

DOCUMENTO FUNSEAM

002-2014



HACIA UN NUEVO MODELO DE NEGOCIO DE LOS BIOCARBURANTES

INFORME ESTRATÉGICO DE LA FUNDACIÓN PARA LA
SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA Y AMBIENTAL

Realizado por FUNSEAM.

FUNSEAM- FUNDACIÓN PARA LA SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA Y AMBIENTAL

C\Baldiri Reixac 4, torre I, planta 7, 08028, Barcelona

Tel. 34 - 93 403 37 66

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción	3
2. Un nuevo modelo de negocio basado en la competitividad	4
2.1. Los biocarburantes convencionales	5
2.2. Los biocarburantes avanzados	8
3. El precio del petróleo como factor clave para la competitividad de los biocarburantes	12
4. Un nuevo modelo de negocio más integrado	15
4.1. Integración vertical de la cadena de valor	15
4.2. Integración operativa: las biorrefinerías	18
5. Conclusiones	19
Bibliografía.	21

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Medidas de apoyo público a los biocarburantes. Fuente: FAO.	3
Figura 2: Los retos de la industria de los biocarburantes. Fuente: Elaboración propia.	5
Figura 3: Evolución del precio de las materias primas para la producción de biocarburantes convencionales. Fuente: Banco Mundial y Fondo Monetario Internacional.	6
Figura 4: Rango de costes actuales (2012) y futuros (2020) de los biocarburantes convencionales y avanzados. Fuente: IRENA.	11
Figura 5: Reparto de la capacidad de producción de biocarburantes avanzados (excluido el HVO) por tipo de compañía. Fuente: Elaboración propia a partir de información Environmental Entrepreneurs, AIE Bioenergy Taskforce 39, Biofuels Digest y páginas Web de las compañías.	16

HACIA UN NUEVO MODELO DE NEGOCIO DE LOS BIOCARBURANTES

1. Introducción

El actual modelo de negocio de los biocarburantes se sustenta económicamente en buena parte sobre las medidas de apoyo político que se les ha venido otorgando. Estas medidas, que se extienden a lo largo de toda la cadena de valor de la industria, desde el cultivo de las materias primas hasta el consumo final de los biocarburantes, adoptan distintas formas: concesión de subsidios, reconocimiento de bonificaciones y exenciones fiscales, establecimiento de tarifas aduaneras y, sobre todo, imposición de mandatos de contribución al consumo para los biocarburantes, que se han extendido en los últimos años a nivel europeo y algunos otros países tales como USA y Brasil.

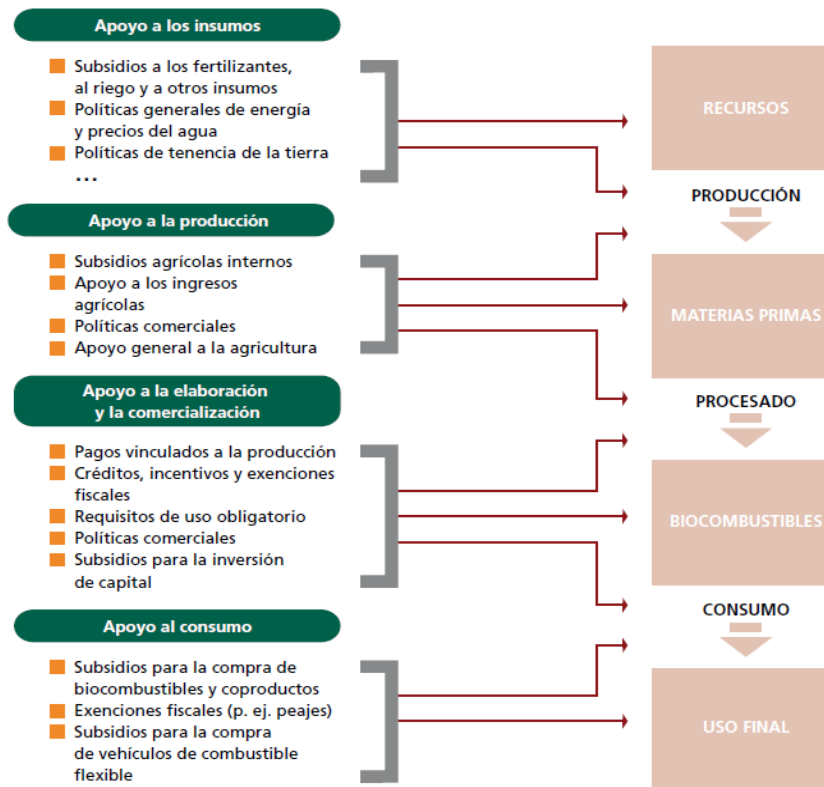


Figura 1: Medidas de apoyo público a los biocarburantes. Fuente: FAO.

Estas medidas de apoyo público buscan en unos casos reducir la dependencia energética externa y en otros, como en la UE, reducir además las emisiones de CO₂ en el transporte y mejorar la renta agraria, a pesar de ser menos competitivos económicamente que los carburantes fósiles.

De hecho, los biocarburantes continúan siendo una de las energías renovables que más ayudas públicas recibe, a pesar de las importantes reducciones que se han producido en los últimos ejercicios (19 mil millones de dólares en 2012, un 20% menos que en 2011). Gracias a todas estas medidas de promoción, los biocarburantes ya han superado el umbral del 3% de la energía empleada en el transporte por carretera a nivel mundial y podrían alcanzar, según la Agencia Internacional de la Energía, el 8% en el largo plazo (ver AIE 2013 b).

Sin embargo, los biocarburantes deberán transitar hacia un nuevo modelo de negocio menos dependiente de las ayudas públicas, menos vulnerable, buscando la competitividad en precio en relación con los carburantes fósiles

2. Un nuevo modelo de negocio basado en la competitividad

La industria de los biocarburantes debe hacer frente a múltiples retos de cuya adecuada resolución dependerá que consiga o no desplegar su potencial para la consecución de los objetivos de incorporación de energía renovable en el transporte.

Entre los retos más ambiciosos se encuentra, sin duda, el de asegurar la transición hacia procesos de producción que signifiquen mayores ahorros de emisiones y sin impacto en el precio de las materias primas alimentarias. La definición de un marco regulatorio que facilite las inversiones imprescindibles para esa transición y la determinación de objetivos realistas, pero ambiciosos, son, a estos efectos, esenciales. Tampoco son menores las dificultades asociadas a la consecución de objetivos de sostenibilidad medioambiental y social.

Pero todos estos retos han ocultado en ocasiones los aspectos, no menos relevantes, relativos a la sostenibilidad económica de los biocarburantes.

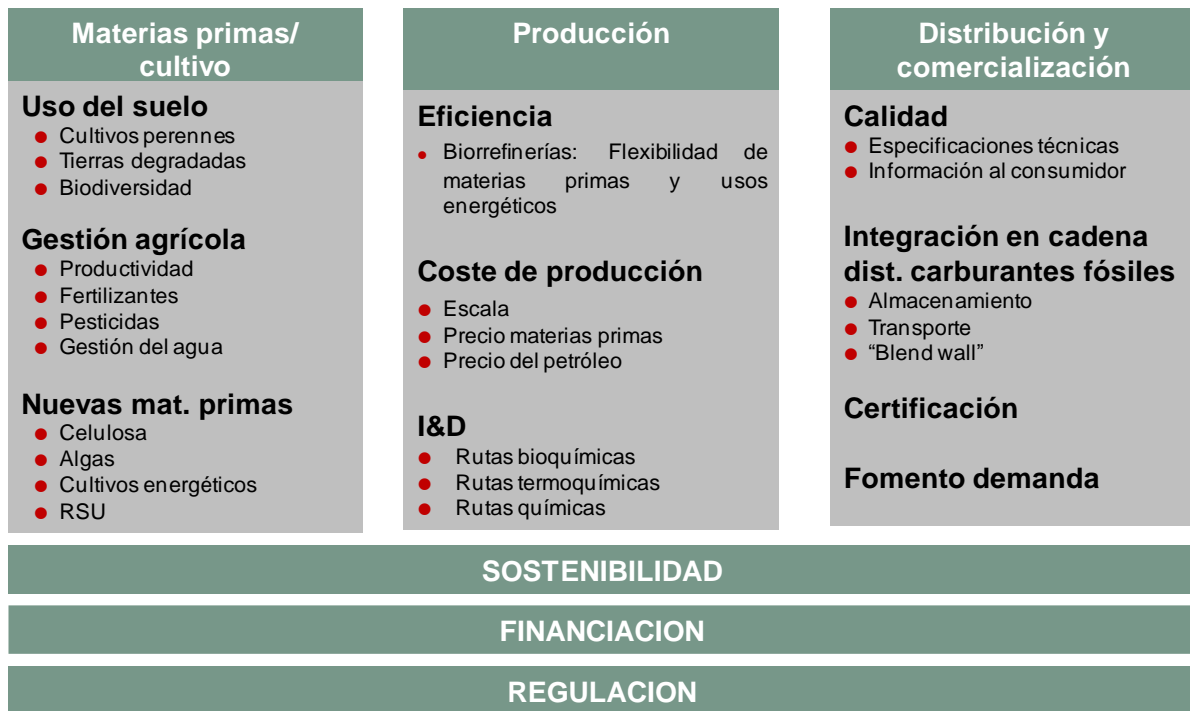


Figura 2: Los retos de la industria de los biocarburantes. Fuente: Elaboración propia.

2.1. Los biocarburantes convencionales

El coste de producción de los biocarburantes convencionales (producidos a partir de materias primas agrícolas como los aceites vegetales, los cereales o la caña de azúcar) es mayor que el de los carburantes fósiles, con la única excepción del bioetanol producido en Brasil a partir de caña de azúcar.

El **coste de la materia prima** representa, con mucha diferencia, el mayor peso en la estructura de costes de los biocarburantes convencionales. Para el caso del bioetanol a partir de maíz su peso porcentual, en el periodo 2010-2012, ha oscilado entre el 60- y el 80%, para el bioetanol a partir de caña de azúcar en Brasil entre el 60- y el 70% y para el biodiésel ha podido llegar a alcanzar en algunos momentos el 90% (ver IRENA 2013 b). Este peso hace que la rentabilidad de este tipo de biocarburantes esté muy afectada por la evolución de los precios de las materias primas en los mercados internacionales. Si los ingresos por ventas no se pueden ajustar a la volatilidad de estos precios, los márgenes de la actividad se resienten consecuentemente.

En este sentido, los biocarburantes convencionales han visto cómo sus costes de producción aumentaban en los últimos años debido al aumento de los precios de las materias primas.

Entre 2005 y 2013, los precios del maíz casi se han triplicado en términos nominales, los del aceite de palma y soja y el del trigo se han duplicado y los del aceite de colza y el azúcar han experimentado incrementos superiores al 50%, a pesar del descenso generalizado de los precios nominales de las materias primas en los dos últimos ejercicios (ver Gráfico 3).

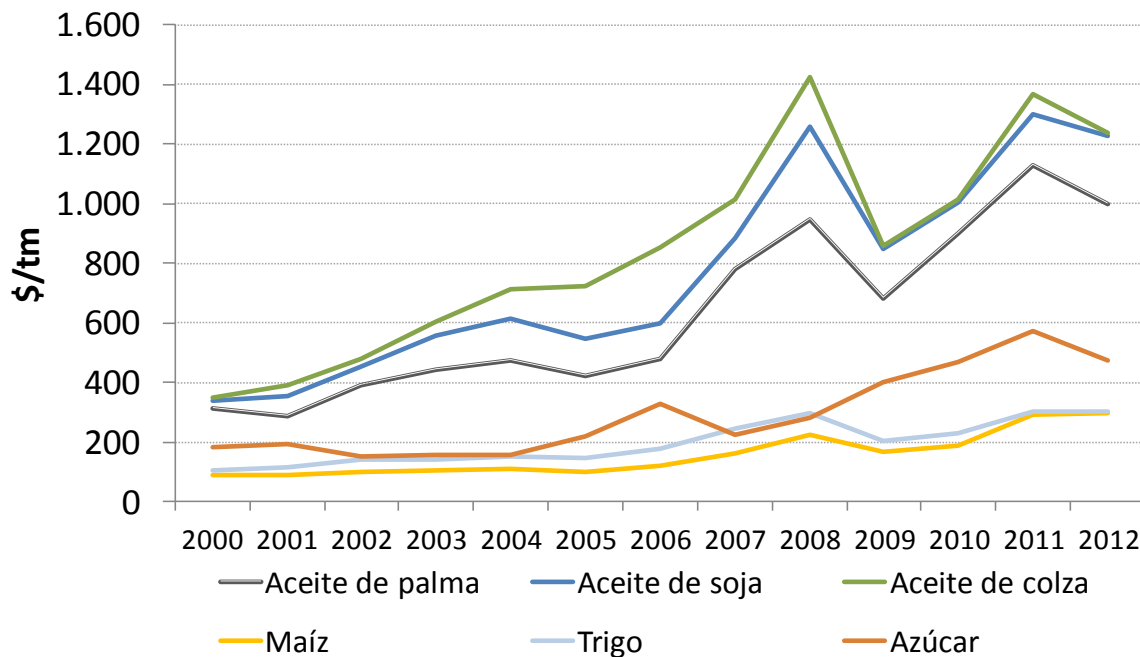


Figura 3: Evolución del precio de las materias primas para la producción de biocarburantes convencionales. Fuente: Banco Mundial y Fondo Monetario Internacional.

Además del precio en los mercados internacionales, el peso de la materia prima en el coste también se ve afectado por el rendimiento, esto es, por la cantidad de biocarburante que se puede producir a partir de cada materia prima. Las mejoras en el diseño y eficiencia de los procesos de conversión se traducen en incrementos de la productividad. Sin embargo, en el caso de los biocarburantes convencionales, esta posibilidad de mejoras es limitada, dado que los procesos de conversión, comparativamente muy maduros, se encuentran generalmente optimizados.

Además de la materia prima, para la cuantificación de los **costes totales de producción**, también hay que incluir los costes del capital necesario para la construcción y puesta en marcha de las plantas de producción, y los restantes operativos, distintos del de la materia prima, junto con el precio de los co-productos obtenidos en el proceso de conversión, que permiten minorar el coste total de producción.

En el caso del bioetanol, según las estimaciones de la INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA), la inversión se sitúa entre 0,7 y 0,75 dólares por litro de capacidad anual de producción instalada¹ (ver IRENA 2013 b). Los principales co-productos obtenidos en el proceso de conversión son el DDGS (“Dried Distillers Grains with Solubles”) en el caso del bioetanol a partir de cereales, empleado en la alimentación animal y cuyo precio evoluciona de forma bastante análoga al del maíz²; o el bagazo en el caso del bioetanol a partir de caña de azúcar, que permite obtener la electricidad y el calor requeridos en los procesos de conversión, lo que explica en buena parte el diferencial de costes con el bioetanol a partir de cereales.

Con todos estos componentes, en 2012, el **coste total de producción de bioetanol** a partir de maíz en Estados Unidos se situó entre 0,94 y 1 dólares por litro de gasolina equivalente (\$/lge), inferior al del bioetanol a partir de otros cereales como el trigo, más común en Europa, cuyo rango superior habría excedido los 1,40 \$/lge. Por su parte, el coste de producción del bioetanol a partir de caña de azúcar en Brasil se situaría entre 0,7 y 0,9 \$/lge. Es decir, el coste se situó por encima del precio mayorista de la gasolina, salvo en el caso del bioetanol a partir de caña de azúcar (ver Gráfico 4).

En lo que respecta a la **producción de biodiésel**, las inversiones son generalmente inferiores a los del bioetanol, gracias a las mayores economías de escala, y se situarían entre 0,45 y 0,8 dólares por litro de capacidad anual instalada³ (la parte alta del rango corresponde a las plantas que procesan aceite de palma).

En cuanto a los co-productos, el precio de la glicerina obtenido del proceso de esterificación es muy volátil, aunque se puede estimar en el rango de 0,01-0,06 dólares por litro de biodiésel producido (ver IRENA 2013 b). Respecto a los costes operativos, además de la materia prima, los más importantes son el del alcohol (generalmente metanol) empleado en el proceso de esterificación y los costes energéticos.

De esta manera, el **coste total de producción del biodiésel** convencional a partir de aceite de soja se situó en 2012 en torno a 1,3 dólares por litro de diésel equivalente (\$/lde), el biodiésel

¹ Este coste corresponde a una planta típica de bioetanol a partir de maíz en Estados Unidos. No obstante, se estima que los costes de capital para las plantas de bioetanol a partir de otros cereales no varían mucho respecto a este rango.

² En 2012, los costes de producción del bioetanol a partir de maíz en Estados Unidos hubieran sido entre 0,26 y 0,36 dólares por litro de gasolina equivalente superiores si no se tuvieran en cuenta las ventas de DDGS.

³ Estos costes pueden ser significativamente más bajos en los países en vías de desarrollo gracias a los menores costes de la mano de obra.

producido a partir de aceite de palma en Malasia o Indonesia en aproximadamente 1 \$/lde y el biodiésel europeo a partir de aceite de colza en unos 1,35 \$/lde, muy por encima del precio mayorista del carburante fósil de referencia en los tres casos (ver Gráfico 4). El coste de producción del biodiésel a partir de jatropha en Malasia es inferior gracias a los menores precios de la materia prima (un 80% inferior que el del aceite de palma).

Dado el actual nivel de eficiencia de las plantas de biocarburantes convencionales, existen pocas posibilidades para un aumento de la competitividad por el lado de la productividad de los procesos de conversión. Por tanto, la evolución de los costes de producción vendrá principalmente marcada por la **evolución del precio de las materias primas**.

Sobre este particular, las previsiones apuntan a que, si bien a corto plazo los precios de las materias primas se relajarán en relación con los máximos de los años 2011-2012, gracias al aumento esperado de la producción, se mantendrán sin embargo en un nivel relativamente alto en términos nominales en el medio y largo plazo por la ralentización del ritmo de crecimiento de la producción, por el aumento de los precios energéticos y por el incremento de la demanda para usos alimentarios.

En base a una primera estimación del nivel de precios de las materias primas IRENA calculó que el coste de producción del bioetanol a 2020, a partir de cereales se podría incrementar entre un 6 y un 9% en comparación con los niveles de 2012, mientras los costes de producción del bioetanol a partir de caña de azúcar en Brasil aumentarían entre un 20% y un 22% y los costes de producción del biodiésel a partir de aceites vegetales un 8%⁴ (ver Gráfico 4). Sin embargo, en base a los datos más recientes disponibles, dichas estimaciones han sido actualizadas a la baja (ver OCDE-FAO, 2013), lo cual permitiría pensar en un escenario de incremento moderado de los costes de producción de los biocarburantes convencionales en el horizonte del año 2020 en relación con 2012.

2.2. Los biocarburantes avanzados

El término **biocarburantes avanzados** (o también biocarburantes de segunda y tercera generación) se utiliza comúnmente para referirse a aquéllos que han sido producidos a partir

⁴ La previsión inicial de la OCDE-FAO para el sector agrícola hasta 2020 era un aumento del precio en términos nominales del maíz del 1% entre 2012 y 2020, del 11% para el trigo, del 25% para la caña de azúcar en Brasil y del 10% para los aceites vegetales.

de materias primas que no compiten con usos alimentarios, como, los residuos agrícolas, forestales y ganaderos, la fracción orgánica de los residuos urbanos, las algas etc. Se estima que la producción de este tipo de biocarburantes despegue a partir de 2020 para alcanzar un 20% del total del consumo de biocarburantes en 2035 (ver AIE 2013 b).

Una de las principales **ventajas** de los biocarburantes avanzados frente a los biocarburantes convencionales (o de primera generación), es que podrían aportar una mayor reducción de emisiones de gases de efecto invernadero⁵ o que ofrecen la posibilidad de contribuir al cumplimiento de objetivos de política energética en la reducción de la dependencia sin alterar el mercado alimentario⁶, es su menor sensibilidad a la volatilidad del precio de las materias primas, dado que su peso en la estructura general de costes es muy inferior⁷.

Por el contrario, aunque la mayor parte de los proyectos de producción de biocarburantes avanzados se encuentra en una fase pre-comercial (con la notable excepción del hidrobiodiésel producido a partir de aceites vegetales usados o de grasas animales), se puede afirmar que los costes de capital de estos biocarburantes son más altos que el de los biocarburantes convencionales.

Así, en lo que se refiere al **bioetanol avanzado**, las plantas que se acaban de poner en funcionamiento, en construcción o cuya puesta en marcha se prevé en los próximos 3 años, tienen inversiones en el rango de 1,5 a 4,6 dólares por litro de capacidad anual instalada, lo que supone entre 2 y 6 veces más que el de las plantas de bioetanol convencional, pero se estima que dicho rango se podría reducir hasta los 1,8-2,5 dólares cuando las plantas alcancen una escala comercial y los procesos estén optimizados.

En cuanto a los costes de la materia prima, al igual que para los biocarburantes convencionales, los dos componentes a considerar son el precio de la materia prima y su

⁵ Estas reducciones en relación con los carburantes fósiles a los que sustituyen, medidas con la metodología de análisis de ciclo de vida (ACV), son especialmente elevadas en el caso del bioetanol celulósico y del biodiésel sintético obtenido mediante procesos Fischer-Tropsch, pudiendo superar incluso el 100% si se integran en el análisis los co-productos, excluyendo en todo caso los posibles efectos indirectos de cambio de uso del suelo (ver AIE 2011).

⁶ El análisis de éstas y otras ventajas de los biocarburantes avanzados frente a los convencionales, como su contribución al desarrollo de la actividad en los sectores agrícola y forestal, excede el objeto de este informe, centrado en el análisis de los factores relativos a la competitividad económica de los biocarburantes que pudieran permitir transitar hacia un nuevo modelo de negocio menos dependiente de las ayudas públicas.

⁷ En el caso de la producción de biocarburantes a partir de biomasa lignocelulósica se estiman entre el 30-45% del total de los costes de producción.

rendimiento. En el caso de los residuos agrícolas o forestales, el precio de la materia prima es normalmente despreciable dada su amplia disponibilidad en los emplazamientos agrícolas y forestales, pero podría llegar a superar los 80 dólares por tonelada si los residuos se tuvieran que almacenar y transportar hasta la planta de producción de biocarburantes. La variabilidad de los rendimientos es también muy alta, dependiendo no sólo de la materia prima, sino también de la tecnología empleada para el pre-tratamiento de la biomasa. La maximización del rendimiento en bioetanol de las diferentes materias primas es crucial para su competitividad.

El resto de costes operativos distintos de la materia prima es bastante más elevado que para el bioetanol convencional. El más importante en el caso de las rutas bioquímicas de transformación⁸ es el coste de las enzimas hidrolíticas empleadas. La lignina obtenida de la biomasa permite, sin embargo, obtener excedentes de calor y electricidad; lo que permite reducir de forma significativa los costes de operación.

Sin perjuicio de la poca madurez de los procesos tecnológicos de transformación y de la escasa evidencia empírica obtenida hasta el momento de los pocos proyectos que ya se encuentran operativos, IRENA anticipa que los costes totales de producción del bioetanol avanzado a partir de rutas bioquímicas se podrían situar a corto plazo en el rango de 0,75 a 1,45 dólares por litro de gasolina equivalente (\$/lge), asumiendo un funcionamiento eficiente y continuo de las plantas (asunción ésta que también deberá confirmarse en la práctica).

En el horizonte del año 2020, estos costes se podrían acotar dentro del rango de 0,7-1 \$/lge, siempre que se aprovechara la experiencia obtenida en los primeros proyectos comerciales y aumentara el tamaño del mercado para permitir procesos más eficientes de tipo modular. En cuanto a la tecnología de gasificación indirecta⁹, los costes podrían ser teóricamente más bajos (entre 0,6 y 0,9 \$/lge) aunque es muy incierto.

Finalmente, en cuanto al **biodiésel avanzado** a partir de biomasa lignocelulósica, se puede afirmar que mientras el coste de la materia prima es también significativamente inferior a la del biodiésel convencional, el resto de costes operativos y los costes de capital son, por el contrario, superiores.

Para 2020, las previsiones de IRENA apuntan a que los costes totales de producción del biodiésel celulósico podrían quedar dentro del rango de 0,7-1,3 dólares por litro de diésel

⁸ Rutas tecnológicas basadas en la hidrólisis enzimática de la celulosa para la obtención de azúcares que son objeto de fermentación para obtención de etanol.

⁹ Mediante la gasificación de la biomasa se obtiene un gas de síntesis que puede ser transformado en biodiésel. En esta alternativa tecnológica, los principales costes operativos son los energéticos (ver IRENA 2013 b).

equivalente (\$/lde) en los procesos de gasificación y síntesis Fischer-Tropsch de alta y baja temperatura¹⁰ y en torno a 0,6 \$/lde en las plantas de mayor tamaño con tecnología de transformación mediante pirólisis rápida¹¹.



Figura 4: Rango de costes actuales (2012) y futuros (2020) de los biocarburantes convencionales y avanzados. Fuente: IRENA.

¹⁰ La biomasa pre-tratada se somete a un proceso de gasificación para la obtención de un gas de síntesis (CO+H₂) que es tratado para eliminar impurezas y reformado para ser posteriormente sometido a un proceso de síntesis Fischer-Tropsch de baja temperatura (200-240° C y menos de 20 bares de presión) o alta temperatura (300-350° C y 20-40 bares) (ver AIE Bioenergy Task 39, 2013).

¹¹ En este proceso, la biomasa se somete a un calentamiento rápido en condiciones anaeróbicas para luego ser enfriado, formando un líquido ("biocrudo") que puede refinarse para obtener distintos carburantes con rendimientos especialmente altos en destilados medios (ver IRENA 2013 b).

3. El precio del petróleo como factor clave para la competitividad de los biocarburantes

La **competitividad de los biocarburantes es muy dependiente del precio del crudo**, no sólo porque el precio de los productos petrolíferos a los que sustituyen marca su punto de equilibrio, sino también porque la sensibilidad de los costes de producción de los biocarburantes al precio de los productos derivados del petróleo es decisiva para cuantificar su balance económico.

La Agencia Internacional de la Energía (AIE) en un reciente estudio (ver AIE 2013 a) ha analizado este impacto para **dos escenarios tecnológicos**, uno a corto plazo caracterizado por tecnologías de conversión que aún no se benefician de las economías de escala; y otro a largo plazo en el que las tecnologías habrían alcanzado su plena madurez, el rendimiento de los cultivos y de la productividad de las plantas de transformación habría aumentado y la cadena logística se habría optimizado.

Para cada uno de estos escenarios tecnológicos se ha contemplado una alternativa de precios bajos y otra de precios altos del crudo, definidos por los extremos inferior y superior de la banda de fluctuación previsible de precios para los próximos años (60 \$/barril y 150 \$/barril, respectivamente). El impacto del precio del petróleo se cuantifica a través de dos métodos:

- a) vinculando el coste de producción a la cantidad de productos derivados del petróleo empleados en su producción (“Petroleum Intensity Method” o PIM)¹²;
- b) vinculando los inputs empleados en el proceso productivo a la relación histórica entre el input y el combustible de referencia (“Historical Trend Method” o HTM).

La comparación de costes que realiza la AIE incluye no sólo diversas rutas de biocarburantes, sino también otros carburantes alternativos en términos de coste por distancia recorrida (\$/100 km), lo cual permite integrar en el análisis además de las diferencias en contenido energético de cada alternativa, la eficiencia de las respectivas tecnologías de propulsión.

¹² Esta alternativa emplea coeficientes input-output del modelo GREET (“Greenhouse Gases, Regulated Emissions and Energy Use in Transportation”), basado en un análisis completo del ciclo de vida de los carburantes.

Algunas de las **conclusiones más relevantes** que se pueden extraer de este análisis (ver Tabla 1) son las siguientes:

- 1) En el actual escenario tecnológico, se confirma que el único biocarburante con costes similares por km recorrido a los de los carburantes fósiles incluso en un escenario de precios bajos del petróleo es el bioetanol producido a partir de caña de azúcar en Brasil, que se beneficia del menor precio de la materia prima en dicho país y del mayor rendimiento de las plantas de producción gracias a su mayor tamaño y eficiencia operativa.

Conforme aumenta el precio del crudo, algunos otros biocarburantes convencionales como el bioetanol a partir de maíz también podrían alcanzar la paridad en costes, pero sólo cuando se emplea el método basado en la relación histórica para medir el impacto del aumento del precio del petróleo.

- 2) El biodiésel convencional a partir de aceites vegetales presenta productividades comparativamente bajas y es altamente sensible a incrementos en el precio del crudo incluso en situación de plena madurez del mercado, por lo que sus costes por kilómetro recorrido son superiores a los del bioetanol convencional.
- 3) A largo plazo y con una situación de plena madurez del mercado, también los biocarburantes avanzados como el bioetanol a partir de biomasa celulósica y los carburantes sintéticos Fischer-Tropsch a partir de biomasa (BTL) podrían llegar a ser competitivos en un escenario de altos precios del crudo.
- 4) El biometano para uso como carburante se puede beneficiar de la creciente penetración del gas natural vehicular (infraestructuras de distribución e instalaciones de suministro) y de su menor sensibilidad a la evolución de los precios del crudo pudiera contribuir a la desindexación de los precios del gas natural respecto a los del petróleo, lo cual lo convierte en una alternativa atractiva en escenario de altos precios del petróleo.
- 5) Es especialmente relevante que algunos carburantes alternativos no renovables como el gas natural vehicular (GNV) y los carburantes sintéticos a partir de gas natural (GTL) o de carbón (CTL), presentan mejor rendimiento que los biocarburantes en términos de coste por km recorrido en prácticamente todos los escenarios. La ventaja comparativa de los biocarburantes frente a estas alternativas, está en su mayor grado de integración en las actuales infraestructuras de suministro y distribución de los carburantes fósiles.

Tabla 1: Costes (en \$/100 km) de distintos carburantes alternativos en relación con los carburantes fósiles. Fuente: AIE.

Carburante	Escenario Tecnológico actual			Escenario Tecnológico maduro		
	60 \$/b	150 \$/b (PIM)	150 \$/b (HTM)	60 \$/b	150 \$/b (PIM)	150 \$/b (HTM)
Gasolina	6,05	15,13	15,13	4,31	10,76	10,76
Diesel	5,63	14,06	14,06	3,88	9,71	9,71
Biodiésel (aceite de colza)	10,40	21,49	16,95	5,54	7,27	10,62
Etanol (maíz)	9,78	17,75	14,73	4,45	6,12	9,34
Etanol (caña de azúcar)	6,91	14,01	10,95	4,09	5,39	6,69
BTL	10,10	26,34	13,88	5,36	11,63	7,89
Etanol celulósico	11,82	29,43	14,51	5,50	12,41	7,96
Biometano	8,45	18,75	10,69	4,51	9,44	6,50
GTL	7,75	15,61	13,38	4,56	7,41	8,44
CTL	5,44	12,12	8,20	3,21	5,42	5,40
GNV	4,04	5,35	6,50	2,03	1,88	4,02

Como resumen de este análisis se puede decir que, con independencia de que las hipótesis empleadas se cumplieran finalmente, lo importante es que **la evolución de los costes de producción de los biocarburos no se puede analizar aisladamente de la del precio del petróleo**. En este sentido, los biocarburos podrían ser competitivos en coste en relación con los petrolíferos si, sobre todo en un escenario de altos precios del petróleo, los precios de la materia prima se desacoplaran al precio del petróleo. Por el contrario, en el caso de los biocarburos avanzados, que utilizan materias primas residuales, pudieran llegar a ser competitivos para instalaciones existentes en un escenario de altos precios del petróleo.

4. Un nuevo modelo de negocio más integrado

La industria de los biocarburantes atraviesa un momento crítico en su evolución en Europa. Los altos precios de las materias primas y su elevada volatilidad, los márgenes históricamente estrechos, la sobrecapacidad de producción, el límite de incorporación volumétrica de biocarburantes a los carburantes convencionales marcado por las especificaciones técnicas, el contexto económico general y el actual escenario de incertidumbre regulatoria dibujan a corto plazo un panorama poco atractivo.

Como señalaba recientemente Philip New, principal ejecutivo de BP BIOFUELS, el momento de innovaciones rupturistas parece haber quedado atrás, al menos provisionalmente, en la industria de los biocarburantes. Es el momento, en su opinión, de llevar a la primera línea de la estrategia competitiva la excelencia operativa, de extender la innovación desde el laboratorio hacia las operaciones y de buscar una mayor integración en distintos ámbitos del negocio.

A continuación se analizan dos escenarios en los que parece estar materializándose un nuevo modelo de negocio más integrado.

4.1. Integración vertical de la cadena de valor

El futuro de la industria de los biocarburantes pasa por **nuevos modelos de colaboración** entre los distintos agentes que intervienen en su cadena de valor. Esta integración es patente en los nuevos proyectos de instalaciones de biocarburantes avanzados tanto en Europa, como en Brasil y Estados Unidos. La mayoría de estos proyectos se han generado a partir de *joint ventures*, en distintas combinaciones, entre productores de biocarburantes, empresas del sector agroindustrial, empresas que han desarrollado diversas tecnologías de transformación de la biomasa y compañías petroleras.

El gráfico siguiente representa, para los tres ámbitos geográficos señalados, el **reparto de la capacidad de producción** de biocarburantes avanzados a escala comercial, en funcionamiento, en construcción o cuya finalización se prevé dentro de los próximos 3 años por tipo de empresa. Para esta primera aproximación al objeto de análisis, se han excluido los proyectos de hidrobiodiésel (HVO por sus siglas en inglés) para permitir una mayor

homogeneidad en la comparación, dado que una parte muy significativa de las plantas operativas de HVO se hallan ubicadas en Europa¹³.

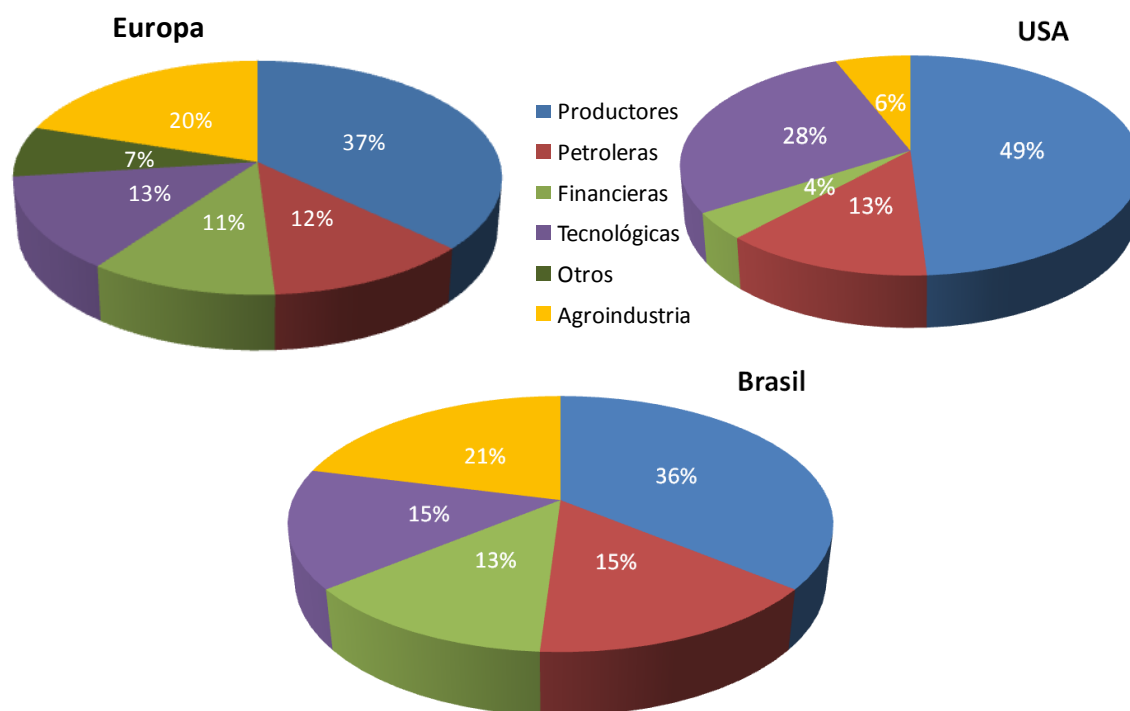


Figura 5: Reparto de la capacidad de producción de biocarburos avanzados (excluido el HVO) por tipo de compañía.
 Fuente: Elaboración propia a partir de información Environmental Entrepreneurs, AIE Bioenergy Taskforce 39, Biofuels Digest y páginas Web de las compañías.

Como se puede observar, existe un reparto análogo de la capacidad de producción por tipo de empresa en los tres ámbitos geográficos. La participación mayoritaria corresponde a los propios **productores de biocarburos**¹⁴, entre los que predominan las compañías centradas exclusivamente en la producción de biocarburos de segunda y tercera generación, que

¹³ La compañía NESTE OIL es titular de 3 plantas de HVO en Europa con una capacidad total aproximada de 1,2 millones de toneladas anuales (Tm/año), lo cual representa casi el 50% de la capacidad total de producción de biocarburos avanzados en Europa y más de un 90% de la capacidad europea de HVO. En Estados Unidos hay también 3 plantas de escala comercial con una capacidad total de 900 mil Tm/año (más del 45% de la capacidad total de biocarburos avanzados en dicho ámbito territorial).

¹⁴ En Estados Unidos destacan KiOR, POET, ABENGOA, MASCOMA o ZeaCHEM; en Europa BioMCN, VAPO (empresa de bioenergía, en general) y SEKAB; y en Brasil, AMYRIS, SOLAZYME o COSAN (esta última extiende sus actividades al sector alimentario y logístico).

coexisten sin embargo con algunos productores de biocarburantes convencionales que han realizado la transición tecnológica hacia los biocarburantes avanzados¹⁵.

Por su parte, diversas **empresas del sector agroindustrial, de gestión forestal y de distribución de productos alimentarios**¹⁶ han extendido su ámbito de actividad verticalmente en la cadena de valor desde el suministro de materias primas hasta la producción de biocarburantes a partir de biomasa lignocelulósica y grasas animales, con una participación especialmente alta en Europa; USA y Brasil, focalizada principalmente en el desarrollo tecnológico.

Asimismo, existe una relevante presencia de **compañías petroleras**¹⁷, que con su participación en estos proyectos buscarían asegurar un mayor control sobre las fuentes de suministro que les permitirán cumplir los mandatos de comercialización de biocarburantes avanzados. Su participación es porcentualmente más elevada en Brasil, donde diversas compañías petroleras ya estaban presentes en la producción de biocarburantes convencionales a partir de la materia prima con mayores ventajas competitivas (la caña de azúcar) y ahora han constituido *joint ventures* con productores locales para la producción y comercialización de biocarburantes avanzados.

Otro grupo de empresas con participación significativa en estos proyectos de biocarburantes avanzados, especialmente en Estados Unidos, es el constituido por proveedores de productos y **servicios tecnológicos** y de ingeniería en el ámbito de la bioquímica y la biotecnología¹⁸, lo cual refleja la importancia fundamental de las distintas rutas tecnológicas de transformación para la viabilidad económica de estos proyectos.

Finalmente, el resto de la capacidad de producción se reparte entre **entidades financieras**, tanto privadas (especializadas en proyectos de capital riesgo¹⁹), como públicas (centradas en la financiación de proyectos de desarrollo regional) y diversos organismos locales, asociaciones sindicales y grandes consumidores que se han agrupado en la categoría de "Otros".

¹⁵ ABENGOA, POET o COSAN.

¹⁶ Destacan BUNGE, CARGILL y UPM.

¹⁷ TOTAL, GALP ENERGÍA o DONG ENERGY en Europa; VALERO, TOTAL y DONG ENERGY en Estados Unidos; y TOTAL y SHELL en Brasil.

¹⁸ NOVOZYMES, CHEMTEX, DuPONT, DOW, SIEMENS y Royal DSM, principalmente.

¹⁹ Destaca la presencia de TPG CAPITAL en proyectos de los tres ámbitos geográficos.

Si se incluyeran en el análisis las **plantas de HVO**, el resultado agregado para los tres ámbitos geográficos analizados sería que las empresas renovables y petroleras se repartirían a partes prácticamente iguales más del 70% de la capacidad total de producción de biocarburantes avanzados, la participación de las compañías del sector agroindustrial ascendería a aproximadamente un 12%, el de las empresas tecnológicas a un 10% y el de las financieras a un 4%.

En definitiva, la conveniencia de compartir los riesgos asociados a los nuevos proyectos de producción de biocarburantes avanzados está generando diversos modelos colaborativos entre los agentes de la cadena de valor de la industria de los biocarburantes que están conformando un modelo de negocio más integrado verticalmente.

4.2. Integración operativa: las biorrefinerías

El otro ámbito en el que se está registrando una mayor integración en la industria derivada de la biomasa es en las denominadas “**biorrefinerías**”; instalaciones que pueden procesar diferentes tipos de biomasa para la obtención de diversos productos: energéticos (biocarburantes, pero también calor y electricidad) y químicos, en las que se integra el objeto industrial principal, la producción de biocarburante, con el aprovechamiento energético y químico de los co-productos para rebajar los costes de producción (ver AIE Bioenergy Task 42, 2013).

Las “biorrefinerías” permiten una minimización de la generación de subproductos gracias al máximo aprovechamiento de las materias primas, aumentando la rentabilidad; además, aumentan los ahorros de emisiones de gases de efecto invernadero gracias a la reducción del consumo de fuentes fósiles para la obtención de la energía empleada en los procesos de conversión. Por otro lado, cuanto mayor sea la flexibilidad de uso de diversas materias primas, mayor el rango de productos obtenidos, no sólo energéticos sino también bioquímicos.

Ya existen en la actualidad “biorrefinerías” a escala comercial basadas en **plataformas tecnológicas de conversión** orientadas a la producción principalmente de biodiésel a partir de diversos aceites vegetales y de residuos (aceites de cocina usados y grasas animales). En ellas se obtiene como co-producto glicerina para usos farmacéuticos. Los desarrollos futuros de este tipo de biorrefinería están orientados a maximizar los outputs de productos bioquímicos como lubricantes y plastificantes. Sin embargo, la capacidad excedentaria de energía en este

tipo de “biorrefinería” cubre sólo parcialmente las necesidades de estas plantas (ver AIE Bioenergy Task 42, 2013).

La segunda plataforma tecnológica de “biorrefinerías” que actualmente operan a escala comercial está orientada a la obtención como producto principal de bioetanol. En Europa, la mayor parte de estas “biorrefinerías” emplean como materia prima cereales y cultivos ricos en azúcares, como la remolacha, obteniendo DDGS como co-producto. En Brasil se emplea como materia prima la caña de azúcar y se obtienen como co-productos calor y electricidad (a partir del bagazo de la caña de azúcar), además de azúcar. El futuro de estas “biorrefinerías” está orientado a la obtención adicional de lípidos a partir de los azúcares (lo que permitiría producir biodiésel y bioqueroseno para la aviación) y al empleo como materia prima también de residuos agrícolas.

Además de estas últimas, existen a **escala pre-comercial** diversos proyectos que emplean biomasa celulósica y residuos como materias primas, sustentadas sobre plataformas que admiten distintas combinaciones operativas y rutas tecnológicas de transformación.

5. Conclusiones

Las medidas de apoyo público que se han otorgado a los biocarburantes durante los últimos años les han permitido superar el umbral del 3% de la energía total empleada en el transporte por carretera a nivel mundial.

Sin embargo, esta dependencia de las ayudas públicas supone una clara debilidad de la industria de los biocarburantes, que debería evolucionar hacia un **modelo de negocio menos vulnerable basado en la búsqueda de la competitividad en costes** con los carburantes fósiles a los que sustituyen.

En este sentido, el coste de producción de los **biocarburantes convencionales** sigue siendo mayor que el de los carburantes fósiles, con la única excepción del bioetanol producido en Brasil a partir de caña de azúcar. El coste de la materia prima representa, con mucha diferencia, el principal concepto dentro de la estructura de costes de los biocarburantes convencionales (entre el 60 y el 90%). Dado que las posibilidades de mejora de eficiencia operativa son ya muy reducidas, la evolución de los costes de producción de este tipo de

biocarburantes vendrá determinada por la evolución de los precios de las materias primas en los mercados internacionales.

Por su parte, los **biocarburantes avanzados** son aún más caros de producir que los convencionales, pero presentan la ventaja de su menor sensibilidad a la evolución del precio de las materias primas; además, dado que sus costes de capital son más altos que para los convencionales, su potencial de reducción es mayor, siempre y cuando se consiguiera superar la etapa de aprendizaje de los primeros proyectos que han empezado a ponerse en marcha. No obstante, las alternativas tecnológicas de transformación (como la pirolisis rápida) que pudieran presentar mejores perspectivas de reducción de costes se encuentran aún en un estadio muy prematuro de desarrollo, por lo que es muy improbable que alcancen una escala comercial antes del año 2020.

En cualquier caso, pocas alternativas de biocarburantes serán competitivas con los carburantes fósiles tanto a corto como a largo plazo. Los escenarios comparativos de competitividad en costes de los biocarburantes presentan una elevada **sensibilidad** a diversos factores, entre los que el **precio del crudo** es uno de los más relevantes, dado que los productos petrolíferos se emplean en buena parte de los procesos de cultivo o recogida de las materias primas, de su transporte y de su transformación en biocarburantes.

En general, se puede afirmar sin temor a equivocarse que la industria de biocarburantes está en un momento crítico de su evolución. El reto de la transición hacia los biocarburantes producidos a partir de materias primas que no compitan con los usos alimentarios humanos o animales es un factor clave en esa evolución, ya que permitirá vencer las reticencias que se han generalizado en torno al impacto medioambiental y social de los biocarburantes. Para afrontar éste y otros retos se está conformando un **nuevo modelo de negocio, más integrado**.

Este nuevo modelo se percibe en la cadena de valor de la industria de los biocarburantes avanzados, en la que se han configurado distintas combinaciones de integración vertical a fin de maximizar las capacidades diferenciales de cada agente (suministradores de materia prima, transformadores, proveedores de tecnología y compañías petroleras) y de compartir los riesgos asociados a los nuevos proyectos de biocarburantes de segunda y tercera generación. Y también es perceptible en la progresiva implantación del modelo operativo integrado de las denominadas “biorrefinerías”.

Bibliografía

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA) (2013 a), "Production of Liquid Biofuels. Technology Brief".

- (2013 b), "Road transport: the cost of renewable solutions".

ENVIRONMENTAL ENTREPRENEURS (2013), "*Advanced Biofuel Market Report. Capacity through 2016*".

AGENCIA INTERNACIONAL DE LA ENERGÍA (AIE) (2011), "*Technology Roadmap Biofuels for Transport*".

- (2013 a), "*Production costs of alternative transportation fuels influence of crude oil price and technology maturity*".
- (2013 b), "World Energy Outlook 2013".

AIE BIOENERGY TASK 39 (2013), "*Status of Advanced Biofuels Demonstration Facilities in 2012*".

AIE BIOENERGY TASK 42 (2013), "*Biofuel-driven Biorefineries*".

THE BOSTON CONSULTING GROUP (2013), "*The U.S. Biofuel Race, Hype or Reality?*"

OCDE-FAO (2013), "*Agricultural Outlook 2013-2022*".

FONDO MONETARIO INTERNACIONAL, "*IMF Primary Commodity Prices*".

(<http://www.imf.org/external/data.htm>)

BANCO MUNDIAL, Commodity Markets.

(<http://econ.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/EXTDEC/EXTDECPROSPECTS/0,,contentMDK:21574907~menuPK:7859231~pagePK:64165401~piPK:64165026~theSitePK:476883,00.html>).

FUNSEAM

FUNDACIÓN PARA LA SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA Y AMBIENTAL 2014.