

II. Análisis comparativo de patentes en la cadena de producción de biocombustibles entre América Latina y el resto del mundo

Sofía Boza y Alberto Saucedo

A. Introducción

Los biocombustibles se han planteado como una fuente energética alternativa para disminuir la dependencia global de los combustibles fósiles. No obstante, se ha demostrado que no todas las experiencias emprendidas en torno a la producción de biocombustibles han sido igual de eficientes desde el punto de vista económico. Asimismo, la sustentabilidad ambiental de dichos procesos productivos (estimada principalmente a través de la comparación del balance energético, hídrico y de emisiones) es divergente en muchos casos. Estas diferencias pueden estar ocasionadas por las distintas características agronómicas de las zonas de cultivo, por las técnicas de producción y por el tipo de materias primas, así como por los procesos de transformación de las materias primas.

El grado de desarrollo tecnológico de los encadenamientos productivos en torno a la obtención de biocombustibles va a ser determinante para poder atenuar las limitaciones señaladas, así como para potenciar las ventajas relativas. La producción de algunos biocombustibles avanzados, los cuales tienen más fácil acogida social porque no compiten de manera directa con la obtención de alimentos, depende en gran medida de avances en el campo de la investigación aplicada.

Por todo ello, para cualquier país que desee desarrollar una estrategia coherente y eficaz en torno a la producción de biocombustibles resulta importantes la promoción del desarrollo tecnológico relativo al sector. Para evaluar si se está avanzando en esa materia, una de las variables más significativa es el número de patentes propiedad de entidades (o individuos) localizados en un país o zona geográfica.

Dado ese contexto, el objetivo de este estudio es determinar el posicionamiento relativo de América Latina y el Caribe, dentro del escenario global de innovación en biocombustibles. Para ello, en primer lugar, identificaremos las patentes sectoriales con propietarios localizados en los distintos países de la región. Asimismo, observaremos las patentes relativas a la producción de biocombustibles solicitadas por entidades de otras partes del mundo, sobre todo en economías emergentes.

B. Metodología y recursos

La consideración de las patentes registradas como indicador nos permite obtener una imagen de la evolución de cada país (o institución) en la generación de innovaciones aplicables a distintas actividades económicas (Lugones et. al., 2007). Caracterizar las dinámicas relativas al registro de nuevas patentes facilita, por tanto, una primera valoración del esfuerzo innovador (en intensidad y eficiencia) para un determinado sector productivo. La visión agregada a nivel regional nos da un panorama aproximado de cómo se traduce el gasto en investigación y desarrollo en resultados patentables en las distintas áreas geoeconómicas globales.

En el presente trabajo desarrollaremos un análisis de la situación de las patentes relativas al sector de los biocombustibles, en sus distintos encadenamientos productivos, tanto en América Latina y el Caribe, como en el resto del mundo. De esta manera, además de enfocarnos en la caracterización de los resultados de la innovación concerniente al sector en la región, podremos comparar los registros obtenidos, con las dinámicas que se han dado en otros lugares. Ello nos permitirá dar una idea del aporte de la investigación en América Latina y el Caribe al progreso técnico en el sector de los biocombustibles a nivel global.

1. Fuentes de información

Para materializar los objetivos de la investigación realizamos una búsqueda de patentes en la *Base de datos Esp@cenet*, de la Oficina Europea de Patentes (EPO). La plataforma electrónica *Esp@cenet* surgió en 1998 a partir de una iniciativa de la EPO, como una base de datos gratuita e íntegramente disponible en internet que contiene, en la actualidad, alrededor de sesenta millones de documentos relativos a patentes de Europa, Estados Unidos, Japón y otros países miembros de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (WIPO). La información ofrecida por *Esp@cenet* procede principalmente de las bases de datos de la propia EPO, de WIPO y de la base de datos Worldwide. Los antecedentes relativos a la procedencia y tecnología de las patentes contenidas en esta última base han conformado nuestro universo de datos.

La base *Esp@cenet Worldwide* abarca las solicitudes de patentes publicadas en un total de noventa y dos países (y regiones). Dado el ámbito geográfico prioritario de nuestro análisis, es importante hacer destacar que en 2003 diversas instituciones relacionadas con la protección de la propiedad intelectual en América Latina se comprometieron a poner a disposición de la EPO su acervo de información nacional sobre patentes para que fuera hecho público a través de *Esp@cenet*.

Es importante destacar la posibilidad de una subestimación del esfuerzo innovador en América Latina (y otras regiones en desarrollo) tomando las patentes registradas en *Esp@cenet* como indicador.

En primer lugar, según señalan Lugones et. al (2007), en la región hay una cierta tendencia al sub-patentamiento debido a los costos y los trámites que representa, así como a una menor valoración de las ventajas que conlleva dicho procedimiento. De igual manera, aún cuando se haya solicitado la patente, es probable que la información relativa no se haga llegar de manera continuada y puntual a la Oficina Europea de Patentes. Por último, no todos los países de la región comparten sus registros de patentes con la EPO.

2. Selección de los parámetros de búsqueda de las patentes

Debido a lo relativamente reciente de la penetración de la producción de biocombustibles líquidos en América Latina (exceptuando el caso de Brasil) se ha utilizado un intervalo de tiempo para acotar la búsqueda a las solicitudes de patentes publicadas entre 2006 y 2010. Asimismo, para centrar nuestro interés en la calidad de los procesos de investigación, los datos seleccionados corresponden a familias de patentes⁷ en aquellos casos que una misma invención haya dado lugar a documentos de solicitud de patente en distintos países.

Además, nuestra búsqueda de patentes tiene en cuenta una selección de tecnologías de obtención de las principales materias primas, productos intermedios y finales relativos a los biocombustibles. En las siguientes secciones se recapitulan las características de las distintas cadenas productivas sectoriales.

C. Características de la producción de biocombustibles

1. Características de la producción de bioetanol

El bioetanol se obtiene a partir de los azúcares presentes en distintas materias primas vegetales. No obstante, la biomasa inicial a partir de la cual se extrae dicho contenido sacaroso no tiene necesariamente que caracterizarse por ser esencialmente azucarada, sino que también puede ser almidonada o lignocelulósica. Obviamente, en el primero de los casos el proceso de generación del etanol es mucho más directo, lo cual repercute en los costos de producción. Sin embargo, hay otros factores a considerar a la hora de decidir qué materia prima utilizar, como por ejemplo, la caracterización agronómica de la zona de cultivo. Dicho lo anterior, podemos señalar algunas de las materias primas más comunes para la obtención de etanol:

- i) En base a azúcares: caña de azúcar, remolacha y sorgo dulce.
- ii) En base a almidón: trigo, maíz y mandioca⁸.
- iii) En base a celulosa: árboles (eucalipto, álamo, sauce), hierbas (*bermudagrass*, *switchgrass*, *miscanthus*) y residuos agrícolas.

En el caso de las materias primas en base a azúcares, el proceso para la obtención de etanol se basa en primer lugar en la extracción del contenido de sacarosa presente en las mismas. Tras su extracción, el jugo que se obtiene se fermenta y el bagazo (biomasa lignocelulósica sobrante) normalmente se seca y se quema para generar energía (Cheng y Timilsina, 2010). Finalmente, el jugo fermentado se somete a un proceso de destilación y deshidratación a fin de filtrarlo de manera que el porcentaje de etanol presente en el líquido resultante sea cada vez mayor. Cuando la materia prima utilizada es almidonada, antes de la extracción de los azúcares debe realizarse un proceso de

⁷ Cuando una misma invención patentable genera distintos documentos se denomina a dicho conjunto familia de patentes. Esta situación depende principalmente de la fase de tramitación en la que se encuentre la patente y de la diversidad de países en los que se solicite su reconocimiento. Aquella solicitud que se realice en primer lugar es la que identifica a toda la familia y se conoce como solicitud prioritaria.

⁸ En nuestro estudio, sólo vamos a detallar las patentes relativas a la obtención de la mandioca dentro de los cultivos amiláceos, ya que el trigo y el maíz no han tenido un gran impacto en la producción de bioenergía en la región.

sacarificación mediante el cual el almidón se transforma en azúcar extraíble. Asimismo, si la materia prima es lignocelulósica debe llevarse a cabo un proceso de pretratamiento (físico, químico o biológico) para conservar la celulosa y la hemicelulosa aislando la lignina. Es por ello que se favorece el uso de aquellas materias primas lignocelulósicas con menor contenido de lignina. Posteriormente debe someterse la materia prima a un tratamiento de hidrólisis enzimática, para transformar la celulosa y la hemicelulosa en sacáridos.

2. Características de la producción de biodiesel

El biodiesel se obtiene a través de un proceso denominado transesterificación, a partir de la transformación de grasas y aceites. A partir de dicho tratamiento, en el cual se facilita la reacción del lípido normalmente mediante un grupo alcalino, además de biodiesel se genera también glicerina. En ciertos casos, previamente a la transesterificación se realiza un pretratamiento de las materias primas, basado en la esterificación de los lípidos, el cual tiene como finalidad el convertir los mismos en ésteres.

Tradicionalmente, las materias primas más utilizadas para la generación de biodiesel han sido algunos cultivos oleaginosos, entre los que destacan la soja, la palma aceitera y el raps (colza). Asimismo, en los últimos años se han realizado numerosas experiencias que pretenden agregar un nuevo cultivo a la lista señalada: la *Jatropha curcas*. El interés por dicha especie proviene principalmente de que es capaz de soportar condiciones agronómicas muy desfavorables en su crecimiento, por lo cual puede cultivarse en terrenos marginales. No obstante, si no se dan las condiciones agronómicas adecuadas, el contenido de aceite de sus frutos será bajo. Por otra parte, algunas algas con alto contenido oleico se postulan como materia prima para biodiesel de generaciones avanzadas.

3. Otros combustibles a partir de biomasa

En la producción tanto de biodiesel como de bioetanol sólo se utiliza parte de la materia prima, por lo cual se origina cierto desperdicio de biomasa (Cheng y Timilsina, 2010). Tratando de aprovechar estos recursos se ha ahondado en distintos procesos de conversión de dichos materiales residuales en fuentes energéticas viables. Uno de los tratamientos más comunes enfocados al propósito señalado es la gasificación. Éste es un proceso termoquímico por el cual la biomasa se somete a temperaturas elevadas, lo que hace que las sustancias orgánicas, tanto sólidas como líquidas, se transforman en productos gaseosos combustibles (BNDES & CGEE, 2008). Dichos aprovechamientos reciben normalmente el nombre de gas de síntesis (*synthetic gas* o *syngas*).

Una vez obtenido, el gas de síntesis puede ser utilizado como fuente energética o bien puede ser sometido a distintos tratamientos de conversión adicionales. Uno de ellos es su transformación en hidrocarburo líquido mediante una síntesis catalítica Fischer-Tropsch. Dicho proceso está implicado en la obtención final de metanol, dimetiléter y diesel Fischer Tropsch. Asimismo, a partir de la reacción del monóxido de carbono presente en el gas de síntesis con vapor de agua (*water-gas shift reaction* o *WGS*) se puede aislar la fracción de hidrógeno (combustible) que lo compone.

Por otra parte, al igual que el bioetanol, mediante los procesos de fermentación de los azúcares de la biomasa vegetal se puede generar biobutanol. El biobutanol plantearía ciertas ventajas con respecto al etanol: a) mayor contenido energético, b) menor volatilidad, c) mayor compatibilidad con tecnologías para uso de combustibles convencionales, e) menor corrosión, f) menor hidrofilia y g) obtención de hidrógeno como subproducto (Machado, 2010a). No obstante, se han identificado también algunos cuellos de botella en su proceso de elaboración entre los cuales destaca la escasa productividad de la generación de butanol en relación con la fabricación de etanol. Esta circunstancia está relacionada con la baja concentración de butanol combustible presente en el producto final debido a la alta toxicidad del mismo (Melzoch et. al., 2010).

A partir de los cultivos oleaginosos, a través de procesos de prensado y extracción, también se obtiene aceite vegetal. Éste puede ser utilizado como combustible (sin someterse a la transesterificación) recibiendo dicho producto la denominación de bio-oil. La composición del bio-oil es de origen

preeminente vegetal, lo cual lo hace completamente biodegradable. El bio-oil puede ser obtenido, a su vez, a partir de biomasa lignocelulósica sometida a procesos de pirólisis rápida o flash (descomposición térmica de materia orgánica en entornos anaeróbicos con duración máxima de cinco segundos) o de licuefacción hidrotermal (puesta en contacto de la biomasa con agua a elevados niveles de presión y temperatura).

Por último, debemos referirnos al biogás, un combustible de alto poder calorífico que está suscitando un interés creciente debido a sus posibilidades en la reutilización de residuos. Éste se genera por la degradación de materia orgánica en un entorno anaeróbico a través de la acción de bacterias (y otros agentes). Aunque en principio en la obtención de biogás se consideraban esencialmente como materias primas los desechos urbanos, residuos animales y lodos sanitarios, actualmente se avanza en el aprovechamiento de múltiples residuos agropecuarios (tanto procedentes de las explotaciones como de la agroindustria). Además de la reutilización de los residuos aumentando la suficiencia energética, el biogás presenta el atractivo de reducir las emisiones de metano (Machado, 2010b).

Además de la terminología contenida en el cuadro anterior, a fin de centrar nuestro análisis en la tecnología que consideramos relevante para el avance del sector de los biocombustibles, hemos utilizado ciertos filtros adicionales a las palabras clave (presentes en el título y/o resumen de la patente) en las búsquedas relativas al procesamiento de las materias primas. De este modo tratamos de evitar la consideración de innovaciones no adecuadas a nuestro objetivo dada la elevada cantidad de resultados obtenidos en búsquedas preliminares. Dichas restricciones han sido instrumentalizadas a través de la consideración de los códigos alfanuméricos de identificación tecnológica de patentes IPC (Internacional Patent Classification) de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual⁹.

En el caso de las invenciones relativas a mejoras en la obtención de las materias primas no se consideró necesario utilizar los códigos IPC como filtro de la búsqueda *a priori*. No obstante, una vez se obtuvieron los resultados se descartaron las patentes que estaban relacionadas con avances en los cultivos enfocadas en su transformación en productos ajenos a la cadena de los biocombustibles. De una manera análoga se actuó para los productos finales e intermedios no recogidos en el Cuadro II.2.

Los resultados particulares obtenidos a partir del proceso de búsqueda antes descrito se han agregado en grupos definidos según dimensión geográfica. Dentro de los grupos regionales se organizaron subgrupos dependiendo del país de origen de los solicitantes de la patente. En este sentido, se asignó una patente a un determinado país (o región) cuando al menos uno de los propietarios indetificables de la patente (individuo o entidad), el cual hubiera estado implicado en la solicitud de protección de la innovación, procediera del mismo¹⁰.

⁹ Una extensa descripción de la tecnología a la cual se refiere cada código IPC utilizado puede ser consultada en el sitio de internet de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (<http://www.wipo.int/classifications/ipc/en/>).

¹⁰ Debido a ello algunas patentes pueden ser contabilizadas más de una vez en su clasificación geográfica.

**CUADRO II.1
PRINCIPALES ETAPAS PRESENTES EN LA PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES**

Materias primas		Procesamiento industrial						
Cultivos energéticos	Cultivo	Pre-tratamiento	Procesamiento		Producto primario	Procesamiento	Producto final	
Plantas Oleaginosas	Soja	Cría (tratamientos genéticos) mejora del contenido en aceites, azúcar y almidón; búsqueda de variedades resistentes a la sequía; tecnologías para mejora de los rendimientos	Prensado o extracción		Aceite vegetal	Transesterificación	Biodiesel	
	Palma aceitera						Bio-oil	
Cultivos azúcar/ almidón	Colza		Molienda e hidrólisis		Azúcar	Fermentación y co-fermentación	Etanol, butanol	
	Jatropha							
	Caña de azúcar							
Biomasa lignocelulósica	Sorgo dulce	Cría (tratamientos genéticos) reducción del contenido de lignina; selección de las variedades con mayor adaptabilidad	Gasificación		Syngas	Purificación	Síntesis catalítica	
	Remolacha							
	Mandioca							
Residuos	Eucalipto		Calentamiento y secado	Pirólisis	Reacciones gas-sólido	Reacciones fase gas	Diesel Fischer-Tropsch	
	Sauce						Dimetiléter Metanol	
	Switchgrass		Física: conminución mecánica, explosión a vapor, explosión de fibra de amonio, pirólisis; química: hidrólisis ácida y alcalina; biológica: reacción a microbios (hongos blancos, marrones y de pudrición blanda).	Digestión anaeróbica Pirólisis flash		Biogás Bio-oil	Water gas shift reaction	Hidrógeno
	Bermudagrass			Licuefacción hidrotermal				Tratamiento hídrico y refinado
		Miscanthus			Hidrólisis	Azúcar	Fermentación y co-fermentación	Purificación
	Relleno sanitario			Digestión anaeróbica	Biogás		Biogás	
	Desecho animal							

Fuente: Elaboración propia en base a Hamelinck & Faaij (2006) y Fundación Chile (2009).

CUADRO II.2
CÓDIGOS IPC RELATIVOS AL PROCESAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS PARA LA OBTENCIÓN DE
BIOCOMBUSTIBLES LÍQUIDOS

Palabra clave	Códigos	Definición
Aceites vegetales	C10L 1/02	Combustibles líquidos carbonosos, esencialmente basados sólo en componentes formados por carbono, hidrógeno y oxígeno
	C10L 1/19	Combustibles líquidos carbonosos: Esteres
Biodiesel	C07C 67/00	Preparación de ésteres de ácidos carboxílicos
	C07C 69/00	Ésteres de ácidos carboxílicos; ésteres de ácidos carbónico o halofórmico
	C10G3/00	Producción de mezclas de hidrocarburos líquidos a partir de materiales orgánicos que contienen oxígeno, por ejemplo aceites y ácidos grasos
	C10G11/00	Craqueo catalítico, en ausencia de hidrógeno, de aceites de hidrocarburos
	C10G11/18	Craqueo catalítico, en ausencia de hidrógeno, de aceites de hidrocarburos, de acuerdo con la técnica "fluidised bed"
	C10G25/00	Refino de aceites de hidrocarburos, en ausencia de hidrógeno, con absorbentes sólidos
	C10L 1/02	Combustibles líquidos carbonosos, esencialmente basados sólo en componentes formados por carbono, hidrógeno y oxígeno
	C10L 1/19	Combustibles líquidos carbonosos: Esteres
Bioetanol	C11C 3/10	Grasas, aceites o ácidos grasos por modificación química de las grasas, aceites o ácidos grasos obtenidos de los mismos: Intercambio de Ester
	C12P 7/64	Preparación de compuestos orgánicos que contienen oxígeno: Grasas, aceites grasos, ceras tipo Ester, ácidos grasos superiores (que tiene por lo menos siete átomos de carbono en una cadena lineal, unidos a un grupo carboxilo), aceites o grasas oxidadas
	C10L 1/02	Combustibles líquidos carbonosos, esencialmente basados sólo en componentes formados por carbono, hidrógeno y oxígeno
	C10L 1/182	Combustibles líquidos carbonosos, que contienen grupos hidroxilo
	C12N 9/24	Enzimas, pro enzimas y composiciones de los mismos; Procedimientos de preparación, activación, inhibición, separación o enzimas purificantes o que actúan sobre compuestos glicosil
Biogás	C12P 7/06	Preparación de compuestos orgánicos que contienen oxígeno: Etanol, no bebible
	C12P 7/14	Preparación de compuestos orgánicos que contienen oxígeno: Múltiples etapas de fermentación; múltiples tipos de microorganismos o la reutilización de microorganismos
	C02F 3/28	Tratamiento biológico del agua o aguas residuales: Procesos de digestión anaerobia
Biogás	C02F 11/04	Tratamiento de lodos; dispositivos para tratamiento de lodos: Tratamiento anaerobio; Producción de metano por medio de tales procesos
	C10L 3/00	Combustibles gaseosos, gas natural, el gas natural de síntesis obtenido por procedimientos no previstos en las subclases C10G, C10K; gas licuado de petróleo
	C12M 1/107	Aparatos para enzimología o microbiología con medios para recoger los gases de fermentación, por ejemplo, metano
	C12P 5/02	Preparación de los hidrocarburos a cíclicos (producción de metano por tratamiento anaerobio de lodos C02F 11/04)

Fuente: IPC Green Inventory, World Intellectual Property Organization (WIPO).

Finalmente, la información que generó la búsqueda (y posterior tratamiento de los datos) sobre patentes en biocombustibles fue utilizada, siguiendo la metodología planteada por Fundación Chile (2009), para el estudio de los siguientes aspectos específicos:

- Principales países implicados en la propiedad de las patentes
- Principales entidades (o individuos) solicitantes de las patentes
- Tecnologías predominantes en las patentes seleccionadas
- Participación de América Latina en las patentes consideradas

Por otra parte, el fin último de los avances en la cadena productiva de los biocombustibles es lograr mayores rendimientos y/o menores costes. Es por ello que a continuación se presente una breve referencia a la caracterización de la estructura de costes y a los puntos críticos en el proceso de obtención de los biocombustibles.

D. Principales puntos críticos y estructura de costos

El costo de producción de los cultivos energéticos constituye una parte importante del costo final de los biocombustibles. En el caso del bioetanol de caña en Brasil y en Colombia por ejemplo, este costo representa cerca de 60% y 70%, respectivamente. Para el biodiesel de aceite de soya producido en Argentina, esta proporción es aún mayor y puede fluctuar entre 70% y 80% (Begenesic y Pascale, 2010).

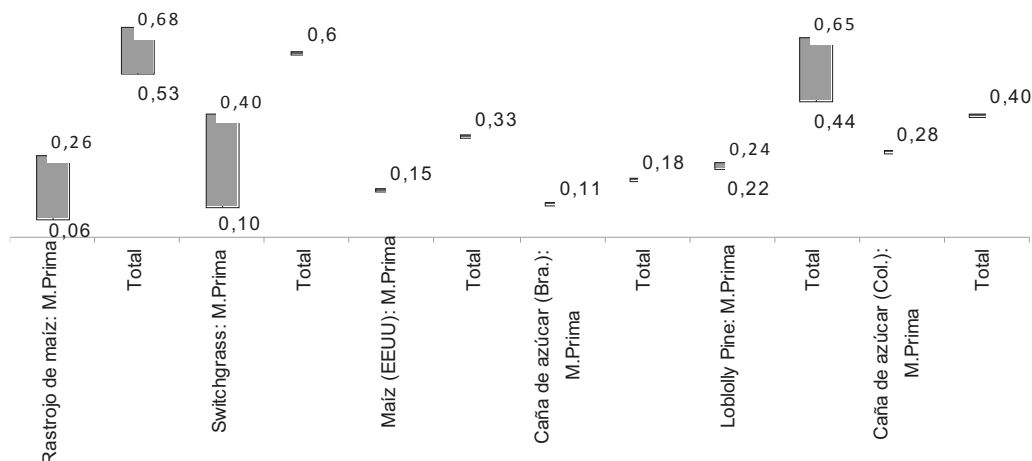
1. Bioetanol

En el caso del bioetanol producido en Estados Unidos a partir de maíz, esta proporción baja a 47% (International Energy Agency. 2008. World energy outlook. París, Francia). Por otra parte, la proporción del costo de las materias primas para biocombustibles de generaciones avanzadas, es menor y representa entre 45% y 58% del costo total (Hamelinck y Faaij, 2006). A pesar que las materias primas para biocombustibles de generaciones avanzadas (cultivos leñosos, gramíneas, residuos agrícolas y residuos forestales) son más abundantes, baratas y no compiten directamente con el consumo de alimentos, sus tecnologías de procesamiento aún no permiten una producción a gran escala, que sea económicamente competitiva con los combustibles fósiles o con sus pares de primera generación.

El Gráfico II.1 presenta un resumen comparativo de estimaciones de costos de las materias primas en la producción de biocombustibles tanto de primera generación, como de generaciones avanzadas.

Vemos comparativamente como el costo de la caña de azúcar en Brasil, considerada la materia prima más eficiente para la producción de bioetanol de primera generación, es hasta un 46% mayor que la mayoría de residuos agrícolas, a excepción de los del trigo de invierno y la alfalfa, que son 21% y 135% mayores, respectivamente, considerando únicamente sus valores más bajos. En cuanto a los costos de los residuos forestales, primarios y de madera fresada, estos son entre un 5% y 18% menores a los de la caña brasilera. Sin embargo, hay otras materias primas, como los residuos del álamo, que llegan a costar entre 3 y 4 veces más. Las gramíneas y otra biomasa herbácea presentan una alta variabilidad en las estimaciones de sus costos, ya que su productividad está condicionada por los distintos factores edafoclimáticos y culturales. En el caso del pasto varilla o *switchgrass*, sus costos varían desde valores cercanos a los de la caña brasilera (0,11 US\$/l), hasta 4 veces este valor.

GRÁFICO II.1
RANGOS Y VALORES ESTIMADOS DE COSTOS DE MATERIAS PRIMAS PARA BIOETANOL
(US\$ por litro)



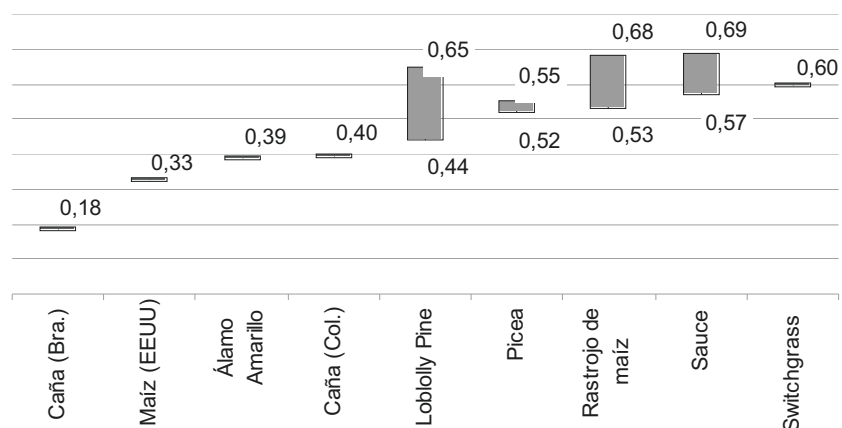
Fuente: Elaboración propia a partir de Carriquiry M. et al (2010) e Infante & Tobon (2010).
 Nota: El Gráfico II.1 presenta rangos de valores de costos. Ya que para algunas materias primas no existe una sola estimación puntual, se trató de reflejar gráficamente esta variabilidad.

Si se consideran los costos totales (materias primas y procesos de transformación), se observa cómo los costos de los biocombustibles de primera generación son en promedio menores que los de generaciones avanzadas (Gráfico II.2), lo que evidencia los niveles de madurez de las tecnologías. Por ejemplo, el bioetanol brasilero y el de Estados Unidos, son 0,42 y 0,27 US\$/l respectivamente más baratos que el bioetanol de pasto varilla. A pesar de que el bioetanol colombiano, también de caña de azúcar, cuesta el doble del brasilero y es un 21% más caro que el de Estados Unidos, aún sigue siendo comparativamente más barato que el de generaciones avanzadas, a excepción del que utiliza Álamo Amarillo como materia prima, que tiene un valor similar.

Si separamos los costos de las distintas materias primas, de los costos de procesamiento, vemos como los costos de procesamiento del bioetanol de generaciones avanzadas constituyen una proporción importante del costo total de estos biocombustibles (Gráfico II.3). Así por ejemplo, en el caso del bioetanol a partir del rastrojo del maíz, si se considera el mayor valor del costo de esta materia prima y el menor valor del costo total del biocombustibles, existe una diferencia de 0,27 US\$/l, lo que equivale al 51% del costo total. En el otro extremo, considerando el menor valor de la materia prima, contra el mayor valor del costo total, esta diferencia es de 0,62 US\$/l, equivalente a un 91% del costo final del biocombustible.

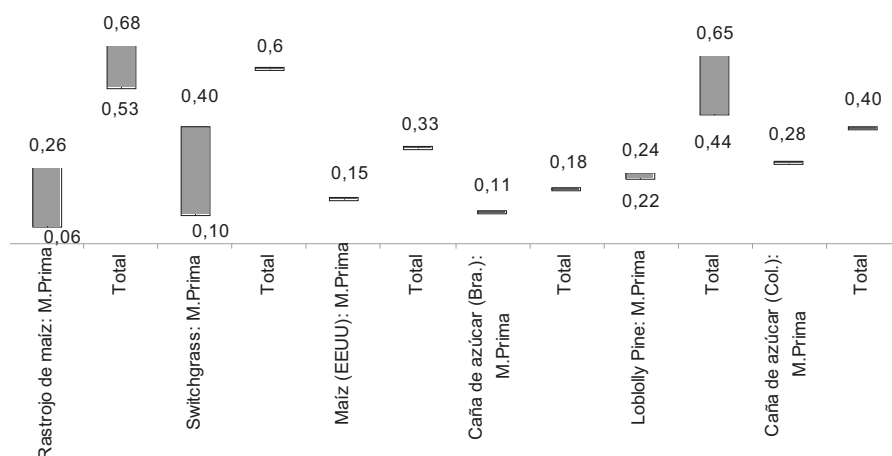
En el caso de los biocombustibles de primera generación, los costos de procesamiento de la materia prima son relativamente menores que los de las generaciones avanzadas. Por ejemplo, en el caso de la caña brasilera este valor es de aproximadamente 0,07 US\$/l y 0,12 US\$/l en el caso de la caña colombiana. En el caso del maíz de Estados Unidos el costo sube a aproximadamente 0,17 US\$/l.

GRÁFICO II.2
RANGOS Y VALORES ESTIMADOS DE COSTOS TOTALES DE BIOETANOL
(US\$ por litro)



Fuente: Elaboración propia a partir de Carriquiry M. et al. (2010) e Infante & Tobon (2010).
 Nota: El Gráfico II.2 presenta rangos de valores de costos. Ya que para algunas materias primas no existe una sola estimación puntual, se trató de reflejar gráficamente esta variabilidad.

GRÁFICO II.3
COMPARACIÓN ENTRE RANGOS Y VALORES DEL COSTO ESTIMADO DE LA MATERIA PRIMA Y EL COSTO TOTAL DEL BIOETANOL
(US\$ por litro)

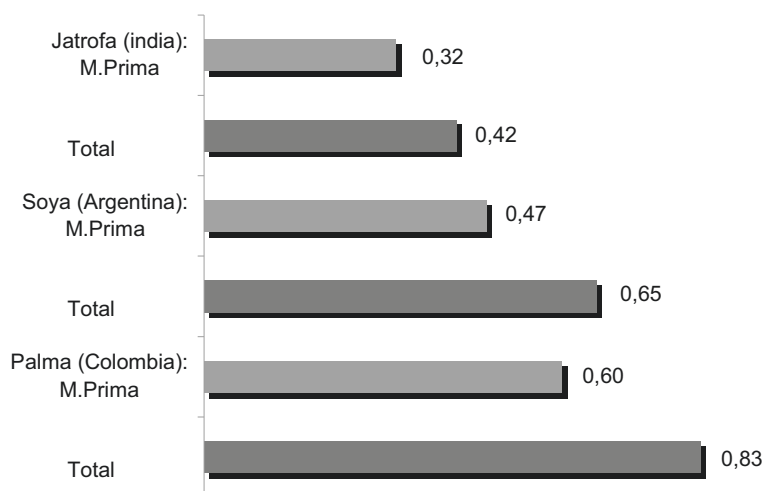


Fuente: Elaboración propia a partir de Carriquiry M. et al (2010) e Infante & Tobon (2010).
 Nota: El Gráfico II.3 presenta rangos de valores de costos. Ya que para algunas materias primas no existe una sola estimación puntual, se trató de reflejar gráficamente esta variabilidad.

2. Biodiesel

Contrariamente a lo que ocurre entre el bioetanol de primera generación y de generaciones avanzadas, en el caso del biodiesel el desafío se encuentra en bajar los altos costos de producción de las materias primas y la posterior extracción de su aceite. Para las microalgas por ejemplo, el costo de producción de su aceite fluctúa entre 9 y 12 US\$/lt. En el caso de la Jatrofa hay mucha dispersión en sus costos, ya que existe una alta variabilidad fenotípica de la planta y es muy intensiva en mano de obra, lo que condiciona su costo a la diversidad tanto de las condiciones de clima y suelos, como a la de las condiciones salariales entre países y regiones.

GRÁFICO II.4
RANGOS Y VALORES ESTIMADOS DE COSTOS DE MATERIAS PRIMAS PARA BIODIESEL
(Porcentaje del total de costos)



Fuente: Elaboración propia a partir de Carriquiry M. et al (2010), Infante & Tobon (2010) y Bagenesic & Pascale (2010).

Nota: El Gráfico II.4 presenta rangos de valores de costos, ya que para algunas materias primas no existe una sola estimación puntual y se trató de reflejar gráficamente esta variabilidad.

E. Puntos críticos para la reducción de costos de biocombustibles

Para una mejor comprensión, hemos dividido la descripción de los principales puntos críticos para la reducción de costos de los biocombustibles, entre sus diferentes eslabones productivos, desde el cultivo de la materia prima, hasta la obtención del producto final.

1. Biocombustibles de primera generación

En el ámbito de los biocombustibles de primera generación, **los desafíos tecnológicos se encuentran principalmente en el aumento de la productividad de los cultivos energéticos tradicionales, así como de su adaptación a condiciones edafo-climáticas marginales**, es decir a lugares que sean no aptos o poco aptos para cultivos alimenticios. Al respecto la ingeniería genética se presenta como una alternativa para incrementar el contenido energético de cereales, cultivos sacáridos y oleaginosas, así como para la creación de nuevas variedades adaptadas a condiciones de aridez o alta precipitación pluvial y baja fertilidad de los suelos. Sin embargo, también existen variedades nativas adaptadas naturalmente a estas condiciones y que necesitan ser domesticadas. En esta tarea es fundamental la

participación de los centros nacionales de investigación agrícola, que en varios países cuentan con una larga trayectoria en innovación y difusión de tecnologías agrícolas.

2. Biocombustibles de generaciones avanzadas

Si bien las materias primas de los biocombustibles de generaciones avanzadas son más diversas, abundantes, relativamente más baratas y no compiten directamente con la producción o el consumo de alimentos, existen aún barreras tecnológicas importantes que no permiten su producción a escala industrial y a costos competitivos, que permitan masificar su uso. A continuación se presenta un resumen de los principales puntos críticos de las tecnologías actuales, cuyos costos deben reducirse significativamente para lograr su viabilidad económica.

Materias primas

Los rendimientos energéticos de los cultivos lignocelulósicos pueden ser mejorados significativamente, tanto por medio de cruzamientos de variedades, como por el uso de la genética, ya que la investigación en estas áreas se encuentra aún en etapa inicial. Los avances tecnológicos pueden **incrementar la densidad energética y reducir los requerimientos tanto hídricos como de otros insumos** utilizados en la siembra, mejorando la competitividad de estos cultivos (IEA, 2008).

Logística de la materia prima

Otro componente importante de los costos de procesamiento de los biocombustibles avanzados es la **logística de cosecha, recolección, transporte y almacenaje, en los volúmenes, calidades y tiempos requeridos por la industria procesadora para alcanzar una productividad óptima**.

Pre-tratamiento

La lignocelulosa es un compuesto formado principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina. La celulosa y hemicelulosa contienen azúcares. La lignina es una compleja y heterogénea mezcla de compuestos fenólicos y constituye un componente principal en las paredes celulares de las plantas, que cohesiona y sostiene las fibras de la celulosa y hemicelulosa, envolviéndolas. **Para poder fermentar los azúcares de la celulosa y hemicelulosa se requieren romper previamente las paredes de lignina de las plantas, por lo que se hace necesario realizar pre-tratamientos, que actualmente son costosos, tanto en términos de energía como de insumos**. El pretratamiento puede hacerse por medio de procesos físicos, químicos o biológicos. El primer caso incluye el uso de conminución mecánica, explosión de vapor, pirólisis, etc.; la vía química incluye el uso de hidrólisis ácida o alcalina; y la biológica el uso de microbios. Una tecnología de bajo costo identificada como prometedora, es el pre-tratamiento a baja temperatura. Otra alternativa es disminuir por medio de la ingeniería genética, el contenido de lignina de los cultivos. Esto podría reducir significativamente los costos del pre-tratamiento o incluso eliminarlos (Cheng y Timilsina, 2010).

Procesamiento

Una vez separadas la celulosa y hemicelulosa de la lignina, el siguiente paso es extraer sus azúcares fermentables. La ruta de conversión frecuentemente empleada para la producción de bioetanol lignocelulósico es la bioquímica, que utiliza hidrólisis enzimática. Ella ocupa enzimas y otros micro-organismos para convertir la celulosa en glucosa y la hemicelulosa en pentosas y hexosas, que posteriormente son fermentadas por medio de levaduras. **En esta etapa se necesitan reducir los costos de las enzimas, mejorando la eficiencia de los micro-organismos que las producen**. Si bien la fermentación de la glucosa es una tecnología madura, la fermentación de la pentosa es más complicada y requiere del desarrollo de nuevas bacterias y levaduras que permitan una co-fermentación de ambos tipos de azúcares. La última etapa de este proceso es la purificación y deshidratación del alcohol (Cheng y Timilsina, 2010).

Una segunda ruta es la termo-química, que produce el bio-oil por medio de la pirólisis y la licuefacción hidrotermal; y por medio de la gasificación, gas de síntesis del cual se obtienen diferentes

biocombustibles de cadenas de carbono largas, tales como el metanol, dimetil-éter, Fischer-Tropsch diesel, gas de síntesis e hidrógeno (Hamelinck y Faaij, 2006). **Uno de los problemas de la ruta termoquímica es el poder asegurar un abastecimiento continuo y de bajo costo de una cantidad suficiente de materia prima, que permita operar la planta en su escala óptima.** Como ya se mencionó párrafos arriba, esto es debido a la menor densidad energética de los cultivos, si se los compara por ejemplo con el carbón mineral. El proceso termo-químico tampoco permite aprovechar los residuos de la lignina que se obtienen como subproducto de la ruta bioquímica y que genera energía adicional en forma de calor y electricidad, lo que ayuda a reducir los costos generales (IEA, 2008).

En el caso de las algas, **un gran desafío en términos de reducción de costos, radica en el escalamiento de sus sistemas productivos para obtención de la biomasa, ya que sus tecnologías de procesamiento son similares a las de primera generación.** Según Chisti (2007), en el caso del biodiesel de algas, los esfuerzos en investigación y desarrollo probablemente necesiten concentrarse en la selección y desarrollo de microalgas de alta productividad y contenido oleico; en la mejora de la tolerancia de estas algas ricas en aceite a las altas y/o bajas temperaturas, y a las altas concentraciones de oxígeno; mejora de su capacidad para competir por nutrientes con bacterias y otras algas invasivas, cuando se utilizan sistemas de estanques abiertos para su crecimiento; mejora de la ingeniería de los sistemas de producción; desarrollo de sistemas de cosecha costo-efectivos; y aplicación del concepto de biorefinería a los sistemas de producción de biodiesel de microalgas, transformando otros derivados del proceso de extracción del aceite y la producción del biodiesel, en productos con valor agregado.

F. Resultados de la búsqueda de patentes

1. Avances en la producción de materias primas

La innovación en la obtención y tratamiento de los cultivos con mayor potencial para la producción de biocombustibles líquidos es esencial para facilitar la mejor evolución del sector. Por tanto, a través del análisis de las patentes que cada país ha generado con respecto a dichos cultivos podemos tener una primera idea de su competitividad a medio y largo plazo. Teniendo en cuenta el objetivo señalado en el presente epígrafe hemos contabilizado las patentes basadas en tecnologías relacionadas con las mejoras de las técnicas agronómicas en los principales cultivos energéticos, así como aquellas referidas a avances en los procesos de transformación de dichas materias primas¹¹.

Plantas oleaginosas

Soya

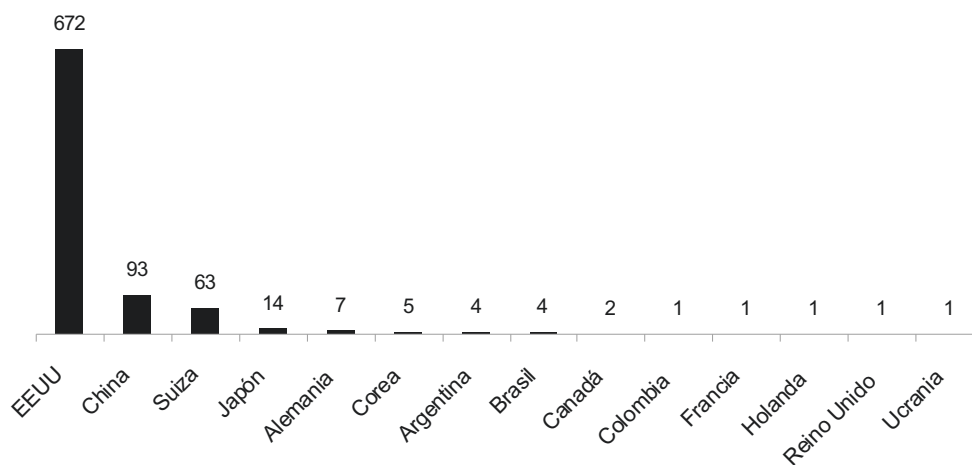
Se estima que en el año 2009 en el mundo había casi cien millones de hectáreas dedicadas al cultivo de la soya (FAOstat). De ellas más de cuarenta y dos millones de hectáreas se sitúan en América del Sur. Casi la totalidad de dicha superficie pertenece a Brasil (21,76 mill. de has.), Argentina (16,76 mill. de has.) y en menor medida a Paraguay (2,57 mill. de has.) y Uruguay (0,57 mill. has.). Asimismo, más del cuarenta por ciento de la producción mundial de soya se obtendría entre dichos cuatro países. No resulta casual, por tanto, que la soya se sitúe como la principal materia prima utilizada para la producción de biodiesel en los países señalados. En el caso de Brasil y Argentina esta producción ha avanzado mucho en los últimos años alcanzando una notoria presencia a nivel global.

Como ya se indicó en la introducción metodológica, en nuestro estudio hemos considerado aquellas patentes relacionadas con las mejoras agronómicas en el cultivo de la soya, así como los avances en tecnologías de transformación que presumiblemente puedan guardar relación con la obtención de biodiesel procedente de dicha materia prima. Teniendo en cuenta dichas consideraciones se han identificado un total de 867 familias de patentes (Gráfico II.5).

¹¹ No hemos considerado todas aquellas patentes relativas a la transformación de las materias primas estudiadas para usos que nada tienen que ver con el bioenergético (medicinas, cosméticos, bebidas, alimentos...).

Como podemos observar en el Gráfico II.5, la propiedad de la mayor parte de las patentes consideradas corresponde a individuos o entidades localizados en Estados Unidos (77,3% del total). Esto es debido principalmente a que varias empresas multinacionales estadounidenses productoras de insumos agrícolas figuran como las principales solicitantes a nivel global de este tipo de patentes, destacando entre ellas Monsanto y Pioneer. Otra de las compañías propietaria de un importante número de patentes relativas a la producción de soya es la suíza Syngenta, responsable del total de solicitudes consideradas para dicho país. En el caso de China, segundo país en solicitud de patentes relativas a la soya en el mundo, la propiedad de las mismas está mucho más diversificada, no habiendo una entidad que pueda identificarse como destacada. Japón y Alemania cerrarían el grupo de los cinco países con mayor incidencia en la propiedad de patentes concernientes al cultivo de soya, aunque se encuentran a gran distancia de los tres primeros.

GRÁFICO II.5
PATENTES EN PRODUCCIÓN DE SOYA SEGÚN PAÍSES, 2006-2010
(Número de patentes)



Fuente: Elaboración propia a partir de información procedente de la base de datos esp@cenet worldwide de la Oficina Europea de Patentes (EPO).

Asimismo, si nos referimos a las tecnologías más frecuentes encontramos que en casi el total de las patentes seleccionadas destacan las técnicas para obtener nuevas especies vegetales y el tratamiento con microorganismos o enzimas relacionado con la mutación o la ingeniería genética en células vegetales y con el cultivo de tejidos para la reproducción de plantas.

Por su parte, el papel de los países latinoamericanos es bastante discreto en patentación de avances en la producción de soya y se limita a la intervención de entidades (e individuos en uno de los casos) argentinas, brasileñas y colombianas. Entre dichas instituciones destacan la compañía argentina Nidera Semillas y la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA) con la propiedad de tres y dos de las ocho patentes latinoamericanas consideradas respectivamente. Al igual que en el ámbito global, la tecnología implicada en la mayoría de dichas patentes es la obtención de nuevas especies vegetales y la reproducción de plantas a través del cultivo de tejidos.

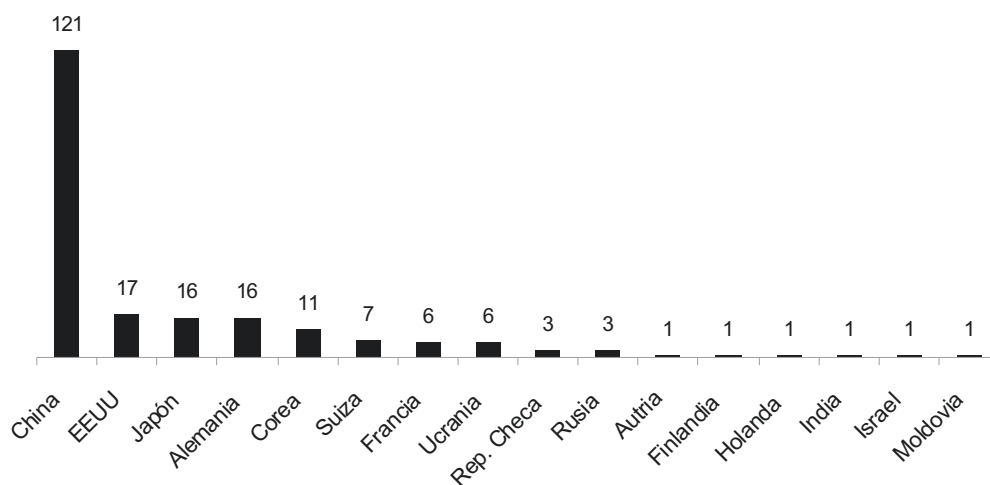
Colza

Según datos referentes a 2009 en el mundo hay treinta y un millones de hectáreas dedicadas al cultivo de la colza (FAOStat). De ellas sólo unas doscientas veinte mil hectáreas se sitúan en América Latina. No obstante, en los últimos años dicha cifra ha experimentado un fuerte incremento. El cultivo de la colza

está presente en sólo cinco países de América del Sur: Argentina, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay. Es en estos mismos países donde se ha planteado la utilización de la colza como materia prima (tanto a nivel industrial como experimental) para la obtención de biodiesel.

En nuestro análisis de la innovación relativa a la producción de la colza hemos identificado un total de doscientas diecinueve familias de patentes publicadas entre los años 2006 y 2010. En el Gráfico II.6 se muestran dichos resultados, categorizados conforme al país donde se localizan los propietarios de las patentes.

GRÁFICO II.6
PATENTES EN PRODUCCIÓN DE COLZA SEGÚN PAÍSES, 2006-2010
 (Número de patentes)



Fuente : Elaboración propia a partir de información procedente de la base de datos esp@cenet worldwide de la Oficina Europea de Patentes (EPO).

A diferencia de lo que sucede para la soya, Estados Unidos no tiene un papel especialmente preeminente en la patentación relativa al cultivo y transformación de la colza, ya que sólo está relacionado con la propiedad de diecisiete de las patentes consideradas. En el caso de la colza, China es el país donde se localizan la mayoría de las entidades e individuos propietarios de las patentes registradas (121 patentes). Dos instituciones de educación superior destacan dentro de la variedad de responsables de dichas patentes chinas: Universidad Nanjing y Universidad Huazhon. Japón, Alemania y en menor medida Corea del Sur se situarían en una posición destacada dentro de la clasificación analizada.

En lo que respecta a las tecnologías predominantes en relación a las patentes seleccionadas destacan la obtención de combustibles, los procesos de producción, refinado y conservación de grasas, aceites y ceras, así como la generación de ácidos grasos a partir de grasas, aceites y ceras. En el plano de la innovación agronómica la tecnología más recurrente, al igual que para la soya, es la obtención de nuevas especies vegetales y la reproducción de plantas a través del cultivo de tejidos.

Por último, en el caso de la producción de la colza el papel de las entidades innovadoras latinoamericanas es inexistente (al menos dados los resultados que para nuestro análisis hemos considerado oportuno seleccionar).

Palma aceitera

Según datos correspondientes al año 2008 en el mundo hay alrededor de 14,6 millones de hectáreas dedicadas al cultivo de la palma aceitera (FAOStat). Los principales países productores a nivel global están localizados en el Sudeste Asiático (Indonesia, Malasia y Tailandia) y en la zona suroccidental de África (Nigeria, Guinea, Ghana y Costa de Marfil).

América Latina tiene en su conjunto una presencia relativamente modesta en el cultivo de la palma aceitera, con sólo 0,65 millones de hectáreas registradas en 2008. Sin embargo, se trata de una producción importante, y sobre todo con buenas perspectivas futuras, para países como Colombia, Ecuador, Honduras, Costa Rica y Guatemala. Garantizar la competitividad de dichos cultivos considerando los bajos salarios de la mano de obra en los principales productores mundiales de palma aceitera es un reto fundamental que debería ser abordado a partir de mejoras en la productividad por hectárea y trabajador (Infante & Tobón, 2009). El logro de ese tipo de ventajas se encuentra obviamente relacionado con el nivel tecnológico de la cadena productiva.

En nuestro análisis de la situación global de la innovación enfocada a generar avances en el cultivo y procesamiento de la palma aceitera hemos identificado cuarenta y dos familias de patentes. Casi la totalidad de los propietarios de dichas invenciones están localizados en países asiáticos: China (16 patentes), Malasia (9 patentes), Japón (8 patentes) y Corea (4 patentes). Con una participación testimonial, el resto de países presentes en la propiedad de las patentes consideradas son Estados Unidos, Rusia, Holanda y Benín. Como podemos observar, ninguna entidad latinoamericana ostentaría la propiedad de alguna de las patentes registradas. Por otra parte, la principal tecnología implicada en este caso son los procesos de producción, refinado y conservación de grasas, aceites y ceras.

Jatropha

Las posibilidades de la *jatropha* como materia prima para la obtención de biodiesel ha suscitado recientemente un gran interés en distintos ámbitos institucionales especializados. Uno de los principales atractivos de este cultivo es que, como ya hemos señalado con anterioridad, puede crecer en condiciones agroambientales muy adversas. Dicha cualidad se instrumentalizaría en estrategias de puesta en valor de suelos marginales inutilizados a través de la producción de *jatropha* dedicada a la provisión de bioenergía. No obstante, tenemos que considerar que el contenido en aceite útil para la generación de biocombustible presente en el fruto de la *jatropha* es susceptible al nivel de estrés hídrico soportado, a la caracterización del clima, a la riqueza en nutrientes del suelo, etc... Los avances tecnológicos encaminados a aumentar el contenido oleico de la *jatropha* serán muy importantes para hacer viable económicamente su cultivo en terrenos marginales.

Hasta ahora el país donde la siembra de la *jatropha* para la producción de biocombustibles ha tenido un mayor apoyo y desarrollo ha sido India. La estrategia nacional para el desarrollo de la bioenergía en ese país tiene como objetivo lograr que el 20% de la demanda interna de diesel sea satisfecha con aquel procedente de cultivos, entre los cuales la *jatropha* tendría un papel preeminente. A nivel latinoamericano son muchos los países que han mostrado su interés por la promoción de la *jatropha* como materia prima bioenergética, debido principalmente a su potencial como generadora de valor en terrenos degradados. Un buen ejemplo en este sentido es el caso de Chile, donde se han desarrollado distintas experiencias piloto con el cultivo de la *jatropha* en la zona norte del país.

Conforme a las tecnologías seleccionadas, en nuestra revisión de las invenciones relativas a avances en el cultivo y tratamiento de la *jatropha* hemos encontrado ochenta y cinco familias de patentes. Al igual que sucede en el caso de la palma aceitera, varios países asiáticos destacan en la propiedad de dichas patentes: China (51 patentes), India (14 patentes), Singapur (5 patentes), Corea (5 patentes) y Japón (4 patentes). Para el resto de patentes consideradas los propietarios se localizan en Estados Unidos, Alemania, Francia y Colombia. Se trata de una patente solicitada por la Universidad de Antioquía y el grupo Empresas Públicas de Medellín (EPM), titulada “Método para la multiplicación celular del tejido de la *jatropha curcas*”. Las principales tecnologías presentes en las patentes en América Latina son las técnicas para la obtención de nuevas plantas y la reproducción de tejidos vegetales, así como los procesos para la generación de combustibles.

Plantas sacáridas/amiláceas

Caña de azúcar

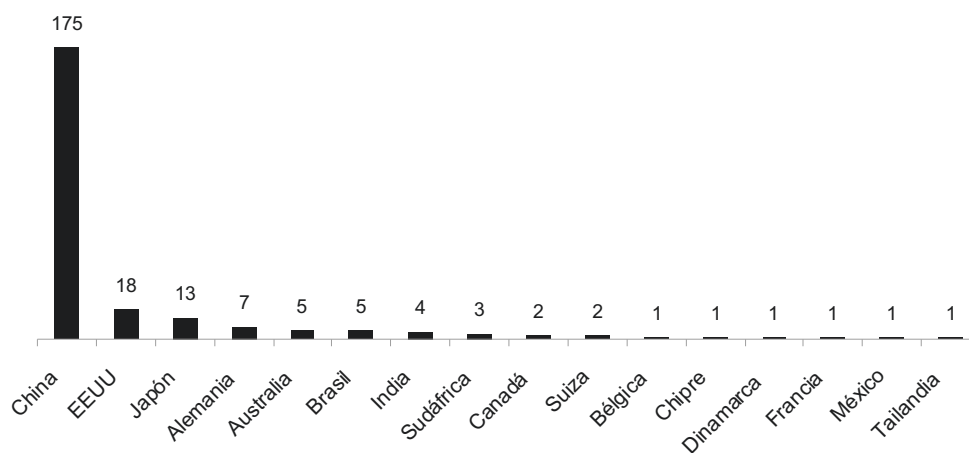
El cultivo de la caña de azúcar es una actividad agrícola significativa en varios países de América Latina y el Caribe. Según datos de FAO para 2009, la región concentra 11,83 millones de hectáreas dedicadas a la caña de azúcar, lo que representa casi 50% de la superficie ocupada por dicho cultivo en el mundo.

La mayor parte de la producción cañera regional se lleva a cabo en Brasil (8,6 millones de hectáreas). Dicha posición de liderazgo en la obtención de materia prima ha facilitado que la agroindustria sucroalcoholera brasileña haya tenido un desarrollo productivo de vanguardia dentro del contexto latinoamericano. En la expansión de la producción de etanol combustible en Brasil la asimilación de procesos innovadores fue esencial para incrementar la eficiencia productiva y mitigar los costes ambientales (BNDES & CGEE, 2008: 169).

Aunque a mucha menor escala que Brasil, Colombia y Argentina tienen importantes extensiones de cultivo de caña de azúcar con destacados rendimientos por hectárea. Asimismo, Colombia junto con países centroamericanos como Guatemala, el Salvador y Costa Rica se han involucrado recientemente en la producción de etanol de caña de azúcar.

En nuestra investigación hemos identificado doscientas cuarenta familias de patentes relativas a innovaciones en la producción de caña de azúcar, las cuales se clasifican en el Gráfico II.7 según el país donde se localizan sus propietarios.

GRÁFICO II.7
PATENTES EN PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR SEGÚN PAÍSES, 2006-2010
(Número de patentes)



Fuente: Elaboración propia a partir de información procedente de la base de datos esp@cenet worldwide de la Oficina Europea de Patentes (EPO).

Pese a tener una superficie relativamente reducida dado el tamaño del país dedicada al cultivo de la caña de azúcar (1,6 mill. de has. en 2009), China acumula más del 70% de las patentes consideradas. El Instituto de Investigación de la Caña de Azúcar perteneciente a la Yunnan Academy destaca en número de invenciones. En el caso de Estados Unidos, la Universidad de Louisiana y la Universidad A&M de Texas son solicitantes de la mayoría de las patentes seleccionadas para dicho país. Junto con China y Estados Unidos, Japón y Alemania completarían el listado de los cuatro países con mayor número de patentes solicitadas en caña de azúcar.

Como hemos señalado, Brasil destaca en el contexto latinoamericano por el alto nivel de desarrollo de su sector sucroalcoholero. Dicha aseveración se confirma al ser éste el único país de la región (con la excepción de México) cuyas entidades tienen una cierta presencia en la solicitud de las patentes consideradas.

Por último, en lo que respecta a las tecnologías presentes en las invenciones seleccionadas se destacan principalmente las mejoras en los procesos de siega y cosecha. Asimismo, la transformación de la materia prima a partir de microorganismos o enzimas, la obtención de nuevas plantas y reproducción de tejidos vegetales y los procesos de fermentación están especialmente presentes.

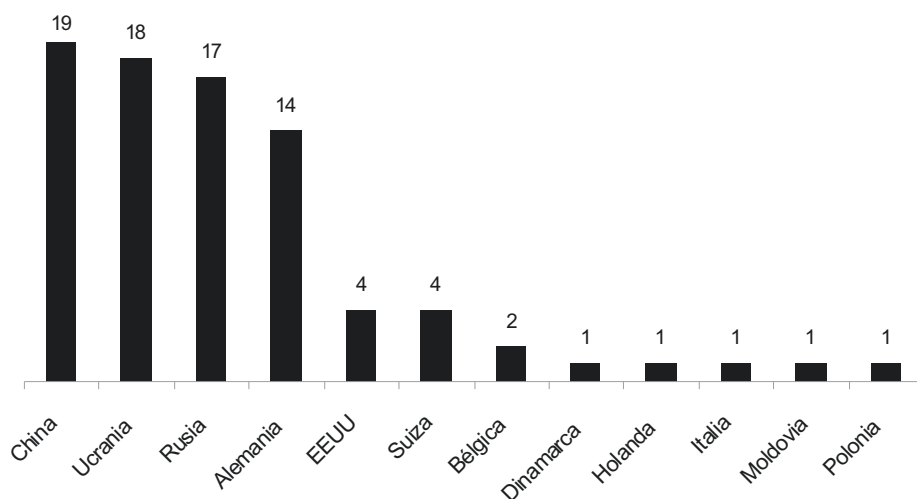
Remolacha

Debido a su alto contenido en sacarosa a remolacha azucarera ha sido considerada como posible materia prima para la generación de energía a partir de su transformación en etanol combustible. Dicho cultivo es especialmente importante en la zona central y oriental de Europa, por ser un alimento tradicional muy presente en la dieta de sus habitantes. Rusia, Alemania, Francia, Ucrania y Polonia acumulan casi la mitad de las hectáreas dedicadas al cultivo de la remolacha en el mundo.

Por su parte, el cultivo de remolacha es muy escaso en América Latina, estando presente en pequeñas extensiones en Chile y Colombia. En dichos países se han desarrollado algunas experiencias relativas a la obtención de bioenergía a partir de la remolacha azucarera¹².

En nuestro estudio hemos considerado ochenta y tres familias de patentes relacionadas con avances en la producción de la remolacha azucarera. Los países los cuales participaban en la propiedad de dichas patentes se encuentran referidos en el Gráfico II.8.

GRÁFICO II.8
PATENTES EN PRODUCCIÓN DE REMOLACHA SEGÚN PAÍSES, 2006-2010
(Número de patentes)



Fuente: Elaboración propia a partir de información procedente de la base de datos esp@cenet worldwide de la Oficina Europea de Patentes (EPO).

Cuatro países destacan en solicitud de patentes relativas a la producción de remolacha azucarera: China, Ucrania, Rusia y Alemania. A nivel de entidades, el Instituto de Crecimiento de la Remolacha de Ucrania es el organismo que concentra en mayor medida la propiedad de las patentes consideradas. Por su parte, la presencia latinoamericana en este tipo de patentes es nula (Gráfico II.8).

Las tecnologías más importantes son avances en la plantación, cosecha y fertilización, extracción del jugo de la remolacha, transformación de la materia prima a partir de microorganismos o enzimas y obtención de nuevas plantas y reproducción de tejidos vegetales.

Mandioca

La mandioca (o yuca) es una planta autóctona sudamericana, la cual crece en climas tropicales o subtropicales, datando su cultivo de épocas ancestrales. Dicha tradición hace que la mandioca tenga un papel substancial en la alimentación nativa de la región. Asimismo, su resistencia y el valioso aporte

¹² Un ejemplo es el proyecto de la empresa Campos Chilenos, participada por el grupo inglés ED&F MAN, la cual tiene la intención de penetrar en el mercado de los biocombustibles en Colombia en colaboración con la empresa local Maquiltec centrándose en la obtención de etanol de remolacha.

nutritivo que supone llevan a que su cultivo y consumo se haya popularizado especialmente en sociedades con bajos niveles de ingreso, como por ejemplo las zonas occidental y central de África y algunos países del Sudeste Asiático.

En el caso latinoamericano los principales productores de mandioca son, según datos para 2009, Brasil (1,87 mill. de has.), Paraguay (0,18 mill. de has.), Colombia (0,16 mill. de has.) y Perú (0,1 mill. de has.). En algunos de estos países (principalmente Paraguay y Colombia) se han realizado proyectos encaminados a obtener etanol combustible a partir de la utilización del almidón de la mandioca (previo tratamiento de sacarificación)¹³.

Con respecto a las innovaciones relativas a la producción de la mandioca hemos considerado setenta y cinco familias de patentes correspondientes con las tecnologías seleccionadas. De ellas 56 son propiedad de entidades (o individuos) localizadas en China, destacando la nutrida presencia del grupo empresarial agroalimentario estatal COFCO. Asimismo, en este particular seguirían a China, aunque muy de lejos, Corea (5 patentes), Estados Unidos (4 patentes), Alemania (3 patentes) y Francia (2 patentes). Por otra parte, pese a lo importante de su cultivo en la región, ninguna de las patentes consideradas registraría solicitantes localizados en América Latina.

Las principales tecnologías presentes en las patentes consideradas son: procesos de fermentación o procesos enzimáticos de síntesis de compuestos químicos, avances relacionados con los polisacáridos y sus derivados, así como mejoras en la transformación de la materia prima a partir de microorganismos o enzimas.

Sorgo dulce

El sorgo es una planta herbácea frecuente en los climas áridos debido a su buena resistencia al estrés hídrico. En el mundo hay, según datos para 2009, aproximadamente 43 millones de hectáreas cultivadas con sorgo. De ellas sólo 3,7 millones de hectáreas están situadas en América Latina y el Caribe. Los países de la región con más hectáreas dedicadas al sorgo son: México (1,71 mill. de has.), Brasil (0,78 mill. de has.) y Argentina (0,45 mill. de has.).

Aunque la variedad de sorgo más extendida es el *sorghum bicolor*, en los últimos años se ha popularizado el cultivo del sorgo dulce (*sorghum bicolor* L. Moench) debido a su capacidad para generar con pocos insumos una relativamente alta densidad de biomasa para alimentación de ganado. Además de como forraje, el sorgo dulce se ha planteado como una materia prima asequible para la obtención de etanol debido a que su grano es rico en almidón. En la región se han generado iniciativas en esta dirección en países como Argentina, Chile, México, Paraguay, Perú y Uruguay (Dufey, 2010).

En nuestro análisis se consideraron treinta y cinco familias de patentes relativas a mejoras en la producción de sorgo dulce. En casi todas ellas los propietarios de la patente, así como sus inventores, se localizan en China (29 patentes). Otros países con cierta presencia son Moldavia (2 patentes), Bahamas (2 patentes), Japón (1 patente) e India (1 patente)¹⁴. Asimismo, la principal tecnología presente en las patentes consideradas sobre sorgo dulce era el avance en fermentación o procesos enzimáticos de síntesis de compuestos químicos.

Plantas lignocelulósicas

Eucalipto

¹³ Ejemplo de este tipo de proyectos es la iniciativa de colaboración entre el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y el Consorcio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y al Desarrollo de la Yuca (Clayuca), para promocionar la yuca como medio de producción de etanol. Clayuca con el apoyo de CIAT estableció una planta piloto de refinamiento de yuca para la obtención de etanol hidratado en el Valle del Cauca (Colombia).

¹⁴ Si tomamos las familias de patentes relativas a avances en la producción de sorgo, sin concretar la variedad del mismo referida, vemos como China es nuevamente, con mucho, el país con mayor presencia en la propiedad de dichas patentes. No obstante, encontramos en este caso una notable representación de entidades de Estados Unidos, así como dos patentes propiedad del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (México).

El eucalipto es un género arbóreo muy común en las explotaciones forestales debido principalmente a su crecimiento rápido. Dicha cualidad lleva a que las plantaciones de este tipo de árboles puedan ayudar al mantenimiento de los bosques nativos, en la medida en que de las primeras se obtengan los recursos forestales suficientes para no tener que sobreexplotar las especies silvestres autóctonas (Fox, 2010). No obstante, también desde el punto de vista ambiental, el eucalipto presenta importantes inconvenientes, como su elevado consumo de agua y su fácil combustión.

La velocidad de crecimiento y la brevedad de rotación del cultivo de eucalipto llevan a que se haya planteado, también, su posible utilización para la obtención de biomasa lignocelulósica a partir de la cual generar bioenergía. La adaptabilidad del eucalipto a distintos entornos facilitaría que dicha plantación silvícola pudiera llevarse a cabo en terrenos no destinados a la producción alimentaria. Dentro del contexto latinoamericano, Chile ha realizado experiencias en este sentido¹⁵.

En nuestro estudio hemos registrado un total de sesenta y cuatro familias de patentes relacionadas con avances en el cultivo y tratamiento del eucalipto. Los tres países con mayor presencia en la solicitud de dichas patentes son China (29 patentes), Japón (19 patentes) y Estados Unidos (8 patentes). Destaca la empresa Arborgen como solicitante de siete de las ocho patentes estadounidenses consideradas. Por su parte, América Latina tiene cierta presencia en la propiedad de las patentes seleccionadas a partir de dos patentes solicitadas por una empresa brasileña.

Las tecnologías más importantes presentes en las patentes consideradas son avances en la transformación de la materia prima a partir de microorganismos o enzimas y obtención de nuevas plantas y reproducción de tejidos vegetales silvícolas.

Sauce

Al igual que el eucalipto, el sauce se distingue por ser una planta leñosa perenne de corta rotación y rápido crecimiento (sobre todo en algunas de sus variedades). El principal uso del sauce ha sido tradicionalmente el medicinal, debido a las cualidades de su corteza para el alivio del dolor. Más recientemente, el acceso a las propiedades curativas del sauce se generalizó con la comercialización del ácido salicílico, base de medicamentos como la aspirina.

Dadas sus características agronómicas, se ha contemplado también la posibilidad de obtener biocombustible líquido a partir de la biomasa lignocelulósica del sauce. Con este fin, se están desarrollando experiencias enfocadas al mejoramiento de las especies cultivadas reduciendo su contenido de lignina e incrementando la biomasa útil por unidad de superficie. A partir de dichos avances se obtendrían mayores rendimientos por hectárea cultivada y una mejor eficiencia en la conversión, con lo cual el producto final (litros de combustible) por hectárea plantada aumentaría.

En este sentido, identificamos treinta y ocho familias de patentes relacionadas con mejoras en la silvicultura del sauce. En veintiseis de dichas patentes tanto los propietarios como los inventores de las mismas se localizaban en China, no destacando ninguna entidad en particular. El resto de las patentes seleccionadas corresponden a Estados Unidos (4 patentes), Rusia (3 patentes), Corea (2 patentes), Francia (1 patente), Holanda (1 patente) y Ucrania (1 patente). La principal tecnología implicada en las patentes analizadas es aquella relativa a mejoras en las técnicas silvícolas.

Álamo

El álamo, perteneciente al género *populus*, es otra tipología arbórea de rápido crecimiento considerada como posible fuente de biomasa susceptible de ser transformada en biocombustible líquido. Una de las cualidades más interesantes del género *populus* es su capacidad para originar híbridos tanto intra como interespecies (Orlovic et. al., 1998; Baettig et al., 2010). Esto facilita la selección dirigida de aquellos híbridos más adecuados a las condiciones ambientales de los distintos territorios, lo cual permite mejorar los rendimientos de las plantaciones. También, se ha avanzado en la utilización de técnicas de

¹⁵ Ejemplo de dichas iniciativas es un proyecto desarrollado por la Universidad de la Frontera y las empresas Masisa y Energía Verde titulado “Desarrollo de protocolos para la producción de biomasa de especies forestales de rápido crecimiento y corta rotación para la generación de bioenergía” cofinanciado a partir del fondo regional Innova Biobío.

mejoramiento transgénico para aumentar el contenido de celulosa de la biomasa del álamo a fin de obtener una mayor eficiencia en la conversión al producto final.

En nuestro estudio hemos considerado cincuenta y tres familias de patentes correspondientes a innovaciones en la producción y tratamiento del álamo. La mayor parte de ellas (45 patentes) cuentan tanto con propietarios como inventores localizados en China, destacando la Universidad de Nanjing y la Universidad de Beijing en número de patentes solicitadas. Otros países con una cierta presencia en las patentes seleccionadas son Estados Unidos (3 patentes), Corea (2 patentes), Canadá (1 patente), Japón (1 patente) y Rusia (1 patente).

Por otra parte, las tecnologías más importantes presentes en las innovaciones registradas son avances en la transformación de la materia prima a partir de microorganismos o enzimas y obtención de nuevas plantas y reproducción mediante tejidos vegetales silvícolas.

Switchgrass, bermudagrass y miscanthus

Dada su adaptabilidad, rápido crecimiento y elevado contenido de biomasa, varias plantas herbáceas han sido propuestas como materia prima para la obtención de biocombustible. Hemos seleccionado para el análisis de las patentes generadas aquellas especies que consideramos con más potencial futuro para la producción bioenergética, como son *miscanthus*, *switchgrass* y *bermudagrass*.

En el caso del *miscanthus* hemos registrado veintiocho familias de patentes. De ellas ocho son propiedad de entidades (o individuos) localizados en Estados Unidos. En el resto de las patentes prima la presencia asiática repartida entre Corea (6 patentes), China (5 patentes) y Japón (2 patentes). En menor cuantía tenemos solicitudes procedentes de Hungría (2 patentes), Australia (1 patente) y Reino Unido (1 patente). La principal tecnología implicada en dichas invenciones es la obtención de nuevas plantas y reproducción mediante tejidos vegetales.

Con relación a los avances técnicos concernientes al aprovechamiento del *switchgrass* hemos considerado dieciocho familias de patentes. Estados Unidos es, como en el caso del *miscanthus*, el país que acumula un mayor número de solicitudes, teniendo sus entidades la propiedad de catorce de las patentes en *switchgrass*. El resto de dichas invenciones son propiedad de entidades chinas (3 patentes) e indias (1 patente). La tecnología implicada en mayor medida en dichas invenciones es, asimismo, la obtención de nuevas plantas y la reproducción mediante tejidos vegetales.

Por último, se identificaron sólo ocho familias de patentes representativas de innovaciones en la obtención y transformación de *bermudagrass*. Cinco de las patentes consideradas son propiedad de entidades estadounidenses. Las otras tres están repartidas entre solicitantes coreanos (2 patentes) y japoneses (1 patente). Nuevamente la tecnología con mayor presencia en las invenciones relativas a *bermudagrass* es la generación de nuevas plantas y la reproducción mediante técnicas de cultivo de tejidos vegetales.

El caso de Brasil: EMBRAPA

En este punto cabe hacer referencia a un estudio realizado por Embrapa Agroenergía (2010) en el cual se analizaron las patentes relacionadas con la cadena de producción del bioetanol. Para ello se llevó a cabo una búsqueda en la base de datos *Derwent Innovation Index* que arrojó un total de 20.937 patentes registradas entre el año 1949 y 2008.

De estas patentes, 7.197 correspondieron a las siguientes materias primas: caña de azúcar, gramíneas capim elefante y capim centro-oeste, eucalipto, mandioca y sorgo. Entre 1999 y 2008, Brasil registró 47 patentes relativas a estas materias primas. Si se consideran las patentes por país de prioridad, para un periodo similar se registraron 80 patentes en Brasil, siendo sus depositantes empresas como Procter & Gamble (3), BASF (1), Council Sci & Ind India (1) y Cargill (1). Estas mismas empresas registraron sin embargo, para el mismo periodo, un total de 100 patentes en Estados Unidos y 38 en Europa, 17 y 6 veces más que en Brasil, respectivamente. Los temas más patentados por las 40 principales instituciones de investigación fueron “Mutación o ingeniería genética” (C12N-015 /82, /29 y /09), “Plantas con flores i.e. angiospermas” (A01H-005/00), “Procesos para la modificación de genotipos” (A01H-001/00), “Compuestos que contienen dos o más unidades mono-nucleótidas, que tienen grupos fosfato o poli-fosfato separados, vinculados por radicales sacáridos de los grupos nucleósidos” (C07H-021/04), “Preparaciones medicinales que contienen material o productos de reacción del mismo, con constitución indeterminada” (A61K-035/78), “Células humana, animal o de plantas indiferenciadas” (C12N-005/04).

2. Avances en el procesamiento industrial

Obtención de bioetanol

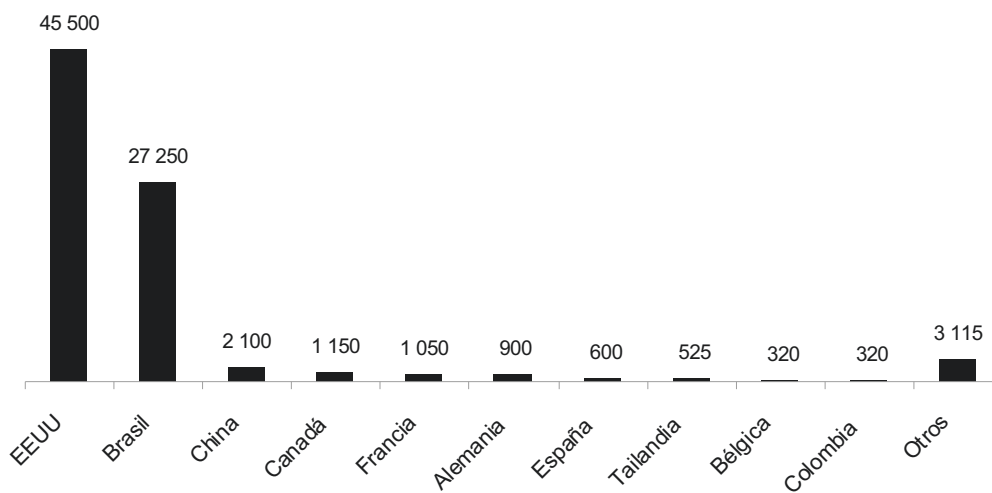
La producción mundial de etanol fue de aproximadamente 74.000 millones de litros en 2009 (RFA, 2010). Los países más importantes para dicha industria son Estados Unidos y Brasil, los cuales concentran el 85% de la producción global de etanol (Gráfico II.9). En el caso de Estados Unidos (al igual que en la Unión Europea) la materia prima básica son los cultivos amiláceos. Por su parte, Brasil sustenta su obtención de etanol en la transformación de la caña de azúcar, proceso con menor coste económico y un mejor balance de emisiones de gases efecto invernadero.

El desarrollo de la producción de etanol en Brasil a nivel industrial data de mediados de los años setenta cuando el gobierno brasileño decide poner en marcha el Programa ProAlcool, donde se disponen facilidades crediticias para aquellos ingenios que quieran destilar alcohol carburante y se crea la Comisión Nacional del Alcohol. Con el segundo choque del petróleo a finales de los setenta se refuerza la intención gubernamental de fomentar la producción de etanol en el país, empeño el cual se ha mantenido de manera más o menos continuada desde entonces. Una de las particularidades de la estrategia brasileña para la industria del etanol es su enfoque prioritario en el abastecimiento del mercado interno (minorando la dependencia energética del exterior). No obstante en los últimos años se han incrementado las exportaciones de etanol a Estados Unidos y la Unión Europea.

Dentro del contexto latinoamericano, aunque en mucha menor dimensión que Brasil, Colombia ha alcanzado una cierta presencia en la producción de etanol a nivel mundial. La principal materia prima utilizada es la caña de azúcar, cuyas plantaciones se concentran en el Valle del Cauca. Los ingenios dedicados a la obtención de etanol se sitúan también en dicha zona productora. El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural estima que en Colombia habría aproximadamente cuatro millones de hectáreas disponibles para la extensión del cultivo de la caña de azúcar, lo cual posibilitaría expandir la producción de etanol del país.

GRÁFICO II.9
PRODUCCIÓN DE BIOETANOL POR PAÍSES, PROYECCIÓN AL 2010

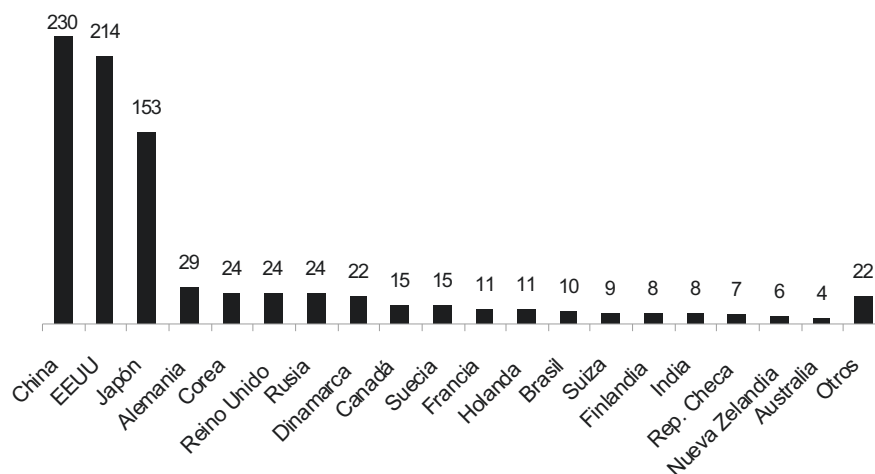
(Millones de litros)



Fuente: Elaboración propia a partir de Brown (2011).

GRÁFICO II.10
PATENTES EN PRODUCCIÓN DE BIOETANOL SEGÚN PAÍSES, 2006-2010

(Número de patentes)



Fuente: Elaboración propia a partir de información procedente de la base de datos esp@cenet worldwide de la Oficina Europea de Patentes (EPO).

En nuestro estudio identificamos 835 patentes relativas a invenciones en tecnologías enfocadas a la producción de bioetanol (Gráfico II.10). Pese a no ser especialmente representativo en términos de producción, China es el país con mayor número de patentes propiedad de individuos o entidades nacionales. El grupo empresarial alimenticio chino Cofco concentra catorce patentes. Estados Unidos, primero en el mundo en términos de producción total, sería el segundo país en número de patentes solicitadas. La Universidad de Florida (16 patentes) es la entidad estadounidense responsable de un mayor número de invenciones. Por su parte, Japón sería el tercer país con mayor presencia en la propiedad de patentes en bioetanol, a pesar de como en el caso chino no ser un productor especialmente

importante. Destaca el papel de la empresa petroquímica japonesa Cosmo Oil Company (37 patentes) y del National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (13 patentes).

Alemania (29 patentes), Corea (24 patentes), Reino Unido (24 patentes), Rusia (24 patentes) y Dinamarca (22 patentes) son otros de los países con un significativo número de invenciones en las tecnologías de obtención de bioetanol consideradas. La empresa de biotecnología Novozymes es solicitante de dieciocho de las patentes registradas para el caso de Dinamarca.

Por su parte, América Latina tiene una cierta representación dentro de las patentes consideradas a partir de diez invenciones propiedad de entidades localizadas en Brasil y dos invenciones con solicitantes mexicanos.

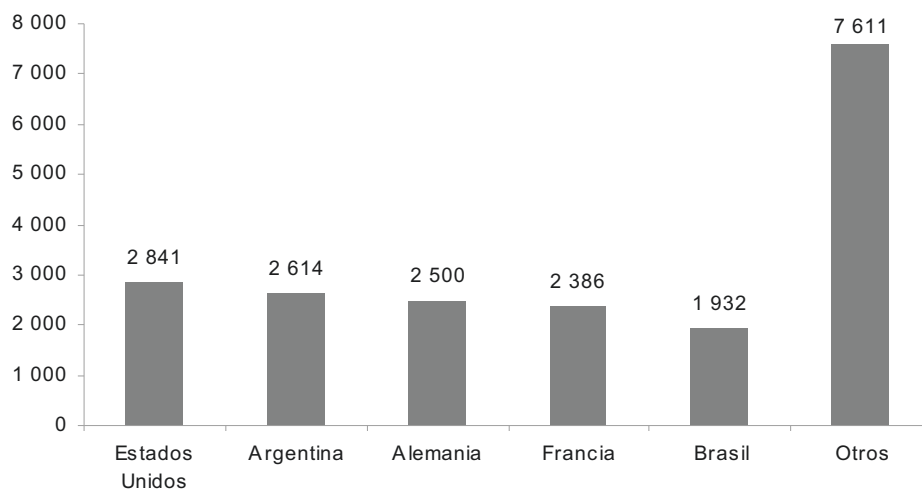
Obtención de biodiesel y aceite vegetal

En el año 2008, la producción de biodiesel a nivel mundial fue de unos 15.000 millones de litros. Algo más del sesenta por ciento de dicha producción se genera en la Unión Europea, destacando Alemania, Francia, Italia y Bélgica en su obtención. En lo referente al biodiesel generado fuera de la Unión Europea, los productores más significativos son Estados Unidos e Indonesia.

Las principales materias primas utilizadas para la obtención de biodiesel varían dependiendo del país (o región) a la que nos refiramos. En el caso de la Unión Europea se ha venido utilizando tanto soya como aceite de colza. En Estados Unidos (al igual que en Brasil y Argentina) principalmente soya y en los países productores asiáticos palma aceitera (Dufey, 2010).

En nuestro estudio identificamos 600 patentes relativas a innovaciones técnicas en la producción de biodiesel. Casi la mitad de ellas son propiedad de entidades o individuos localizados en China, destacando la Universidad Tsinghua (10 patentes), la Universidad East China Normal (8 patentes) y la Universidad Tecnológica Dalian (6 patentes). El segundo y tercer país en patentes en biodiesel son Estados Unidos (75 patentes) y Japón (71 patentes).

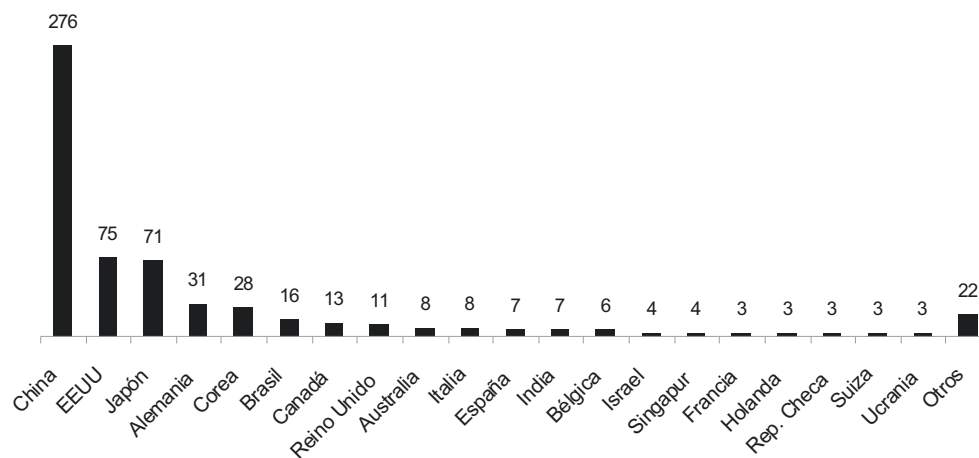
GRÁFICO II.11
PARTICIPACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL POR PAÍSES, 2010
(Millones de litros)



Fuente: Elaboración propia a partir de Brown (2011).

Alemania (31 patentes), Corea (28 patentes), Brasil (16 patentes), Canadá (13 patentes) y Reino Unido (11 patentes) son otros de los países con una cierta presencia en la patentación en biodiesel. En el caso de Brasil, la mayor parte de las patentes son propiedad de la empresa Petrobras. Además de las innovaciones brasileñas, identificamos una patente mexicana y otra guatemalteca entre las innovaciones que se han tomado en consideración.

GRÁFICO II.12
PATENTES EN PRODUCCIÓN DE BIODIESEL SEGÚN PAÍSES, 2006-2010
 (Número de patentes)



Fuente: Elaboración propia a partir de información procedente de la base de datos esp@cenet worldwide de la Oficina Europea de Patentes (EPO).

Las principales tecnologías patentadas son las relacionadas con avances en la transformación de materias primas mediante craqueo térmico (o pirólisis), en el procesamiento de aceites por medio esterificación por intercambio de ésteres (transesterificación) y en la obtención de combustibles carbonosos líquidos.

Por otra parte, como ya se ha señalado, en la producción de biodiesel se utiliza como producto primario aceite vegetal. Cuando se usa como combustible dicho derivado se conoce como bio-oil. Una de las principales ventajas del aceite vegetal (o bio-oil) desde el punto de vista ambiental es que, a diferencia del biodiesel, es totalmente biodegradable. Con el objetivo de plantear una breve revisión del estado de la tecnología en este tipo de producción hemos seleccionado un registro de sesenta patentes. Los países con mayor presencia en la propiedad de dichas invenciones son Japón (22 patentes), China (13 patentes) y Alemania (6 patentes).

Obtención de biogás

La generación de biogás es desde el punto ambiental especialmente interesante pues contribuye a mitigar la contaminación hídrica (superficial y subterránea) y de los suelos provocada por el vertido de residuos. Asimismo, con el proceso de obtención del biogás se reduce la emisión de metano a la atmósfera, siendo éste (junto con el óxido nitroso) uno de los principales gases efecto invernadero generados por el sector agropecuario.

La transformación en biogás del material residual se realiza a través de un biodigestor en cuyo interior se desarrolla un proceso de digestión anaeróbica (en ausencia de oxígeno) de los desechos. Estos sistemas pueden ser replicados con un costo relativamente bajo, lo cual hace viable la adaptación de dicha tecnología a explotaciones agropecuarias de pequeño y mediano tamaño.

En nuestro análisis de las patentes en tecnologías de obtención de biogás contabilizamos un total de 608 registros. China es, nuevamente, el país que concentra un mayor número de solicitudes de patentes en biogás con 247 invenciones¹⁶. La Universidad Nanjing y la Universidad Jiangnan destacarían como solicitantes, con ocho y cinco invenciones respectivamente. El segundo país en patentes en tecnologías de generación de biogás es Alemania con 160 registros. La empresa Umwelt Technik Sued (UTS), especializada en la instalación de plantas biodigestoras, es propietaria de quince

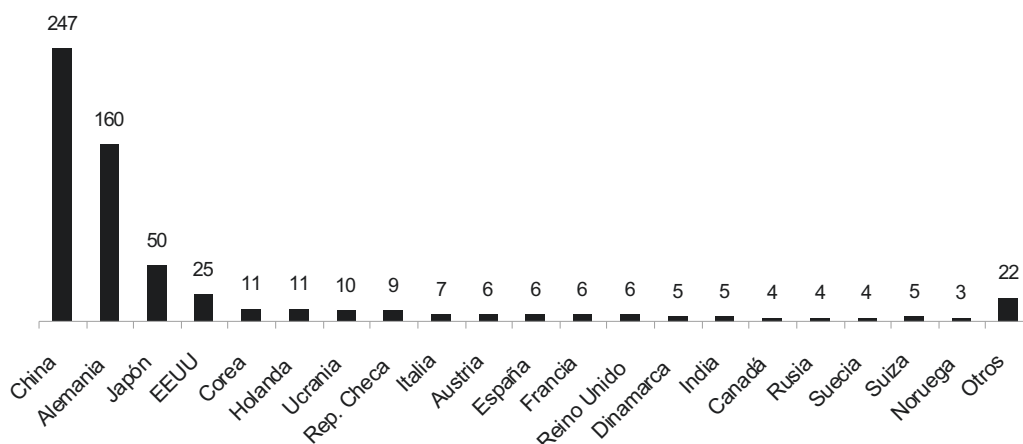
¹⁶ Según Machado (2010) los procesos de digestión anaeróbica de residuos para la generación de energía utilizable en la cocina e iluminación, así como de fertilizantes agrícolas, es una tecnología tradicional y muy extendida en ciertos países asiáticos como China.

de dichas patentes. Japón es el tercer país en solicitud de patentes en biogás, destacando las corporaciones Toshiba y Mitsui Engineering & Shipbuilding.

Otros países con una significativa implicación en la propiedad de patentes relacionadas con las tecnologías de obtención de biogás son Estados Unidos (25 patentes), Corea (11 patentes), Ucrania (10 patentes) y República Checa (9 patentes). La presencia latinoamericana se restringe a una patente solicitada por un grupo de investigadores brasileños y otra por el Centro en Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica de Querétaro.

Por último, en lo que se refiere a tecnologías, dentro de las patentes registradas destacan las innovaciones relativas a equipos para procesos enzimáticos o microbiológicos preparados para la recolección de los gases de la fermentación, invenciones en la producción de hidrocarburos acíclicos, avances en dispositivos para el tratamiento de lodos y desarrollos de transformaciones biológicas de las aguas residuales, concretamente mediante digestión anaeróbica.

GRÁFICO II.13
PATENTES EN PRODUCCIÓN DE BIOGÁS SEGÚN PAÍSES, 2006-2010
 (Número de patentes)



Fuente: Elaboración propia a partir de información procedente de la base de datos esp@cenet worldwide de la Oficina Europea de Patentes (EPO).

Obtención de otros biocombustibles

Además de bioetanol, biodiesel y biogás, a partir de la transformación de materias primas de origen orgánico se pueden generar otros biocombustibles. Un ejemplo de ello es el biobutanol, el cual deriva de los procesos de fermentación de los azúcares de la biomasa, al igual que el bioetanol. Como parte de nuestro estudio, identificamos 183 patentes relativas a avances en la obtención de biobutanol. China (60 patentes), Estados Unidos (54 patentes) y Alemania (22 patentes) concentran la mayor parte de la propiedad de dichas invenciones.

Como ya señalamos, uno de los tratamientos más frecuentes al que se somete a los residuos generados en la obtención de biodiesel y bioetanol es la gasificación. El producto resultante de dicho proceso recibe el nombre de gas de síntesis (*synthetic gas* o *syngas*). En el estudio registramos 187 patentes relativas a tecnologías dedicadas a la obtención de *syngas*. La mayor parte de ellas son propiedad de entidades localizadas en Estados Unidos (112 patentes), destacando la empresa transnacional de infraestructuras General Electric.

El gas de síntesis puede ser utilizado directamente como fuente de energía o como producto intermedio en un proceso de conversión más largo. A partir de dicha transformación adicional es posible

obtener otros biocombustibles como el metanol. En dicho caso hemos identificado 327 patentes relacionadas. De ellas, la mayor parte es propiedad de entidades localizadas en Asia, principalmente en China (154 patentes), Japón (77 patentes) y Corea (47 patentes).

El caso de Brasil: EMBRAPA

De las patentes revisadas en el estudio de Embrapa Agroenergía (2010) mencionado, que cubre el período 1949-2008, 8.376 patentes correspondieron al proceso de “hidrólisis” y 5.364 al proceso de “fermentación”, Considerando las patentes sobre “hidrólisis” por institución, para el periodo 1998 – 2008, las empresas Basf, Council Sci & Ind, Syngenta, Procter & Gamble e Iogen registraron cada una en Brasil 1 patente. Sin embargo, registraron en total 71 patentes en Estados Unidos y 12 en Europa. Respecto a las patentes sobre el proceso de “fermentación”, consideradas igualmente por institución, la Bayer, Du Pont + Pioneer, Syngenta y Biot registraron cada una en Brasil sólo 1 patente, contra un total de 128 en Estados Unidos y 10 en Europa.

G. Resumen de los resultados

Los resultados obtenidos se resumen en el Cuadro II.3, en el cual se señala el número total de invenciones analizadas en cada tipo de cultivo energético, así como en su proceso productivo. Del mismo modo, se especifica cuáles son aquellos países con mayor presencia en la propiedad de dichas invenciones.

A la vista de los resultados obtenidos, un dato que llama especialmente la atención es el liderazgo de China en la mayoría de las invenciones analizadas. Otros países asiáticos, como Japón y Corea, se destacaron para casos específicos y sus patentes no resultan comparables (en valores absolutos) con las chinas.

Estados Unidos fue otro de los países sobresalientes en cuanto a la propiedad de las invenciones seleccionadas, en especial las relativas a la obtención de materias primas como la soja y de productos finales como el bioetanol, el biobutanol y el syngas.

Finalmente, Alemania tuvo una participación significativa en las invenciones relativas a la producción de biogás.

Considerando las cifras de patentes mencionadas, surge la pregunta de si dichos resultados son particulares para el caso de la cadena productiva de los biocombustibles, o si concuerdan también con los niveles de patentación global de sus respectivos países. Para responder a esto, analizamos la participación de dichos países en el total de las solicitudes de patentes a nivel mundial (Gráfico II.14). Tomando como referencia el año 2006, Japón fue el país que acumuló un mayor porcentaje de solicitudes de patentes por sus residentes (36%). Dentro del continente asiático le siguieron Corea (13%) y China (12%). Por su parte, Estados Unidos ocupó el segundo lugar en número de patentes solicitadas por sus residentes (22%). En el contexto europeo el país líder fue Alemania (5%).

CUADRO II.3
PATENTES EN CULTIVOS Y PRODUCCIÓN Y PRINCIPALES PAÍSES PROPIETARIOS, 2006-2010
(Número de patentes)

Invención	N° de patentes	Principales países (patentes en propiedad)
CULTIVOS ENERGÉTICOS		
Soja	867	EEUU (672); China (93); Suíza (63)
Colza	219	China (121); EEUU (17); Japón y Alemania (16)
Palma aceitera	42	China (16); Malasia (9); Japón (8)
Jatropha	85	China (51); India (14); Singapur y Corea (5)
Caña de azúcar	240	China (175); EEUU (18); Japón (13)
Remolacha	83	China (19); Ucrania (18); Rusia (17)
Mandioca	75	China (56); Corea (5); EEUU (4)
Sorgo dulce	35	China (29)
Eucalipto	64	China (29); Japón (19); EEUU (8)
Sauce	38	China (26)
Álamo	53	China (45)
<i>Switchgrass</i>	18	EEUU (14)
<i>Bermudagrass</i>	8	EEUU (5)
<i>Miscanthus</i>	28	EEUU (8); Corea (6); China (5)
PRODUCTOS FINALES		
Aceite vegetal	60	Japón (22); China (13); Alemania (6)
Bioetanol	835	China (230); EEUU (214); Japón (153)
Biodiesel	600	China (276); EEUU (75); Japón (71)
Biogás	608	China (247); Alemania (160) Japón (59)
Biobutanol	183	China (60); EEUU (54); Alemania (22)
<i>Syngas</i>	187	EEUU (112)
Metanol	327	China (154); Japón (77); Corea (47)

Fuente: Elaboración propia.

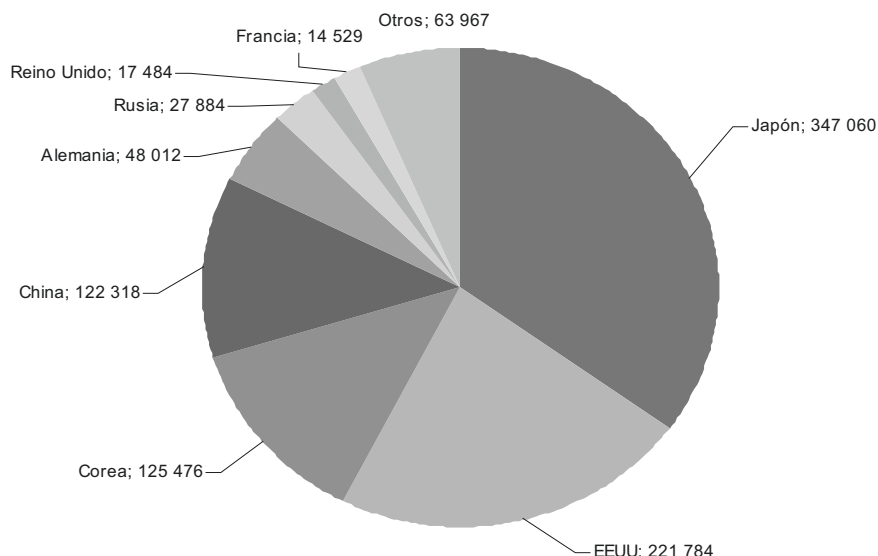
Por tanto, la prevalencia de entidades (e individuos) residentes en China en la solicitud de patentes, fue más notoria en la cadena productiva de los biocombustibles (principalmente en el procesamiento), que a nivel global. Esto podría ser explicado en parte por la puesta en marcha de ambiciosas estrategias de fomento al desarrollo de energías limpias en ese país. En el caso de Japón sin embargo, ocurrió lo contrario. Así la presencia relativa de patentes concernientes a la producción de biocombustibles fue menor para el caso de los biocombustibles. Algo parecido sucedió para Corea.

Estados Unidos por su parte tuvo en el desarrollo tecnológico de los biocombustibles una presencia similar a la que registró a nivel global, pero sólo en el caso de las patentes relativas a la obtención de productos finales y de algunas materias primas como la soja y los herbáceos.

En el caso de América Latina, se pudo apreciar una modesta presencia de patentes en biocombustibles. Dicha pauta se repite para el caso de la patentación a nivel global. Según datos de RICYT (2010), en el año 2008 fueron solicitadas 9.840 patentes por residentes latinoamericanos, de las cuales 7.242 correspondieron a Brasil, país que también detentó el mayor número de patentes a lo largo de la cadena productiva de biocombustibles.

Por último, el Cuadro II.4 muestra cuáles fueron las tecnologías con mayor presencia entre las familias de patentes recogidas en nuestro estudio.

GRÁFICO II.14
PATENTES SOLICITADAS POR RESIDENTES, 2006
 (Número de patentes)



Fuente: Elaboración propia sobre la base de información del Banco Mundial, World Development Indicators (WDI).

CUADRO II.4
RESUMEN DE LAS PRINCIPALES TECNOLOGÍAS IMPLICADAS EN LAS PATENTES IDENTIFICADAS EN CULTIVOS Y PRODUCCIÓN, 2006-2010

OBTENCIÓN DE CULTIVOS ENERGÉTICOS

Obtención de nuevas plantas y reproducción de tejidos vegetales

Mejoras en procesos de siega, cosecha y técnicas silvícolas

OBTENCIÓN DE PRODUCTOS FINALES

Obtención de combustibles carbonosos líquidos

Preparación de compuestos orgánicos mediante fermentación o procesos enzimáticos

Procesos de fermentación o procesos enzimáticos de síntesis de compuestos

Tratamientos con microorganismos o enzimas

Producción o purificación de jugo sacárido

Procesamiento de grasas, aceites o ácidos grasos por intercambio de esteres

Transformación de materias primas a partir de craqueo térmico

Producción, refinado y conservación de grasas, aceites y ceras

Aparatos para enzimología o microbiología con medios para recoger gases de fermentación

Tratamiento de lodos y aguas residuales mediante digestión anaeróbica (producción de metano)

Fuente: Elaboración propia.

Nota: El diseño del presente cuadro se realizó teniendo en cuenta aquellas tecnologías (identificadas mediante los códigos IPC) presentes en un mayor número de familias de patentes para cada cultivo o producto final considerado en el estudio. En muchos casos, una misma familia de patentes supuso un adelanto en más de una de las tecnologías especificadas en el cuadro.

En lo que respecta a avances en la obtención de cultivos energéticos destacaron las invenciones relacionadas con mejoras en tratamientos genéticos y con transformaciones a partir de microorganismos o enzimas. Así mismo, en el procesamiento de las materias primas (y productos intermedios) sobresalieron las investigaciones sobre procesos de transesterificación, pirólisis y procesos enzimáticos de síntesis de compuestos o de fermentación.

H. Conclusiones

Las patentes han sido consideradas habitualmente como una buena aproximación del output científico de un país, clasificables dentro de la categoría específica de creación de conocimiento (INSEAD, 2010). Asimismo, las patentes pueden ser utilizadas para dar una idea del estado de la innovación en un determinado sector productivo. Dicha consideración es especialmente importante cuando nos referimos a actividades de alto contenido tecnológico, como la obtención de biocombustibles de generaciones avanzadas, o cuya viabilidad dependa en gran medida del posicionamiento técnico de su productor, como sucede para otros biocombustibles más tradicionales.

Es por ello que en el presente estudio, a través del análisis de las patentes solicitadas por entidades (o individuos) residentes en distintos países de todo el mundo, relativas a la cadena productiva de los biocombustibles (tanto en la obtención de materias primas como en el procesamiento), hemos tratado de estimar el estado global de la innovación en este sector.

Considerando los resultados obtenidos, China mantiene una posición clara de liderazgo en la mayoría de las invenciones estudiadas. El decidido apoyo estatal al desarrollo de las energías renovables, con el fin de generar un mercado tecnológico de exportación y disminuir la dependencia energética externa, pueden estar condicionando el gran avance tecnológico chino que las cifras revelaron.

Estados Unidos es el segundo país con mayor presencia en la propiedad de las invenciones seleccionadas, sin embargo se encuentra bastante rezagado frente a China. No obstante, Estados Unidos destaca por su elevado número de patentes en la obtención de ciertas materias primas como la soja y en el procesamiento de bioetanol, biobutanol y syngas.

A parte de China, hemos visto que otros países asiáticos como Japón y Corea tienen un considerable número de patentes en invenciones relativas a biocombustibles.

Por su parte, con la excepción de Brasil, América Latina tiene una baja participación relativa de patentación de los biocombustibles y sus tecnologías. Esta circunstancia no es significativamente distinta a lo que sucede para las invenciones regionales en términos globales. Dicha tendencia nos permite apreciar la dificultad que tiene la región para situarse en la vanguardia tecnológica de este sector.

No obstante, debemos considerar que pueden haber otras circunstancias que hayan llevado al bajo nivel de patentación en el sector de biocombustibles en América Latina, más allá de la propia falta de invenciones. Dado que el apoyo a la investigación en este sector procede en muchos países de programas financiados (total o parcialmente) por los gobiernos, la protección mediante patentes de los hallazgos realizados, puede ser considerada contraproducente al limitar las externalidades positivas que generan estas invenciones. Por ello, es necesario realizar estudios regionales más amplios que incluyan una mayor variedad de indicadores sobre innovación en biocombustibles.

Bibliografía

- Baettig, Ricardo, Yáñez, Marco & Albornoz, Marta (2010), “Cultivos dendroenergéticos de híbridos de álamo para la obtención de biocombustibles en Chile: estado del arte”, *Bosque*, vol. 31 (2): 89-99.
- Begenesic, F. & Pascale, C. (2010), “Bioenergía para el desarrollo sostenible: políticas públicas sobre biocombustibles y su relación con la seguridad alimentaria en Argentina”, FAO, Santiago de Chile.
- BNDES & CGEE (coord.) (2008), “Bioetanol de caña de azúcar: energía para el desarrollo sostenible”, Río de Janeiro, Banco Nacional de Desenvolvimento Economico y Social (BNDES).
- Brown, L. (2011), *World on the edge: How to prevent environmental and economic collapse*. Earth Policy Institute. Washington DC.
- Carriquiry, M., Du, X. & Timilsina, G. (2010), “Second-generation biofuels”, World Bank, Washington DC.
- Cheng, J. & Timilsina, G. (2010), “Advanced biofuel technologies: status and barriers”, World Bank, Washington DC.
- Chisti, Y. (2007), “Biodiesel from microalgae”, *Biotechnol. Adv.* 25: 294-306.
- Duffey, Annie (2010), “Políticas públicas sobre biocombustibles: temas clave para América Latina y el Caribe”, *V Seminario Latinoamericano y del Caribe de Biocombustibles*, Santiago (Chile).
- Embrapa Agroenergía (2010), “Análise das patentes em matérias-primas e nos procesos de hidrólise e fermentacao para producao de etanol de material lignocelulósico: Rota tecnológica de etanol lignocelulósico”. Secretaria de Gestao e Estratégia, Brasília, DF (Brasil).
- Fundación Chile (2009), “Informe de vigilancia tecnológica: aprovechamiento de CO2 desde fuentes fijas”, Santiago (Chile), Fundación Chile & Comisión Nacional de la Energía (CNE).
- Hamelinck, Carlo & Faiij, André (2006), “Outlook for advanced biofuels”, *Energy Policy*, vol. 34: 3268-3283.
- IEA (2008), “From 1st to 2nd generation biofuel technologies: an overview of current industry and RD&D activities”, Paris, Francia.
- Infante, A. & Tobon, S. (2010), “Bioenergía para el desarrollo sostenible: políticas públicas sobre biocombustibles y su relación con la seguridad alimentaria en Colombia”, FAO, Santiago de Chile.
- INSEAD (2010), “Global Innovation Index 2009/10”, INSEAD & Confederation of Indian Industry.
- Lugones, Gustavo Eduardo, Gutti, Patricia & Le Clech, Néstor (2007), “Indicadores de capacidades tecnológicas en América Latina”, México D. F., Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) & Agencia canadiense de desarrollo internacional.
- Machado, Cristina (2010a), “Technical characteristics and current status of butanol production and use as biofuel”, *V Seminario Latinoamericano y del Caribe de Biocombustibles*, Santiago (Chile).
- ____ (2010b), “Situación de los biocombustibles de 2da y 3era generación en América Latina y Caribe”, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) & Organización Latinoamericana de Energía (OLADE).
- Melzoch, Karel et. al. (2010), “Experiences in the production and use of butanol as biofuel”, *V Seminario Latinoamericano y del Caribe de Biocombustibles*, Santiago (Chile).
- Renewable Fuels Association (2010), “Ethanol Industry Outlook 2009: Growing Innovation”, Washington, RFA.