

Trend study:

Bioenergy: Patent Trend Study (2013-2018)

Jiraleiska Hernández , Samuel Villanueva* , Magaly Henríquez 

Centro Nacional de Tecnología Química, Caracas, Venezuela.

Recibido: febrero, 2020,

Aceptado: agosto, 2020.

Autor para correspondencia: S. Villanueva e-mail: publicacionespdi.cntq@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.4281387>**Abstract**

Currently 84% of the world's energy matrix comes from the burning of fossil fuels, production system that cause social and environmental problems in the vulnerable regions. The situation has forced a rethinking of the global energy model, pointing to renewable sources as the ideal substitute for the current production system. Bioenergy contributes to the diversification of the energy matrix without increasing the emissions that accelerate climate change. It is obtained from materials derived from biological sources, such as crop residues of agricultural processes. These materials contain an important calorific value that can be used for the generation of electrical energy and/or the production of biofuel. Through the patentometric study for the period 2013 – 2018, the technological trend was determined in the inventions related to biodiesel, bioethanol and biogas, in order to obtain a global panorama of bioenergy; generating productivity indicators according to year, country, institution and International Patent Classification (IPC) codes. China is identified as a leader in technological innovations in biodiesel and biogas. While the United States leads the patent registry in the production of bioethanol.

Keywords: bioenergy, biofuel, technological intelligence, patents.

Estudio de Tendencia:

Bioenergía: Estudio de tendencia patentométrica (2013-2018)

Resumen

Actualmente 84% de la matriz energética mundial procede de la quema de combustibles fósiles, sistema de producción que ocasiona problemas sociales y ambientales en las regiones vulnerables. La situación ha forzado un replanteamiento del modelo energético global, señalando a las fuentes renovables como el sustituto idóneo del sistema de producción actual. La bioenergía contribuye a la diversificación de la matriz energética sin aumentar las emisiones que aceleran el cambio climático. Se obtiene a partir de materiales derivados de fuentes biológicas, como los residuos de cultivos agrícolas. Estos materiales contienen un poder calorífico importante que pueden ser aprovechados para la generación de energía eléctrica y/o la producción de biocombustible. Mediante el estudio patentométrico para el periodo 2013 – 2018, se determinó la tendencia tecnológica en las invenciones relacionadas con el biodiesel, bioetanol y biogás, para así obtener un panorama global de la bioenergía; generando indicadores de productividad según año, país, institución y códigos de Clasificación Internacional de Patentes (IPC). China es identificado como líder en innovaciones tecnológicas en biodiesel y biogás. Mientras que Estados Unidos lidera el registro de patentes en la producción de bioetanol.

Palabras clave: bioenergía, biocombustible, inteligencia tecnológica, patentes.

1. Introducción

El siglo XX fue considerado la era del petróleo; la industria petroquímica creció rápidamente y miles de productos plásticos, químicos y farmacéuticos, entre otros, fueron desarrollados a partir de los combustibles fósiles. Al día de hoy, el 84 % del consumo mundial de energía primaria proviene de los hidrocarburos. La energía generada a partir de esta fuente ha contribuido al progreso en la educación, salud, comunicación y procesos productivos. Sin embargo, el modelo energético imperante, basado en la explotación de fuentes de energía no renovables, geográficamente concentradas y fuertemente contaminadas, junto a un incremento desenfrenado en la demanda energética está ocasionando graves problemas sociales y ambientales [1]. Entre los años 1970 y 2004 la emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) aumentaron en un 70 %, específicamente la concentración de CO₂ pasó de 280 ppm a 379 ppm (2005).

El clima ha sufrido importantes modificaciones a partir del aumento de las actividades antropogénicas y la generación de desechos químicos sin tratamiento adecuado. Situación que conlleva a la preocupación y organización en los pueblos y gobiernos del mundo, exigiendo la incorporación de sostenibilidad como freno al sistema depredador de los recursos naturales. En este sentido, han surgido alternativas tecnológicas de menor impacto al ambiente; adquiriendo mayor protagonismo el aprovechamiento de la energía eólica, fotovoltaica, termosolar, geotérmica, mareomotriz, hidroeléctrica y de biomasa.

El último reporte de la Agencia Internacional de las Energías Renovables [2] indicó que el 19.3 % de la energía del mundo fue producida a partir de fuentes naturales. De los cuales, 9.1 % corresponde al aprovechamiento de la biomasa tradicional y el 10.2 % a las energías renovables modernas. Destacando las hidroeléctricas con el 3.6 % y el porcentaje restante se encuentra distribuido entre la geotérmica, eólica, biogás y solar [3].

La bioenergía moderna, excluyendo el uso tradicional de la biomasa, fue responsable de la mitad de toda la energía renovable consumida en el año 2017, su contribución fue cuatro veces superior al registrado por la energía solar fotovoltaica y la eólica

combinadas [4]. Adicionalmente, puede contribuir en la sustitución de las fuentes de energía fósil y nuclear sin aumentar las emisiones que producen el cambio climático. Al mismo tiempo que permite la eliminación adecuada de los residuos orgánicos rurales y urbanos, sin que represente riesgos a la salud y al ambiente, la bioenergía moderna es considerada la única fuente energética capaz de sustituir al petróleo en el sector del transporte. Por lo tanto, desempeña un papel estratégico en la defensa de la seguridad energética [5, 6].

El informe de la Agencia Internacional de Energía (IEA, International Energy Agency) [7] afirma que el suministro de energía renovable durante el período de pronóstico de 2018–2023 será liderada por la bioenergía y se espera que alrededor del 30 % del consumo de energías renovables provenga de la biomasa residual en forma de combustible sólido, líquido y gaseoso debido al considerable uso en calefacción y en transporte.

La terminología aplicada por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, Food and Agriculture Organization) y descrita en el informe técnico de América Latina y el Caribe (ALC) [8] establece que los biocombustibles pueden ser clasificados en tres categorías:

- a) combustibles de madera, derivados directa o indirectamente de los árboles y arbustos que crecen en tierras forestales y no forestales;
- b) agrocombustibles, procedentes de la biomasa que resulta de los cultivos destinados a ser utilizados como combustible y de los subproductos agrícolas, agroindustriales y animales;
- c) subproductos municipales, residuos de biomasa producidos por la población urbana, en forma de sólidos o gaseosos/líquidos generado en ciudades y aldeas.

El informe de Ascher *et al* [5] establece otros criterios para clasificar los biocombustibles, al tomar en consideración su estado físico, origen, uso final o proceso de conversión.

El uso de los biocombustibles no es nuevo, desde la década de los 90 se vienen desarrollando investigaciones que permitan sustituir los combustibles convencionales en el sector automotriz, por aquellos de menor costo e impacto ambiental. Países como Brasil, Estados Unidos, Alemania,

Tabla 1: Estrategia de búsqueda y resultados.

| # | Ecuación de búsqueda | Resultados |
|---|--|------------|
| 1 | ((biodiésel OR "bio-diesel" OR biofuel OR "bio-fuel" OR "bio-diesel fuel") AND (C07C67/00! OR C07C69/00! OR C10G3/00! OR C10G11/00! OR C10G11/18! OR C10G25/00! OR C10L1/02! OR C10L1/19! OR C11C3/10! OR C12P7/64) NOT (A61K31/00! OR A61K8/00)) | 1518 |
| 2 | ((bioethanol OR bioalcohol OR "bio-fuels") NOT (biobutanol OR biopropanol OR biometanol) AND (C10L1/02! OR C10L1/182! OR C12N9/24! OR C12P7/06! OR C12P7/14! OR C12P7/08! OR C12P7/10! OR C12P19/14! OR C12P39/00)) | 270 |
| 3 | ((biogas OR "bio-gas" OR "methane gas" OR biomass) AND (C02F3/28! OR C02F11/04! OR C10L3/00! OR C12M1/107! OR C12P5/02)) | 1702 |
| 4 | ((((biodiésel OR "bio-diesel" OR biofuel OR "bio-fuel" OR "bio-diesel fuel" OR "bioethanol" OR bioalcohol OR "bio-fuels" OR Biogás OR "bio-gas" OR "methane gas" OR biomass OR biobutanol OR biopropanol OR biometanol) NOT (biobutanol OR biopropanol OR biometanol)) AND (C07C67/00! OR C07C69/00! OR C10G3/00! OR C10G11/00! OR C10G11/18! OR C10G25/00! OR C10L1/02! OR C10L1/19! OR C11C3/10! OR C12P7/64 OR C10L1/02! OR C10L1/182! OR C12N9/24! OR C12P7/06! OR C12P7/14! OR C12P7/08! OR C12P7/10! OR C12P19/14! OR C12P39/00 OR C02F3/28! OR C02F11/04! OR C10L3/00! OR C12M1/107! OR C12P5/02) NOT NOT (A61K31/00! OR A61K8/00)) | 4231 |

Austria, Canadá, Francia, Italia, Malasia y Suecia son pioneros en la producción, ensayo y uso de biodiésel en automóviles y rigen el mercado de los biocombustibles [9].

La tendencia para el año 2023 es que la bioenergía continúe siendo la fuente predominante de energía renovable, aunque su participación en la producción total para el año 2017 disminuyó del 50% al 46%, principalmente por la expansión de las energías solar fotovoltaica y eólica en el sector eléctrico [10].

El replantamiento en el modelo energético persigue un equilibrio entre el desarrollo económico, la seguridad energética y la protección de los recursos naturales. El presente estudio tiene como finalidad identificar y analizar la actividad patentométrica mundial como tendencia tecnológica en el campo de bioenergéticos. La investigación desarrollada es pertinente y de suma importancia para el país.

2. Metodología

La investigación se fundamentó en el análisis patentométrico de documentos de invención publicados en el periodo 2013–2018, con el objetivo de identificar la tendencia tecnológica en

el sector de la bioenergía, tanto en ALC como en el resto del mundo. Luego, fue elaborada una estrategia de búsqueda para cada biocombustible de mayor avance en el área energética; biodiésel, bioetanol y biogás. La búsqueda se realizó en la plataforma PatentInspiration® <www.patentinspiration.com>, colocando las palabras claves en el campo título y los respectivos códigos de Clasificación Internacional de Patentes (CIP) en inglés IPC.

Los registros obtenidos fueron almacenados, tratados y analizados; luego, se elaboraron indicadores de productividad según año, país, institución de investigación y los relacionados con los códigos de CIP. El período utilizado para levantar de información fue del 26 al 28 de abril del 2019.

La Tabla 1 describe la ecuación de búsqueda utilizada y los resultados obtenidos para el periodo 01/01/2013 al 31/12/2018, en el campo título, considerando una patente por familia y sin la inclusión de documentos que tengan vacíos en el título o resumen. La ecuación #1 pertenece a los registros recuperados para biodiésel, la #2 los correspondientes a bioetanol, la #3 los relacionados con biogás, mientras que la #4 es la combinatoria de

Tabla 2: Códigos CIP vinculados con el procesamiento de materias primas para la obtención de biocombustibles.

| Sector | Código | Definición |
|-----------|------------|--|
| Biodiésel | 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: Ésteres. |
| | 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 (por lo menos siete átomos de carbono en una cadena lineal, unidos a un grupo carboxilo), aceites o grasas oxidadas. |
| Bioetanol | 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. |
| | 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 reutilización de microorganismos. |
| | C12P7/08 | Etanol producido a partir de residuos o sustrato de material celulósico. |
| | C12P7/10 | Etanol, productos que no son bebidas producidos como subproducto o a partir de un sustrato de material de desecho o material celulósico. |
| | C12P19/14 | Preparación de compuestos que contienen sacaridos radicales producidos por la acción de carbohidrase. |
| Biogás | C12P39/00 | Procesos que involucran microorganismos de diferentes géneros en el mismo proceso simultáneamente. |
| | C02F 3/28 | Tratamiento biológico del agua o aguas residuales: Procesos de digestión anaerobia. |
| | 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, 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. |

las anteriores, como marco global de las tendencias tecnológicas en bioenergía.

Además de la terminología definida en la Tabla 2, la Tabla 1 muestra los códigos alfanuméricos de identificación tecnológica de patentes CIP que fueron incorporados a la ecuación, vinculados con los procesos de combustión, digestión, descomposición, hidrólisis y fermentación necesarios para la produc-

ción de bioenergéticos en sus distintos estados. A pesar que los códigos de Clasificación Cooperativa de Patentes (CPC) cuentan con categorías de tecnologías para la producción de combustible no fósil y generación de bioenergía, solo muestran indicadores de invención registrados en Estados Unidos y Europa. Por lo tanto, la participación de los países asiáticos, latinoamericanos y del Caribe

son ignorados y por defecto sus resultados no serán discutidos en el trabajo.

De igual manera, es importante destacar que la plataforma de patentes empleada en esta investigación solo ofrece información del país solicitante de 823, 223 y 874 documentos de patentes para el indicador de posicionamiento geográfico de los biocombustibles: biodiésel, bioetanol y biogás, respectivamente. Por tanto, el tratamiento estadístico realizado para identificar los principales países líderes en investigación se encuentra representado por el 53 %, 80 % y 51 % de los biocombustibles mencionados.

3. Discusión de resultados

Indicadores patentométricos

Un indicador que permite corroborar el rendimiento tecnológico de los países son las publicaciones de patentes. En comparación con otros indicadores de producción, como pueden ser la literatura científica, los documentos de invención constituyen un indicador de las actividades más cercanas al desarrollo tecnológico, ayudan a rastrear el liderazgo o posicionamiento en un campo o área determinada de la tecnología y sus oscilaciones en el tiempo [11]. Adicionalmente permiten extraer información técnica importante que no se ubican en otros documentos, identificar innovaciones tecnológicas y posibles socios comerciales en distintas latitudes.

Las ecuaciones de búsqueda planteadas en la Tabla 1 recuperaron 1518, 270 y 1702 registros de solicitudes y concesiones de patentes para la producción de biodiésel, bioetanol y biogás, respectivamente. La Figura 1 muestra la evolución patentométrica de los biocombustibles en el tiempo, observándose un mayor interés por las tecnologías o procesos relacionados con biogás, seguido de biodiésel y de bioetanol. El interés por bioetanol se ha mantenido aproximadamente constante en el tiempo, por lo que se puede inferir que es invariable la cantidad de actores en el área. En cuanto a biogás y biodiésel después de haber experimentado una baja actividad entre los años 2016 y 2017 han tomado impulso, siendo posible que para el año 2019 se observe un cambio de liderazgo.

El interés en mejorar procesos para la producción

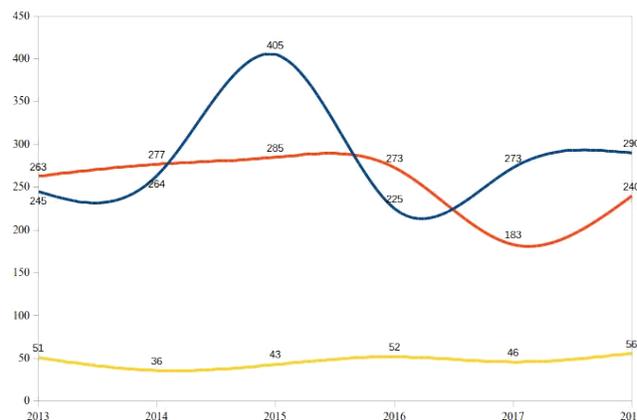


Figura 1: Evolución por años de las familias de patentes por área de desarrollo.

Legenda: —: Biogás, —: Biodiésel, —: Bioetanol.

y masificación de los bioenergéticos coincide con los compromisos adquiridos por los países del mundo en disminuir la generación de GEI a la atmósfera, responsables de la modificación del clima y con ello las afectaciones a la salud y al ambiente. Por ende, la apuesta es la producción de energéticos con baja emisiones de CO₂ sin comprometer el desarrollo industrial y garantizando el suministro de energía eléctrica que demanda la sociedad actual, principalmente en países del primer mundo.

Biodiésel

En el año 2008, la producción de biodiésel a nivel mundial fue de unos 15.000 millones de litros. Más del 60 % de la producción fue generada en la Unión Europea, destacando Alemania, Francia, Italia y Bélgica en su obtención. Fuera del continente europeo, los productores más significativos son Estados Unidos e Indonesia [12].

De las patentes, se obtuvo información acerca de los países líderes en protecciones tecnológicas para la producción de biodiésel (ver Figura 2), identificando 1518 documentos totales. La propiedad de la mayor parte de los registros considerados corresponde a individuos o entidades localizadas en la República Popular de China representando el 51,15 % del total. La participación de China se debe principalmente a empresas del sector petroquímico y de investigación energética, figuran como las principales solicitantes

a nivel global la Corporación Petroquímica de China con 48 documentos, el Instituto de Investigación en Petróleo (SINOPE) con 36, Qingdao Jieneng Energy Saving Environmental Protection con 27 y la compañía de tecnologías energéticas Guangxi Fengtai con 24 registros.

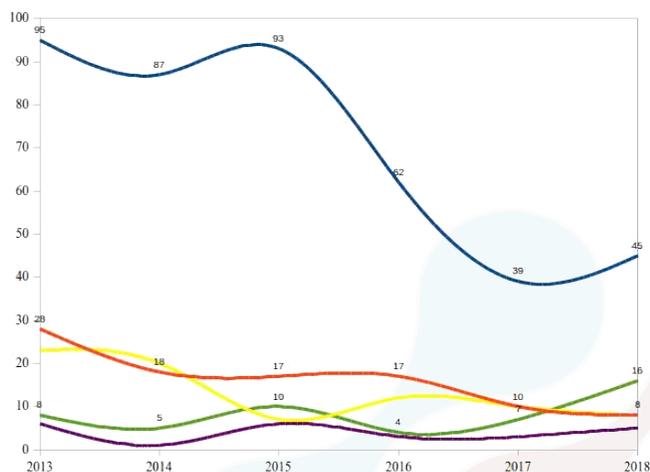


Figura 2: Países líderes en tecnología de biodiésel.

Leyenda: —: China, —: EUA., —: R. Corea, —: Brasil, —: Japón.

Una de las patentes de origen chino de reciente publicación (2018) describe un método para preparar biodiésel por catálisis con zeolita K-F. De acuerdo con el método, un geopolímero de tipo potasio se utiliza como materia prima para sintetizar partículas de zeolita K-F. Las partículas del catalizador representan 1-5 % en peso de la masa total de aceite de colza; la relación molar alcohol-aceite de metanol a aceite de colza es 8-12: 1; la temperatura de reacción se encuentra entre 75 a 95°C y el tiempo de reacción es de 1-24 h. El rendimiento del biodiésel es 93.9-94.2 %. El catalizador sólido puede ser reutilizado, su actividad es alta, y la perspectiva de la aplicación es amplia [13].

Las patentes de China para la producción de biodiésel están relacionadas con procesos catalíticos y tratamientos con microorganismos o enzimas. Por su parte, los Estados Unidos han incursionado en la modificación genética de microorganismos y en el uso de la nanotecnología para mejoramiento de los procesos. Una de las patentes registradas con

la codificación US9828580B2, describe la producción de biocombustible bajo control a nanoescala (“nanobiofuels”), incluye un organismo productor de hidrocarburo en condiciones efectivas para causar una liberación sustancial del hidrocarburo. Al menos una de las acciones proporciona, expone y aísla, mediante el control de nanoescala [14].

Estados Unidos ocupa la segunda posición en solicitud de patentes relativas a la producción de biodiésel (11,91 %), seguido de la República de Corea con el 9,72 %, Brasil 6,08 % y Japón 2,92 % de patentes. La desaceleración en el patentamiento de China y República de Corea puede atribuirse a la caída del precio del petróleo en el año 2014, lo que implicaba acceder a insumos de menor costo.

Los países representados en la Figura 2 concentran el 81,77 % del registro total de solicitudes de patentes asociadas a la producción y mejoramiento del biodiésel. Mientras que ALC representa el 8,87 %, con una participación importante de México (1,82 %), Argentina (0,49 %), Colombia, Chile, Panamá y Costa Rica con el 0,12 % cada uno. Resalta Brasil, que ocupa la cuarta posición en países líderes en tecnologías para la producción de biodiésel, la mayor parte de las patentes brasileñas son propiedad de la empresa Petrobras, quienes ocupan la posición 43 de los registros totales.

Brasil registra invenciones relacionadas con el mejoramiento de cultivos energéticos y procesamiento de grasas, aceites o ácidos grasos por intercambio de ésteres. Una de sus patentes describe un proceso para la obtención de biodiésel a partir de la grasa en semillas de almendra descartadas a nivel doméstico e industrial. El biodiésel fue obtenido mediante reacción de transesterificación, con ruta metílica y catalizador básico (NaOH), la fuente de lípidos utilizada no es de alimentación humana y los lípidos presentes son predominantemente saturados, lo que le confiere carácter sólido. El biodiésel obtenido fue analizado por el espectro integrado de RMN H^1 y mostró un índice de acidez de 0,72 mg de KOH/g de biodiésel, índice satisfactorio para su utilización [15].

En lo que respecta a los códigos que destacan en la producción del biodiésel se encuentran C10L1/00: *combustibles líquidos carbonosos*, con 1207 registros; seguido de C11C3/00: *modificación química de las*

grasas, aceites o ácidos grasos, con 822 y C11B3/00: refinación de grasas y aceites, con 228 solicitudes de patentes.

Bioetanol

La producción mundial de etanol fue de aproximadamente 74.000 millones de litros en 2009. Los países más importantes para esta industria son Estados Unidos y Brasil, concentrando el 85 % de la producción global de etanol. 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 costo económico y mejor balance de emisiones de gases efecto invernadero [11].

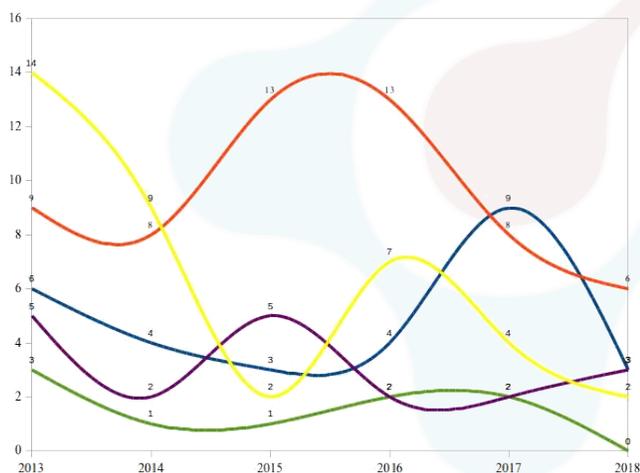


Figura 3: Países líderes en tecnología de bioetanol.

Leyenda: —: R. Corea, —: Japón, —: EUA.,
—: China, —: Brasil.

La Figura 3 muestra los principales cinco países con mayor número de solicitudes de patentes en la producción de bioetanol, destacando Estados Unidos con 57 documentos, representando el 25,22 % del total. Sus protecciones tecnológicas están orientadas a la preparación de compuestos que contienen sacáridos radicales y producción de etanol a partir de residuos o sustrato de material celulósico.

Una de sus patentes registrada bajo el número US2016024406A1 describe un proceso para producir biocombustible celulósico a partir de dos o más

materias primas celulósicas diferentes, combinadas con un componente de almidón. El método incluye la separación de los componentes de las materias primas celulósicas con fraccionamiento húmedo, hidrólisis y fermentación, puede incluir destilación y deshidratación. Adicionalmente, se puede producir un alimento de proteínas de alto valor animal [16].

La segunda posición es ocupada por la República de Corea con el 16,81 %, seguido de China con 12,83 %, Japón con 8,41 % y en menor proporción Brasil con 3,98 %. Los países mencionados concentran el 67,25 % del total de solicitudes de patentes.

La participación de países latinoamericanos se encuentran representados por Brasil con 09 registros, México con 05, Ecuador, Costa Rica y Chile con 01 documento cada uno, para un total de 12 registros que suman 7,52 %. El gobierno brasileño adoptó varias leyes importantes para promover el uso del etanol como carburante; adicionalmente Brasil, Estados Unidos y Argentina están produciendo más del 58 % del etanol mundial, lo que coloca a esta zona geográfica en una posición privilegiada en cuanto a experiencia en el tema [17].

Las principales entidades solicitantes de patentes son lideradas por Compañías de Tecnología Energética: Guangxi Fengtai, Guangxi Dongqi y Jiangxi Taide con 28, 6 y 4 registros, respectivamente. Se identificaron 382 aplicantes dueños de patentes para la producción, modificación y mejoramiento de los procesos de obtención de bioetanol. Información de utilidad para identificar posibles socios comerciales y transferencia tecnológica.

Los códigos CIP que destacan en la producción de bioetanol son C12P7/00: *preparación de compuestos orgánicos que contienen oxígeno* con 168 documentos registrados; seguido de C10L1/00: *combustibles líquidos carbonosos* con 128 y C12R1/00: *empleo de microorganismos como métodos de generación del biocombustible* con 43 protecciones tecnológicas.

Biogás

El biogás o metano es un producto de la fermentación de residuos orgánicos de bosques, campos agrícolas y de desechos de animales de crianza. Es un material energético que se puede obtener igualmente a partir de la basura en rellenos sanitarios; el metano extraído se emplea para producir energía térmica,

mecánica o eléctrica, según su aplicación. Por otro lado, el hidrógeno, combustible gaseoso, puede ser obtenido transformando residuos orgánicos o mediante procesos fotobiológicos [6]. El proceso de obtención del biogás contribuye a reducir las emisiones de metano a la atmósfera, siendo este junto al CO₂ y NO_x, los principales gases de efecto invernadero.

Paredes [18] muestra que en Europa, el principal productor de energía primaria con biomasa sólida es Alemania con 12,2 Mtep (millones de toneladas de equivalente de petróleo), seguido de Francia con 10,5 Mtep. Mientras que España ocupa el sexto lugar, pues la biomasa supone apenas un 42,2% de la producción primaria con energías renovables, lejos del 67,6% de la Unión Europea (UE). Actualmente, los estados miembros de la UE deben establecer los mecanismos necesarios a través de los denominados “Planes de Acción de Energías Renovables” (PANER) para incrementar el aprovechamiento de la biomasa con el objetivo puesto en 2020.

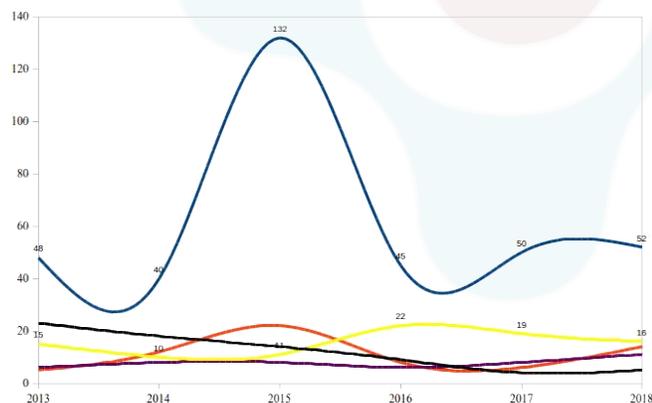


Figura 4: Países líderes en la tecnología de biogás.

Legenda: —: China, —: Alemania, —: R. Corea, —: Japón, —: EUA.

En este análisis de patentes de tecnologías para la obtención de biogás, se contabilizó un total de 1702 registros para el periodo de estudio. La Figura 4 muestra el posicionamiento de China con 42,09% del total de invenciones. Su amplia ventaja se debe a la participación de los investigadores: Pan Lei adscrito a la universidad de Tianjin, con 29 documentos; Li Jun de la universidad de

Yangzhou, con 26; Lu Yongzhu, con 25 y Pan Xiamin, con 24. La quinta posición es ocupada por la Compañía de Energía y Protección al Ambiente Henan Sundar con 19 documentos dedicados principalmente al diseño y construcción de proyectos para el aprovechamiento del metano, I+D de productos y promoción de equipos para la biomasa. Adicionalmente, la República de China cuenta con un instituto de investigación exclusiva para la ciencia del biogás [12].

La República de Corea ocupa la segunda posición con el 10,67% del total. Seguido de Alemania con el 8,37%, Estados Unidos con 7,68% y Japón con el 5,39%. Es importante mencionar que actualmente Alemania ocupa la tercera posición en este análisis de tendencia, sin embargo se mantuvo en el segundo lugar para período 2006–2010 con 160 documentos de patentes en esta área de estudio [12]. Adicionalmente, Alemania es el principal productor de energía a partir de la biomasa en la Unión Europea.

Los principales países reflejados en la Figura 4 concentran el 74,20% del registro total de solicitudes de patente para el período de estudio. La presencia latinoamericana se restringe a 16 patentes, 10 fueron solicitadas por Brasil, 5 por México y 1 por Perú, acumulando 1,61% del total. Esta área de desarrollo se encuentra menos explorada por los países de ALC, no solo por la cantidad de solicitudes y concesiones de patentes sino por la poca iniciativa de invertir en I+D+i. Tampoco existen infraestructuras para la producción y aprovechamiento del biogás con fines energéticos, aún cuando se dispone de las reservas vegetales, almacenamiento de residuos forestales y orgánicos, tierras, agua y energía disponible para la masificación de la matriz energética a partir de la biomasa.

En relación a los códigos CIP, destacan C02F11/00: *tratamiento de lodos principalmente en el desarrollo de transformaciones biológicas de las aguas residuales por digestión anaeróbica*, con 809 documentos; seguido de C12P5/00: *invenciones en la producción de hidrocarburos acíclicos*, con 643; C12M1/00: *aparatos para la enzimología o microbiología preparados para la recolección de los gases de la fermentación*, con 557.

A partir del tratamiento y análisis de las patentes, se produce un indicador relacionado con la extensión

geográfica, éste permite observar tanto el impacto de la tecnología como su mercado potencial. Facilita al investigador o empresario información sobre el nivel de especialización o fortaleza tecnológica de un país y contribuye a los gestores de políticas a identificar los puntos fuertes y débiles de sus sistemas de innovación nacional [19]. La Figura 5 muestra las fronteras tecnológicas entre los principales seis países para cada bioenergético, como resumen de las gráficas anteriores (ver Tabla 3). En la producción de biodiésel destaca China con una amplia ventaja con 421 documentos en relación al competidor más cercano que es Estados Unidos con 98 solicitudes y concesiones de patentes. Esta posición se invierte en la producción de patentes relacionadas con bioetanol, donde EUA con 57 documentos ocupa el primer lugar, seguido de República de Corea con 38 y China con 29. Para el caso del biogás, China lidera nuevamente el proceso con 367 documentos, seguido de República de Corea con 93 y Alemania con 73.

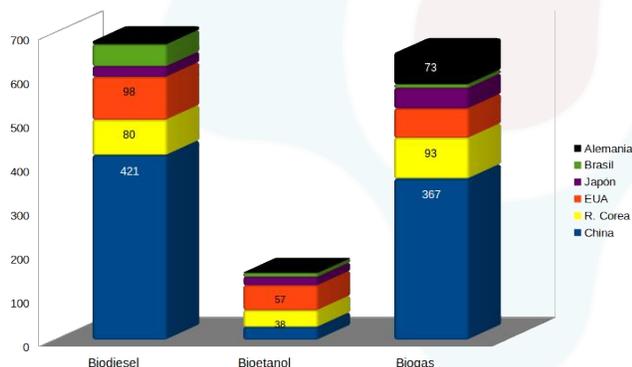


Figura 5: Fronteras tecnológicas en bioenergía.

Tabla 3: Principales países de desarrollo tecnológico en bioenergía.

| País | Biodiésel | Bioetanol | Biogás |
|----------|-----------|-----------|--------|
| China | 421 | 29 | 367 |
| R. Corea | 80 | 38 | 93 |
| EUA | 98 | 57 | 67 |
| Japón | 24 | 19 | 47 |
| Brasil | 50 | 9 | 8 |
| Alemania | 9 | 2 | 73 |

La mayoría de las tecnologías en energía limpia han sido desarrolladas en naciones altamente

industrializadas (República de Corea, Japón y Estados Unidos). En el 2013, estos países en conjunto abarcan el 80%, 65% y 56% de las patentes vinculadas con el biodiésel, bioetanol y biogás, respectivamente. Para el 2018, mantienen un porcentaje de 63%, 70% y 69% de los biocombustibles reportados. Si lo analizamos por regiones, Asia aportó el 68% de la producción de patentes en biodiésel, 43% en bioetanol y 62% en biogás, mientras que ALC registró 9%, 8% y 2% respectivamente.

De los resultados obtenidos, llama especialmente la atención el liderazgo de China en la mayoría de las invenciones analizadas, no solo en la cantidad de solicitudes de patentes en biocombustibles sino en las acciones emprendidas para la transición de esquemas de generación menos contaminantes. Otros países asiáticos, como República de Corea destacan para casos específicos, sin embargo, al igual que Japón se posicionan en los primeros cinco lugares.

Estados Unidos es uno de los países con gran peso en la propiedad de las invenciones seleccionadas. Destaca por su elevado número de patentes en la obtención de bioetanol. Finalmente, Alemania tiene una participación muy significativa en las invenciones relativas a la producción de biogás.

El mapa de términos mostrado en la Figura 6 proporciona una descripción rápida del contenido principal de las patentes, una visión general de las aplicaciones, variaciones y tecnologías de un determinado proceso. En la imagen destacan palabras clave relacionadas con el producto final: biodiésel, biogás y combustible, resaltando procesos como catálisis, digestión, combustión e hidrólisis, respectivamente. Adicionalmente, muestra palabras relacionadas con la materia prima para la producción de energía: biomasa, celulosa, residuo, lodos, paja y estiércol. Este juego de palabras nos introduce en la tendencia de las patentes para los bioenergéticos, analizados según estructura de búsqueda establecida en esta investigación.

La Tabla 4 resume las tecnologías con mayor registro en la familias de patentes analizadas en esta investigación.

Tabla 4: Principales tecnologías según códigos CIP (2013-2018)

| | |
|--|---|
| Obtención de cultivos energéticos. | Obtención de productos finales. |
| Tratamientos con microorganismos o enzimas. | Obtención de combustibles carbonosos líquidos. |
| Producción, refinado y conservación de grasas, aceites y ceras. | Procesamiento de grasas, aceites o ácidos grasos por intercambio de ésteres. |
| | Catalizadores en general. |
| | Transformación de materias primas a partir de craqueo térmico. |
| Procesos de fermentación o procesos enzimáticos de síntesis de compuestos. | Preparación de compuestos orgánicos mediante fermentación o procesos enzimáticos. |
| | Aparatos para enzimología o microbiología con medios para recoger gases de fermentación. |
| Mutación o ingeniería genética. | Tratamiento de lodos y aguas residuales mediante digestión anaeróbica (producción de metano). |

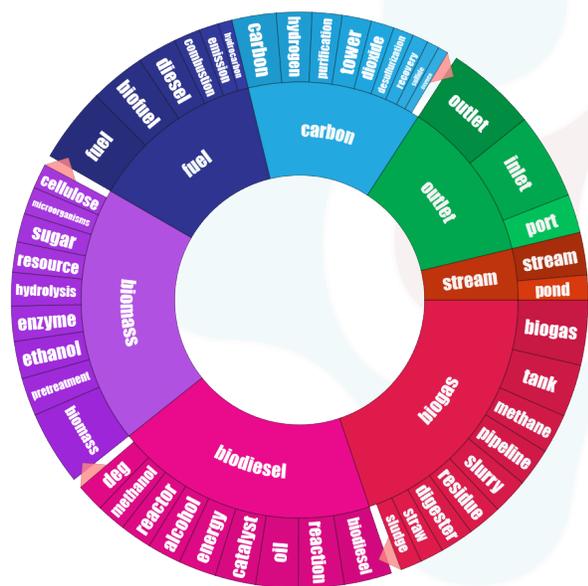


Figura 6: Mapa de términos de la familia de patentes (2013–2018).

Bioenergía

Haciendo uso de la ecuación de búsqueda #4 de la Tabla 1 se obtuvo un panorama global de tendencias tecnológicas en materia de bioenergía representado en la Figura 7, mostrando un promedio de 705 solicitudes y concesiones de patentes al año, para un total de 4231 durante el periodo 2013–2018.

La Figura 8 muestra los códigos de CIP como forma de explorar la pertinencia en las áreas de conocimiento en bioenergía, clasificados según

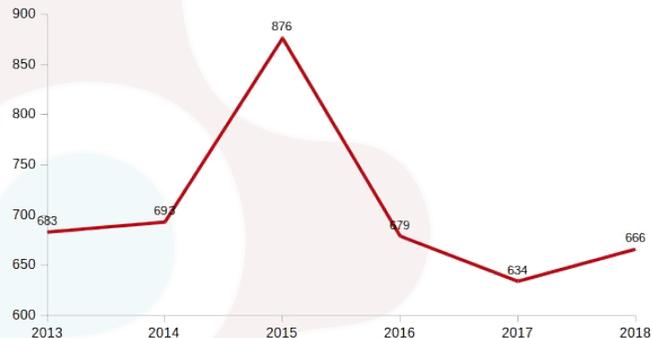


Figura 7: Evolución de solicitudes y concesiones de patentes en bioenergía (2013-2018).

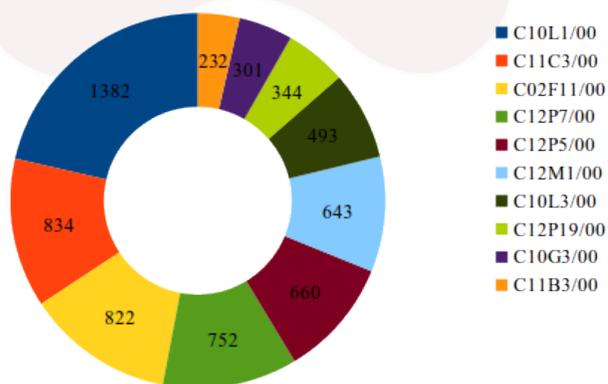


Figura 8: Distribución de códigos IPC. (Bioenergía (2013-2018))

su contenido técnico. De los 4231 documentos concedidos, el 15% está orientado a los procesos de combustibles líquidos carbonosos (C10L1/00);

9 % a la modificación química de las grasas, aceites o ácidos grasos (C11C3/00); 9 % al tratamiento de lodos (C02F11/00); 8 % preparación de compuestos orgánicos que contienen oxígeno (C12P7/00) y 7 % preparación de los hidrocarburos a cíclicos, principalmente producción de metano por tratamiento anaerobio de lodos (C12P5/00).

De los biocombustibles obtenidos por procesos químicos, destacan los ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME) posicionándose en el mercado industrial y creando nuevas regulaciones legislativas que permitan su desarrollo a gran escala [20].

La Figura 9 muestra la extensión geográfica del registro de patentes, evidenciando una marcada participación del continente asiático con el 58,35 %, liderada principalmente por China (35,50 %), República de Corea (10,11 %) y Japón (7,14 %) quienes concentran el 52,75 % de las invenciones generadas en el continente. Por su parte, América del Norte representada por Estados Unidos y Canadá cuentan con el 19,66 %, seguido de Europa con 17,62 %, con la importante participación de Alemania. Mientras que en ALC manifiesta un índice de 4,24 % del total de protecciones generadas durante el 2013–2018.

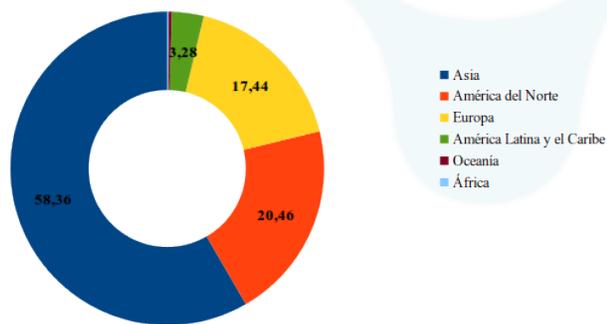


Figura 9: Solicitud de patentes en bioenergía por continente.

(2013-2018)

ALC se encuentra rezagada en cuanto a indicadores en innovación energética y otros sectores, solicitando menos patentes, invirtiendo menos en investigación y desarrollo de tecnología y recibiendo menos regalías. Estos resultados, al igual que el informe sobre Innovación en energía limpia (2016) demuestra que ALC enfrenta numerosas barreras

para el desarrollo de tecnologías de energía limpia, como resultado del acceso al capital, incentivos gubernamentales inadecuados y la falta de vínculos entre la industria y la academia. 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.

Sin embargo, Brasil con 74 patentes y México con 26 destacan por encima de otros países de la región, como Argentina con 4, Chile con 2, Costa Rica con 2; Panamá, Ecuador, Perú y Colombia con 1 documento. Brasil encabeza la innovación en energía limpia dentro de Latinoamérica. Representa la mayor economía de la región y es uno de los líderes mundiales en biocombustibles. Sus universidades e institutos de investigación han suministrado un considerable nivel de propiedad intelectual, en particular en bioenergía, incluyendo biogás y biomasa. Un gran apoyo gubernamental y corporativo en el sector energético ha ayudado a Brasil a superar a otros países de Latinoamérica en innovación de energía limpia [21].

Miller y Visicdi [21] afirman que México adoptó algunas políticas que promocionan la investigación, desarrollo e innovación en tecnologías de energía limpia, incrementando la demanda del mercado en estudios energéticos. Las acciones promovidas por el país fueron financiadas por el sector público y privado. En cuanto a la tendencia de la región, Lugones et al. [22] señalan que ALC asume una posición de subpatentamiento, como resultado de los elevados costos y los trámites que representa, así como una subvaloración de las ventajas que conlleva la certificación.

4. Conclusiones

De acuerdo al análisis patentométrico realizado se observa un mayor interés por las tecnologías o procesos relacionados con biogás, seguido de biodiésel y de bioetanol. El interés por bioetanol se ha mantenido aproximadamente constante en el tiempo. No obstante, el bioenergético de mayor interés para la generación de energía eléctrica, según las protecciones tecnológicas registradas desde el 2013 al 2018 es el aprovechamiento del biogás.

China lidera las innovaciones tecnológicas en los sectores de producción y mejoramiento de procesos para la obtención de biodiésel y biogás, con 48 % y 42 %, respectivamente. Estados Unidos lidera el registro de patentes orientadas a la producción de bioetanol con el 25,22 %. República de Corea se posiciona en segundo lugar con el 16,81 % y China en tercer lugar con el 8,41 %. Brasil ocupa la cuarta posición en el registro de solicitudes de patentes en biodiésel con 50 documentos y el quinto lugar con 9 registros en bioetanol. Asia tiene la mayor producción y registro de documentos de patentes en biodiésel, bioetanol y biogás. América Latina y el Caribe muestran un marcado distanciamiento en cuanto a indicadores en innovación energética y otros sectores, registrando muy bajos porcentajes de solicitudes de patentes en biocombustibles. Brasil y México están desmarcados de esta realidad.

La mayoría de los organismos titulares de las patentes está representado por empresas privadas; sin embargo, hay una importante participación del sector académico en el desarrollo de investigaciones orientadas a la bioenergía.

Referencias

- [1] Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. Guía de la Bioenergía. Technical report, Dirección General de Industria, Energía y Minas, Madrid, España, 2007.
- [2] J. Sánchez, A. Blanco, A. Yépez, M. Coviello, A. Schuschny, R.G. Aiello, F. García, B. Ruchansky, C. Carpio, J. Guillen, J. López, M. Materán, M. Hallack, and S Salim. Eficiencia energética en América Latina y el Caribe: Avances y oportunidades. Reporte técnico, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), 2017.
- [3] C. Robles-Alagarin and O. Rodríguez-Álvarez. Un panorama de las energías renovables en el Mundo, Latinoamérica y Colombia. *Espacios*, 39(34):10–24, 2018.
- [4] E. Cushion, A Whiterman, and G. Dieterle. *Desarrollo de la Bioenergía*. The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank, DC, USA, 2013.
- [5] M. Ascher, F. Ganduglia, O. Vega, F. Abreu, and J. Macedo. América Latina y el Caribe. Mapeo político institucional y análisis de la competencia entre producción de alimentos y bioenergía. Informe, Programa Hemisférico en Agroenergía y Biocomustibles / Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José, Costa Rica, 2009.
- [6] J. Sampeiro and A. Martínez. Bioenergía. *Ciencia*, pages 30–39, abril–junio 2010.
- [7] IEA. Technology Roadmap: Delivering Sustainable Bioenergy. Technical report, International Energy Agency, Paris, Francia, 2017.
- [8] FAO. Oportunidades y riesgos del uso de la bioenergía para la seguridad alimentaria en américa latina y el caribe. Informe técnico, Comisión Económica para América Latina y el Caribe ONU, Food and Agriculture Organization, 2007.
- [9] M.E. González. Producción de bioenergía en el norte de México: Tan lejos y tan cerca. Technical Report 41, Colegio de la Frontera Norte, Tijuana, Estados Unidos, 2009.
- [10] International Energy Agency. Annex 2: Bioenergy technologies. Technical report, 2017.
- [11] O. González-Cabrera, T. Ruiz-Pérez, M. Claro-Pérez, N. María Pérez-Pino, G. Pérez-Gálvez, and L. Collazo-Alfonso. Estudio de patentes sobre tecnologías para tratamiento de agua y el agua residual. *Transinformação*, 26(39):339–347, 2014.
- [12] CEPAL. Análisis comparativo de patentes en la cadena de producción de biocombustibles entre América Latina y el resto del mundo. Reporte técnico, Unidad de Desarrollo Agrícola, División de Desarrollo Productivo y Empresarial de la, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago de Chile, Chile, 2011.

- [13] H. Chen, Z. Han, P. He, L. Liu, and Y. Zhang. CN109022053B Method for preparing biodiesel by K-F zeolite catalysis, China, Patent, International Energy Agency, 2018.
- [14] A. Goel. US009828580B2 Nano biofuel production processes: using nanotechnology to enhance production for biofuels, EEUU, Patent, 2017.
- [15] T. Vicente, J. and De-Oliveira, J. and Da-Silva, K. and Araújo, T. BRPI0906563A2, Biodiesel a partir de gordura da amendoa de sementes, Brasil, Patent, 2013.
- [16] J.E. Javers, C.R.W. Gerken, S. Vander-Griend, J. Spooner, J.P. Licklider, L. Malburg, R.E. Hoefling, D.B. Rivers, D. Kohl-Scott, and K.A. Dieker. US2016024406A1 Cellulosic Biofuel, EEUU, Patent, 2016.
- [17] García-Camús J.A. and J.M. García-Laborda. Biocarburantes líquidos: biodiesel y bioetanol. Informe de Vigilancia Tecnológica, M-30985-2006, Fundación para el conocimiento Madrid CEIM, Madrid, España, 2006.
- [18] J.P. Paredes Sánchez. Investigación en materia de bioenergía para la industria energética. *Opción*, 31(especial 4):709–716, 2015.
- [19] B. Tansel. New Technologies for Water and Wastewater Treatment: A survey of Recent Patents. *Recent Patents on Chemical Engineering*, 1:17–26, 2008.
- [20] SusChem-España. El futuro de la Química sostenible Hoja de Ruta. Informe técnico, Plataforma Tecnológica Española de Química Sostenible, SusChem-España, Madrid, 2013.
- [21] J. Miller and L. Visicdi. Innovación en energía limpia en América Latina. Working paper, Diálogo Interamericano; CAF-Banco de Desarrollo de América Latina, Washington D.C., 2016.
- [22] G.E. Lugones, P. Gutti, and N. Le Clech. *Indicadores de capacidades tecnológicas en América Latina*, volume 89 of *Estudios y Perspectivas*. Publicación de las Naciones Unidas, México, D.F., 2007.