



# LA INVESTIGACIÓN Y EL DESARROLLO EN ENERGÍAS RENOVABLES EN IBEROAMÉRICA

## Situación actual y tendencias



Papeles del Observatorio N° 07  
Junio de 2013



# LA INVESTIGACIÓN Y EL DESARROLLO EN ENERGÍAS RENOVABLES EN IBEROAMÉRICA

## Situación actual y tendencias

El presente informe ha sido elaborado a pedido de la RICYT por un equipo coordinado por Rodolfo Barrere y contó con la colaboración de Lautaro Matas y Agustina Roldán. La provisión de las bases de datos utilizadas estuvo a cargo del Centro Argentino de Información Científica y Tecnológica (CAICYT-CONICET). Para el desarrollo del informe se ha contado con el apoyo del Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad (OCTS) del Centro de Altos Estudios Universitarios de la OEI y la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID). Las estrategias utilizadas en la selección de publicaciones y patentes fueron desarrolladas en el marco del convenio de colaboración entre el OCTS y el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de Argentina.



## + RESUMEN

Este informe, elaborado a requerimiento del Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad del Centro de Altos Estudios Universitarios de la OEI, presenta un panorama detallado de la investigación científica y el desarrollo tecnológico en el área de las energías renovables en Iberoamérica. Se ha buscado también dar cuenta de las principales tendencias registradas a nivel mundial en esta temática y su impacto y correlato con lo observado a nivel regional.

Las fuentes de información utilizadas a tal fin han sido las publicaciones científicas registradas en la base de datos bibliométrica *Science Citation Index* y las patentes de invención tramitadas a través del convenio PCT. La identificación de estos registros se realizó bajo la supervisión de expertos regionales en este campo. Se trata de la misma metodología utilizada en estudios previos sobre la nanotecnología, la biotecnología, la ciencia y tecnología de alimentos y las TIC, publicados en los años 2008, 2009, 2011 y 2012 respectivamente.

Este trabajo presenta un panorama general de la producción científica en energías renovables a nivel mundial y regional, con un detallado acercamiento a los patrones de colaboración entre países. Se han aplicado para ello herramientas de análisis de redes que muestran patrones mundiales y particularidades regionales en la investigación colaborativa. Se abordan también los principales temas estudiados por los grupos de investigación de la región.

Posteriormente, se ofrecen detalles sobre la evolución de la producción de conocimiento de aplicación industrial a través de las patentes de invención. Este estudio incluye las tendencias a nivel mundial y regional, tanto en la titularidad como en la participación de inventores iberoamericanos. Dada la complejidad de este campo, el estudio incluye también un análisis detallado de los campos de aplicación de las patentes de la región y de los principales países que la integran.



## + PRINCIPALES AFIRMACIONES

- :: El número de artículos científicos relacionados con las energías renovables a nivel mundial, en revistas del SCI, presenta un crecimiento acelerado y continuo desde 2000. La producción ha llegado a cuadruplicarse en once años, aunque se trata aún de un conjunto pequeño de artículos científicos.
- :: En el ámbito iberoamericano el crecimiento es aún más marcado, sextuplicándose entre 2000 y 2011. España, es el líder a nivel regional, y el séptimo a nivel mundial, con 479 documentos publicados en 2011.
- :: En un análisis de las redes de colaboración científica, Estados Unidos ocupa el papel central, como ocurre en todas las áreas. España aparece como un país aglutinante de la colaboración iberoamericana, que a través de su principal socio –Alemania- conecta a dos países de la región –Portugal y México- al tronco principal de la red.
- :: A nivel mundial, la investigación se concentra en tres tipos de energías renovables: solar, biocombustibles y eólica. El resto de los tipos de energía analizados en este informe tienen una presencia mucho menor. Se trata de la minihidroeléctrica, la energía oceánica y la que utiliza desechos para la producción de energía.
- :: A nivel iberoamericano la investigación en biocombustibles presenta un crecimiento muy acelerado, superando a la energía solar. La investigación en energía eólica presenta altibajos significativos. Sin embargo, presenta un crecimiento marcado desde el año 2007.
- :: España presenta un desarrollo mayor de la investigación en energía solar: el 47% de su producción en energías renovables está orientada a esta temática. Brasil, en cambio, centra su investigación en los biocombustibles: el 37% de su producción aborda esta temática.
- :: El análisis de las patentes publicadas a nivel mundial a través del convenio PCT muestran que se trata de un campo de muy rápida expansión a partir del año 2008, llegando casi a sextuplicarse en 11 años.
- :: A nivel iberoamericano, la titularidad de patentes PCT es siempre escasa. Se trata de patentes que requieren una inversión importante -económica y de gestión- que sólo se justifica para desarrollos de cierto potencial industrial. La única excepción de esta regla es España que, con 368 patentes acumuladas, se destaca en el contexto regional.
- :: Entre el resto de los países iberoamericanos, Brasil, Portugal y México son los países de procedencia de la mayoría de los titulares de patentes en energías renovables.
- :: A nivel iberoamericano, la mayoría de las patentes se relacionan con la clasificación F03, que agrupa a las máquinas o motores de líquidos; motores de viento, de resortes, o de pesos; producción de energía mecánica o de empuje propulsivo o por reacción. En segundo lugar aparece la categoría F24, que contiene artefactos de calefacción, hornillas y ventilación.
- :: La principal diferencia entre el conjunto de patentes iberoamericanas y el total mundial reside en la menor presencia de documentos clasificados bajo la categoría H01, elementos eléctricos básicos, con tan sólo 47 patentes.



## 1. LAS HUELLAS DE LA INVESTIGACIÓN Y EL DESARROLLO EN ENERGÍAS RENOVABLES ::

El desarrollo de formas alternativas a los combustibles fósiles para la producción de energía se ha convertido en un tema central en las agendas de gran parte de los países del mundo. La provisión limitada de combustibles fósiles y su impacto negativo en el medio ambiente están entre las principales causas de este esfuerzo.

Sin embargo, las tecnologías disponibles hoy en día en materia de fuentes de energía renovable resultan de un costo mayor al de los combustibles fósiles. Por ejemplo, la producción de energía eólica o geotérmica puede tener costos equivalentes sólo en ciertas zonas geográficas favorables. En el caso de la energía fotovoltaica, los costos de producción son generalmente mayores a los que actualmente pagan los consumidores finales de energía producida mediante combustibles fósiles.<sup>1</sup>

Por estas razones de costo, el uso de fuentes de energía renovables ocupa hoy una pequeña porción del perfil energético global. Alrededor del 18% de la energía eléctrica a nivel mundial proviene de fuentes renovables, aunque en su gran mayoría se trata de grandes centrales hidroeléctricas. Estas son tecnologías maduras con pocas chances de desarrollo, mientras que tecnologías como la energía solar, eólica o geotérmica sólo alcanzan el 2% de ese total.<sup>2</sup>

Sin embargo, actualmente se verifica una caída progresiva en los costos de producción de las energías renovables, gracias por ejemplo al desarrollo de materiales más livianos en turbinas eólicas o al diseño de celdas fotovoltaicas más eficientes. Esos costos llegan a ser entre 5 y 10 veces menores a lo que se registraba en los años '80.

Gran parte de ese progreso se debe a los esfuerzos de promoción de la investigación y el desarrollo experimental (I+D) en energías renovables llevado adelante en los últimos años a nivel mundial. Este trabajo apunta a dar cuenta de los resultados de ese esfuerzo a nivel mundial y en Iberoamérica en particular.

Si bien el conocimiento es de carácter intangible, su producción deja huellas que pueden ser medidas y analizadas para obtener un panorama detallado. La capacidad de dar cuenta del estado del arte y de las tendencias en la investigación científica y el desarrollo tecnológico se enriquece cuando combina información cuantitativa y cualitativa. Con la asistencia de expertos en el tema estudiado, es posible configurar un mapa de tendencias y relaciones, configurando un insumo de utilidad para la toma de decisiones y la prospectiva.

Esas huellas de la producción de conocimiento son, por ejemplo, las publicaciones científicas y las patentes industriales. En ese sentido, el análisis de la información contenida en las bases de datos bibliográficas y de patentes de invención resulta de particular importancia, ofreciendo las primeras un enfoque más orientado a la investigación y, las segundas, a la aplicación industrial. Este trabajo incluye un abordaje complementario de ambos dominios de información, habiéndose utilizado, por un lado, una de las principales bases de datos bibliográficas internacionales, el *Science Citation Index* (SCI) y, por el otro, la base de patentes del Tratado de Cooperación en materia de Patentes (PCT, según la sigla en inglés), que reúne al selecto conjunto de documentos que son presentados de manera simultánea en varios países a través de este acuerdo.

La dificultad inicial de un estudio que aborde las energías renovables, recae en el problema de delimitar con claridad un área transversal como ésta. Ese proceso fue llevado adelante a partir de una interacción iterativa con los expertos en la temática, en la que se ponían en práctica diferentes estrategias de búsqueda que se perfeccionaron a partir de la revisión de los documentos obtenidos. Como punto de partida se tomó un documento publicado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE)<sup>3</sup>, que luego fue adecuado a los objetivos de este trabajo y a la existencia de diferentes tipos de energías renovables en Iberoamérica.

1 David Popp, Ivan Hascic, Neelakshi Medhi, (2011). Technology and the diffusion of renewable energy. *Energy Economics*. Volume 33, Issue 4, July 2011, Pages 648–662.

2 IEA (2008). *Renewables Information*. OECD/IEA, Paris.

3 Johnstone et al, (2008), "Renewable energy policies and technological innovation: Evidence based on patent counts", National Bureau of Economic Research Paper Studies. Output from the OECD project "Environmental policy and Technological Innovation".



En el caso de las publicaciones, la búsqueda de documentos fue realizada sobre la base de datos del SCI, en su versión *Web of Science*. El SCI cuenta con una colección de alrededor de ocho mil revistas científicas de primer nivel, recopiladas con estrictos criterios de calidad y cobertura, que dan cuenta de la investigación en la frontera científica internacional. Para este estudio se realizó una selección de palabras clave, representativas del campo, con el asesoramiento de expertos en la temática. Se recuperaron aquellos registros que contenían al menos una de estas palabras en el título, resumen o palabras clave. El listado completo de las palabras clave utilizadas se encuentra en el Anexo I de este documento.

Por otra parte, las patentes de invención son una fuente valiosa de información sobre el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación. Cada una de las partes que las componen (título, resumen, descripción, reivindicaciones, titular, inventor, fecha de presentación de la solicitud, fecha de concesión de la patente, país de otorgamiento y citas del arte previo) nos permite conocer un aspecto en particular de ese resultado de investigación protegido jurídicamente, ya sea éste un producto, un proceso o un uso nuevo en el caso de los países que así lo contemplan en su régimen de propiedad intelectual.

Al igual que las publicaciones, las patentes tienen dos usos diferentes, más allá de la protección a la propiedad intelectual que brindan. Por un lado, al tratarse de un cúmulo tan enorme de información (actualmente hay más de cuarenta y siete millones de patentes en el mundo), la extracción de información puntual de los documentos sirve para favorecer la transferencia de tecnología y para facilitar la innovación en el sector productivo. Por otro lado, la construcción de indicadores a partir de los documentos de patentes permite observar las tendencias en el desarrollo tecnológico de diferentes campos, aprovechando la información estructurada en esos documentos, permitiendo poner el foco en distintos aspectos que van desde los campos de aplicación hasta la distribución geográfica de los titulares e inventores.

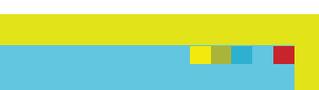
Existen distintas fuentes de información utilizadas habitualmente para la construcción de indicadores de patentes. De acuerdo a los intereses de cada estudio pueden seleccionarse las oficinas de propiedad industrial de uno o varios países simultáneamente. En este caso, el estudio se elaboró sobre la base de datos de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (WIPO, según su sigla en inglés), que contiene los documentos registrados mediante el Tratado de Cooperación en materia de Patentes (PCT).

El tratado PCT permite solicitar la patente por una invención de manera simultánea en distintos países miembros del tratado que el inventor selecciona de acuerdo a su criterio. Si bien la decisión de otorgar o no la patente recae en las oficinas de patentes de cada uno de los países, este mecanismo facilita enormemente la tramitación del registro en oficinas múltiples ya que las solicitudes que llegan mediante el convenio PCT no pueden ser rechazadas por cuestiones de forma en los países miembros. Asimismo, antes de ser enviada la solicitud a cada país se elabora una "búsqueda internacional" similar a la que realizan los examinadores de cada oficina. Este documento sirve tanto al titular para evaluar la patentabilidad de su invento como a los examinadores nacionales que ven así disminuido su trabajo.

La solicitud y el mantenimiento de patentes internacionales registradas mediante el tratado PCT son costosos en términos económicos y de gestión, por lo que sólo suelen registrarse allí los inventos con un potencial económico o estratégico importante. La selección de esta fuente se basó en ese criterio de calidad, apuntando a relevar con precisión los avances tecnológicos de punta a nivel mundial. Por otra parte, con la utilización de una base de datos de estas características se facilita la comparabilidad internacional, que se vería seriamente dificultada en el caso de tomar alguna fuente nacional.

Para la selección del conjunto de patentes a analizar, se recurrió a la Clasificación Internacional de Patentes (IPC, según la sigla en inglés). Se trata de una serie de códigos, asignados por las oficinas de propiedad intelectual a cada documento, que se basan en los campos de aplicación de la invención patentada. El detalle de la definición está incluido en el Anexo II de este informe.

La extracción de datos se realizó mediante el sistema *Open Patent Services* de la Oficina Europea de Patentes y los registros obtenidos fueron descargados y migrados a una base de datos local diseñada para su posterior procesamiento.



## 2. LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN ENERGÍAS RENOVABLES ::

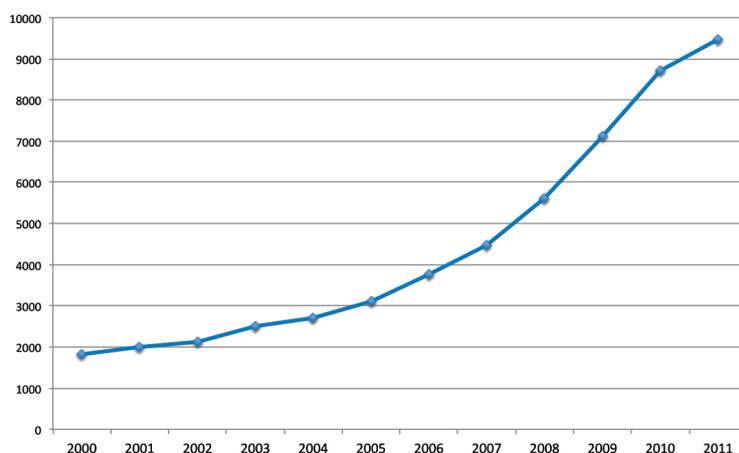
Las bases de datos bibliográficas permiten dar cuenta de la producción científica, medida a través de los artículos publicados en revistas científicas. Las principales bases de datos de este tipo, como en este caso el SCI, por sus criterios de conformación de la colección, son una fuente privilegiada para analizar las tendencias de la producción científica integrada a la corriente principal de la investigación a nivel mundial.

Este informe presenta un panorama de los cambios en los volúmenes de producción, los patrones de colaboración internacional, las redes de interacción y los recortes disciplinarios predominantes en Iberoamérica y en el resto del mundo.

### 2.1. La evolución de la producción científica

El número total de artículos científicos relacionados con las energías renovables en revistas del SCI presenta un crecimiento acelerado y continuo desde el año 2000 (**Gráfico 1**). La producción mundial en esta temática ha llegado a cuadruplicarse en los once años que contempla este gráfico. Mientras que el número total de publicaciones en esta temática apenas alcanzaba los 1.816 en el año 2000, en 2011 éste alcanza las 9.460 publicaciones. En particular, es a partir de 2005 que la tasa de crecimiento aumenta, pasando de un 8% anual a un 15%. Se trata, de todas formas, de un campo de investigación pequeño en comparación a otras temáticas que también han sido sujeto de priorización en las agendas de investigación y desarrollo, como por ejemplo la nanotecnología, la biotecnología o las TIC.

> GRÁFICO 1 :: Producción total en energías renovables

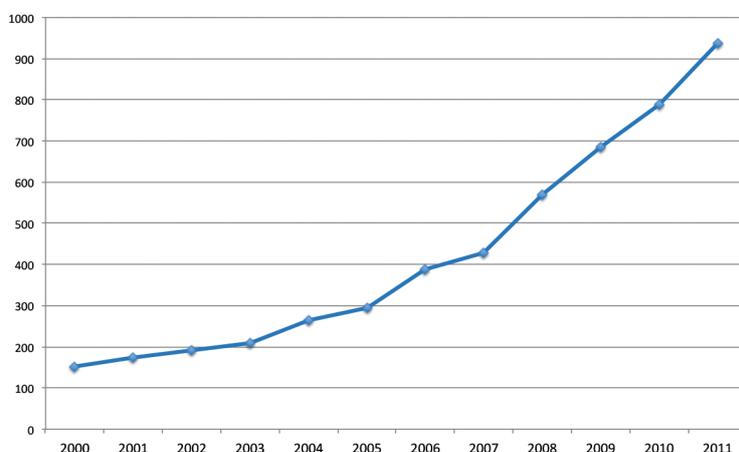


Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

A nivel iberoamericano, aunque el volumen de la producción científica es bajo en este terreno, el crecimiento es aún más marcado, sextuplicándose entre los años 2000 y 2011 (**Gráfico 2**). A nivel regional, la aceleración del ritmo de producción observado a nivel mundial también se registra, aunque con dos años de retraso. Entre los años 2007 y 2008 el crecimiento registrado es de un 33%, mientras que la variación interanual anterior había sido de tan sólo el 11%.

Un análisis de los cinco principales productores de artículos científicos en energías renovables muestra que Estados Unidos y China son los países líderes a nivel mundial, alcanzando las 1.835 publicaciones para el caso estadounidense y las 1.333 para el caso chino en el año 2011 (**Gráfico 3**). Se trata, además, de trayectorias interesantes. EEUU muestra un crecimiento muy marcado, sobre todo desde el año 2006, que

> GRÁFICO 2 :: Producción iberoamericana en energías renovables

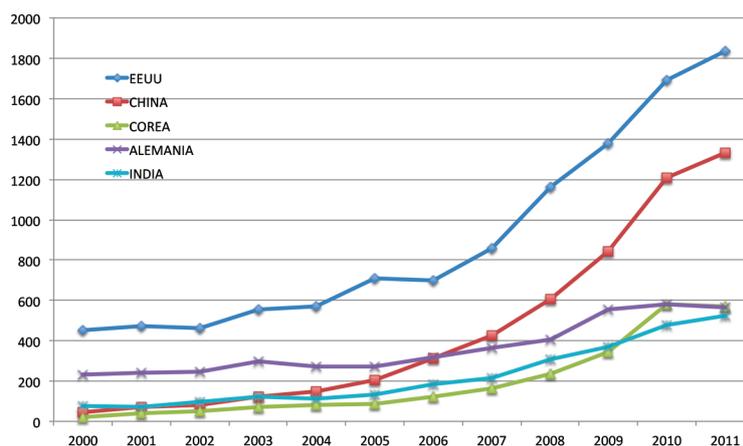


Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

otorga a esta temática una tasa de crecimiento muy superior a la de la producción total de ese país. China, en cambio, muestra un crecimiento muy acelerado, pero que sí es acorde a su desempeño en todas las áreas de la ciencia y la tecnología.

Los siguen, en volumen de producción, Alemania y Corea, aunque publican menos de la mitad que los países líderes. Alemania presenta una trayectoria de relativa estabilidad, mientras que Corea tiene un crecimiento más acelerado que la lleva a equiparar los niveles alemanes en 2011. Resulta llamativa la presencia de la India entre los cinco países del mundo de mayor producción, desplazando a Japón al sexto lugar y con un ritmo de crecimiento acelerado.

> GRÁFICO 3 :: Publicaciones de los principales países en energías renovables

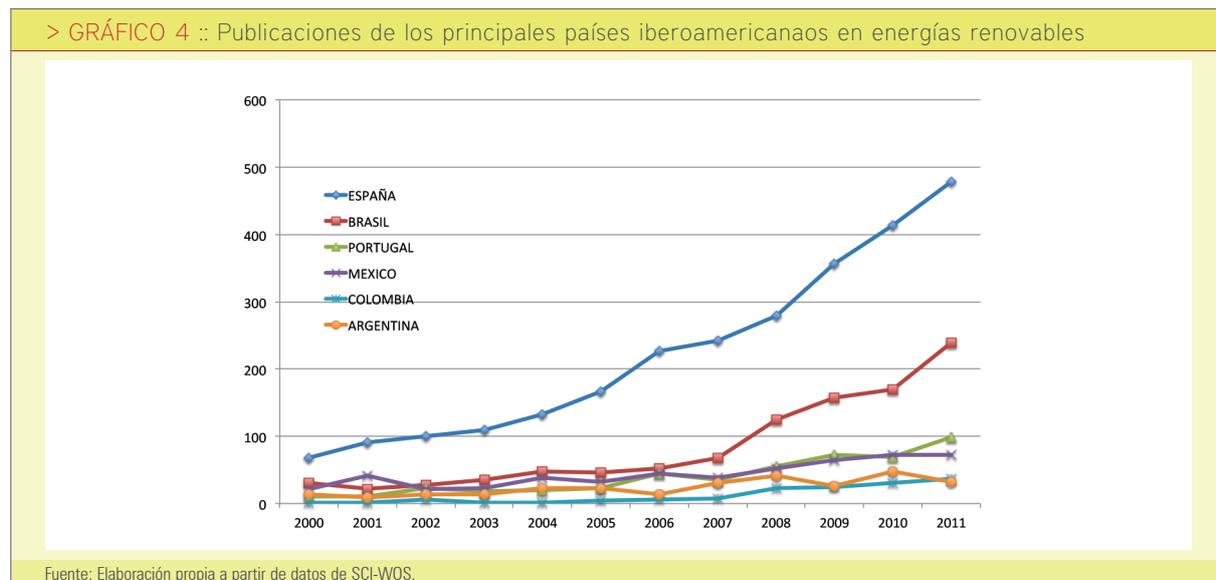


Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

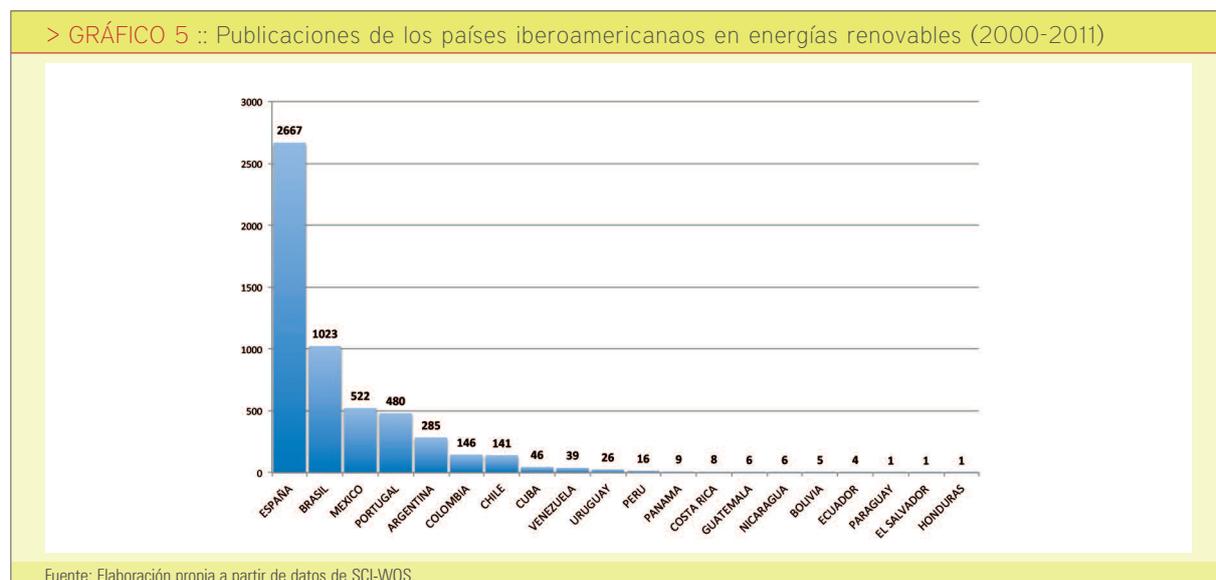
Las publicaciones en energías renovables en los principales países de Iberoamérica muestran un claro crecimiento en los últimos once años (Gráfico 4). Sin embargo, los volúmenes de producción son bajos en la mayoría de los países. España, el líder a nivel regional, cuenta con 479 documentos publicados en el año 2011. Se trata, de todas formas, de un volumen significativo a nivel mundial que coloca a este país en

el séptimo puesto a nivel mundial, debajo de Japón y por encima de Inglaterra.

Brasil aparece en segundo lugar a nivel iberoamericano, ya que con 239 registros cuenta con cerca de la mitad de las publicaciones españolas en el año 2011. Al mismo tiempo, Brasil muestra una distancia abrumadora entre la cantidad de publicaciones de instituciones de este país frente al resto de los países de la región. En el último año de la serie, Portugal alcanza las 99 publicaciones y México las 73, mientras que Colombia y Argentina no llegan a las 40.

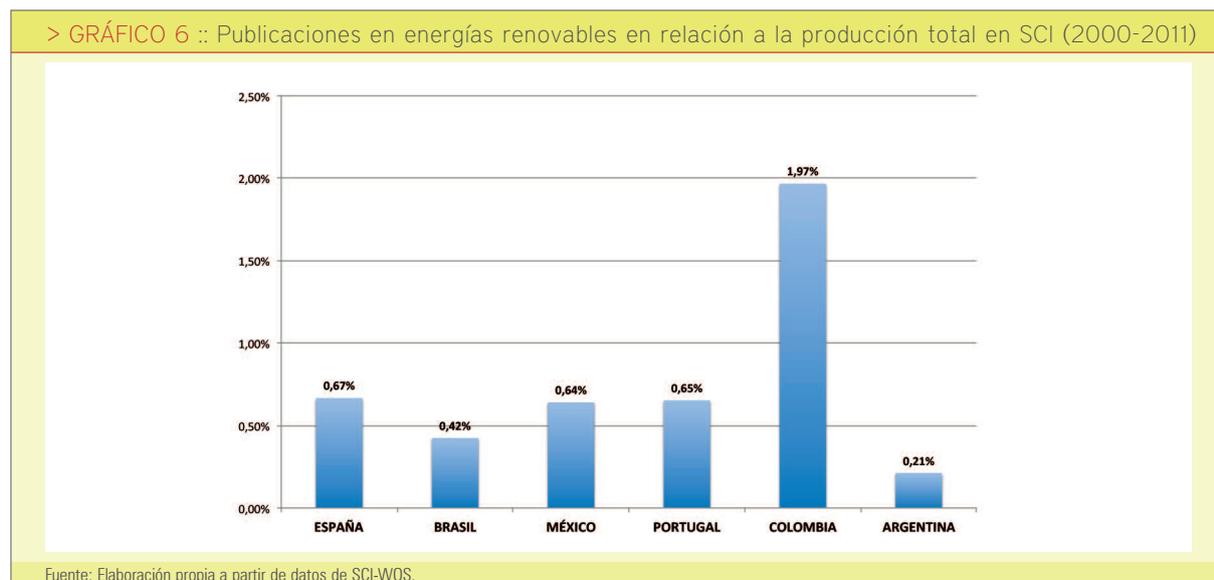


Analizando la producción acumulada de los países iberoamericanos en la serie cubierta en este informe, las diferencias entre los países es aún más marcada (Gráfico 5). España, con una participación del 52% de la producción regional en este periodo, multiplica dos veces y medio el volumen de producción brasileña en energías renovables. Al mismo tiempo, entre los siete principales productores iberoamericanos (España, Brasil, México, Portugal, Colombia, Argentina y Chile) suman el 98% de la producción regional en el periodo analizado.



Si se observa el comportamiento de las publicaciones en esta temática en relación a las publicaciones totales de estos mismos países, se observan tendencias disímiles, aunque, con excepción del caso colombiano, están por debajo del 1% de la producción total (**Gráfico 6**).

Para España, México y Portugal, la producción científica en el área de las energías renovables ronda el 0,65% de su producción total. Para Brasil esa proporción es un poco menor, alcanzando el 0,42%. El caso argentino es el que presenta una menor especialización en esta temática: la producción de ese país en energías renovables representa tan sólo el 0,21% de su producción total en SCI.



## 2.2. Colaboración Internacional

El trabajo conjunto con investigadores de otros países es una tendencia creciente a nivel mundial y que atraviesa la totalidad de las disciplinas. Es, además, un factor comúnmente abordado por las políticas de ciencia, tecnología e innovación. La colaboración científica, como desarrollo de actividades y realización de productos en forma conjunta con colegas, puede cobrar diversas manifestaciones, tales como la cooperación internacional en proyectos de I+D o la realización de actividades de formación en colaboración. Sin embargo, una de las evidencias empíricas más claras que representa la interacción exitosa entre los investigadores, es la coautoría de publicaciones, interacción que muchas veces es vista por sus protagonistas como una sinergia que propicia la productividad científica a través de un importante intercambio de conocimiento.

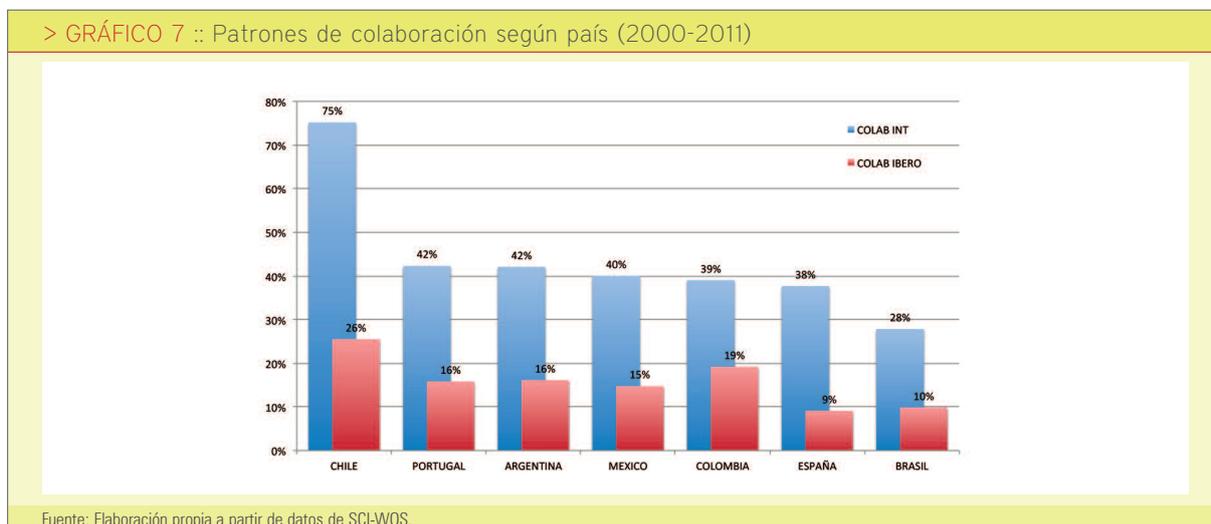
Si se observan los patrones de colaboración de los principales países iberoamericanos, se pueden ver comportamientos diferentes (**Gráfico 7**). Por un lado, el nivel de colaboración internacional da cuenta del porcentaje de los trabajos de cada uno de los países en los que la autoría es compartida con instituciones de otros países. El nivel de colaboración regional es el subconjunto de la categoría anterior en el que la autoría de los trabajos es compartida con instituciones de otro país iberoamericano.

En líneas generales, los niveles de colaboración internacional en la producción científica en el área de las energías renovables se encuentran alrededor del 40%, lo que se condice con los niveles de colaboración en el total de la producción de gran parte de los países iberoamericanos. Existen, sin embargo, dos países que se alejan de ese patrón. Por un lado Chile, con un 75% de su producción energías renovables firmada en conjunto con otros países, y Brasil, en el otro extremo, con tan sólo el 28%.

La colaboración iberoamericana, en cambio, presenta valores más bajos. En este caso, el país que mayor cantidad de publicaciones en colaboración presenta es, nuevamente, Chile pero este tipo de colaboración no supera el 26% de las publicaciones totales de este país. Portugal, Argentina, México y Colombia rondan el 15%.

Es importante destacar, sin embargo, que la colaboración regional es menos importante para los países iberoamericanos de mayor desarrollo relativo en esta temática. La colaboración regional está presente en tan sólo el 9% de la producción española y en el 10% de la brasileña.

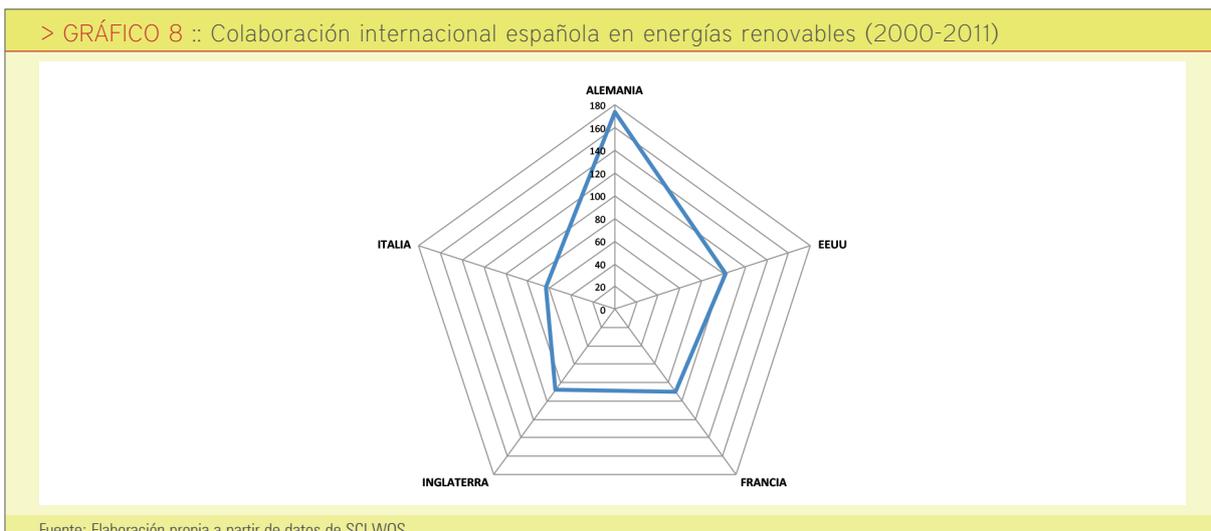
> GRÁFICO 7 :: Patrones de colaboración según país (2000-2011)



En el Gráfico 8 se presentan los principales socios científicos de España en la investigación en energías renovables. Aparece aquí una característica muy llamativa: Alemania tiene una participación más importante que la de Estados Unidos para la colaboración internacional española. Esto no se repite en el total de la producción de España ni en otras áreas de estudio específicas.

Luego de Estados Unidos, completan la lista de los cinco principales países para la colaboración española otros países de la Unión Europea: Francia, Inglaterra e Italia. Ningún país iberoamericano aparece en este grupo.

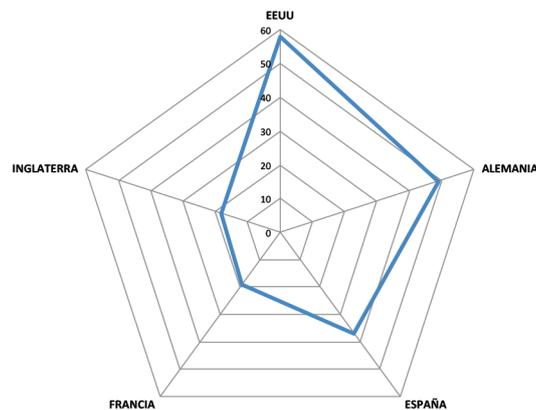
> GRÁFICO 8 :: Colaboración internacional española en energías renovables (2000-2011)



En el caso de Brasil (Gráfico 9), Estados Unidos aparece en el primer lugar y Alemania en el segundo. Sin embargo, el volumen de colaboración con estos dos países es similar. En el tercer lugar aparece España, que si bien ocupa una posición más retrasada en el patrón general de las copublicaciones brasileñas, el lugar de importancia del país ibérico en esta temática lo coloca en un lugar preponderante. No aparecen

otros países iberoamericanos entre los cinco principales socios de Brasil, completándose la lista con Francia e Inglaterra.

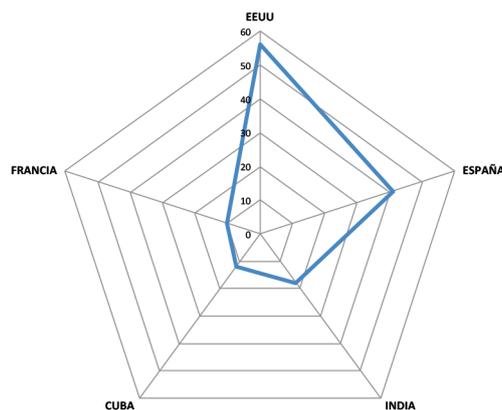
> GRÁFICO 9 :: Colaboración internacional brasileña en energías renovables (2000-2011)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

En el caso de México, la colaboración internacional está muy concentrada en dos países: Estados Unidos en el primer lugar y España en el segundo (Gráfico 10). Como particularidad entre los países iberoamericanos, India –un país con una trayectoria emergente en la temática– aparece entre los cinco principales socios de México. Completan la lista Cuba y Francia, aunque con volúmenes muy bajos de producción compartida entre 2000 y 2011.

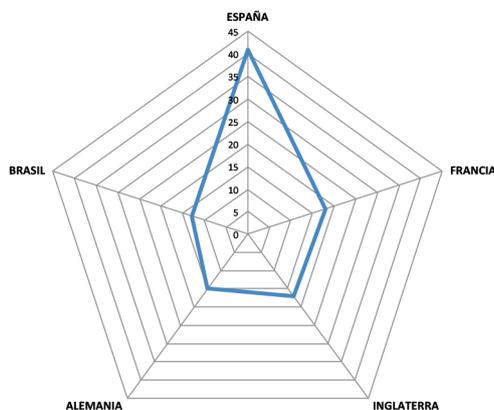
> GRÁFICO 10 :: Colaboración internacional mexicana en energías renovables (2000-2011)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

En el caso de Portugal, la colaboración internacional está fuertemente concentrada con España, que participa en más del 10% de la producción portuguesa en energías renovables entre los años 2000 y 2011 (Gráfico 11). Los siguientes tres lugares los ocupan países europeos: Francia, Inglaterra y Alemania, en ese orden. En el quinto lugar aparece otro país iberoamericano: Brasil, con 13 artículos en coautoría con Portugal en el periodo analizado.

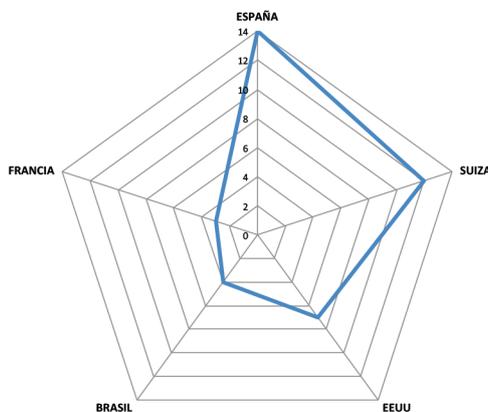
> GRÁFICO 11 :: Colaboración internacional portuguesa en energías renovables (2000-2011)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

El caso de Colombia presenta también algunas características distintivas (Gráfico 12). Si bien se trata de un volumen muy escaso, que puede distorsionar la representatividad de las tendencias, la colaboración se concentra con España y Suiza. Luego aparecen Estados Unidos, Brasil y Francia completando la lista de los principales países de colaboración internacional en esta temática.

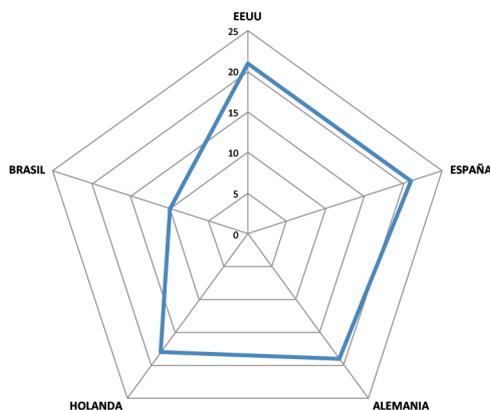
> GRÁFICO 12 :: Colaboración internacional colombiana en energías renovables (2000-2011)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

La colaboración internacional argentina aparece con una concentración mucho menor (Gráfico 13). Con 21 publicaciones en coautoría con Argentina en este periodo, aparecen Estados Unidos y España. Alemania y Holanda acumulan 19 y 18 respectivamente. La lista de los principales cinco países de colaboración internacional se completa con Brasil, con 5 artículos en coautoría entre los años 2000 y 2011 en energías renovables.

> GRÁFICO 13 :: Colaboración internacional argentina en energías renovables (2000-2011)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

### 2.3. Iberoamérica en las redes internacionales de colaboración

Las similitudes idiomáticas y culturales, la trayectoria histórica y la proximidad geográfica son factores que en todos los ámbitos han servido para facilitar e impulsar las relaciones entre los países iberoamericanos. Más allá de las corrientes mundiales de la I+D, las actividades científicas y tecnológicas no escapan a estos patrones.

Una forma de dar cuenta de la integración del espacio iberoamericano del conocimiento es a través de la firma conjunta de artículos científicos, como una evidencia de la colaboración en temas de investigación. Ese principio se ha utilizado para la construcción de las redes de colaboración entre países, presentando en primer término la red mundial en el campo de la nanotecnología y, posteriormente, las relaciones entre los países iberoamericanos entre sí.

El **Gráfico 14** presenta la red de países conformada por la publicación conjunta de artículos en el año 2011. Dado que la cantidad de nodos y relaciones existentes es muy extensa, impidiendo la visualización y el análisis, se ha recurrido en este caso a técnicas de poda<sup>4</sup>.

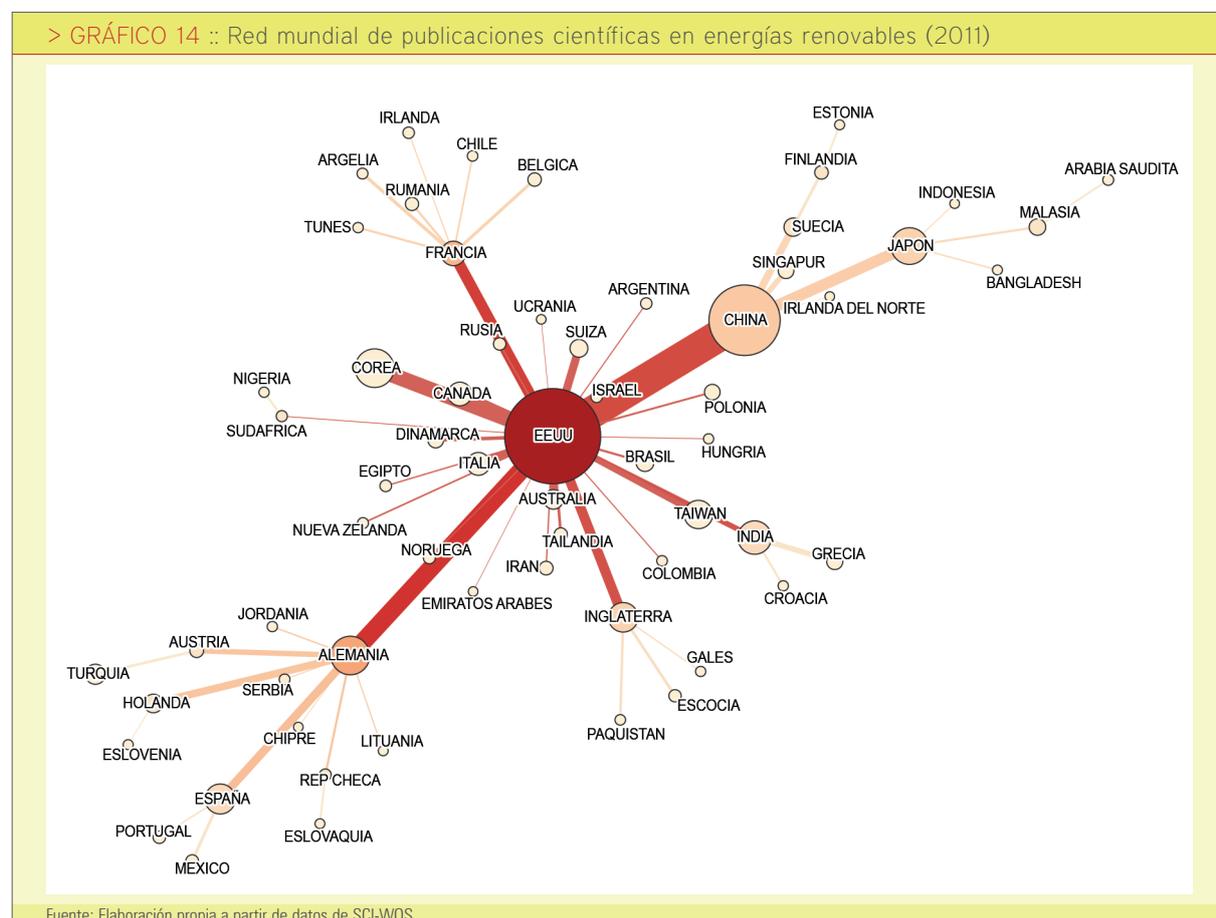
En el año 2011, Estados Unidos ocupaba el papel central en la red, tanto por ser el país que contaba con más publicaciones en la temática como por ser el principal articulador de relaciones con otros países con una producción importante en este campo: China, Alemania, Francia e Inglaterra. La principal conexión, por los nodos que articula y por la capacidad de intermediación que presenta, se da entre Estados Unidos y China. El papel de China en el contexto internacional es llamativo en este terreno. Si bien el crecimiento acelerado de su producción se puede observar en todos los campos de la ciencia, en general no ocupa un lugar preponderante en la interacción entre los países. No es el caso del área de las energías renovables, en la que su lugar resulta vital para la conexión de la red mundial.

Corea, a pesar de tener un volumen de publicación importante, no se ha convertido aún en un articulador de relaciones internacionales. Japón, en cambio, con un volumen similar de producción, ocupa el rol de intermediario para varios países, principalmente asiáticos.

Concentrando el análisis en los países iberoamericanos, es posible observar que se verifican a partir de estas herramientas las tendencias ya detectadas anteriormente en los indicadores de copublicación internacional de los principales países iberoamericanos. España aparece como

<sup>4</sup> Estas técnicas consisten en la aplicación de algoritmos que eliminan los lazos menos importantes en la red, dejando tan sólo la cantidad mínima necesaria para no desconectar ningún nodo. El criterio para esto es que el peso de los caminos totales resultantes (en nuestro caso la cantidad de artículos firmados en conjunto) sea el mayor posible. De esta manera se obtiene la estructura básica que subyace a una red de mucha complejidad. El resultado de estas técnicas de poda es un árbol de caminos mínimos (minimum spanning tree, MST) de un grafo. En este caso se ha utilizado una implementación del algoritmo de Prim.

un país aglutinante de la colaboración iberoamericana, que a través de su principal socio -Alemania- conecta a dos países de la región -Portugal y México- al tronco principal de la red. Argentina, Brasil y Colombia se conectan de forma directa con Estados Unidos, mientras que Chile se conecta al entramado internacional a través de Francia.



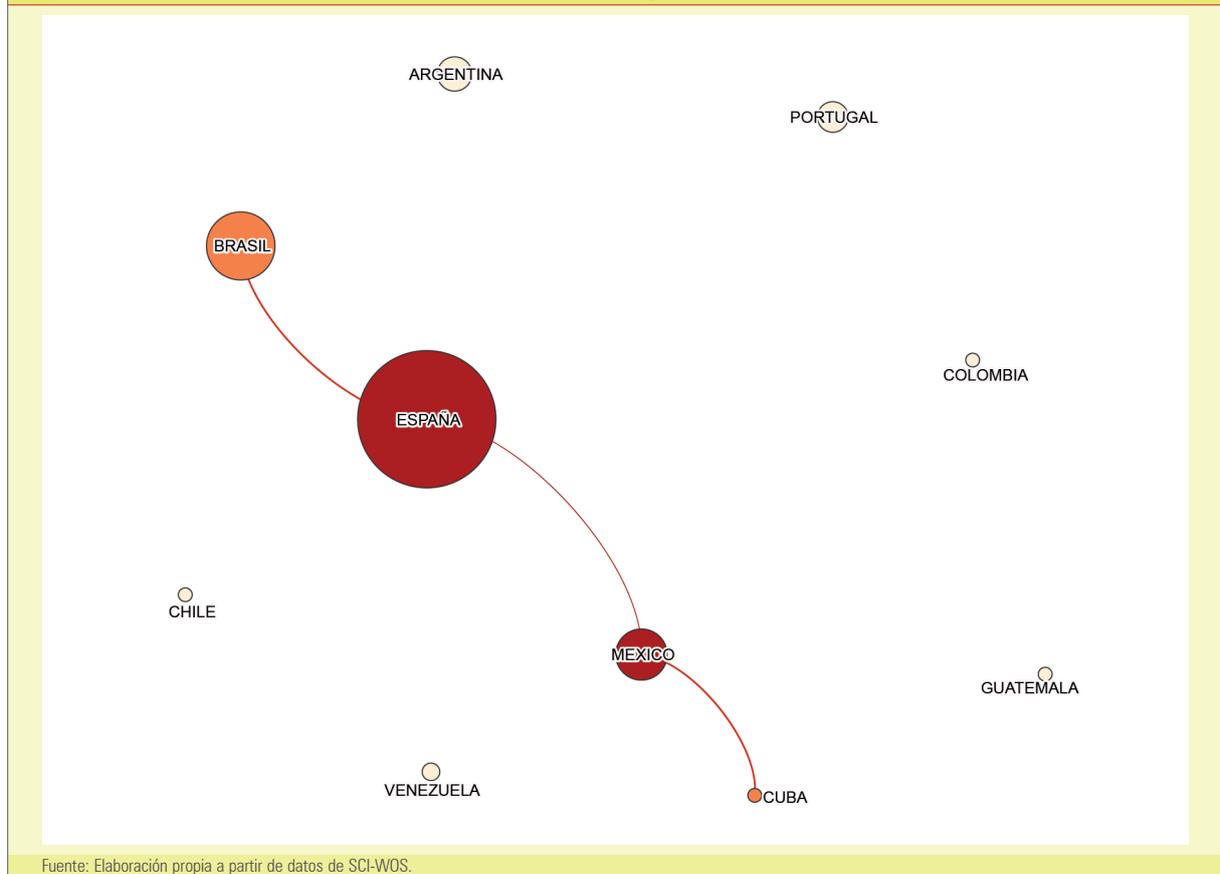
Anteriormente se presentó la posición de los países iberoamericanos en la red mundial de investigación en energías renovables. A partir de esa información es posible observar la densidad de la colaboración entre estos países. Para profundizar el detalle de esas interacciones, se describe a continuación el panorama de la colaboración, plasmada en la firma conjunta de artículos científicos de los países iberoamericanos.

Sólo se consideran en este caso las relaciones entre los países iberoamericanos. A diferencia de los gráficos de la red mundial, en este caso no se han recortado los lazos existentes. Se han tomado dos años, 2000 y 2011, para dar cuenta de la evolución de este espacio de interacción en la producción de conocimiento en el campo de las energías renovables, que, como se pudo ver anteriormente, tuvo un crecimiento acelerado en el período bajo análisis.

El Gráfico 15 presenta la composición de la red de energías renovables en el año 2000. El diámetro de los círculos representa la cantidad de artículos publicados, mientras que el grosor de las líneas da cuenta de la cantidad de publicaciones en común. Los colores de los nodos dan cuenta del grado (la cantidad de lazos de colaboración que tiene cada país).

En el año inicial de la serie, la colaboración regional era prácticamente inexistente. De los diez países que presentaban producción científica en esta temática, seis estaban completamente desconectados del resto de los países iberoamericanos. Sólo España, México, Brasil y Cuba estaban relacionados, aunque de manera muy lineal y sin interacciones múltiples.

> GRÁFICO 15 :: Red de países iberoamericanos en energías renovables (2000)



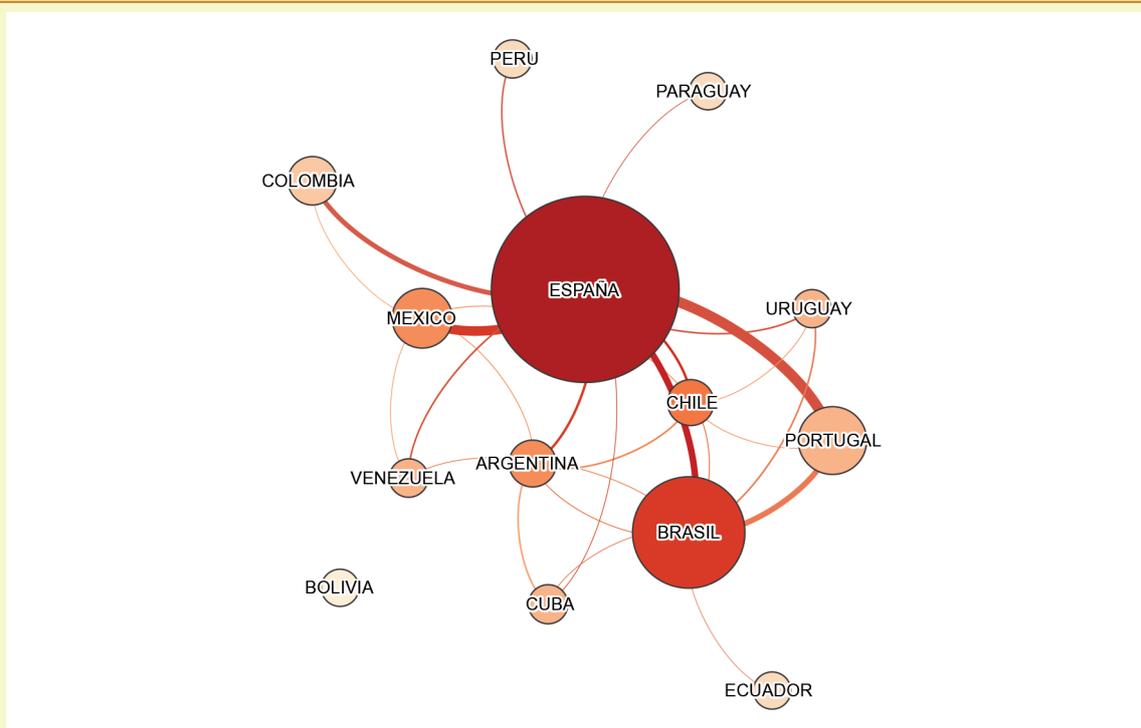
Once años después (Gráfico 16), se aprecian cambios muy significativos. En el año 2011 son catorce los países iberoamericanos con producción científica en esta temática, de los cuales sólo uno –Bolivia– no tiene publicaciones en coautoría con otros países iberoamericanos. Se trata de una evidencia más de la consolidación de un espacio iberoamericano del conocimiento, en un área crítica para el desarrollo.

En esta red de colaboración, España tiene un rol central tanto en volumen de producción como en cantidad de relaciones. Brasil también tiene un importante lugar que, sumando a Portugal, genera un triángulo de interacciones muy marcadas en la producción científica iberoamericana. México, si bien tiene un volumen de producción importante, no presenta lazos tan importantes a nivel iberoamericano, con la excepción de su relación con España.

Entre los países con niveles de producción más pequeños, Argentina y Chile se destacan por lo múltiple de sus interacciones a nivel regional.

Por otra parte, para obtener medidas cuantitativas de la posición de los países en las redes de colaboración es posible recurrir a indicadores propios del análisis de redes. El más simple de estos indicadores es el grado, que está dado por el número de otros nodos al que uno está directamente vinculado. Esta medida da cuenta del nivel de exposición directa de cada nodo a la información que circula por la red.

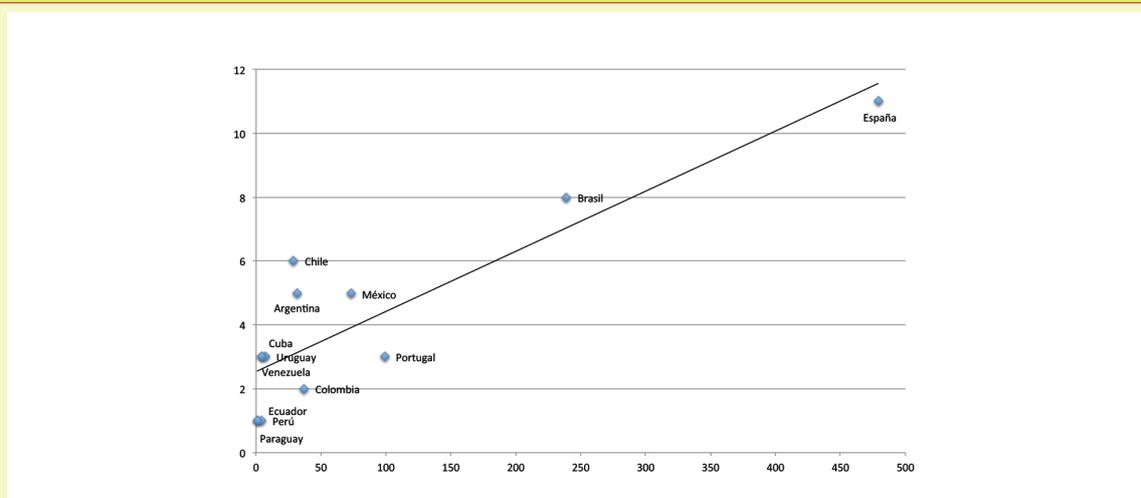
> GRÁFICO 16 :: Red de países iberoamericanos en energías renovables (2011)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

Obviamente, la cantidad de lazos que posee un país está fuertemente correlacionada con la cantidad de publicaciones con que cuenta. El **Gráfico 17** presenta la distribución de los principales países iberoamericanos en un plano definido por la cantidad total de artículos publicados en el año 2011 en la temática de energías renovables en el eje x y el grado de cada nodo en el eje y. Se ha trazado en el gráfico una línea de regresión para poder observar la posición relativa de cada país con respecto al conjunto.

> GRÁFICO 17 :: Grado y producción científica en energías renovables



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.



España, a pesar del volumen de su producción, aparece por debajo de la línea de regresión. Brasil, en cambio, se ubica por encima de la línea, gracias a las múltiples relaciones que establece a nivel iberoamericano. También significativamente por encima de la línea de regresión aparecen Argentina y Chile, que como se podía observar en el gráfico anterior, cuentan con un alto nivel de relacionamiento para el volumen de su producción. Por el contrario, Portugal y Colombia tienen niveles de relacionamiento iberoamericano menores a lo que podría esperarse dado el volumen de trabajos publicados.

## 2.4 La composición disciplinar de la investigación en energías renovables

Las herramientas de análisis de redes permiten dar cuenta de la estructura de la investigación en el complejo y multidisciplinario campo de la nanotecnología. Una fuente de gran calidad para ello son las citas a otros documentos que los autores incluyen en sus artículos, ya que de ellas puede extraerse el marco de referencia general sobre los temas a los que aluden. Esas citas señalan trabajos en otras revistas, a las que las bases de datos internacionales como el SCI asignan disciplinas.

Asumiendo que si un autor cita trabajos de dos disciplinas diferentes es porque su labor está vinculada a ambas, es posible construir una red a partir de la citación conjunta de disciplinas en un conjunto de artículos científicos. A modo de ejemplo, si los autores que producen en el campo de las energías renovables citan de manera conjunta artículos publicados en revistas dedicadas a la Energía y Combustibles y trabajos presentados en revistas dedicadas a la Química Física, es posible asumir que se trata de dos disciplinas fuertemente vinculadas en las actividades de investigación en esta temática. Este análisis, llevado a campos disciplinarios más detallados, resulta muy útil para observar las tendencias, orientaciones y estructuras básicas de la investigación en el mundo y en Iberoamérica.

En el **Gráfico 18** se observa la red de disciplinas científicas que se construye a partir de las co-citaciones para el total de los artículos en energías renovables publicados en el año 2011. El volumen de los nodos representa la cantidad de citas recibidas por cada disciplina y la intensidad de los lazos da cuenta de las veces que esas disciplinas han sido citas en los artículos recopilados. Para una mejor visualización y análisis, se ha recurrido una vez más a las técnicas de poda utilizadas en las redes de países presentadas anteriormente.

El principal nodo de esta red, tanto por la cantidad de citas que acumula como por su función articuladora de la red, es Energía y Combustibles. Entre sus principales ramificaciones se destacan Medio Ambiente, que da paso a la Ingeniería Medioambiental, Geociencias, Recursos Hídricos y Meteorología y Ciencias de la Atmósfera. Hacia la parte superior del gráfico aparecen diferentes disciplinas relacionadas con la producción de biocombustibles, aglutinadas alrededor de disciplinas como la Ingeniería Química, la Agricultura y la Biotecnología.

Hacia la derecha del gráfico aparece una ramificación importante relacionada con la Física, la Química y, entre ambas, la Ciencia de Materiales. A partir de la Química Física se destaca la relación con la Electroquímica. En relación con las Ciencias de Materiales se destaca la relación con los Revestimientos y Películas y con las Nanociencias y Nanotecnologías. Finalmente, la Física Aplicada se relaciona con un nodo importante dedicado a la Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

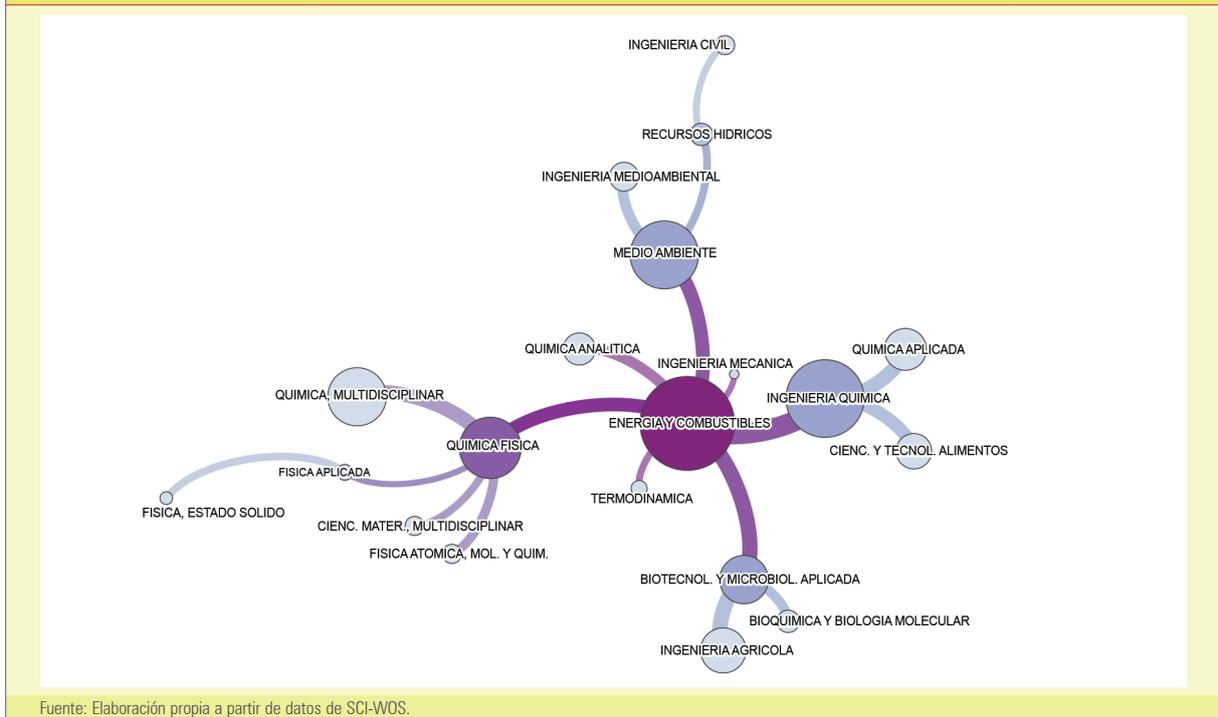
Un análisis equivalente aplicado a las publicaciones con presencia de instituciones iberoamericanas arroja un panorama diferente (**Gráfico 19**). Se trata de una red con muchas menos ramificaciones y centrada en las disciplinas tradicionales más que en categorías relacionadas con la aplicación del conocimiento.

De la misma manera que en el total mundial, la disciplina que articula la red es Energía y Combustibles. Una de sus ramificaciones se da a través de Medio Ambiente y desde allí a la Ingeniería Civil, la Ingeniería Medioambiental y los Recursos Hídricos. Otra ramificación importante, hacia la parte inferior del gráfico, está relacionada con la Biotecnología y con la Ingeniería Agrícola, generada por la investigación en biocombustibles y energía producida a partir de la biomasa.

Las demás ramificaciones están relacionadas con diferentes variantes de la Química. Por un lado la Ingeniería Química y por el otro la Química Física.



> GRÁFICO 19 :: Red emergente de la co-citación de disciplinas en artículos iberoamericanos de energías renovables (2011)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

Dado que la producción de artículos científicos en esta temática es limitada en la mayoría de los países, resulta imposible replicar este análisis a nivel de cada país iberoamericano. Por ese motivo, y para ofrecer más detalles sobre la investigación en cada tipo de energía, se ha realizado una clasificación de palabras clave que permite observar las principales tecnologías relacionadas con las energías renovables. Los artículos científicos se clasificaron en cada uno de estos tipos de energía según la presencia de estas palabras en el título o resumen de los artículos identificados.

A nivel mundial, la investigación se concentra en tres tipos de energías renovables: solar, biocombustibles y eólica (Gráfico 20). El resto de los tipos de energía analizados en este informe tienen una presencia mucho menor. Se trata de la minihidroeléctrica, la energía oceánica y la que utiliza desechos para la producción de energía.

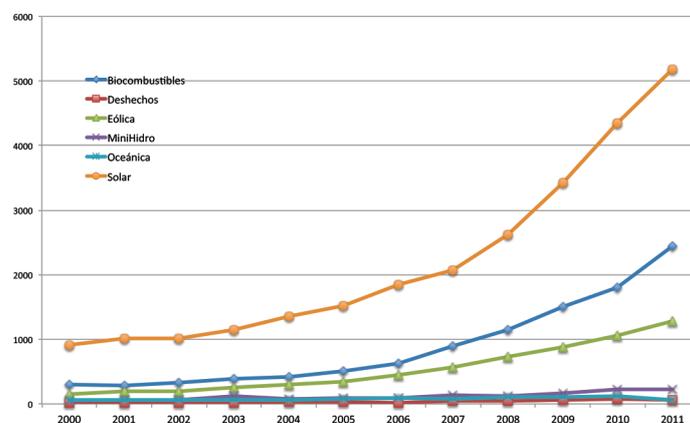
La mayor parte de las publicaciones se concentran en el desarrollo de la energía solar. Este tipo de energía comienza la serie con 914 documentos y termina la serie con más de cinco mil. En segundo lugar aparecen los biocombustibles, cuya investigación, en términos relativos, tiene un crecimiento aún más acelerado. Comienza la serie con 296 artículos en 2000 y culmina con alrededor de 2500 en 2011.

La energía eólica también muestra un crecimiento significativo, aunque no tan acelerado como el de los biocombustibles. La investigación en energía eólica cuenta con 150 documentos registrados en SCI en el año 2000 y alcanza los 1285 en 2011.

El mismo análisis aplicado a las publicaciones iberoamericanas ofrece un panorama diferente (Gráfico 21). A partir del año 2006 la investigación en biocombustibles presenta un crecimiento muy acelerado. En ese año se publicaron sólo 23 documentos relacionados con esta temática, mientras que la serie culmina en 2011 con 141, superando la investigación en energía solar.

La energía solar, justamente, era la principal área de investigación iberoamericana en energías renovables en el año 2000, con un total de 40 documentos. Si bien el crecimiento de este tema desde 2007 también es significativo, culmina la serie con 118 documentos, por debajo de la investigación en biocombustibles.

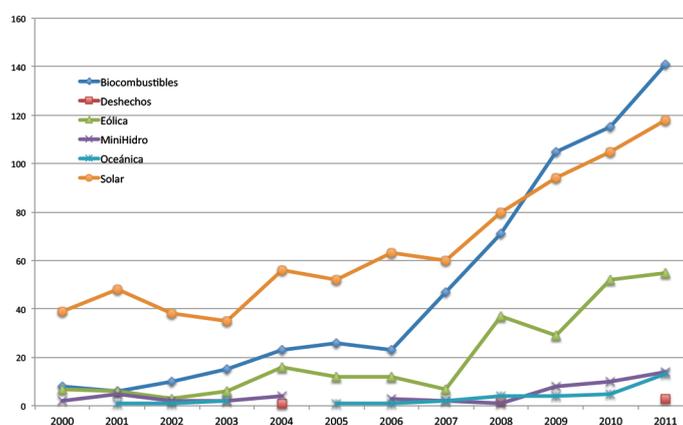
> GRÁFICO 20 :: Producción total en SCI por tipo de energía



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

Por último, la investigación en energía eólica presenta fuertes altibajos. Sin embargo, presenta un crecimiento marcado desde 2007, que con 55 documentos ubica esta temática en tercer lugar y alejada de los tipos de energía de menor desarrollo en iberoamérica.

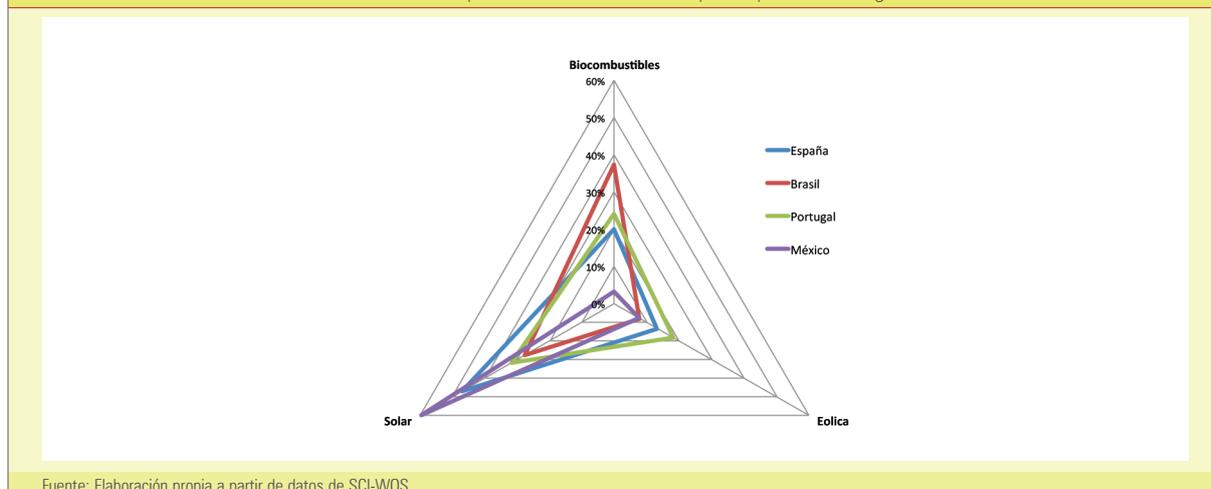
> GRÁFICO 21 :: Producción iberoamericana en SCI por tipo de energía



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

El Gráfico 22 presenta un análisis comparativo de las publicaciones de los tres tipos de energía más desarrolladas en Iberoamérica, -biocombustibles, solar y eólica- para los cuatro países de mayor producción en iberoamérica: España, Brasil, Portugal y México.

> GRÁFICO 22 :: Producción en SCI de países seleccionados por tipo de energía



España presenta un desarrollo mayor de la investigación en energía solar: el 47% de su producción en energías renovables está orientada a esta temática. En segundo lugar aparecen los biocombustibles, con el 20% y por último la energía eólica con el 13%.

Brasil, en cambio, centra su investigación en los biocombustibles. El 37% de su producción aborda esta temática. El resto de los tipos de energía renovable aquí analizados tiene una presencia mucho menor: la energía solar con el 28% de la producción brasileña y al eólica con tan sólo el 8%.

Por su parte, la producción científica mexicana está fuertemente centrada en la energía solar. El 60% de su producción aborda esta temática, mientras que el resto de las energías tiene una presencia marginal. Portugal, en cambio, muestra un patrón más distribuido con el 32% dedicado a la energía solar, el 24% a la investigación en biocombustibles y el 18% a la energía eólica.

### 3. DESARROLLO TECNOLÓGICO EN ENERGÍAS RENOVABLES ::

Mientras que las publicaciones ofrecen un panorama detallado de los patrones y tendencias en investigación en el campo de las energías renovables, las patentes de invención posibilitan un análisis equivalente enfocado en el desarrollo tecnológico. Estos documentos permiten seguir con un profundo nivel de detalle la evolución de las actividades orientadas a la creación de nuevos productos y procesos.

Se trata, sin embargo, de una fuente de información que debe ser manejada con ciertos cuidados. El patentamiento es, en las empresas de base tecnológica, una herramienta que no sólo sirve para proteger los resultados de la I+D, sino también un elemento importante de sus estrategias comerciales. La decisión de patentar o no una invención, dónde hacerlo y bajo la titularidad de quién, son cuestiones relacionadas con las características de los mercados, el potencial económico del invento, pero también con la situación de los competidores. En algunos casos, las empresas optan por el secreto industrial como forma de protección o presentan sus solicitudes bajo la titularidad de subsidiarias, con el objetivo de valorizarlas o de no hacer evidentes sus estrategias a los competidores. El marco jurídico del país es asimismo un factor de influencia para el registro de patentes generadas a partir de resultados de investigaciones realizadas en universidades u otros organismos públicos de investigación.

Se ha optado por utilizar la base de datos de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (WIPO, según su sigla en inglés), que ofrece los documentos registrados mediante el Tratado de Cooperación en materia de Patentes (PCT, también según su sigla en inglés). La solicitud y el mantenimiento de patentes internacionales registradas mediante el tratado PCT son costosos en términos económicos y de gestión, en

particular para los países de menor desarrollo relativo de Iberoamérica, por lo que sólo suelen registrarse allí los inventos con un potencial económico o estratégico importante. La selección y priorización de esta fuente a lo largo del presente análisis se basó en ese criterio de calidad, de modo de relevar con la mayor precisión posible los avances tecnológicos de punta a nivel mundial, teniendo a la vez menos sesgos que otras fuentes para una comparación regional.

El análisis presentado en este informe permite observar un panorama de los cambios en los volúmenes de patentamiento, los principales titulares, la participación de inventores de la región y las áreas específicas de mayor desarrollo.

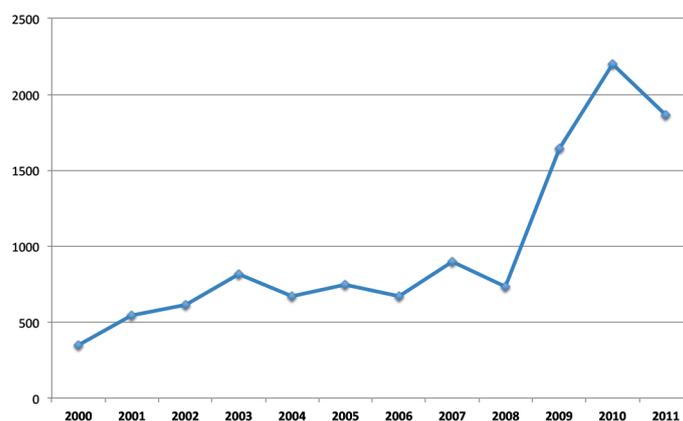
### 3.1. La evolución del patentamiento en energías renovables

El siguiente apartado presenta los resultados obtenidos a partir del análisis de las patentes relacionadas con las energías renovables, publicadas a nivel mundial entre los años 2000 y 2011, tramitadas a través del convenio PCT y obtenidas de la base de datos de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual.

Los resultados obtenidos muestran que se trata de un campo de muy rápida expansión a partir del año 2008, llegando casi a sextuplicarse en los 11 años que ocupan a esta serie (Gráfico 23). La primera parte de la serie presenta un crecimiento relativamente estable, partiendo con 349 patentes en el año 2000.

Sin embargo, a partir de 2008 se da un cambio de tendencia muy significativo. La cantidad de patentes publicadas en esta temática casi se triplican en tres años, llegando a publicarse 2.200 patentes en esta temática en el año 2010. El último año de la serie, 2011, presenta una caída aunque se mantiene en valores aún muy superiores a los de 2009.

> GRÁFICO 23 :: Total de patentes publicadas en energías renovables



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.

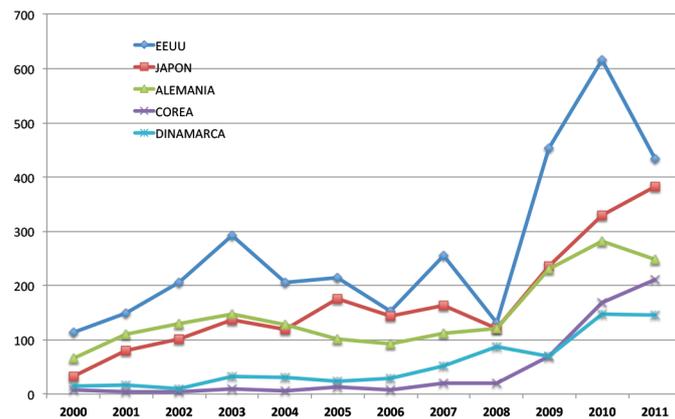
27

Estados Unidos aparece como el responsable, en gran medida, de tal crecimiento en la publicación de patentes en energías renovables (Gráfico 24). Japón y Alemania son los países de procedencia de los titulares de patentes que más han aumentado su producción en los últimos 11 años, dando un salto pronunciado desde el año 2008, junto al presentado por Estados Unidos.

El crecimiento que se observa con los titulares procedentes de Corea también plantea un crecimiento muy marcado a partir de 2008 que da cuenta de un importante crecimiento en las publicaciones de patentes totales de este país, que comienza esta serie con menos de 10 pub-

licaciones de patentes para culminar en 2011 con 211. Es interesante destacar también la presencia de Dinamarca entre los cinco principales titulares de patentes a nivel mundial, lo que muestra cierta especialización de ese país en esta temática, aunque el fenómeno no se observaba claramente en el análisis de publicaciones científicas.

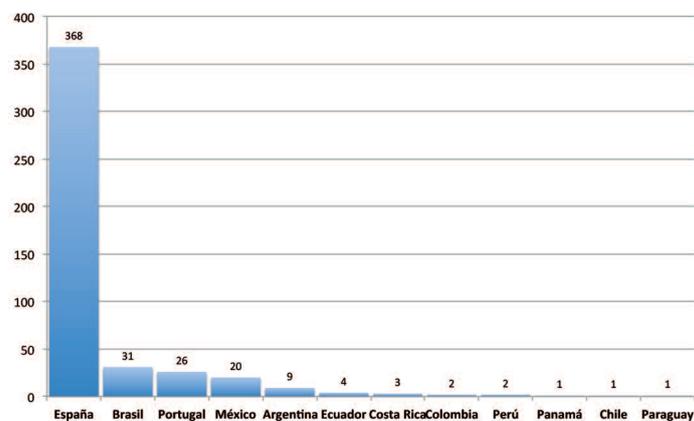
> GRÁFICO 24 :: Patentes de los principales países del mundo según su titular



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.

A nivel iberoamericano, la titularidad de patentes en la base de datos de WIPO es siempre escasa. Se trata de patentes que requieren una inversión importante -económica y de gestión- que sólo se justifica para desarrollos de cierto potencial industrial. La única excepción de esta regla es España, que con 368 patentes acumuladas se destaca en el contexto iberoamericano. Sin embargo, a pesar de que en publicaciones científicas ese país tenía una presencia destacada en el séptimo puesto a nivel mundial, en la producción tecnológica observada a través del patentamiento internacional aparece algo más abajo, en el noveno lugar.

> GRÁFICO 25 :: Patentes de los países iberoamericanos según su titular



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.

Entre el resto de los países iberoamericanos, Brasil, Portugal y México son los países de procedencia de la mayoría de los titulares de patentes en energías renovables. Con poco más de la mitad de las publicaciones correspondientes a titulares mexicanos, se encuentran los titulares de nacionalidad argentina y, guardando una distancia muy marcada, se encuentran los ecuatorianos con apenas 4 publicaciones de patentes en esta temática.

### 3.2 Los campos de aplicación de las energías renovables

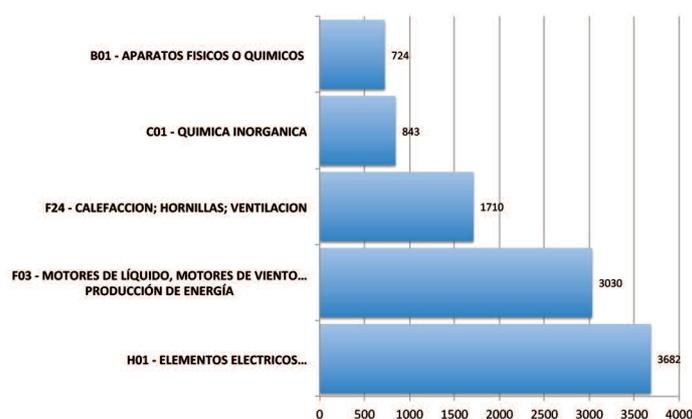
Para dar cuenta de los campos de aplicación tecnológica de las patentes recopiladas en este estudio se puede recurrir a los códigos internacionales de clasificación de patentes (IPC), que en su edición actual distribuyen las patentes en uno, o al mismo tiempo en varios de los 70.000 campos tecnológicos que define. La asignación del código IPC es dada por el examinador de la patente, es decir por el técnico especialista asignado por la oficina de propiedad intelectual que otorga la patente, de acuerdo con el campo de aplicación de la invención. Dado el avance constante de la tecnología y la aparición de campos emergentes, el IPC es constantemente revisado, por lo que regularmente se publican nuevas ediciones. La actual, octava edición, entró en vigencia en enero de 2006.

Esta clasificación es de carácter jerárquico y tiene una profundidad de hasta seis dígitos, por lo que la información puede manejarse a niveles de desagregación variables. En el Gráfico 26 se presentan los principales códigos IPC a tres dígitos del total de patentes en energías renovables acumulado para los años 2000-2011 en la base del convenio PCT. Dado que una misma patente puede poseer varios códigos IPC, muchas veces estos códigos se superponen; este análisis se realiza sobre la base de la consideración de todos los códigos IPC en los que cada una de las patentes consideradas ha sido técnicamente clasificada.

Tomando en cuenta la clasificación a tres dígitos, el principal código IPC entre las patentes publicadas es el H01, representando éste a los elementos eléctricos básicos, conjunto dentro del cual aparecen las tecnologías relacionadas con la producción de energía a partir de celdas fotovoltaicas. El código F03 representa el 30% de las principales patentes publicadas y refiere a las máquinas o motores de líquidos; motores de viento, de resortes, o de pesos; producción de energía mecánica o de empuje propulsivo o por reacción. En este grupo aparecen los desarrollos vinculados con la energía eólica. Estas dos tipos de energía son las que más desarrollo presentan a partir de la publicación de patentes internacionales entre 2000 y 2011.

El resto de los códigos principales, apenas alcanzan el 33% del total parcial utilizado para este gráfico y refieren principalmente a patentes relacionadas con calefacción; hornillas y ventilación (F24), química orgánica (C01) y aparatos físicos o químicos (B01).

> GRÁFICO 26 :: Principales códigos IPC (3 dígitos) en el total de patentes en energías renovables

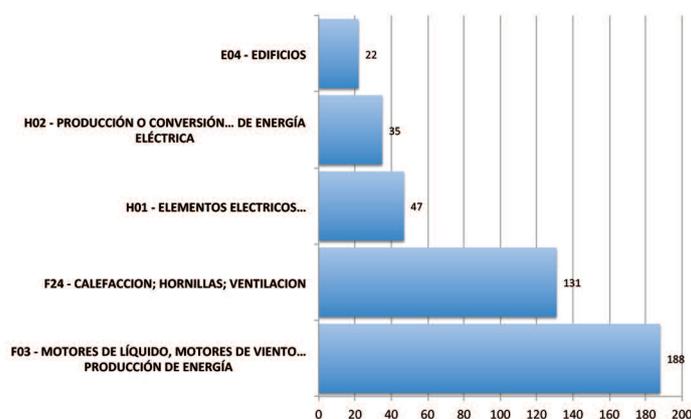


Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.

A nivel iberoamericano existen ciertas particularidades como resultado de un análisis equivalente (**Gráfico 27**). La principal clasificación es la F03, que agrupa a las máquinas o motores de líquidos; motores de viento, de resortes, o de pesos; producción de energía mecánica o de empuje propulsivo o por reacción. En segundo lugar aparece la categoría F24, que contiene artefactos de calefacción, hornillas y ventilación.

La principal diferencia entre el conjunto de patentes iberoamericanas publicadas entre los años 2000 y 2011 a través del convenio PCT y el total mundial es la menor presencia de documentos clasificados bajo la categoría H01, elementos eléctricos básicos, con tan sólo 47 patentes. Completan la lista de los cinco principales códigos de clasificación las categorías H02, dedicada a la producción o conversión de energía eléctrica, y la E04, dedicada a Edificios.

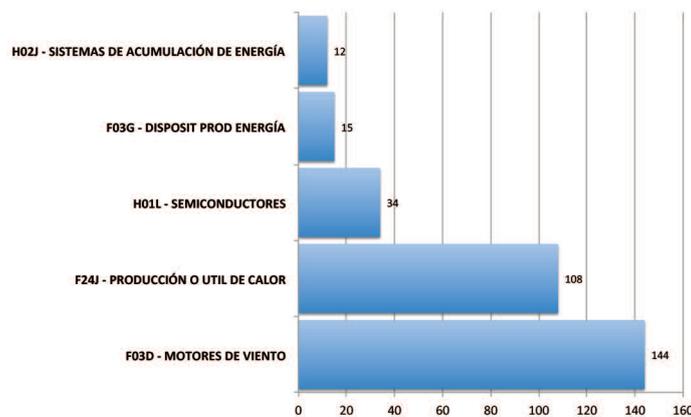
> **GRÁFICO 27** :: Principales códigos IPC (3 dígitos) en el total de patentes iberoamericanas en energías renovables



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.

Para obtener un detalle mayor de la especialización de los principales países iberoamericanos se presenta a continuación la distribución de las patentes registradas por titulares españoles, brasileños y portugueses a cuatro dígitos de la clasificación IPC.

> **GRÁFICO 28** :: Principales códigos IPC (4 dígitos) en el total de patentes españolas en energías renovables

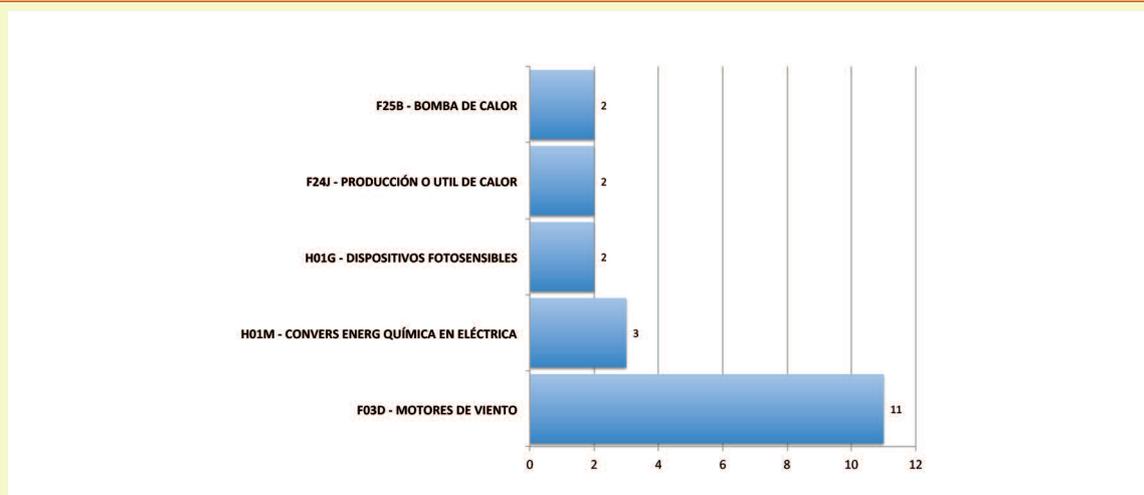


Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.

En el caso español (**Gráfico 28**) se destaca la producción de patentes bajo la categoría F03D, dedicada a los motores de viento. Lo siguen los desarrollos relacionados con la utilización del calor, en la categoría F24J. Completan la lista tres categorías relacionadas con la producción y almacenamiento de energía eléctrica.

En el caso de Brasil, las patentes publicadas bajo titularidad de entidades de ese país se concentran fuertemente en el desarrollo de motores de viento. Once de las 31 patentes brasileñas están clasificadas en esta categoría. La clasificación siguiente, ordenada según el volumen de registros, es la H01M, dedicada a la conversión de energía química en eléctrica.

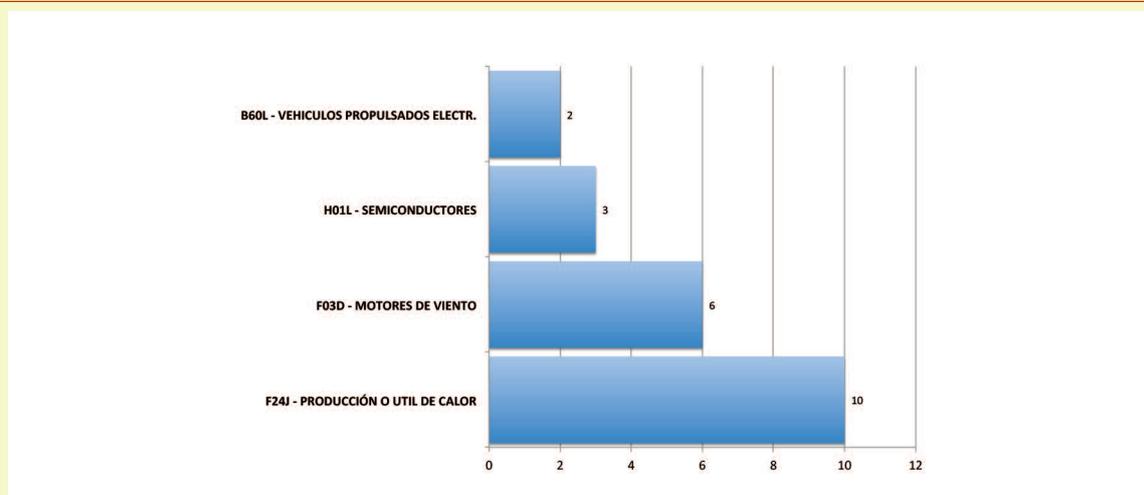
> **GRÁFICO 29** :: Principales códigos IPC (4 dígitos) en el total de patentes brasileñas en energías renovables



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.

En el caso de Portugal, en cambio, los desarrollos patentados se concentran en la clasificación F24J, relacionados con la producción o utilización de calor. Bajo esta categoría se agrupan, por ejemplo, distintos tipos de colectores solares. Aunque con menor presencia, aparecen también aquí desarrollos relacionados con los motores de viento.

> **GRÁFICO 30** :: Principales códigos IPC (4 dígitos) en el total de patentes portuguesas en energías renovables



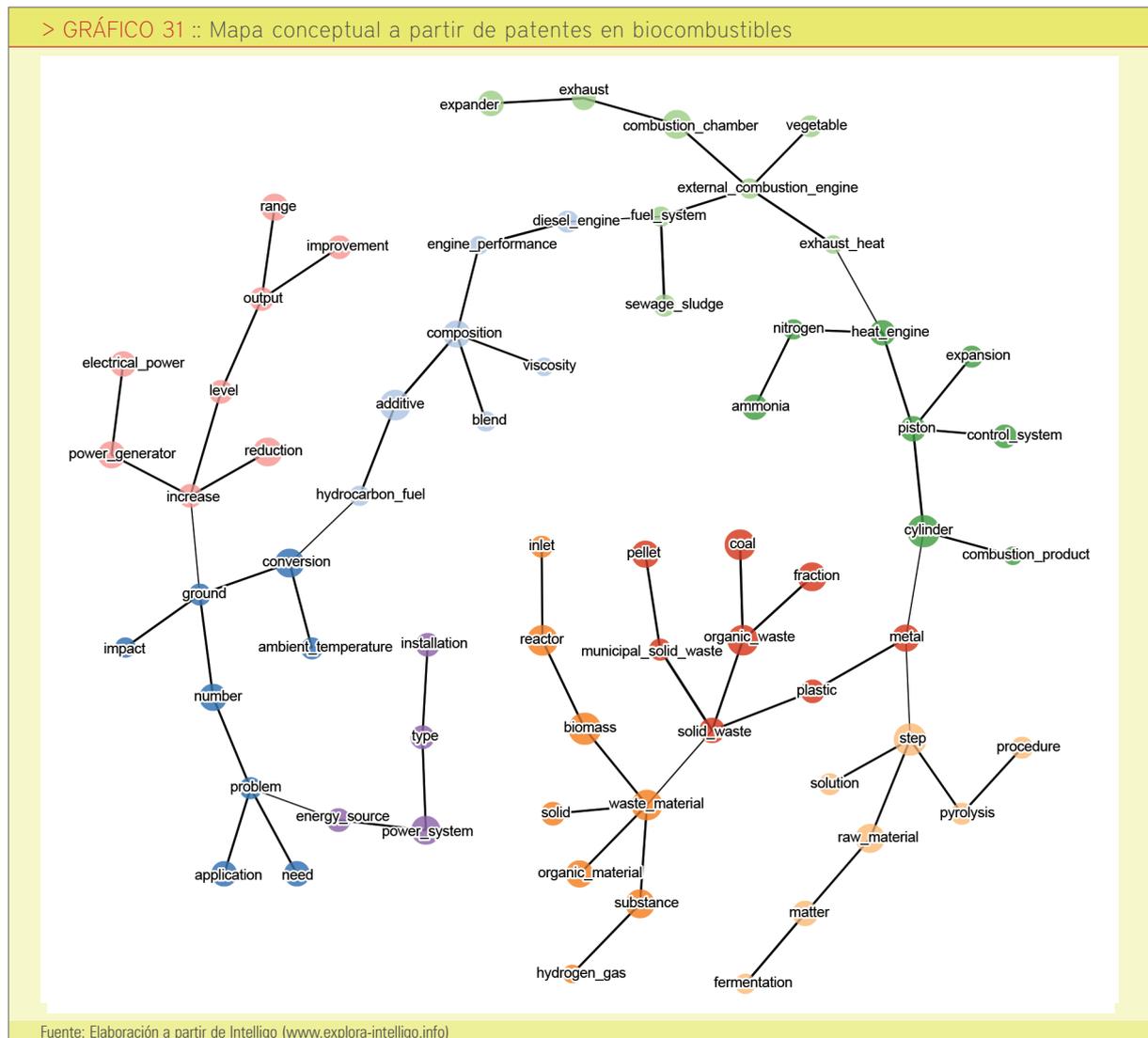
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.

Para obtener una aproximación mejor a los contenidos de las patentes mundiales en energías renovables se aplicó una tecnología que analiza el contenido de los documentos tomando como base los resúmenes y reivindicaciones redactados en lenguaje natural. Se trata de la herramienta Intelligo, desarrollada por el Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad (CAEU/OEI) y disponible en [www.explora-intelligo.info](http://www.explora-intelligo.info).

Intelligo es un explorador que ofrece una forma distinta de visualizar y acceder a grandes colecciones de información textual. Para ello genera mapas de los temas de interés de cada usuario permitiendo la exploración de grandes volúmenes de información inalcanzables de otro modo. Intelligo releva y analiza el contenido de documentos científicos, tecnológicos y educativos de la región. También posibilita el acceso a los documentos en su fuente original funcionando, además, como agregador de contenidos

Esta tecnología analiza los textos de documentos utilizando técnicas de análisis de lenguaje natural, se extraen automáticamente los conceptos más relevantes y se normalizan los metadatos disponibles en cada caso. Para cada fuente se entrena un modelo semántico basado en los contextos compartidos directa o transitivamente por los conceptos en todo el corpus. En este caso se generaron mapas para las patentes mundiales, publicadas a través del convenio PCT, en temas de biocombustibles, energía solar y energía eólica.

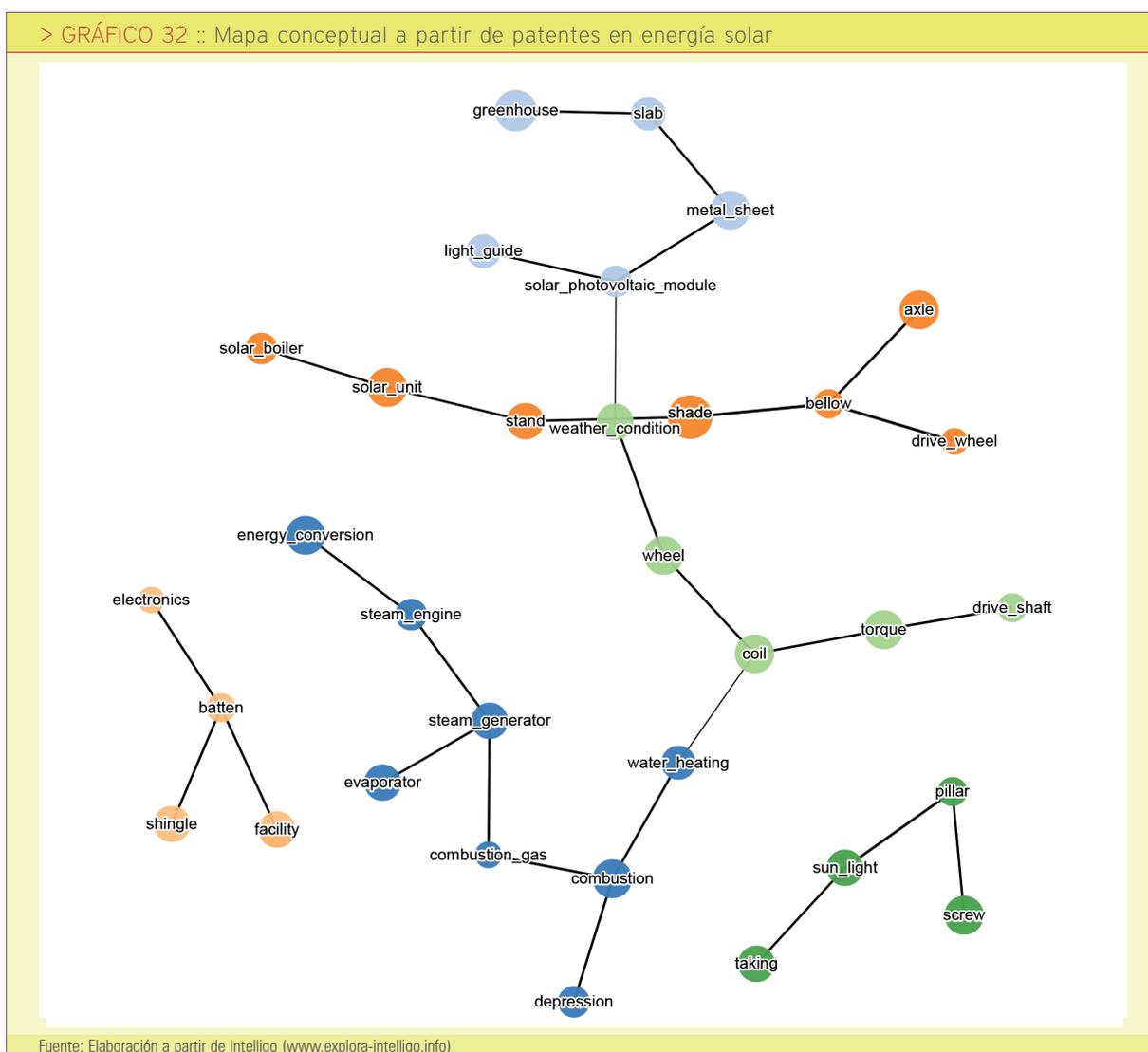
> GRÁFICO 31 :: Mapa conceptual a partir de patentes en biocombustibles



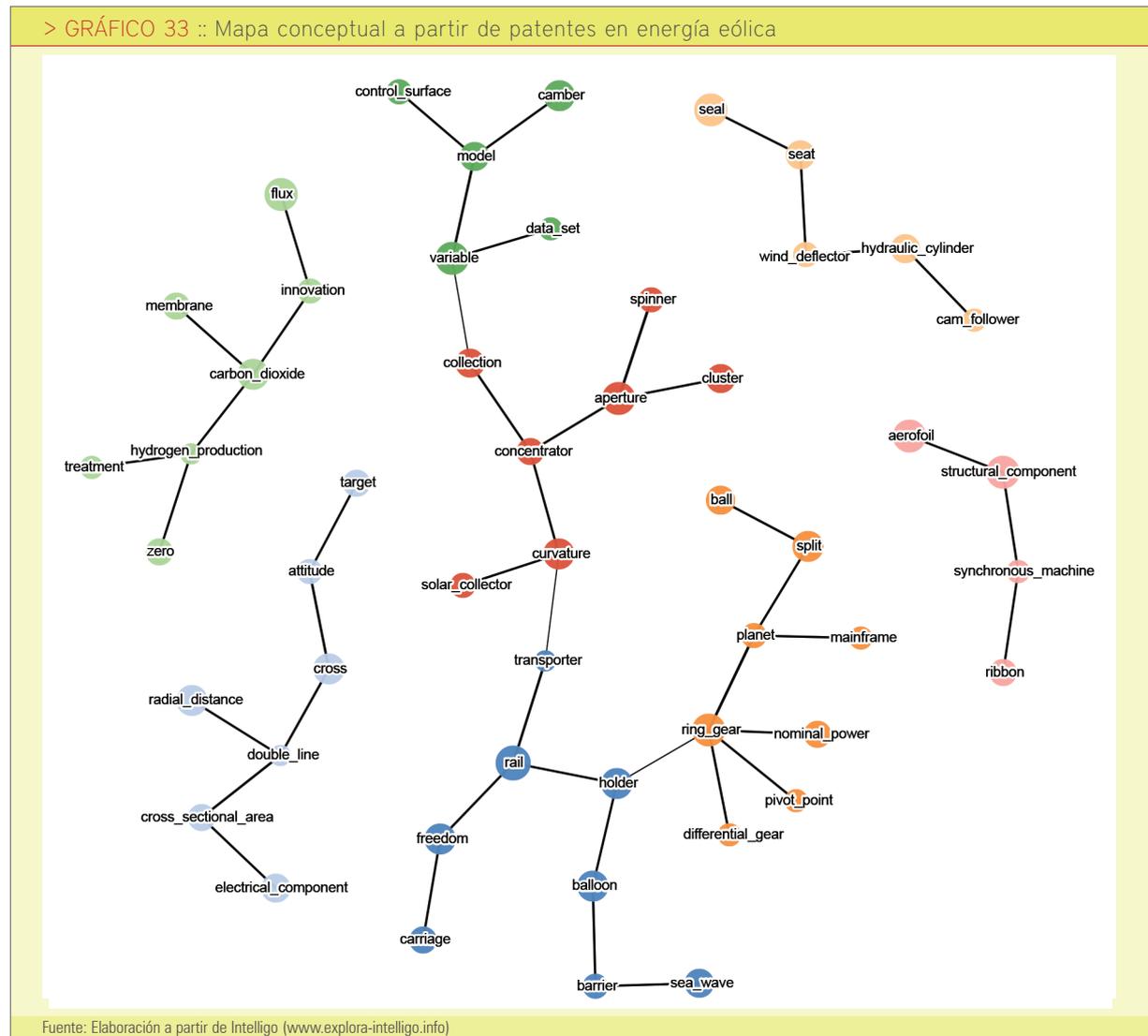
El **Gráfico 31** presenta el mapa conceptual generado a partir de las patentes relacionadas con el desarrollo de biocombustibles. Por un lado se aprecian ramificaciones relacionadas con los motores de combustión, tanto interna como externa, y que pueden verse en el *cluster* señalado con nodos de color verde. En la parte inferior del gráfico, con nodos en color rojo y naranja, aparecen palabras relacionadas con el uso de desechos para la producción de energía.

En la parte izquierda aparecen temas relacionados con la producción de biocombustibles como sustituto de los hidrocarburos, encajado con el resto de la red a partir de los motores diesel. Entre los temas relacionados está la viscosidad y el desarrollo de aditivos para los combustibles.

El **Gráfico 32** presenta un análisis similar para las patentes relacionadas con la energía solar. Se observan en este gráfico también dos zonas definidas, relacionadas con aspectos diferenciados de la utilización de la energía solar. Principalmente en la parte baja del gráfico aparecen conceptos relacionados con la utilización de la temperatura para el calentamiento del agua. En la parte superior, conectada al resto del mapa a través de "condiciones climáticas", aparece una red relacionada con la energía fotovoltaica.



Por último, en el **Gráfico 33** se observa el mapa conceptual generado a partir de las patentes relacionadas con la energía eólica a nivel mundial. Se trata de un mapa con varias ramificaciones y componentes desconectados. Sin embargo, el cuerpo principal de la red está relacionado con la problemática del diseño y desarrollo de hélices y turbinas eólicas.



#### 4. CONCLUSIONES ::

Las energías renovables se han instalado en las agendas de gran parte de los países del mundo. En gran medida esto está relacionado con la adhesión al Protocolo de Kioto, desarrollado por Naciones Unidas, y que tiene por objetivo reducir las emisiones de los gases de efecto invernadero. A nivel mundial se ha impulsado así la investigación en fuentes de energía alternativas a los hidrocarburos.

En los países en desarrollo, como la mayoría de los iberoamericanos, las energías renovables pueden tener un efecto que va más allá de la ecología. La aplicación de este tipo de tecnologías puede contribuir también al logro de los objetivos de desarrollo del milenio aumentando el

acceso de los más desfavorecidos a servicios de energía modernos y promoviendo a su vez las tecnologías de energía renovable para aplicaciones productivas y usos industriales en la región.

Al mismo tiempo, la mayoría de los países latinoamericanos enfrentan la necesidad de incrementar su producción de energía para acompañar los esfuerzos de desarrollo industrial. Según estimaciones de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) sería necesario duplicar la capacidad energética latinoamericana para el año 2030.

Si bien la mayoría de estas fuentes de energía renovable, como la energía solar, eólica o los biocombustibles, son conocidas desde hace años, el desafío actual reside en bajar los costos de producción para que puedan convertirse en alternativas viables. Al mismo tiempo, es necesario explorar nuevas fuentes potenciales como la geotérmica y la producción de energía oceánica. Para ambos objetivos, la I+D resulta una actividad central.

Sin embargo, en el desarrollo de estas tecnologías, Iberoamérica no puede tener un papel expectante. La posibilidad de explotar fuentes alternativas de energía tiene mucho que ver con características geográficas, climáticas y de capacidad de producción primaria, lo que implica una adaptación de las tecnologías al medio local.

A lo largo de este informe se ha podido apreciar que existen capacidades concretas en algunos países de la región para enfrentar estos desafíos. En particular España cuenta con un desarrollo importante de capacidades en energía solar y eólica, en este último caso acompañada por Portugal. Brasil, en cambio, se ha especializado en la investigación en la producción de biocombustibles, acompañando las características de sus recursos naturales.

Sin embargo, con la sola excepción de España, esas capacidades son aún incipientes en relación a la investigación mundial en energías renovables. Por otra parte, la producción científica en la temática está fuertemente concentrada en los países de mayor desarrollo relativo de Iberoamérica. Los países de menor desarrollo casi no cuentan con experiencia en estos temas, por lo que la colaboración intra-regional se vuelve una necesidad de primera magnitud.

Finalmente, la escasa dinámica del patentamiento es un tema que afecta en general a los países iberoamericanos y del que la temática de las energías renovables, en particular, no escapa. En todos los campos del conocimiento, la dinámica de producción tecnológica de los países iberoamericanos, medida a través de las patentes, está muy lejos de la de los países más industrializados (mucho más lejos que en la producción científica medida en artículos publicados en revistas internacionales). La única excepción en Iberoamérica es España, cuyos patrones en el registro de patentes están mucho más cerca de la media europea que del promedio latinoamericano.

Sin duda muchos factores intervienen en esta situación. Por un lado, la demanda del sector productivo por los desarrollos en energías alternativas es mucho menor en los países latinoamericanos -situación relacionada con las estructuras económicas de estos países- que en líneas generales están más basadas en productos primarios que en bienes de mayor contenido tecnológico.

Cabe señalar que la desconexión con el sector productivo no proviene solamente de las empresas. Los investigadores, en la mayoría de los países iberoamericanos, en general se manejan mejor en el mundo de las publicaciones científicas, con sus propias reglas de juego y recompensas, que en el de las patentes y la explotación comercial del conocimiento.

Uno de los principales desafíos que se le presenta al espacio iberoamericano del conocimiento en el campo de las energías renovables, está centrado en potenciar fuertemente las conexiones entre academia, sector productivo y Estado. Ello permitiría la ejecución de proyectos conjuntos de investigación y desarrollo dirigidos a la realización de productos que permitan cubrir las demandas energéticas de la región, sin perder de vista las demandas precisas de las comunidades locales.



## + ANEXOS

## Anexo I. Estrategias de búsqueda en publicaciones

## 1 - Bioenergía. Procesos termoquímicos

((biomass OR Bio-recycling OR biorefinery OR ((sugar NEAR (cane OR beet)) OR corn OR pulp OR bagasse OR rape OR palm OR waste\* NEAR/2 (waste OR substance\* OR material OR resource\* OR source\* OR sludge\*)) OR ((Vegetable OR mineral OR used OR wast\*) NEAR (Oil OR fuel))) NEAR/3 (mass OR recycl\* OR energy OR fuel OR power OR oil OR generat\* OR regenerat\* OR refin\*))

AND

((thermochemical\* OR BDF OR biofuel\* OR biodiesel\* OR bio-diesel OR bioethanol\* OR biomethanol OR biomethane OR gasohol OR bioalcohol OR butanol) OR liquefact\* OR pyrolysis OR biorefin\* OR gasif\* OR (gas NEAR turbin\*) OR combustion OR (coal NEAR (fir\* OR burn\* OR combust\*)) OR co-firing OR incinerat\* OR gasification OR gasifying OR (methane NEAR emission) OR (methane NEAR (gas OR emission)))

## 2 - Bioenergía. Procesos biológicos

((biomass OR Bio-recycling OR biorefinery OR ((sugar NEAR (cane OR beet)) OR corn OR pulp OR bagasse OR rape OR palm OR waste\* NEAR/2 (waste OR substance\* OR material OR resource\* OR source\* OR sludge\*)) OR ((Vegetable OR mineral OR used OR wast\*) NEAR (Oil OR fuel))) NEAR/3 (mass OR recycl\* OR energy OR fuel OR power OR oil OR generat\* OR regenerat\* OR refin\*))

AND

((biochemical OR (anaerobic NEAR digestion) OR ((Anaerobic OR Aerobic OR organic OR alcohol\* OR methane OR ethanol OR lignin\*) NEAR (digest\* OR saccharif\* OR fermentation)) OR microalgae OR micro-organisms OR microorganisms OR SSF OR saccharification OR (methane NEAR digestion)) AND (energy OR ethanol OR methane OR fuel OR recycl\* OR reprocess\*))

## 3 - Desechos

((Landfill Gas to Energy) OR (solid recovered fuel) OR (agricultural residue energy) OR (wood pellets) OR (waste-to-energy) OR ((refuse derived OR refuse-derived) fuel\*) OR ((energy recovery from municipal solid waste)))

## 4 - Oceánica

((ocean) OR (ocean thermal) OR (tidal) OR (wave)) AND energy conversion) OR (wave energy plant) OR ((wave energy) AND ((overtopping) OR (oscillating bodies) OR (oscillating water column))) OR (tidal plant\*) OR ((ocean) OR (ocean thermal) OR (tidal)) energy generat\*)

## 5 - Eólica

((Betz coefficient) OR (blade pitch mechanism) OR (hidraulic blade pitch system) OR (hybrid wind diesel system) OR (optislip concept) OR (pasive blade pitch) OR (Wind energy) OR (Wind farms) OR (Wind Map) OR (Wind Park\*) OR (Wind power\*) OR (wind rotor blade\*) OR (Wind Turbine) OR (windmill))

## 6 - Mini hidroeléctrica

((Micro hydro) OR microturbine OR (mini turbine) OR (pico hydro power) OR (picoturbine) OR (small scale hydro\*) OR ((pelton OR turgo OR crossflow OR banki OR (tube-type propeller) OR francis OR ossberger or kaplan) AND Turbine)) OR ((geothermal power) OR (geothermal energy) OR (geothermal heat) OR (geothermal utilization) OR (geothermal development) OR (geothermal resources) OR (geothermal technology))

## 7 - Solar

((hybrid solar system) OR (hybrid solar thermal system) OR (PV sun) OR (solar absorber\*) OR (solar boiler\*) OR (solar cell) OR (solar collector) OR (solar concentrator\*) OR (solar cooker) OR (solar dish) OR (solar energy) OR (solar heat collector) OR (solar heating) OR (solar panel) OR (solar photo\*) OR (solar power generat\*) OR (solar sterling) OR (solar stirling) OR (solar thermal) OR (solar tower) OR (solar trough) OR (solar water heater\*))

Anexo II. Códigos IPC utilizados como estrategia de recuperación de patentes

Tema	Código
Eólica	F03D
Eólica	B60L8/00
Eólica	B63H13/00
Solar	F03g6/00
Solar	F24j2/00
Solar	F25b27/00
Solar	F26b3/28
Solar	H01I31/042
Solar	H02n6/00
Solar	E04d13/18
Solar	B60I8/00
Geotérmica	F24j3/00
Geotérmica	F03g4/00
Geotérmica	H02n10/00
Oceánica	F03b12/12
Oceánica	F03g7/05
Oceánica	F03g7/04
Oceánica	F03b7/00
Biomasa	C10I5/42
Biomasa	F02B43/08
Biomasa	C10L1/14
Biomasa	B01J41/16
Desechos	C10I5/46
Desechos	F25b27/02
Desechos	F02G5/00
Desechos	F23G5/46
Desechos	F012K25/14
Desechos	C10J3/86
Desechos	F23G7/10
Desechos	H01M8/06



