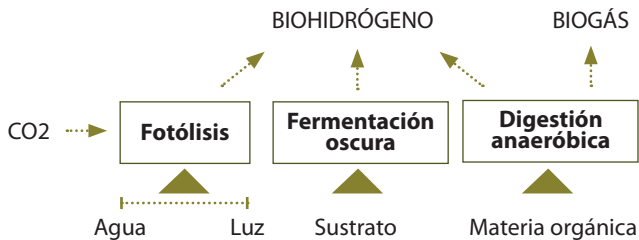
Un segundo tipo de biocombustible sólido es el biocarbón o carbón vegetal. Este se logra en un proceso llamado torrefacción, donde materia vegetal como troncos, ramas u otro tipo de residuos forestales, además de rastrojos agrícolas, se meten a un horno a temperaturas entre 250-350°C, pero en bajo nivel de oxígeno para evitar combustión. De esta forma, muchas sustancias salen desde el material vegetal en forma de gas, quedando el átomo de carbono en forma de grafito, con mejor potencial energético que antes, pero de menor peso y volumen, mejorando posibilidades de almacenamiento y de transporte [2].

Diagrama que muestra los diferentes tipos de biocombustibles que se están generando a nivel mundial



* Maderas, plantaciones, desechos forestales y rastrojos agrícola, desechos de jardines parques.

* Material orgánico no celulósico, desechos domiciliarios y ganaderos, aguas servidas, desechos de ferias libres, desechos de industrias de alimentos y agropecuarias.



Esquema muestra el nombre de los procesos de producción de biocombustibles gaseosos a partir de microorganismos. Biohidrógeno producido por microalgas a través de dos mecanismos diferentes y las bacterias anaeróbicas a través de la digestión anaeróbica pueden generar biogás y biohidrógeno.

Biocombustibles líquidos

Bioetanol

El bioetanol, es un líquido derivado de la fermentación de azúcares. Este bioetanol, es en realidad el mismo alcohol (etanol), que aparece en vinos, destilados de diversas frutas o productos vegetales, como caña de azúcar o el alcohol que se compra para esterilizar heridas (aunque este alcohol viene acompañado de otros alcoholes para desnaturalizarlo). Cuando un medio líquido tiene altas concentraciones de azúcar, ciertos microorganismos generan un proceso llamado fermentación alcohólica, donde el azúcar se transforma en etanol y luego, en un segundo proceso llamado destilación se purifica, separándolo de otras sustancias contaminantes. Este etanol o bioetanol, es un líquido combustible que en general se mezcla con gasolina y ayuda en combustión de motores de combustión interna y, por lo tanto, se usa para obtener energía para transporte. La obtención de bioetanol ha ido evolucionando en el tiempo, según la materia prima [3]. El bioetanol de primera generación, se extrae de los llamados "cultivos energéticos". Estos cultivos, son campos plantados con especies ricas en azúcares, como caña de azúcar, maíz o trigo. Todo este producto se muele y se incuba para fermentación hasta que se generan altas cantidades de alcohol, para luego destilar. El gran problema del bioetanol de primera generación, es que se ocupan grandes extensiones de terrenos fértiles para producir energía. Tenemos escases de agua y de terrenos para alimentación y ha traído conflictos el uso de terrenos para energía. El bioetanol de segunda generación, usa azúcares que no están en campos, sino que son residuos de otros procesos. Una fuente rica en azúcares para fermentar, es la madera y todo tipo de residuos vegetales, como los obtenidos en desechos forestales, en podas y arreglos de parques y rastrojos agrícolas. Toda madera, tallos y hojas, contienen celulosa, que es un tipo de azúcar que generan las plantas para dar estructura, pero que ciertos microorganismos pueden degradar a azúcar comestible. Cuando esta celulosa se incuba con este tipo de microorganismos, el azúcar puede fermentar y el alcohol puede ser destilado. Un gran problema de este alcohol de segunda generación es el costo, ya que es más caro su producción y es muchas veces más económico seguir comprando combustibles fósiles [4]. Existe una tercera generación de bioetanol. Para esto se usan algas y microalgas, las cuales en grandes bioreactores, capturan la luz del sol y CO_2 del ambiente y generan azúcar que puede ser utilizado para fermentar. Lo interesante de esta generación es que, como aporte al medio ambiente, no está en el uso de residuos, sino en que disminuye los gases con efecto de invernadero. Estas microalgas, se incuban en bioreactores que pueden lograr mayor fotosíntesis por metro cuadrado que plantas, pero no requieren de suelo fértil ni tanta agua, ya que el agua donde viven estas microalgas se mantiene en sistemas cerrados y, por lo tanto, se recupera. Estos sistemas, podrían estar instalados en caras bien iluminadas por el sol en edificios o paredes industriales y conectadas a chimeneas para absorber dióxido de carbono disminuir los gases que estas chimeneas liberan a medio. En este momento ya se está hablando de bioetanol de cuarta generación, pero aún a nivel de investigación. En esta generación

se ocupan microalgas, al igual que en la tercera generación, pero modificadas genéticamente. Estas microalgas, además de eliminar dióxido de carbono desde la atmósfera o desde chimeneas, pueden generar sustancias comerciales muy interesantes, como antioxidantes, principios activos para fármacos, o moléculas muy nutritivas para alimentación humana o animal, luego de que estas microalgas se desarrollan, se les extraen estas sustancias de alto valor agregado y, además, el azúcar para fermentar.

Biodiesel

Biodiesel, es un segundo tipo de biocombustible líquido y en este caso puede reemplazar al diésel, derivado del petróleo. Este combustible se ocupa principalmente como energía en transporte, aunque también hay generadores eléctricos a base de diésel. El biodiesel, a diferencia del bioetanol, proviene de la transformación química de grasas. El proceso de fabricación se llama transesterificación y transforma un tipo especial de grasas que son los triglicéridos. Estos triglicéridos, son la base de los aceites vegetales y animales, pero no aceites lubricantes sintéticos de motores, que son a base de polímeros y no triglicéridos. Al igual que en el bioetanol, existen cuatro generaciones de este biocombustible. La primera generación, se obtiene de cultivos energéticos, es decir, campos donde se cultivan plantas con semillas oleaginosas como la maravilla o la soja. Al igual que para bioetanol, se ha debatido ampliamente si para resolver el problema energético corresponde utilizar tanta superficie fértil y agua para regadío que podría utilizarse para alimentación. La segunda generación de biodiesel, es el que se obtiene de residuos oleosos, como desechos de aceites desde cocinerías y, además, plantas oleaginosas pero que no se cultivan en tierras destinadas a alimentación, sino en terrenos desérticos o montañosos. Se han encontrado plantas que crecen por sí solas en estos ambientes extremos que no pueden utilizarse para alimentación, pero si se pueden usar estas plantas por su aceite [4]. La tercera y cuarta generación al igual que con el bioetanol, se obtiene del cultivo de microalgas, las cuales pueden ser o no modificadas genéticamente. Las microalgas generan azúcares y aceites, por lo que las extracciones de estos dos componentes sirven para generar biocombustibles líquidos.

Hidrocarburos líquidos y gaseosos

Otros biocombustibles líquidos. Existe un proceso que ya tiene varios años, pero aún no se implementa de forma masiva por su alto costo. Este proceso es el de pirólisis de la biomasa. Si se usa biomasa vegetal o incluso polímeros (o plásticos) a temperaturas sobre 400°C , pero sin oxígeno, ocurre un proceso químico que se llama lisis térmica, o ruptura de moléculas químicas impulsada por la alta temperatura. Es decir, moléculas orgánicas que se encuentran en estructuras derivadas de la biomasa, como desechos de podas, rastrojos agrícolas, basuras o desechos sólidos orgánicos y algunas sustancias derivadas del petróleo como el plástico, al incubarse a altas temperaturas, pero sin oxígeno, las grandes moléculas orgánicas empiezan a romperse y se transforman en hidrocarburos de bajo tamaño, como metano, propano, butano y otras moléculas combustibles. Estas moléculas que en un comienzo se liberan como gases, se condensan y se almacenan de forma líquida para su posterior uso y transporte [1].

Biocombustibles gaseosos

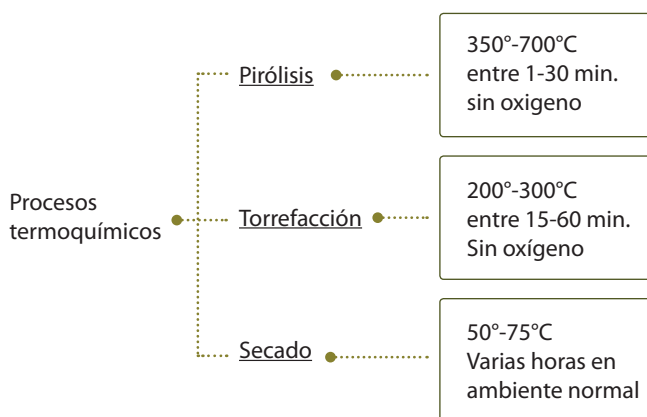
Biogás

Adicionalmente a los gases combustibles que se producen en el proceso de la pirólisis que se mencionó anteriormente, hay un gas combustible que se produce por un proceso de transformación de la biomasa, por un sistema completamente biológico, por lo que puede considerarse un biocombustible de forma incuestionable y es llamado biogás. El biogás es una mezcla de gases que se produce por un proceso llamado digestión anaeróbica, y

como principal componente está el gas metano, pudiendo ser usado para generación de energía eléctrica o térmica. Toda materia orgánica, sea líquida, sólida o semisólida, puede ser digerida anaeróbicamente por bacterias que se encuentran en la naturaleza. Este proceso se llama digestión anaeróbica debido a que la materia orgánica es transformada en un ambiente sin oxígeno, a moléculas pequeñas pero ricas en energía como metano o hidrógeno. A nivel mundial, este proceso se está utilizando para el tratamiento de todo tipo de residuos humanos, desde basuras orgánicas sólidas como desechos de comida, excremento de animales y humanos, líquidos de lavados de industrias alimenticias, agropecuarias y lácteas, empresas productoras de aceites, etc. Cada uno de estos residuos se incuban en bioreactores diversos, muchos de los cuales aun están en investigación y otros ya han estados utilizándose por años. Dentro se desarrollan cierto tipo de bacterias que necesitan estar alejadas del oxígeno para vivir, y luego se incuba el residuo orgánico con las bacterias por varios días y como producto, se genera biogás que puede contener entre 50-75% de metano (mientras más metano, el biogás es de mejor calidad), un líquido llamado biol, el cual es un líquido con altos niveles de nitrógeno, fosforo ambos inorgánicos y otros nutrientes para plantas, por lo que este líquido se utiliza como fertilizante. Finalmente, también se genera un sólido o biosol, el cual se puede usar como reparador de suelos. Este sistema entonces, genera energía desde los residuos por lo que es de un sistema que se están instalando en todos los países desarrollados y varios en vías de desarrollo. Sin embargo, es imposible cambiar la matriz energética a este tipo de sistemas, ya que es menos eficiente que otros sistemas que generan energía, además que es más caro. Debido a los tiempos necesario para producción de biocombustible, a los costos asociados a la producción y a la eficiencia de este proceso, en discusiones políticas y económicas aun presenta algunos opositores, pero hay que dejar en claro que la digestión anaeróbica de residuos, no es un mecanismo para producir energía o biocombustibles, sino es un sistema para eliminar residuos orgánicos y que como valor agregado, produce biocombustibles y otros productos con valor agrícola importante [5].

Biohidrógeno

El biohidrógeno o hidrógeno producido por sistemas biológicos, es un combustible gaseoso muy interesante. Se combustiona igual que el metano o los gases licuados usados en cocina, aunque el calor que genera por litro es menor que el calor que se genera por litro de otros combustibles. La mayor ventaja de este combustible es que en la combustión de hidrógeno no genera gases de efecto invernadero como dióxido de carbono, sino



Esquema que muestra las diferencias en los procesos termoquímicos que se aplican a la biomasa para producir diferentes tipos de biocombustibles. Estos métodos, se aplican principalmente madera, desechos de jardines y parques municipales, rastrojos agrícolas y residuos forestales.

solo agua. Adicionalmente, es tan liviano, que en un kilogramo de este gas hay mucha mas acumulación de energía que en un kilogramo de otros gases combustibles o incluso combustibles líquidos como la bencina. Quizá el mayor problema es la dificultad para almacenarlo, ya que es difícil transformarlo en líquido y por lo mismo es más difícil almacenarlo en balones como el gas licuado.

Este gas se puede producir por fenómenos fisicoquímicos, a partir de combustibles fósiles o incluso a partir del agua, en un proceso llamado electrólisis, aunque este proceso gasta energía y si uno analiza que debe gastar energía para producir nueva y, adicionalmente se conoce que la eficiencia nunca es del cien por ciento, implica que siempre se va a gastar más energía produciendo hidrógeno que la energía que luego va a entregar en su combustión, no es un proceso muy eficiente como fuente energética. Sin embargo, en los últimos años se ha puesto énfasis en la generación de hidrógeno por seres vivos como micro-algas, las cuales rompen moléculas de agua utilizando energía solar [6]. Adicionalmente, estas microalgas, se regeneran y reproducen y en eso supera a los sistemas no vivos y completamente tecnologizados. También se han visto a bacterias muy primitivas, que viven en ambientes libres de oxígeno (anaeróbicos) que también producen hidrógeno a partir de materia orgánica [7]. Como grandes fuentes de materia orgánica, al igual que para biogás, tenemos a los desechos agropecuarios y domiciliarios, como también residuos orgánicos de gran cantidad de empresas, lo que da a la generación de biohidrógeno no solo un rol energético, sino de eliminación de basura, o más bien, revalorización de residuos.

Bibliografía

- [1] Ong H.C., Chenb W.H., Farooq A., Gana Y.Y, Leed K. &, Ashokkumar V. Catalytic thermochemical conversion of biomass for biofuel production A comprehensive review. Renewable and Sustainable Energy Reviews . Vol 113, 2019
- [2] Barskov S., Zappi M. , Buchireddy P., Dufreche S., Guillory J., Gang D., Hernandez R., Bajpai R., Baudier J., Cooper R. & Sharp R., Torrefaction of biomass: A review of production methods for biochar from cultured and waste lignocellulosic feedstocks. Renewable Energy vol 14; 2019. pp 624-642
- [3] Castro-Martínez C., Beltrán-Arredondo L. & Ortiz-Ojeda J., Producción de biodiesel y bioetanol: ¿una alternativa sustentable a la crisis energética? Ra Ximhai Vol. 8, 2008.
- [4] Salinas E. & Gasca V. Los biocombustibles. El cotidiano N° 157; 2009. pp 75-82
- [5] Weiland Peter. Biogas production: current state and perspectives. Applied microbiology and biotechnology. N° 85; 2010. pp 849-860
- [6] Show K.Y., Yan Y., Zong C., Guo N., Chang J.S. & Lee D.J. State of the art and challenges of biohydrogen from microalgae. Bioresource technology. Vol 289, 2019.
- [7] Thompson L.J., Gray V.M., Kalada B., Lindsay D., Reynolds K. y von Holy A. Biohydrogen production by Enterobacter cloacae and Citrobacter freundii in carrier induced granules. Biotechnology letters. N° 30; , 2008. pp 271-274