

Refining Review

AÑO 6, No. 11, Edición 1/2019

SUPER ETANOL

*Alternativa de vanguardia
para el parque automotor*

BIODIESEL

¿Respuesta o una necesidad?

¿POR QUE BIOCOMBUSTIBLES?



**Refining
Review**

ARTÍCULOS

¿POR QUÉ BIOCOMBUSTIBLES?

Los biocombustibles representan en la actualidad una fuente potencial de energía renovable, siendo una alternativa en apariencia viable para sustituir los combustibles fósiles. No obstante, sólo algunos de los actuales programas de biocombustibles son viables, y la mayoría implica altos costos sociales e irónicamente ambientales, esto a pesar de que al llevar el prefijo “bio” se tiende a pensar que no tienen consecuencias nocivas sobre el medio ambiente (Hernandez & Hernandez, 2008).

Biocombustible es el término con el cual se denomina a cualquier tipo de combustible que derive de la biomasa (nombre dado a cualquier materia orgánica de origen reciente que haya derivado de animales y vegetales como resultado de un proceso de conversión fotosintético).

Partiendo de lo anterior se comprende que los combustibles de origen biológico pueden sustituir parte del consumo de combustibles fósiles tradicionales, como el petróleo o el carbón. Los biocombustibles más usados y desarrollados son el bioetanol y el biodiesel.

El bioetanol, también llamado etanol de biomasa, se obtiene a partir del maíz, sorgo, caña de azúcar o remolacha. Brasil es el principal productor de bioetanol con el 45% de la producción mundial, Estados Unidos representa el 44%, China el 6%, la Unión Europea el 3%, India el 1% y otros países, el restante 1%. En cambio, el biodiesel se fabrica a partir de aceites vegetales. El principal productor de biodiesel en el mundo es Alemania, que concentra cerca del 63% de la producción, le sigue Francia con el 17%, Estados Unidos con el 10%, Italia con el 7% y Austria con el 3% (BYER, 2007).



RAMIRO FLORES

Ingeniero Químico
Docente de Ingeniería Petrolera
Universidad Mayor de San Andrés

Pese a que en su origen sólo se utilizaron los restos de otras actividades agrícolas para producir biocombustibles, con su generalización y fomento, muchos países en vías de desarrollo del sureste asiático se encuentran destruyendo selvas para crear plantaciones para biocombustibles. La consecuencia de esto, es justo la contraria de lo que se desea conseguir con los biocombustibles, pues los bosques y selvas limpian más el aire de lo que lo hacen los cultivos que se ponen en su lugar.

En consecuencia, podemos señalar que, desde hace más de una década, se habla de biocombustibles, y de las oportunidades y los desafíos que estos combustibles alternativos al petróleo pueden ofrecer. Este potencial no se relaciona solamente con la mejora ambiental, sino que incluye, también dimensiones económicas, culturales y sociales (Cortes, 2017). La bioenergía es un término bastante amplio que abarca a todos los productos energéticos obtenidos por procesos de conversión de productos o residuos agrícolas y animales.

Los conceptos de biocombustible, cultivo energético y biocarburante vienen ganando importancia, cada día con más fuerza, en las políticas agrarias y energéticas, tanto de países industrializados, como en vías de desarrollo. Las motivaciones han sido, entre otras, el evidente agotamiento de los combustibles fósiles; las periódicas crisis del petróleo; y el denominado efecto invernadero, provocado por la acumulación de anhídrido carbónico en la atmósfera.

En el plano Nacional, en el contexto de la política de sustitución de energéticos, el aplazar el agotamiento de reservas, evitar el alza en los costos por importación y disminuir el impacto

por las emisiones gaseosas y de material particulado a la atmósfera; representa para la industria del biocombustible, una enorme oportunidad como consecuencia de la variabilidad del precio del petróleo. Oportunidad sustentada en un marco normativo de la producción de biocombustibles, en particular de la aprobación de la Ley de Etanol y de Aditivos de Origen Vegetal (Ley 1098, 2018).

En este entendido, los principales desafíos para los biocombustibles en la actualidad se encuentran centradas en la reducción de la contaminación, donde se incluyen las emisiones de gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono (CO₂); y la reducción de contaminantes locales como el CO, HC, Nox.

DEL POZO A LA RUEDA (WTW)

Con el fin de medir el impacto de los biocombustibles en las emisiones de gases de efecto invernadero, es posible calcular el balance del “Pozo a la Rueda” (Well to Wheel). Es decir, primero, medimos todo el gas de efecto invernadero emitido por la producción de los combustibles; a esto le llamaremos balance del “Pozo a la Bomba” (Well to Pump), donde cada paso de la producción de combustible se toma en cuenta: extracción del petróleo, transporte, refinación, transporte del combustible y suministro en la bomba. Luego, es posible calcular el balance del “Tanque a la Rueda” (Tank to Wheel). Este último paso considera los gases de efecto invernadero emitidos por el vehículo que quema este combustible (Curran, Wagner, Graves, Keller, & Green Jr., 2014).





Ilustración 4: Vía del combustible WTW

En el caso de los biocombustibles, podemos tener ahorros significativos de emisiones en la fuente, porque las emisiones de CO₂ son capturadas por la vegetación durante su crecimiento. Las emisiones de gases de efecto invernadero son por lo tanto más bajas para los biocombustibles.

Sin embargo, en Europa, desde el 2009, para ser un verdadero “bio” combustible, este debería generar más del 35% del ahorro de emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con un combustible fósil. Para el 2019, se espera que este ahorro supere el 50% y para las nuevas plantas el 60% (Pidol, 2014).

PRIMERA GENERACIÓN: ETANOL

El etanol de primera generación se puede producir a partir de la remolacha o caña de azúcar;

por medio de la fermentación, el azúcar se transforma en etanol. Otras alternativas corresponden al uso de trigo o maíz; en este caso, el almidón se extrae de la planta y este se transforma en azúcar. En consecuencia, el rendimiento es mejor cuando se utiliza remolacha o caña de azúcar, alrededor de 4 a 8 m³/Ha; cuando se usa trigo o maíz, el rendimiento es de aproximadamente 2 o 3 m³/Ha.

Posteriormente, el etanol obtenido se mezcla con gasolina y dependiendo de los países y las especificaciones del combustible, se puede utilizar mezclas de 5, 10, 15% en volumen de etanol, dicha mezcla normalmente recibe el nombre de E5, E10, E15. En nuestro caso, el Superetanol 92 con una mezcla de hasta el 12%.

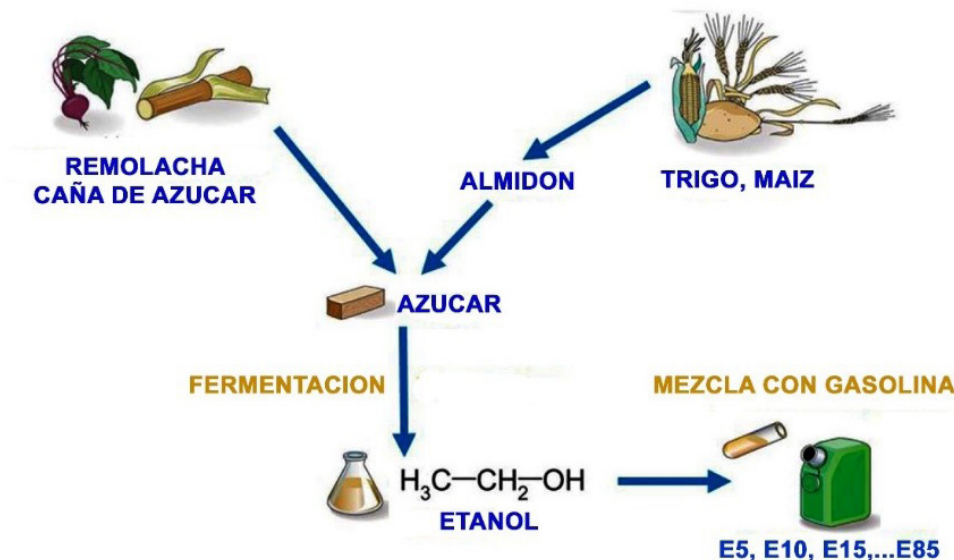


Ilustración 5: Bioetanol de primera generación

PROPIEDADES DEL ETANOL

En primer lugar, el etanol puede ayudar a disminuir las emisiones. De hecho, las emisiones de CO₂ se reducen gracias a un mejor balance del “Pozo a la Rueda” en comparación con la gasolina.

Por otro lado, el etanol es un compuesto oxigenado, lo que permite que, durante su combustión, la emisión de contaminantes como HC, CO o partículas se reduzca.

Otra ventaja del etanol es su alto índice de octano; con un RON aproximado de 120, el etanol ofrece una alta resistencia al golpeteo y permite una mejor optimización del motor, lo que conlleva a menores emisiones de contaminantes y mejores rendimientos. El índice Antidetonante (AKI), aumenta con la tasa de etanol.

Desafortunadamente, la introducción de etanol modifica la volatilidad del combustible, y eso puede afectar la capacidad de conducción del vehículo.

Otro de los inconvenientes, se refiere a la tolerancia al agua. A bajas temperaturas, si el etanol contiene algunas partes de agua, podría ocasionar el fenómeno de demixión. Esto significa que la fase de agua y etanol cae al fondo del tanque de almacenamiento de gasolina y el combustible se vuelve heterogéneo con dos fases (Jeuland, Gautrot, & Montagne, 2004).

Por tanto, debe verificarse la compatibilidad del etanol con los cauchos y metales utilizados en los motores. Por ejemplo, en los Estados Unidos, para algunos vehículos fabricados antes de 2001, no se recomienda utilizar mezclas E15 (Pícol, 2014).

Con respecto al consumo de combustible, el etanol tiene un contenido de energía más bajo que la gasolina de petróleo, aproximadamente un 30% menor. En consecuencia, el consumo de combustible aumenta con la tasa de etanol.

El último inconveniente se refiere a las emisiones no reguladas. De hecho, la presencia de etanol en el combustible conduce a la emisión de compuestos oxigenados, como acetaldehídos.

Actualmente, estas emisiones oxigenadas no están reguladas, pero podrían ser monitoreadas.

ETBE

El ETBE (etil terbutil éter) tiene algunas ventajas como: el alto índice de octano, cercano al del etanol; no modifica la volatilidad de la mezcla; y tolera el agua sin separación de fases.

El consumo de combustible mejora en comparación con el etanol, como se muestra en la Tabla 1, donde se presentan los contenidos energéticos de la gasolina de petróleo, el etanol y el ETBE.

Tabla 1 : Características				
CARACTERISTICA	UNIDAD	GASOLINA	ETANOL	ETBE
Mínimo contenido energético	MJ/L	~ 32	~ 21	~ 27
Ron		95	120	117

Finalmente, nace la pregunta: ¿por qué el ETBE no es utilizado por todos en lugar de etanol? A manera de responder esta interrogante, debemos señalar que el ETBE se sintetiza a partir de etanol e isobuteno. Por lo cual, solo el 45% de ETBE es “bio”, además de que el proceso es más caro que el etanol.

ETANOL DE SEGUNDA GENERACIÓN

La segunda generación de biocombustibles para motores de encendido por chispa es el mismo producto: etanol, solo la materia prima y el proceso

cambian. El etanol de segunda generación se produce a partir de celulosa de madera a través de una ruta bioquímica. Es decir, que la celulosa se extrae de la madera y una hidrólisis enzimática transforma la celulosa en azúcar.

Después de eso, el proceso es el mismo que para la primera generación. A través de esta vía, el balance del “Pozo a la Rueda” es aún mejor y con menores emisiones de gases de efecto invernadero, lo cual nos lleva a cerca del 80% de ahorro en comparación con la gasolina convencional.

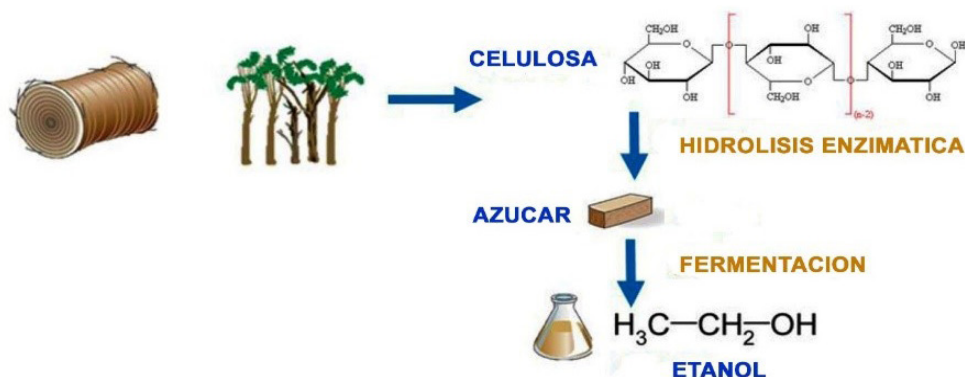


Ilustración 6: Vía del combustible WTW

FAME

Los ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME), también llamados biodiesel, se producen a partir del aceite de colza, soja, girasol o de los aceites de palma.

El proceso se llama transesterificación y convierte los ácidos grasos en ésteres. Es por eso que obtenemos un éster metílico de ácidos grasos. Luego, los FAME se mezclan con el combustible diesel de petróleo, por ejemplo: con 5, 7, 10 % en volumen, lo que da B5, B7, B10.

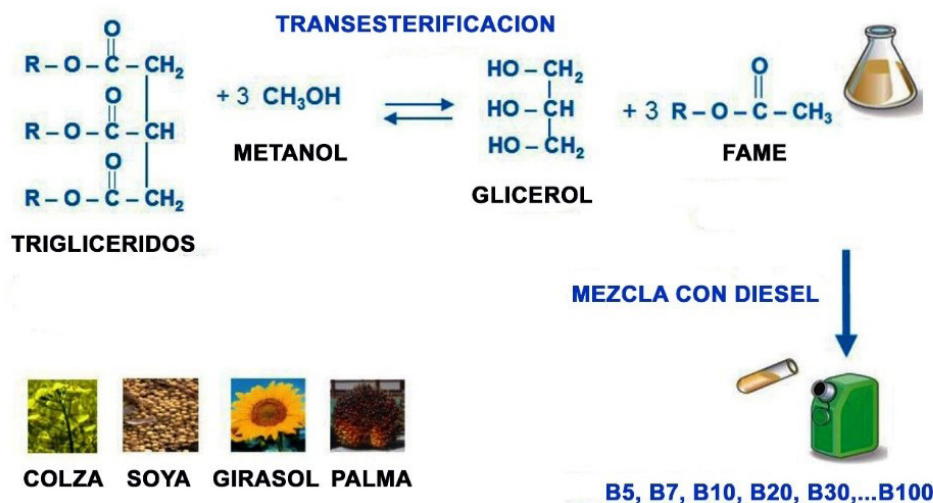


Ilustración 7: Biodiesel

PROPIEDADES DE LA FAME

La principal ventaja de la FAME es la disminución de las emisiones. El balance del “Pozo a la Rueda” es, por supuesto, mejor que los productos derivados del petróleo. Y como son compuestos oxigenados, los ésteres disminuyen las emisiones de HC, CO y partículas. De hecho, con los compuestos oxigenados, la combustión es completa, con una mayor reactividad al hollín.

Los ésteres también tienen una buena lubricación, lo que evita el desgaste del motor. Dependiendo del aceite utilizado para producir ésteres, las propiedades pueden ser bastante diferentes. Por ejemplo, la Tabla 2 muestra algunas propiedades de los ésteres metílicos de colza y los ésteres metílicos de soja, en comparación con un combustible diésel de petróleo europeo (Pidol, 2014).

Tabla 2: Características

	UNIDAD	DIESEL	COLZA	SOJA
Densidad @ 15 C	Kg/m3	820 – 845	~ 880	~ 27
Número de Cetano		≥ 51	~ 53	117
CFPP	°C	s/región	-15 a -10	-5
LHV	MJ/L	~ 35.7	~ 33	~ 33

El número de cetano dependerá del aceite utilizado. Por ejemplo, en Europa, los ésteres metílicos de colza tienen un número de cetano alrededor de 53, mejor que la especificación europea de 51 requerida para el combustible diésel.

En términos de propiedades de flujo en frío, algunas FAME, como las provenientes de palma o soja, no son adecuadas para su uso en invierno, porque se cristalizan a bajas temperaturas.

Con respecto al consumo de combustible, el contenido de energía de la FAME es ligeramente más bajo en comparación con un combustible diésel de petróleo, aproximadamente un 8% menor.

Si consideramos enfocarnos en el consumo de combustible a través de un ejemplo numérico y tuviéramos un vehículo con un tanque de 50 litros, la performance del consumo de combustible es mejor para el diésel de petróleo con 890 km; para B10, está muy cerca de 885 km. Para el consumo de combustible de vehículos a gasolina, el performance del consumo de combustible es menor, aproximadamente 800 km para la gasolina de petróleo y de 770 km para el E10. Finalmente, uno de los combustibles con el performance más bajo es el E85, utilizado por los vehículos de combustible flexible, con 570 km. Sin embargo, se deberá tomar muy en cuenta que estas distancias son, por supuesto, solo cifras aproximadas; dependerán del vehículo, del conductor, y

de otras variables a considerar (Pidol, 2014).

BTL, COMBUSTIBLES PARAFÍNICOS

Las FAME representan la familia de primera generación del biodiésel. Para la segunda generación, el producto, la materia prima y el proceso son completamente diferentes. El biodiésel de segunda generación se llama BTL, que significa biomasa a líquido.

El BTL se produce a partir de madera, a través de una vía termoquímica. Las materias primas lignocelulósicas secas se someten a un fuerte tratamiento térmico en presencia de aire u oxígeno, produciendo gas de síntesis (mezcla de hidrógeno y CO).

El siguiente paso es el proceso Fischer Tropsch, que permite la síntesis de combustibles parafínicos. Finalmente, para la segunda generación de biocombustibles para motores a diésel, el producto es muy diferente en términos de química en comparación con la FAME. Los ésteres FAME son compuestos oxigenados, mientras que el BTL es una mezcla de compuestos parafínicos, con solo cadenas saturadas de átomos de carbono e hidrógeno. En consecuencia, la primera y segunda generación de biodiésel son muy diferentes en términos de química y en términos de propiedades.



Ilustración 8: Biodiésel de segunda generación

Por otro lado, también es posible obtener gas de síntesis y combustibles parafínicos de otros productos: por ejemplo, del gas natural. En este caso, hablamos de GTL (gas a líquido); o del carbón, entonces se llama CTL (carbón a líquido). Del carbón y el gas, el

producto final, por supuesto, no es un biocombustible y su balance de ruedas no es tan interesante como el balance de ruedas del BTL. Sin embargo, el CTL o el GTL muestran la misma química y las mismas propiedades que el BTL.

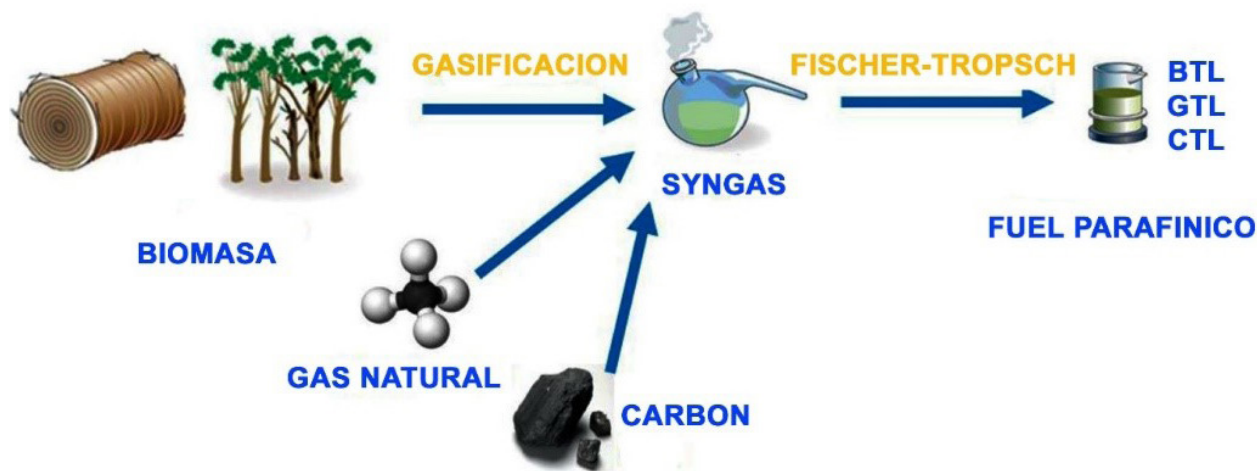


Ilustración 9: Alternativa al Biodiesel de segunda generación

Finalmente, este combustible parafínico obtenido, se mezcla con el combustible diesel producido a partir del petróleo crudo.

Gracias a esta vía, el balance de BTL del “Pozo a la Rueda” es sobresaliente: tenemos ahorros de más del 90% en comparación con un combustible diesel de petróleo. Además, el BTL es un producto parafínico, sin compuestos aromáticos ni azufre, que produce menores emisiones.

Otra propiedad destacada de los compuestos parafínicos y del BTL es su alto índice de cetano, más de 70; mientras que su densidad es menor, como se muestra en la Tabla 3; el consumo de combustible es más o menos constante, menos del 4% de variación en el contenido de energía. En consecuencia, en términos de rendimiento, el BTL es un producto con grandes expectativas.

Tabla 3: Comparación de propiedades

	UNIDAD	DIESEL	FUEL PARAFINICO (BTL, GTL, CTL)
Densidad @ 15 C	Kg/m3	820 – 845	770 – 800
Número de Cetano		≥ 51	≥ 70
LHV	MJ/L	~ 35.7	~ 34.4



Los inconvenientes del BTL se relacionan con su disponibilidad y el costo del procesamiento. Hoy en día, se están realizando grandes esfuerzos en investigaciones que permitirían mejorar y optimizar los procesos involucrados.

Respecto a la tercera generación, podemos señalar que se producen a partir de algas. La principal ventaja de las algas es que ofrece un rendimiento muy prometedor: las áreas dedicadas son muy pocas. Las algas se pueden transformar en etanol o en productos parafínicos, como BTL, que muestran propiedades muy interesantes para los motores a diésel. Sin embargo, esta alternativa se encuentra en etapa de investigación, con grandes desafíos en la reducción de los costos de producción.

¿PORQUE BIOCOMBUSTIBLES?

Como se ha manifestado anteriormente, la competitividad de la bioenergía sigue asociada al costo del petróleo. Es decir, en un escenario realista, es necesario evitar posturas dicotómicas que obliguen a optar entre la producción de biocombustibles o alimentos. Por tanto, es vital compatibilizar ambos conceptos e incorporar tecnologías que eleven su productividad. Pero, indudablemente el problema, de la seguridad alimentaria no puede ponerse en riesgo.

Aunque existe un marco normativo que estimula la producción de biocombustibles, existe incertidumbre por cambios en la regulación, en precios de las materias primas y aparición de nuevas tecnologías. Entonces, es importante admitir que los biocombustibles no terminarán la dependencia del petróleo de los países industrializados, porque no habrá suficiente tierra y agua para satisfacer la alta demanda de sus requerimientos energéticos.

Si bien, el desarrollo de una industria nacional de biocombustibles constituye una oportunidad para el país, existen una serie de limitantes o re-

tos tecnológicos, regulatorios, económicos y ambientales que pueden afectar eslabones críticos de la cadena productiva de biocarburantes y, que de no ser superados pueden conducir a su fracaso.

Los nuevos energéticos, representan desafíos para una nueva estrategia económica, política y hasta medioambiental. Su auge, es de tal magnitud que, actualmente se prueban en todo el mundo más de 30 materias primas. Pero, a pesar de ese gran impulso, aún no representan una solución global a los problemas energéticos.

El paradigma de la productividad, empuja hacia modelos depredadores, con el sofisma de la eficacia y rentabilidad económica como único indicador, se formulan proyectos productivos que no consideran los beneficios sociales y ambientales.

“Ni la sociedad, ni el hombre, ni ninguna otra cosa deben sobrepasar, para ser buenos, los límites establecidos por la naturaleza” – Hipócrates.

En este entendido, podemos señalar que existe bastante evidencia empírica de modelos de crecimiento económico basados en la explotación de los recursos naturales y acumulación de capital, entre los que destacan los seminales (Harrod, 1939) y (Domar, 1946).

Por tanto, para consolidar de verdad una política coherente en materia de nuevos energéticos, es importante tomar en cuenta las siguientes variables:

- Ético- ambientales.
- Límites físicos (recursos finitos).
- Condiciones climáticas y geográficas.
- Rendimientos (Kg/Ha, L/Ha, L/Ton).
- Intensidad energética y tasa de retorno energético.
- Requerimientos de agua.
- Autosuficiencia del proceso.
- Tecnología, recuperación de la inversión y la rentabilidad.

- Sustitutos (GNC, GNV)

Por último, para equilibrar el entusiasmo con la objetividad, se hace necesario estudiar detenidamente el impacto económico, social y medioambiental de la bioenergía antes de decidir cómo se quiere desarrollar de rápido y que tecnologías, políticas y estrategias de inversión e investigación a seguir.

Por tanto, es importante tomar en cuenta, que para que el uso de los biocombustibles realmente sea una ventaja en lo económico, social y en el cuidado del medio ambiente, se deberían cuidar los siguientes aspectos:

- Política de biocombustibles: el éxito de los biocombustibles dependerá de su uso obligatorio, de las facilidades fiscales, de los subsidios suministrados por el Estado, de la tasación a los consumidores, del desconocimiento de los derechos de los trabajadores y de las mil y unas formas de arrancar de las comunidades rurales el uso real y efectivo de sus tierras (Serna, Barrera, & Montiel, 2011).
- Subsidios: la producción de biocombustibles en el mundo es rentable gracias a los subsidios e incentivos que tienen las energías renovables. Sin embargo, se debe asegurar que estos subsidios sean asignados a los más desprotegidos.
- Uso del suelo: el problema del uso del suelo representa a mediano y largo plazo, un pasivo ambiental que difícilmente está equilibrado con los activos derivados de la producción de biocombustibles.
- Biocombustibles de segunda generación: se debe girar la atención a los biocombustibles de segunda generación, las ventajas que ofrecen estos pueden ser obtenidos de biomasa que no se apropie de insumos para los alimentos o compita con ellos y con esto se protege el uso del suelo.

- I+D: tanto los países desarrollados como en vías de desarrollo deben prestar atención a los beneficios que representa la Investigación & Desarrollo, así como la adopción de nuevas tecnologías; lo cual daría como resultado mejorar el patrimonio ambiental y por consiguiente, obtener beneficios económicos en el desarrollo de los biocombustibles.

Referencias

Byer Lee, D., & De Janury, A. (2007). *Biocombustibles: una promesa y algunos riesgos*. Washington, DC. USA: Grupo del Banco Mundial.

Cortes, M. E. (2017). *Biocombustibles: ¿alternativa para la agricultura colombiana?* Bogota, Colombia: Memorias Agroexpo.

Curran, S., Wagner, R., Graves, R., Keller, M., & Green Jr., J. (2014). *Well-to-wheel analysis of direct and indirect use of natural gas in passenger vehicles*. Elsevier, 1-10.

Domar, E. (1946). *Capital Expansion, rate of growth and employment*. *Econometrica* No. 14, 137- 147.

Harrod, R. (1939). *An Essay in Dinamic Theory*. *Economic Journal* No. 49, 14-33.

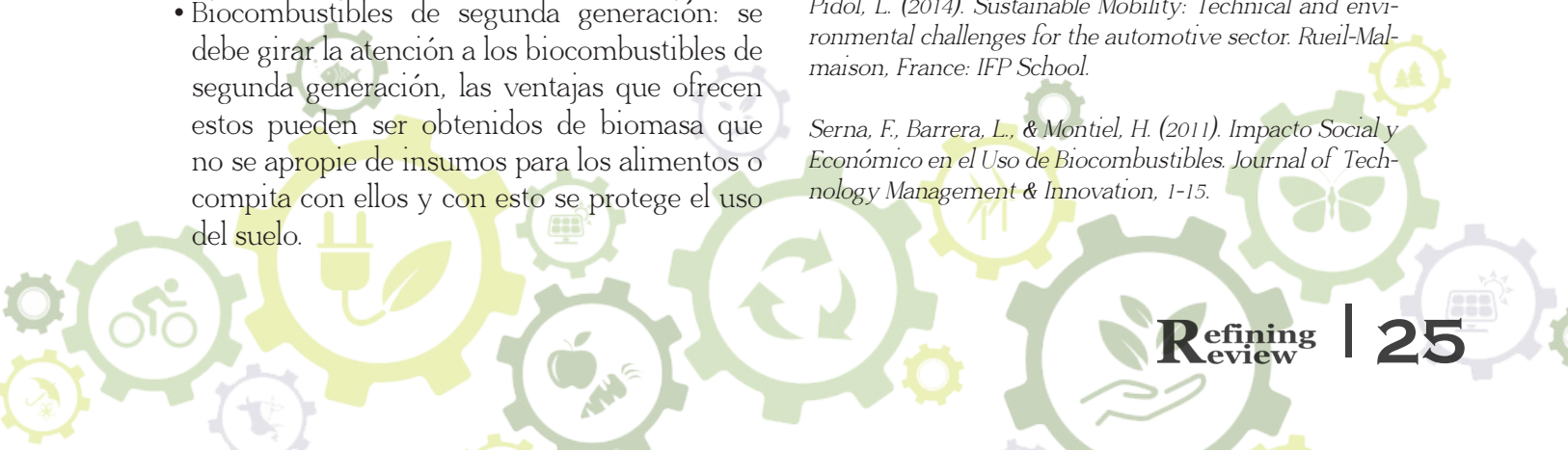
Hernandez, M. A., & Hernandez, J. A. (2008). *Verdades y mitos de los biocombustibles*. *Elementos: Ciencia y Cultura: Benemerita Universidad Autonoma de Puebla*, 15-18.

Jeuland, N., Gautrot, X., & Montagne, X. (2004). *Potentiality of Ethanol As a Fuel for Dedicated Engine*. *Oil & Gas Science and Technology*, 559-570.

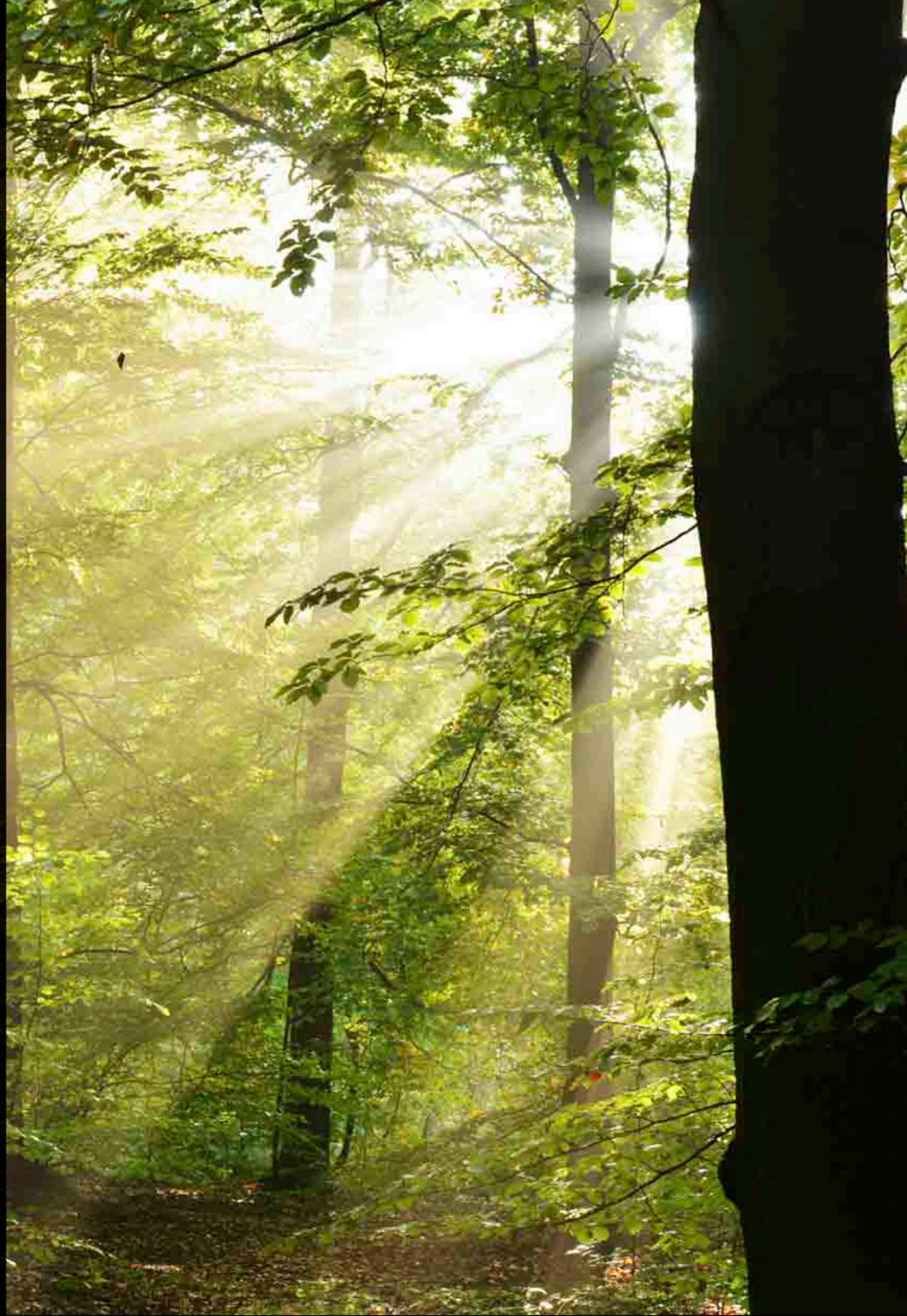
Ley 1098. (11 de septiembre de 2018). *Ley de Etanol y de Aditivos de Origen Vegetal*. *Gaceta Oficial de Bolivia: Gaceta Oficial de Bolivia*.

Pidol, L. (2014). *Sustainable Mobility: Technical and environmental challenges for the automotive sector*. Rueil-Malmaison, France: IFP School.

Serna, F., Barrera, L., & Montiel, H. (2011). *Impacto Social y Económico en el Uso de Biocombustibles*. *Journal of Technology Management & Innovation*, 1-15.



Refining Review



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

Facultad de ingeniería
Ingeniería Petrolera

