

Colaboraciones y flujos de conocimiento en patentes del sector solar fotovoltaico después del ADPIC

Palacios-Núñez, Guadalupe; Vélez-Cuartas, Gabriel Jaime

Colaboraciones y flujos de conocimiento en patentes del sector solar fotovoltaico después del ADPIC

Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento, vol. 6, núm. 18, 2018

Universidad Nacional Autónoma de México, México

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=457657122003>

DOI: <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2018.18.67119>

Colaboraciones y flujos de conocimiento en patentes del sector solar fotovoltaico después del ADPIC

Collaborations and knowledge flows in photovoltaic solar sector patents after TRIPS

Guadalupe Palacios-Núñez ^a

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, México

Gabriel Jaime Vélez-Cuartas ^b

Universidad de Antioquia, Colombia

Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento, vol. 6, núm. 18, 2018

Universidad Nacional Autónoma de México, México

Recepción: 10 Septiembre 2018
Aprobación: 16 Noviembre 2018

DOI: <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2018.18.67119>

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=457657122003>

Resumen: La innovación ahora es un proceso internacional, que requiere una gobernanza global del conocimiento, la cual se estableció en 1994 con la firma del Acuerdo sobre los Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual relacionados con el Comercio (ADPIC). Uno de los fines de este nuevo régimen de propiedad intelectual es impulsar la innovación como resultado del incremento en las colaboraciones y la revelación del sistema de patentes. El objetivo de este trabajo fue determinar si se incrementaron las colaboraciones y los flujos de conocimiento en las patentes del sector solar fotovoltaico; para esto se utiliza el Análisis de Redes Sociales (ARS) de coautorías y citas, en dos momentos, antes de la firma del acuerdo (1976-1996) y después de la firma del acuerdo (1996-2016). Los resultados muestran que las colaboraciones y los flujos de conocimiento aumentaron principalmente en los países con trayectorias tecnológicas en el sector, tanto a nivel doméstico como internacional.

Palabras clave: coautorías, flujos de conocimiento, patentes, propiedad intelectual, sector solar fotovoltaico.

Abstract: Innovation is now an international process that requires a global governance of knowledge which was established in 1994 with the signing of the Trade-Related Aspects of Intellectual Property Rights (TRIPS). One of the aims of this new intellectual property system was to promote innovation as a result of the increase in collaborations and the disclosure of the patent system. The objective of this work was to determine if collaborations and knowledge flows increased in photovoltaic solar sector patents through Social Networks Analysis with co-authorship and citations: before (1976-1996) and after (1996-2016) the signing of the agreement. Results show that collaborations and knowledge flows increased mainly in countries with technological trajectories in the sector, both domestically and internationally.

Keywords: co-authorship, knowledge flows, patents, intellectual property, photovoltaic solar sector.

INTRODUCCIÓN

La economía del conocimiento se centra en la capacidad de innovar y crear valor más rápido con base en el conocimiento tecnológico, que ahora se identifica como un factor estratégico del crecimiento económico. Los elementos clave para el desarrollo de los países en esta economía son la producción, difusión y el uso intensivo de conocimiento (Choe *et al.*, 2016; Ching-Yan y Mathews, 2012). La innovación se ha globalizado,

ya que es el resultado de la sinergia que genera la colaboración entre los países en todo su proceso y la dinámica del conocimiento a nivel mundial, que permite integrar el conocimiento disperso, así como difundirlo y producir nuevo conocimiento (Wang *et al.*, 2014; Werner *et al.*, 2013; Lei *et al.*, 2013; Barberá-Tomás, Jiménez-Sáez y Castelló-Molina, 2011; Leydesdorff y Rafols, 2011).

Dado que el conocimiento se ha convertido en un insumo clave de la economía para la generación de riqueza, requiere de un control normativo o gobernanza, el cual se realiza a través de los regímenes institucionales de propiedad intelectual (PI). Las instituciones de la innovación son de crucial importancia porque median los flujos de conocimiento tecnológicos, condicionando su producción, difusión y uso. La PI es una institución fundamental para la innovación, ya que es uno de los principales instrumentos de la política de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI), para regular la gestión del conocimiento y mediar las relaciones entre la universidad, la industria y el gobierno (Laranja, Uyarra y Flanagan, 2008; Leydesdorff e Ivanova, 2016).

El carácter global de la innovación ha hecho necesaria la gobernanza internacional del conocimiento o un marco legal común que facilite la colaboración entre países y la PI ha sido pionera en la extensión de normas homogéneas a nivel mundial, a través del Acuerdo sobre los Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual relacionados con el Comercio (ADPIC) (Montobbio, Primi y Sterzi, 2015). Sin embargo, existen fuertes críticas en relación con su efectividad para impulsar la innovación, así como con los procesos de inequidad y las brechas más amplias entre países que ha generado la apropiación privada del conocimiento a través de las patentes. Entre los estudios que aportan evidencia empírica a favor y en contra de la PI se encuentra ampliamente analizado el sector biotecnológico, la industria del software, los efectos por grupos de países y las patentes en general, para argumentar respecto a los beneficios y los costos. Los estudios abarcan desde los análisis cualitativos hasta la aplicación de modelos econométricos y de estadística inferencial, entre otros, para aportar evidencia empírica (Abrams, 2009; Drahos, 2009; Guaran, 2009; Montobbio *et al.*, 2015; Lall, 2003; Heller y Eisenberg, 1998; Merges, 2004).

La presente investigación se distingue de estos trabajos en que delimita su objeto de estudio al sector solar fotovoltaico (FV) e incluye a todos los países que poseen alguna patente en el sector. Cambiar la muestra de estudio en materia de PI es importante porque ésta afecta de manera distinta a cada sector tecnológico, según el grado de dificultad en imitar o copiar la tecnología, el monto necesario del gasto en I+D y el nivel de desarrollo tecnológico de los países (Lall, 2003). Además, al no excluir países se puede obtener un panorama global del sistema de innovación y de la dinámica del conocimiento. La selección del sector FV se debe a que la energía es un sector estratégico de la economía y a su importancia para enfrentar los retos apremiantes que impone el cambio climático. Asimismo, este estudio se realizó desde un enfoque estructural, el cual no se centra en la correlación entre variables, sino que permite ver la

relación entre países, sus posiciones e importancia y el cambio estructural en producción y explotación de conocimiento en el sector.

Los estudios en CTI identifican como causas de la innovación a la producción de conocimiento, los flujos de conocimiento, la colaboración cognitiva, la capacidad de absorción, la estructura de financiamiento en I+D, las políticas públicas y la configuración institucional (Azagra-Caro y Consoli, 2016; Barberá-Tomás *et al.*, 2011; Lall, 2003; Lei *et al.*, 2013; Leydesdorff y Rafols, 2011; Wang *et al.*, 2014; Ching-Yan y Mathews, 2012). Esta investigación se centra en determinar si hubo incremento en dos de estas variables: las colaboraciones cognitivas y los flujos de conocimiento. Estos últimos se esperaba aumentaran como resultado de la revelación en el sistema de patentes. Con este propósito se aplica el Análisis de Redes Sociales (ARS) con patentometría, dividiendo los datos de las patentes en dos periodos, para visualizar su estructura antes y después de la firma del ADPIC, con el objetivo de determinar si después del fortalecimiento de los Derechos de Propiedad Intelectual (DPI) y su aplicación homogénea a nivel mundial a partir de 1994 se incrementaron, ya que los países firmaron bajo el supuesto de que éste sería el resultado (Drahoš, 2009; Lall, 2003).

El trabajo se divide en cinco apartados que a continuación se describen. El primer apartado aborda la importancia de las instituciones desde el enfoque de los sistemas de innovación. La segunda sección se centra en el efecto esperado en las colaboraciones y los flujos de conocimiento con la firma del ADPIC. Dado que el estado de la cuestión hace énfasis en los efectos diferenciados de los DPI en cada sector tecnológico y se ha seleccionado el sector solar FV, el apartado tres brinda un panorama mundial de la PI en este sector y las posiciones de los países en el mercado de las celdas solares. En el apartado cuatro se muestra la metodología basada en un enfoque estructural con ARS, las medidas estructurales que se aplicaron y los datos de las patentes. Finalmente, se presentan los resultados y el análisis del comportamiento en las colaboraciones y los flujos de conocimiento haciendo uso de grafos, para hacer visibles los efectos del ADPIC a nivel mundial y en cada país, delineando las posibles causas de las posiciones estructurales de los mismos.

EL PAPEL DE LAS INSTITUCIONES EN LA PRODUCCIÓN Y DIFUSIÓN DEL CONOCIMIENTO

En materia de políticas de Ciencia Tecnología e Innovación (CTI), la intervención del Estado implica un conjunto de decisiones tendientes a conseguir los objetivos planteados en un modelo de política, el cual contiene el tipo de relaciones socioeconómicas, los procesos y el conjunto de normas/reglas (instituciones) que se requieren para conseguir los resultados esperados. Este proceso social "dirigido", pese a tener una orientación normativa, no es estático, sino más bien dinámico (Oszlak y O'Donnell, 1995). En la década de los ochenta, a raíz de los análisis de la economía evolucionista y el neo-institucionalismo económico, surge la perspectiva de sistemas de innovación, la cual considera que la producción

y explotación exitosas del conocimiento son el resultado de la trayectoria tecnológica, la infraestructura de innovación, las políticas públicas, las instituciones y las interacciones de los actores existentes en las regiones y/o sectores (Geels y Schot, 2007).

El enfoque de sistemas de innovación hizo un aporte relevante a los estudios de las políticas de CTI al hacer evidente que las instituciones median los flujos de conocimiento, por lo cual tienen efectos importantes en el desempeño del sistema innovación al regular las interacciones de sus actores (Laranja *et al.*, 2008). Esta perspectiva también ha generado una gran variedad de sub-categorías para identificar las fallas que se generan en un sistema de innovación, lo cual causa que no se dé una exploración y explotación eficiente del conocimiento. Éstas generalmente se refieren a deficiencias en la infraestructura de innovación y en la configuración institucional, las cuales provocan un mal desempeño del sistema de innovación, una inversión sub-óptima en I+D y una aparente dicotomía entre exploración y explotación del conocimiento (Gustafsson y Autio, 2011).

Las fallas del sistema de innovación implican que las estructuras organizacionales no pueden reconfigurarse para adaptarse al cambio tecnológico, ya que se encuentran profundamente embebidas en las trayectorias de dependencias de recursos y conocimiento, inhibiendo la emergencia de la nueva estructuración productiva, las nuevas instituciones requeridas y las reconfiguraciones de las relaciones entre los sectores. La falla de bloque se conjuga con un fallo conocido como emergencia inhibida por la incertidumbre, el riesgo y la exploración fragmentada, más que organizada. El institucionalismo ya había abordado la emergencia inhibida, pero fue ampliado con los estudios del neo-institucionalismo y la construcción social de la tecnología, posibilitando identificar los "mecanismos socio-cognitivos" que impiden la emergencia de un nuevo orden institucional para la exploración y explotación del conocimiento (Gustafsson y Autio, 2011; Leydesdorff e Ivanova, 2016).

Las reglas cognitivas pueden proporcionar un mecanismo de retención o bloqueo cognitivo, pero también posibilitan el cambio a través de la reconfiguración de los elementos centrales del régimen industrial existente, es decir, las habilidades, los conocimientos técnicos y los marcos cognitivos (Turnheim y Geels, 2013). Las instituciones no sólo crean rutinas y estabilidad, sino que también generan cambio, pueden fomentar la inercia, inhibir la emergencia de un nuevo régimen tecnológico o cambiar como resultado de la interacción social entre grupos (North, 1990; Geels, 2004). La configuración de la estructura institucional coordina las redes de interacciones en los sistemas de innovación determinando si las instituciones sirven como un constrictor socialmente construido o como impulsoras del cambio y acelerador de los procesos de aprendizaje (Laranja *et al.*, 2008).

EL FORTALECIMIENTO DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL Y LOS EFECTOS ESPERADOS

Desde la década de los ochenta se hizo evidente el vínculo entre los sistemas de innovación y los niveles de desarrollo económico de los Estados-Nación, por lo cual han proliferado los estudios tendientes a mejorar el desempeño en la innovación de las economías nacionales. Los investigadores han concordado en que invertir mayores recursos en I+D es la clave del éxito por tratarse del proceso que da origen a la innovación. Asimismo, cobró relevancia la idea de que las políticas de innovación adoptadas por los gobiernos ocasionaban diferentes niveles de competitividad entre las naciones, junto a su configuración institucional, las posiciones históricas de los países, la infraestructura y el desempeño del sistema de innovación (Gustafsson y Autio, 2011; Kanwar y Evenson, 2003).

Respecto a la configuración institucional, a nivel mundial, se hizo especial énfasis en el fortalecimiento de los DPI como condición esencial para impulsar la innovación, ya que se partía del supuesto de que esto estimularía la producción y la explotación del conocimiento. Esto se tradujo en mayores niveles de protección legal para resguardar los DPI y en la aplicación de políticas más severas en sus dos subsistemas: los derechos de autor y la propiedad industrial. El argumento fundamental del régimen de PI es que es necesario recompensar el esfuerzo del creador y conceder un monopolio o derecho exclusivo de explotación para estimular la inversión en I+D, durante el tiempo necesario para recuperar la inversión, obtener una ganancia legítima y recompensar los riesgos tomados (Kanwar y Evenson, 2003).

La tendencia mundial hacia el fortalecimiento de la PI inició en 1994, en la ronda de Uruguay, a través de la firma del ADPIC. A partir de este año, la PI se ha convertido en una institución fundamental de la política de CTI, ya que contiene las normas que regulan la gestión y apropiación del conocimiento (Draho, 2009). Antes de la década de 1990 se partía del supuesto de que la heterogeneidad en los DPI de cada país generaba desconfianza y desincentivaba la colaboración en la actividad inventiva. Esto ocasionó que los países desarrollados demandaran una protección más fuerte y criterios homogéneos. El ADPIC tuvo como fin cumplir con estas demandas a nivel mundial creando un marco legal común (Montobbio *et al.*, 2015). Los países que firmaron el ADPIC esperaban un aumento global de la innovación, de las colaboraciones nacionales e internacionales en I+D, así como de la transferencia y difusión de la tecnología. Pese a las grandes brechas tecnológicas, los países en desarrollo firmaron esperando un impacto positivo, pues esto aumentaría la confianza de las empresas transnacionales para realizar Inversión Extranjera Directa (IED) y transferencia tecnológica (ADPIC, 1994, anexo 1C, Artículo 7). Además, se facilitaría el acceso al conocimiento extranjero, el aprendizaje y la construcción de capacidades tecnológicas nacionales. Sin embargo, estos efectos positivos se encuentran supeditados al nivel de desarrollo tecnológico de los países,

el sector tecnológico, la estructura del mercado, el grado de dificultad para imitar la tecnología, el gasto necesario en I+D y el tamaño de las firmas (Lall, 2003; Cho, Kim y Shin, 2015).

Los países promotores de la firma del ADPIC tenían como fin asegurar los retornos de la inversión en I+D de bienes de alta tecnología. Los países en desarrollo firmaron alentados por comerciantes locales de bienes importados, pese a no ser productores de conocimiento, bajo el supuesto de compensaciones comerciales que les traerían los aspectos relacionados con el comercio. La homogenización jurídica consistió en extender la protección de las patentes a 20 años, demandar licencias obligatorias, unificar criterios de no-obviedad y utilidad, revelar a los 18 meses en lugar de esperar hasta que la patente sea concedida, otorgar protección al primero en presentar y no al primero en inventar, y conceder patentes a bases de datos, herramientas de investigación, descubrimientos y organismos vivos como resultado de los cambios en los límites conceptuales respecto a lo que es un fenómeno natural contra uno artificial, estrechando así los límites de la ciencia abierta (adpic, Anexo 1C, artículos 33 y 29, 1994; Forero-Pineda, 2006).

Un efecto muy visible del fortalecimiento de los DPI es que los países desarrollados han sido dotados de instrumentos estratégicos de competencia, a través de patentes para bloquear a los competidores y la posibilidad de realizar vigilancia tecnológica (Cho, Kim y Shin, 2015). Además, a nivel internacional los países deciden estratégicamente como usar los dpi respecto a su posición relativa con otros países en el mercado, el grado de apropiación del conocimiento, la estructura e intensidad de la competencia, el tipo de conocimientos, las relaciones geopolíticas y el grado de asimetría en las capacidades tecnológicas. Asimismo, consideran el grado de fortaleza de la política de pi de los países y las medidas cautelares para hacer valer estos derechos (Montobbio *et al.*, 2015).

La colaboración en la actividad inventiva es crucial para reducir los riesgos que implica la exploración del conocimiento (Wang *et al.*, 2014). La colaboración cognitiva puede ser local, nacional o internacional y no es enteramente ajena a la colaboración económica, pues ambas se implican causando flujos-transferencia de conocimiento tácito y codificado entre los individuos y las organizaciones. Aunque la colaboración internacional en la actividad inventiva es un resultado natural de la globalización del comercio, la inversión y la economía basada en el conocimiento (Montobbio *et al.*, 2015), ésta depende en gran medida de las ventajas estratégicas económicas o cognitivas que ofrezca cada socio y la PI desempeña un papel de segundo orden en la elección de socios, sin que esto implique que no afecta el resultado (Lei *et al.*, 2013).

El valor de la colaboración radica en que genera canales de comunicación del conocimiento, conforma rutinas y prácticas comunes e incrementa la posibilidad de generar nuevo conocimiento. Sin embargo, no es un fenómeno que sólo dependa de las ventajas económicas y cognitivas que ofrecen los socios o de la confianza que brindan los DPI de cada país, también dependen de los perfiles de conocimiento de los países, lo cual a su vez está determinado por las trayectorias

tecnológicas que dotan a los países de capacidades de absorción e innovación. Si bien el ADPIC ha brindado un marco legal para cooperar, las diferentes trayectorias tecnológicas entre las naciones han dado como resultado relaciones de colaboración asimétricas, en las cuales se comparte conocimiento de frontera entre los países desarrollados y se aísla a los países en desarrollo, perpetuando las divergencias tecnológicas y económicas (Montobbio *et al.*, 2015).

PANORAMA MUNDIAL DE LAS PATENTES DEL SECTOR SOLAR FOTOVOLTAICO

El desarrollo de las tecnologías para la producción de energía FV se ha vuelto crucial por la apremiante necesidad de la reducción de las emisiones de los gases de efecto invernadero. Los retos que presenta el sector son lograr el descenso en los costos para competir con las fuentes de energía convencional, así como mejorar la eficiencia de los módulos, la escalabilidad, el rendimiento, la manufactura, el procesamiento de potencia, la vida útil y la capacidad de almacenamiento, lo cual se puede conseguir acelerando las innovaciones (Buitenhuis y Pearce, 2012). La industria FV se caracteriza por un rápido crecimiento mundial en la capacidad instalada alcanzando 57% anual entre el 2000 y el 2011 (Newfield, 2012).

Hasta el momento, existen tres generaciones de celdas solares. Las celdas de primera generación (1G) son de silicio mono-cristalino y poli-cristalino, las cuales tienen un costo de producción de 1.5 dólares por vatio y son la opción más viable para aplicaciones terrestres. Con una trayectoria de desarrollo de más de cincuenta años, han dominado el mercado por su costo, su eficiencia entre 12-18%, su largo periodo de vida de 25 años y su diseño para grandes áreas. El silicio cristalino (c-Si) es el material semiconductor más utilizado en la industria FV para la producción de celdas solares comerciales. Sin embargo, es un material escaso y caro, su producción consume gran cantidad de energía y su utilización como materia prima compete con la industria microelectrónica (Organización Mundial de la Propiedad Intelectual [OMPI], 2009; Singh, Alapatt y Lakhtakia, 2013).

Las celdas de película delgada o de segunda generación (2G) son capas de materiales semiconductores compuestas de cobre, indio, galio y selenio (CIGS) aplicadas sobre un soporte sólido. Su costo de producción es menor que el de las obleas de silicio porque requieren menos material semiconductor y permite un amplio rango de aplicaciones en la industria de la construcción (Parida, Iniyani y Goic, 2011). Por su parte, las celdas de tercera generación (3G) están basadas en materiales poliméricos, semiconductores cristalinos (QDs) y nano-estructuras a base de carbono. Aunque su rendimiento real no supera a las celdas solares de silicio, presentan ventajas por sus propiedades ópticas, eléctricas y químicas, que superan a las generaciones anteriores. Sin embargo, las celdas 3G tienen una vida más corta y una eficiencia más baja, comparadas con las celdas de silicio, por lo cual aún se encuentran en desarrollo y no han llegado a

la etapa de comercialización (ompi, 2009; Razykov *et al.*, 2011; Bahrami, Mohammadnejad y Soleimaninezhad, 2013).

Las tres generaciones de celdas solares tienen en común su base tecnológica o de conocimiento, la cual puede ser usada en diferentes combinaciones para generar las innovaciones que superen los retos del sector, lo cual requiere la colaboración tanto cognitiva como económica. Sin embargo, la colaboración entre cesionarios es muy baja y los avances suelen resguardarse como secreto industrial. Pese a estos patrones de baja colaboración internacional, la tasa de invención (medida por el número de patentes) muestra un notable crecimiento, lo cual podría deberse al incremento en la demanda del mercado mundial impulsada por los acuerdos internacionales para reducir el calentamiento global o por el aumento de los precios de la energía de combustibles fósiles que se ha dado desde finales de 1990 (Lei *et al.*, 2013). Otra razón del incremento de las patentes podría ser que la PI es una sofisticada y compleja arma para mantener las ventajas competitivas y se utiliza ferozmente en este sector (Buitenhuis y Pearce, 2012).

Desde el año 2000, el número de patentes en tecnología solar fotovoltaica creció 400%, lo cual es notable en comparación con la tasa promedio de 60% en otros sectores (Lei *et al.*, 2013). Estados Unidos, Japón y Europa (principalmente Alemania, Francia y Reino Unido) lideran la investigación y el registro de patentes, las cuales en su mayoría pertenecen al sector privado. Los estudios muestran que el número de patentes y el tamaño de mercado están altamente relacionados (Choe *et al.*, 2016). De ahí que la extensión territorial para la protección de una patente se base en la localización de los principales mercados: Estados Unidos, Europa, Alemania, China, Corea del Sur y Taiwán (France Innovation Scientifique & Transfert [FRINNOV], 2009).

Aunque China produce 50% de las celdas solares a nivel mundial, tiene pocas patentes y aun depende de la importación de materia prima y equipos de producción (SolarPower Europe, 2015). Por ello no puede competir en materiales clave con Estados Unidos, Japón y Europa, los cuales tienen mayor capacidad instalada y más capacidades de innovación por su trayectoria tecnológica en la industria de semiconductores basada en el silicio, así como en la industria de memoria dinámica de acceso aleatorio (Dynamic Random Access Memory-DRAM). Estos países son la fuente de conocimiento de Taiwán, Corea y China, cuya plataforma tecnológica común les permitió convertirse en seguidores rápidamente en la industria mundial de la FV, lo cual se refleja en la dinámica de sus citas de patentes (Lei *et al.*, 2013).

Según France Innovation Scientifique & Transfert SA (FIST SA) ¹ el mercado fotovoltaico está constituido principalmente por celdas 1G (89.5%), de las cuales 42.2% son de silicio mono-cristalino y 45.2% son de silicio poli-cristalino. Estas celdas se considera que conforman un sector tecnológico maduro, mientras que las celdas de película delgada contribuyen con sólo 10.5% del mercado y las celdas de a-SiC participan con 5.2%, caracterizándose por su bajo costo de producción y larga duración, seguidos de los Cd-Te con una participación de 4.7%. Los 10

principales productores de celdas del mundo son: First Solar, Suntech Power, Sharp, Q-Cells, Yingly Green Energy, JA Solar, Kyosera, Trina Solar, Sunpower y Gintech (Razykov *et al.*, 2011). Los principales mercados del mundo son China (10.6 GW), Japón (9.7 GW), Estado Unidos (6.5 GW) y Reino Unido (2.4 GW), seguido por Alemania (1.9 GW) y Francia (927MW). Las principales áreas de producción de celdas son China, Taiwán, Japón y Europa (FRINNOV, 2009).

El sector FV es intensivo en tecnología y, por ende, contiene alto valor agregado y muchas barreras de entrada, siendo la eficiencia en la conversión de energía la clave de la competitividad. La industria FV se divide básicamente en dos segmentos que conforman la cadena de suministro. Uno es el de manufactura de materiales y fabricación de productos, el cual incluye actividades de exploración y producción (*upstream*). El otro segmento es el de instalación de sistemas, que incluye operaciones y mantenimiento, es altamente competitivo, intensivo en mano de obra y de bajo valor agregado (*downstream*) (Choe *et al.*, 2016).

Dado que las barreras de entrada a la industria son altas, es muy reducido el número de empresas que presentan más de 50% de las aplicaciones de patentes y éstas se usan en la construcción de portafolios estratégicos de PI. Hasta el año 2000, un reducido número de empresas japonesas eran líderes internacionales en la aplicación de patentes, concentrando la propiedad intelectual en Sharp, Fuji Electric, Mitsubishi, Sanyo y Canon. Después, Estados Unidos comenzó a posicionarse como líder en la aplicación de patentes. Sin embargo, a partir del 2009 existe una caída internacional en la presentación de aplicaciones de patentes, vinculada con la situación económica mundial, los déficits gubernamentales que han conducido a recortes masivos en el presupuesto destinado a la I+D, al fortalecimiento de los DPI (FRINNOV, 2009) y a los desafíos que presentan las celdas policristalinas asiáticas de bajo costo (Newfield, 2012).

METODOLOGÍA

La metodología utilizada se basó en el análisis estructural, el cual ofrece una explicación de los fenómenos sociales en función de las relaciones entre actores y organizaciones, esto evita los análisis enfocados en una sola entidad de manera aislada o la explicación limitada a la relación de "variables" estructuradas en una ecuación lineal (Granovetter, 2005). El método específico fue un Análisis de Redes Sociales y patentometría utilizando Pajek (De Nooy, Mrvar y Batagelj, 2018a) para identificar las colaboraciones a través de coautorías, medido por el número de co-inventores que aparece en una patente y su nacionalidad, y los flujos de conocimiento a través de citas, el cual ya ha sido ampliamente utilizado en este tipo de estudios (Dong *et al.*, 2017; Aguado-López *et al.*, 2009; Maia y Caregnato, 2008; Luukkonen *et al.*, 1993).

La obtención de los datos de la US Patent and Trademark Office (USPTO) se hizo a través del software de Loet Leydesdorff disponible en el sitio <http://www.leydesdorff.net/ipcmaph/> (Leydesdorff, Kushnir,

y Rafols, 2014a y 2014b) , haciendo uso de dos aplicaciones: *USPTO 1.exe* para la descarga inicial en la interfaz de búsqueda avanzada de la USPTO y *USPTO 2.exe* para la organización de las bases de datos. La cadena de entrada fue *cpc/y02e10/50*, que se basó en una clasificación de patentes etiquetadas como tecnologías para la generación de energía a través de fuentes renovables, específicamente energía solar fotovoltaica. El software descargó un total de 5,450 patentes, concedidas de 1976 al 2016, cuyos datos se estructuraron en archivos ".dbf" con información de los inventores y los países. Los datos obtenidos se dividieron en los períodos pre- ADPIC (1976-1996) y post- ADPIC (1996-2016).

Después, se obtuvo la centralidad de grado (Freeman, 1978-1979) para determinar la importancia o influencia relativa de los nodos en las redes, como un atributo estructural de éstos, es decir, que depende de su ubicación en la red y es el número total de relaciones de un punto consigo mismo (colaboraciones intranacionales) y con otros (colaboraciones internacionales). Esto se representó como un vector que permitió dar volumen a los nodos considerando la frecuencia de las relaciones. Lo que hizo posible visualizar el tipo de conectividad que conforma la estructura de la red, lo que tiene efectos importantes en la manera como se difunde el conocimiento a través de la misma. La centralidad de grado de un nodo v , para un grafo dado $G=(V, E)$ con $|V|$ nodos y $|E|$ aristas es definido como,

$$C_D(v)=deg(v)$$

De los grafos obtenidos se obtuvieron indicadores de densidad (*density*), grado de centralidad (*centrality degree*), índice de centralización (*centralization index*) e intermediación (*betweenness*). La densidad, es un valor entre 0 y 1, mide la alta o baja conectividad de la red expresada por el cociente del número de relaciones existentes entre las posibles, multiplicado por 100. El grado de centralidad es el número de nodos a los cuales un nodo está directamente unido y se divide en grado de entrada y de salida. La centralización indica que un nodo tiene una posición central al estar altamente conectado con los otros nodos de la red. La intermediación indica la capacidad de un nodo de actuar como puente entre otros nodos e intermediar los flujos de información. La división por variación de grado de intermediación oscila entre cero (sin variación) y uno (variación máxima) en el caso de una red en estrella, la cual posee un nodo altamente influyente (De Nooy *et al.*, 2018a).

La visualización a través de grafos permite identificar la dirección de los flujos de conocimiento, los países centrales, las relaciones entre países y la posición estructural de estos. Los vértices representan a los países y su tamaño está relacionado con su importancia en la generación de conocimiento, es decir, con el número de citas que reciben las patentes que producen. Las aristas señalan la dirección de las citas, por lo cual, si el país B cita al país A, la flecha apunta hacia B, señalando que B recibió conocimiento de A. Las aristas suman el total de citas realizadas entre países y las convierten en una sola relación para reducir la complejidad en la inspección visual, por lo cual, una flecha no es equivalente a una cita, sino que es indicativa de que hay flujos o citas entre los países relacionados.

EL EFECTO DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL EN LAS COLABORACIONES COGNITIVAS Y LOS FLUJOS DE CONOCIMIENTO

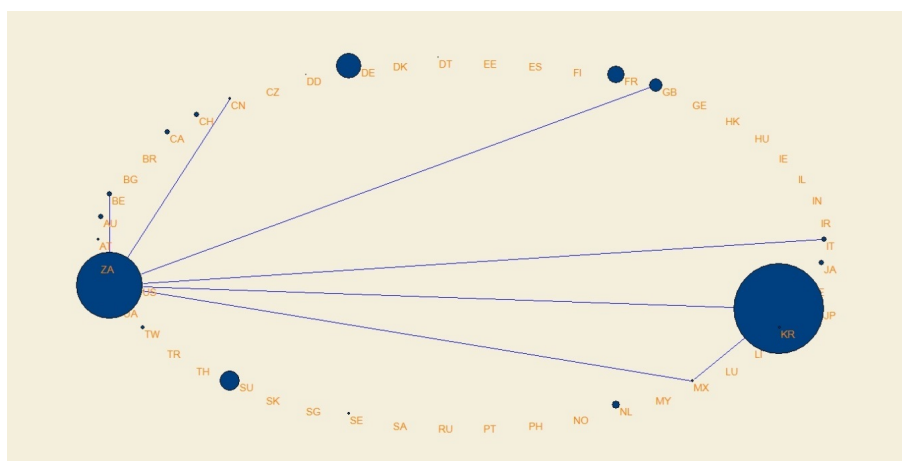
Las relaciones entre lo social y lo tecnológico incluyen las tensiones jurídico-políticas sobre la apropiación y liberación del conocimiento, así como su gestión a través de los DPI, esto afecta la posición estructural de los países (Vercelli, 2009). Estas posiciones o cambios estructurales no pueden ser analizados desde modelos lineales ni predictivos, es necesario tomar en cuenta un enfoque estructural para hacer visible el orden emergente de las relaciones entre las partes heterogéneas que conforman el sistema de innovación global. Para observar el efecto del ADPIC antes de la firma (1976-1996), se establece la división en el año 1996 considerando dos años de desfase o ajuste en el comportamiento de los países.

<i>Density [2-Mode] =</i>	0.01103704
<i>Average Degree =</i>	1.09357798

Grafo 1.

Colaboraciones entre países antes del ADPIC

Fuente: elaboración propia con datos de patentes de la USPTO y el software Pajek (De Nooy *et al.*, 2018b).



Grafo 1.

Colaboraciones entre países antes del ADPIC

Fuente: elaboración propia con datos de patentes de la USPTO y el software Pajek (De Nooy *et al.*, 2018b).

En el grafo 1 los vértices representan a los países y su tamaño está relacionado con su importancia en la cantidad de colaboraciones en patentes. Las aristas suman el total de colaboraciones realizadas entre países y las convierten en una sola relación para reducir la complejidad en la inspección visual, con lo que, una flecha no es equivalente a una colaboración, sino que es indicativa de que hay relaciones de colaboración entre los países. El número de colaboraciones se aprecian en el ranking de países (tabla 1), donde se puede observar que los mismos países que ahora poseen el mayor número de patentes y los principales mercados son los que estaban colaborando desde antes del fortalecimiento de la PI: Estados Unidos, Japón y Europa (principalmente Alemania, Francia y Reino Unido) (FRINNOV, 2009; Choe *et al.*, 2016).

Tabla 1.
Colaboraciones entre y dentro de los países antes del ADPIC

Rango	Vértices	Valor	Países
1	29-29	38.340	JP-JP
2	49-49	20.360	US-US
3	11-11	3.020	DE-DE
4	44-44	1.950	SU-SU
5	17-17	1.500	FR-FR
6	18-18	730	GB-GB
7	35-35	290	NL-NL
8	6-6	140	CA-CA
9	7-7	140	CH-CH
10	27-27	110	JA-JA

Fuente: elaboración propia con datos de patentes de la USPTO y el software Pajek (DE NOOY *ET AL.*, 2018B).

El grafo 1 y la tabla 1 muestran que antes del ADPIC el mayor grado de colaboración era intra países, es decir, predominaban las colaboraciones domésticas al interior de Japón (38,340), Estados Unidos (20,360), Alemania (3,020), la Unión Soviética [SU]² (1,950), Francia (1,500) y Gran Bretaña (730). Además, es muy visible que las colaboraciones entre países eran exigüas, las pocas que se presentaron fueron entre Estados Unidos y Japón (60), Estados Unidos y Bélgica (40), Estados Unidos y Gran Bretaña (40), México y Japón (30), Estados Unidos e Italia (20), Estados Unidos y China (20), así como entre Estados Unidos y México (10). En la parte inferior del grafo 1 se puede observar que la densidad de la red es de 0.01103704, lo cual muestra una conectividad bastante baja, y el grado de centralidad es de 1.09357798 indicando que en promedio los países solo tenían relación con un país. Esto reafirma la idea de que antes del ADPIC la heterogeneidad de los DPI de cada país generaba desconfianza y desincentivaba la colaboración internacional en la actividad inventiva (Montobbio *et al.*, 2015).

En cuanto a la intermediación, se considera que un nodo es más central en la red si es más importante como intermediario de la información, la cual puede llegar más fácil y rápido a los nodos centrales o de más alto grado. El grado de intermediación se mide por la oscilación entre cero y uno (De Nooy *et al.*, 2018a). En la tabla 2 se puede observar que el agrupamiento de los países en los cuatro rangos, que concentran los grados de centralidad, son muy bajos, siendo el valor más alto 0.0356 donde se ubican 2 países: Estados Unidos y Japón.

Tabla 2.

Grado de intermediación en colaboración antes del ADPIC

Betweenness centrality in N1 (5450)

Dimension: 5450				
The lowest value:		0.0000		
The highest value:		0.0356		
<hr/>				
Sum (all values):		0.0862		
Vector Values	Frequency	Freq%	CumFreq	CumFreq%
<hr/>				
(...0.0000]	5428	99.5963	5428	99.5963
(0.0000 ...0.0119]	20	0.3670	5448	99.9633
(0.0119 ... 0.0238]	0	0.0000	5448	99.9633
(0.0238 ...0.0356]	2	0.0367	5450	100.0000
<hr/>				
Total	5450	100.0000		

Fuente: elaboración propia con datos de patentes de la USPTO y el software Pajek (De Nooy *et al.*, 2018b).

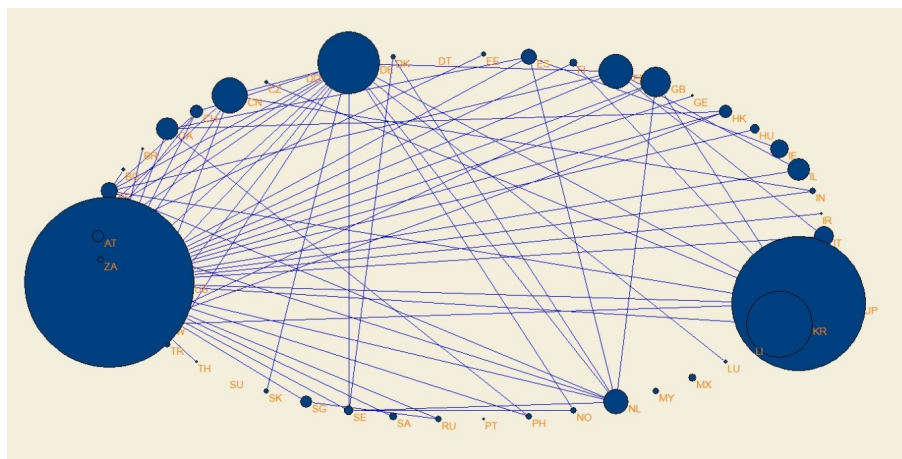
Esto es un claro indicio de que las colaboraciones entre países eran exiguas y, como se muestra en la tabla 1, prevalecen las colaboraciones domésticas, dada la heterogeneidad de marcos regulatorios de los DPI en cada país. A esto se debe que Estados Unidos y Japón encabecen el ranking de colaboraciones domésticas, pues ya contaban con el dominio de materiales semiconductores necesarios para las celdas de primera y segunda generación. Esto perfila su trayectoria en el sector, revelando su capacidad de absorción, así como la capacidad de combinar y producir nuevo conocimiento (Ching-Yan y Mathews, 2012). Dado que las combinaciones novedosas generan éste, la colaboración cognitiva es necesaria para conjuntar el conocimiento disperso. Ésta puede ser local, nacional o internacional, pero depende de las ventajas estratégicas económicas o cognitivas que ofrezca cada socio (Lei *et al.*, 2013).

<i>Density [2-Mode] =</i>	0.04411481
<i>Average Degree =</i>	4.37100917

Grafo 2.

Colaboración entre países después del ADPIC

Fuente: elaboración propia con datos de patentes de la USPTO y el software Pajek (De Nooy *et al.*, 2018b).



Grafo 2.

Colaboración entre países después del ADPIC

Fuente: elaboración propia con datos de patentes de la USPTO y el software Pajek (De Nooy *et al.*, 2018b).

El grafo 2 y la tabla 3 muestran que si bien aumentaron las colaboraciones después de la firma del ADPIC, prevalecen las colaboraciones domésticas. El incremento se dio de manera significativa al interior de Estados Unidos pasando de 20,360 colaboraciones a 128,480. En Japón se incrementaron de 38,340 a 83,450 y en Alemania de 3,020 a 15,860. Además, se posicionaron en el ranking nuevos actores como Corea con 20,690 colaboraciones (superando a Alemania), Taiwán con 13,250 y China con 5,280. En la parte inferior del grafo 2 se puede observar que la densidad de la red paso de 0.01103704 a 0.04411481, lo cual muestra una conectividad más alta, y el grado de centralidad paso de 1.09357798 a 4.37100917 indicando que aumentó el promedio de los países que colaboran.

Tabla 3.

Colaboración entre y dentro de los países después del ADPIC

Rango	Vértices	Valor	Países
1	49-49	128.480	US-US
2	29-29	83.450	JP-JP
3	30-30	20.690	KR-KR
4	11-11	15.860	DE-DE
5	47-47	13.250	TW-TW
6	8-8	5.280	CN-CN
7	17-17	4.600	FR-FR
8	18-18	3.110	GB-GB
9	35-35	2.200	NL-NL
10	23-23	2.090	IL-IL

Fuente: elaboración propia con datos de patentes de la USPTO y el software Pajek (De Nooy *et al.*, 2018b).

Es evidente que el fortalecimiento que el ADPIC confirió a los DPI al ligarlos a mecanismos de coerción de la Organización Mundial

del Comercio efectivamente fomentó la confianza, incrementando las colaboraciones entre e intra países en los mercados más competitivos de patentes FV (Drahos, 2009; Guaran, 2009). Por ello también se da el incremento de las colaboraciones de Estados Unidos con otros países como Alemania (1,450), Gran Bretaña (990), China (450), Canadá (440), Francia (420) y Japón (390), quienes ofrecen alguna ventaja económica o cognitiva. Taiwán comienza a colaborar con Alemania, Japón y China a raíz de que desarrolló capacidades cognitivas a través del modelo imitativo (ver Tabla 3). Los países que muestran mayor colaboración son justamente los que tienen mercados ascendentes en el sector y altos niveles de I+D (Singh *et al.*, 2013).

En la tabla 4 se puede observar que el agrupamiento de los países en los cuatro rangos, que concentran los grados de centralidad de intermediación, son más altos después del ADPIC, pasando el rango más alto de 0.1570-0.3141 a 0.3141-0.4711, donde nuevamente se ubican Estados Unidos y Japón. Esto indica que se volvieron nodos más centrales en las redes de colaboración y su posición se fortaleció visiblemente.

Tabla 4.

Grado de intermediación en colaboración después del ADPIC

Betweenness centrality in N2 (5450)

Dimension: 5450

The lowest value: 0.0000

The highest value: 0.4711

Sum (all values): 1.4954

Vector Values	Frequency	Freq%	CumFreq	CumFreq%
(... 0.0000]	5196	95.3394	5196	95.3394
(0.0000... 0.1571]	252	4.6239	5448	99.9633
(0.1571 ... 0.3141]	1	0.0183	5449	99.9817
(0.3141 ... 0.4711]	1	0.0183	5450	100.0000
Total	5450	100.0000		

Fuente: elaboración propia con datos de patentes de la USPTO y el software Pajek (De Nooy *et al.*, 2018b).

Los resultados muestran que las colaboraciones se dieron entre países desarrollados con una trayectoria tecnológica en el sector, lo que determina la existencia de condiciones clave como: la capacidad de aprender, comprender, utilizar, combinar y transferir nuevos conocimientos tecnológicos en términos técnicos y materiales; así como de mecanismos de comunicación efectiva y de coordinación eficiente, junto a una gestión adecuada de la propiedad intelectual y un sistema de incentivos. Además, se requieren recursos humanos, financiamiento, herramientas y equipos adecuados para adquirir nuevo conocimiento, sin dejar de lado la capacidad de entender la diferencia cultural (Sugandhavanija *et al.*, 2011).

Tabla 5.
Ranking del total de citas entre países antes del ADPIC

Rango	Vértices	Valor	Países
1	2.2	19.350	US.US
2	4.4	10.080	JP.JP
3	2.4	8.800	US.JP
4	4.2	4.240	JP.US
5	2.8	1.400	US.DE
6	8.2	1.170	DE.US
7	1.2	1.000	FR.US
8	6.2	600	GB.US
9	8.4	570	DE.JP
10	2.1	550	US.FR

Fuente: elaboración propia con datos de patentes de la USPTO y el software Pajek (De Nooy *et al.*, 2018b).

El grafo 3 muestra que los flujos se dieron entre países desarrollados: Estados Unidos, Japón, Alemania, Francia y Gran Bretaña. Los países en desarrollo como México (MX), Argentina (AR), Brasil (BR), Chile (CL), Portugal (PT), República Checa (CZ) y Turquía (TR) aparecen aislados y sin ningún tipo de interacción. El ranking del total de citas entre países antes del ADPIC muestra también que predominan las citas intra nacionales, sobre todo en el caso de Estados Unidos con 19,350 y Japón con 10,080, lo cual es un indicador de la capacidad de absorción, combinación y producción de nuevo conocimiento de los países. Los países con alta propensión a citar sus propias fuentes o que exhiben un alto grado de flujos de conocimiento intra-nacionales tienen capacidades tecnológicas relacionadas con la industria de semiconductores o la de monitores de pantalla plana, es decir, tienen trayectoria tecnológica en el sector (Watanabe, Wakabayashi y Miyazawa, 2000; Ching-Yan y Mathews, 2012; Lei *et al.*, 2013).

Tabla 6.
Grado de intermediación en citas antes del ADPIC

Betweenness centrality in N1 (59)

Dimension: 59

The lowest value: 0.0000

The highest value: 0.0647

Sum (all values):

0.0953

Vector Values Frequency Freq% CumFreq CumFreq%

(...0.0000] 52 88.1356 52 88.1356

(0.0000 ...0.0216] 5 8.4746 57 96.6102

(0.0216 ...0.0432] 1 1.6949 58 98.3051

(0.0432 ...0.0647] 1 1.6949 59 100.0000

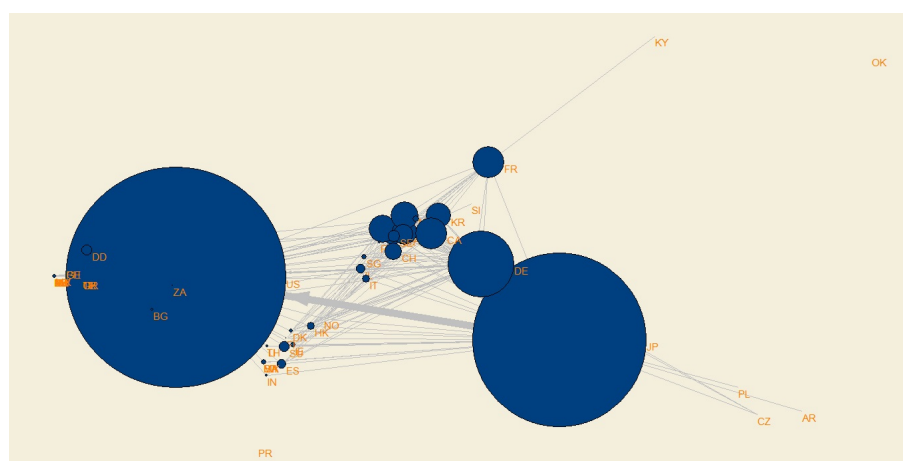
Total

59

1000000

Fuente: elaboración propia con datos de patentes de la USPTO y el software Pajek (De Nooy *et al.*, 2018b).

En cuanto al grado de intermediación, la tabla 6 muestra que el agrupamiento de los países en los cuatro rangos es muy bajo, siendo el rango más alto 0.0432-0.0647 donde se ubican nuevamente, Estados Unidos y Japón, seguidos de Alemania y Francia. Se puede observar que el número de nodos puente, fuera de estos dos países, es inexistente. Ahora bien, al aplicar las medidas de centralidad del grado de salida, que es la suma de relaciones que tienen los países por el conocimiento que dan a otros países o por las citas que recibe, y el grado de entrada, que es la suma de relaciones que tienen los países por el conocimiento que reciben de otros países o por las citas que hacen (De Nooy *et al.*, 2018a), vuelven a destacar la posición de Estados Unidos y Japón (ver Grafo 4).



Grafo 4.

Grado de entrada y salida de conocimiento de los países en FV antes del ADPIC

Fuente: elaboración propia con datos de patentes de la USPTO y el software Pajek (De Nooy *et al.*, 2018b).

El grafo 4 muestra que el país que presenta la mayor cantidad de lazos o el que está más conectado es Estados Unidos. Las líneas múltiples se trataron como una sola línea, por lo cual el tamaño del vector es

proporcional al tamaño de la flecha en el grafo o al grado de entrada y salida. El grafo 4 junto a la tabla 7 muestran la importancia de Estado Unidos (US), Japón (JP), Alemania (DE), Francia (FR), Gran Bretaña (GB), Países Bajos (NL), Canadá (CA), Italia (IT) y Suiza (CH) de acuerdo al tamaño del vértice, tanto en grado de entrada como de salida. También es de notar que, antes del ADPIC, Estados Unidos otorgaba más conocimiento (3,190) del que recibía (2,699). En el caso de Japón, sucedía lo contrario, recibía más conocimiento (2,040) del que otorgaba (1,580). El caso de Alemania es muy notorio, ya que ofrecía muy poco conocimiento (219) y recibía once veces más (2,460). Canadá presenta una situación muy similar recibiendo nueve veces más (94 citas) al conocimiento que daba (9). Francia y Gran Bretaña presentaban una situación más equilibrada al otorgar 171 y 120 respectivamente (grado de salida) y recibir 107 y 81 cada uno.

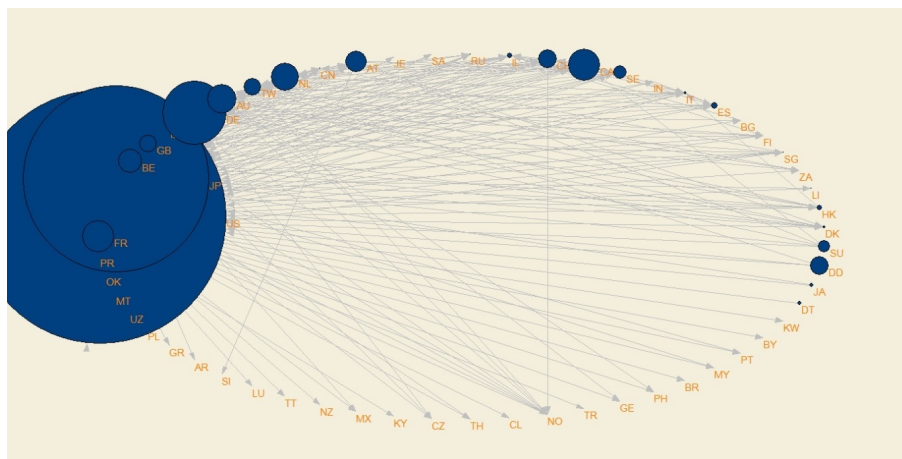
Tabla 7.

Ranking comparativo del grado de entrada y de salida respectivamente antes del ADPIC

Rango	Vértice	Valor	País	Rango	Vértice	Valor	País
1	2	2.699	US	1	2	3.190	US
2	4	2.047	JP	2	4	1.580	JP
3	8	246	DE	3	8	219	DE
4	1	107	FR	4	1	171	FR
5	19	94	CA	5	6	120	GB
6	6	81	GB	6	11	26	NL
7	9	26	AU	7	10	20	TW
8	11	21	NL	8	18	20	CH
9	18	17	CH	9	5	12	BE
10	10	16	TW	10	22	11	IT

Fuente: elaboración propia con datos de patentes de la USPTO y el software Pajek (De Nooy *et al.*, 2018b).

Con la firma del ADPIC (1994) se dio un cambio en una institución que regula la producción, apropiación y difusión del conocimiento, afectando la forma de interactuar de los países y los elementos básicos del sistema (Geels, 2010).



Grafo 5

Citas entre países en el sector solar fotovoltaico después del ADPIC

Fuente: elaboración propia con datos de patentes de la USPTO y el software Pajek (De Nooy *et al.*, 2018b).

El grafo 5 muestra las citas entre países después del ADPIC y se puede observar que los países más citados siguen siendo Estados Unidos, Japón y Alemania, pero hubo un incremento de los flujos de conocimiento de hasta nueve veces. Además, aparecen nuevos actores como Israel (IL), Corea (KR), Taiwán (TW), Canadá (CA), Australia (AU). Estados Unidos cita a casi 40 países de 62 con registro de patentes en FV en la base de datos de la USPTO y los 62 países lo citan, lo cual muestra su centralidad como fuente del conocimiento en el sector. La USPTO contiene las patentes más competitivas a nivel mundial, lo cual indica que efectivamente el ADPIC tuvo un efecto favorable para los países desarrollados que poseen conocimiento de punta en el sector FV. Sin embargo, las naciones en desarrollo no parecen figurar en su mayoría.

Tabla 8.

Ranking del total de citas entre países después del ADPIC

Rango	Vértices	Valor	Países
1	2.2	181.350	US.US
2	4.2	80.030	JP.US
3	4.4	44.710	JP.JP
4	2.4	16.540	US.JP
5	8.2	13.680	DE.US
6	2.8	4.670	US.DE
7	2.17	4.420	US.IL
8	4.3	3.540	JP.KR
9	19.2	3.490	CA.US
10	2.10	3.430	US.TW

Fuente: elaboración propia con datos de patentes de la USPTO y el software Pajek (De Nooy *et al.*, 2018b).

El ranking del total de citas entre países después del ADPIC (tabla 8) muestra que los flujos intra nacionales aumentaron notablemente en Estados Unidos y Japón, pasando de 19,350 a 181,350 y de

10,080 a 44,710 respectivamente. Asimismo, las citas entre estos países aumentaron considerablemente. Las citas de Japón a Estados Unidos pasaron de 8,800 a 165,540 y de Estados Unidos a Japón de 4,240 a 80,030. Las citas de Estados Unidos a Alemania pasaron de 1,170 a 13,680. También incrementaron los flujos entre Taiwán, Corea, Estados Unidos, Canadá, Japón e Israel. Además, se comienzan a presentar nuevos flujos hacia países en desarrollo como México, Brasil, Argentina, Chile y Portugal, quienes citan a alguno de los países desarrollados, pero no son fuente de conocimiento de ningún país.

Tabla 9.
Grado de intermediación en citas después del ADPIC

Betweenness centrality in N2 (59)

Dimension: 59

The lowest value: 0.0000

The highest value: 0.3868

Sum (all values): 0.5166

Vector Values Frequency Freq% CumFreq CumFreq%

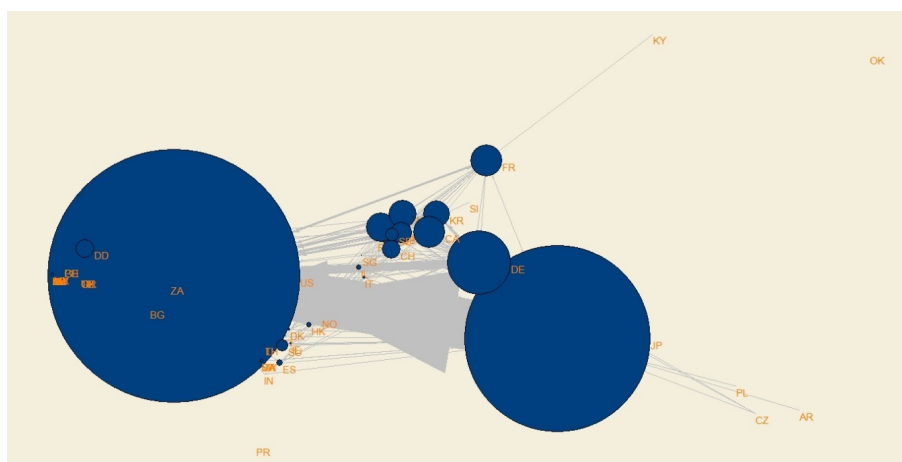
(...0.0000]	38	64.4068	38	64.4068
(0.0000 ...0.1290]	20	33.8983	58	98.3051
(0.1290 ...0.2579]	0	0.0000	58	98.3051
(0.2579 ...0.3868]	1	1.6949	59	100.0000

Total 59 100.0000

Fuente: elaboración propia con datos de patentes de la USPTO y el software Pajek (De Nooy *et al.*, 2018b).

En cuanto a la intermediación, en la tabla 9 se observa que se dio mayor grado de agrupamiento en el segundo rango (0.1290) con 20 países. Sin embargo, sigue siendo Estados Unidos el país con mayor grado de intermediación en los flujos de conocimiento, es decir, es el nodo más importante para la transmisión de conocimiento a través de la red y los flujos se verían afectados si este nodo desaparece. Esto a su vez le da el control del flujo de conocimiento debido a su posición como un nodo necesario para enlazar los contactos que facilitan la difusión de conocimiento (De Nooy *et al.*, 2018a).

En cuanto a las medidas de centralidad después del ADPIC, el grafo 6 muestra el grado de entrada y de salida de flujos de conocimiento, haciendo muy visible que mejoró aún más la posición de Estados Unidos respecto a la cantidad de conocimiento que recibe (29,806), la cual supera el volumen de lo que da (22,791), es decir, fue el principal beneficiario del sistema de revelación de patentes por su trayectoria tecnológica. Antes de la firma del ADPIC daba más conocimiento (3,190) del que recibía (2,699). En cambio, Japón y Alemania después de 1994 dan más del doble del conocimiento del que reciben. En el caso de Japón recibe 6,733 y da 14,214. Alemania por su parte recibe 1,072 y da 2,065. En el caso de México y Argentina aparecen como consumidores de conocimiento con 20 y 10 citas respectivamente. En cambio, España figura como país citado, no como país que cita.

**Grafo 6.**

Grado de entrada y salida de conocimiento después del ADPIC

Fuente: elaboración propia con datos de patentes de la USPTO y el software Pajek (De Nooy *et al.*, 2018b).

Los perfiles de conocimiento influyen en la dinámica de sus flujos, su difusión es eficiente cuando el conocimiento de los agentes y su distribución es uniforme a través de la red. Sin embargo, este no es el caso de la estructura de las redes que se observan después de la firma del ADPIC. El grafo 6 junto a la tabla 10 muestran que los flujos de entrada y de salida han aumentado favoreciendo a los países con altos perfiles de conocimiento, quienes incluso lo absorben de los países que no figuran en el sector al beneficiarse del sistema de revelación de la información (Shin y Kook, 2014).

Los datos también muestran que las citas aumentaron considerablemente intra-países después del ADPIC y se posicionaron nuevos actores como Corea, Taiwán, Israel y Canadá, sin que esto implique que se convirtieron en actores centrales, sino en seguidores. El caso de Japón, que después del ADPIC recibe menos conocimiento del que da, podría deberse a que con el fortalecimiento de los DPI su sistema de examinación se volvió más riguroso y son pocas las patentes que se conceden (FRINNOV, 2009)

Tabla 10.

Ranking del grado de entrada y salida respectivamente, después del ADPIC

Rango	Vértice	Valor	País	Rango	Vértice	Valor	País
1	2	29.806	US	1	2	22.791	US
2	4	6.733	JP	2	4	14.214	JP
3	8	1.072	DE	3	8	2.065	DE
4	3	795	KR	4	1	469	FR
5	10	754	TW	5	19	465	CA
6	17	728	IL	6	9	355	AU
7	19	449	CA	7	11	354	NL
8	1	378	FR	8	3	310	KR
9	6	232	GB	9	10	283	TW
10	12	203	CN	10	6	254	GB

Fuente: elaboración propia con datos de patentes de la USPTO y el software Pajek (De Nooy *et al.*, 2018b).

Estados Unidos, Japón, Alemania, Israel y Canadá son los países con la mayor capacidad instalada y más capacidades tecnológicas en el sector, por lo cual son la fuente de conocimiento de países seguidores como Taiwán, Corea y China. Son las capacidades de estos países y su trayectoria tecnológica en la industria de semiconductores, basada principalmente en el silicio, así como en la industria de memoria dinámica de acceso aleatorio lo que les permite beneficiarse de la divulgación de las patentes (Lei *et al.*, 2013). El aumento en las colaboraciones y las citas no significa que los DPI estén causalmente relacionados de manera positiva con los flujos de conocimiento, sólo indica que el ADPIC es un marco legal favorable para la innovación en los entornos más industrializados y competitivos. Además, los datos muestran que mientras imperaron las políticas de estímulo al sector FV en Estados Unidos, Alemania y Japón, hubo desarrollo tecnológico (Newfield, 2012). Esto implica que, aunque el fortalecimiento de PI favoreció a los países desarrollados, por sí misma no es suficiente para estimular la innovación.

CONCLUSIONES

El campo de la PI cuenta con numerosos estudios tendientes a demostrar sus costos y beneficios para los países desarrollados y en desarrollo, así como para algunos sectores tecnológicos. Pese a que en la actualidad se sabe que su efecto difiere entre países y sectores tecnológicos, aún faltan estudios que atiendan las especificidades de cada sector desde un enfoque global (Abrams, 2009; Drahos, 2009; Guaran, 2009; Montobbio *et al.*, 2015; Lall, 2003; Heller y Eisenberg, 1998; Merges, 2004). Por ello, la presente investigación se enfocó en un sector poco analizado en materia de PI, el cual es de suma importancia para el desarrollo socioeconómico internacional y la sustentabilidad (Buitenhuis y Pearce, 2012). Los resultados muestran que las colaboraciones y flujos de conocimiento en el sector se incrementaron a partir de la firma del ADPIC sólo en los países con trayectorias tecnológicas favorables.

El desarrollo de un sector tecnológico debe ser observado desde una mirada estructural, para hacer visibles las formas de relacionarse de todos los actores (Granovetter, 2005) mediados por el esquema de gobernanza global que es el ADPIC (Montobbio *et al.*, 2015). En este sentido, este trabajo se enfocó en un análisis estructural internacional haciendo evidentes las relaciones de colaboración entre países y el hecho de que los países en desarrollo no se beneficiaron de la transferencia de tecnología vía la IED que se esperaba con el ADPIC por el grado de formalización de los acuerdos de transferencia (ADPIC, 1994, anexo 1C, Artículo 7). Esto se debe a una falta de capacidad de absorción e innovación de los países en desarrollo y a que la PI coadyuva a acrecentar las brechas del conocimiento, así como a aumentar los costos de los procesos de aprendizaje.

Si bien es cierto que la PI es un marco legal favorable para los países desarrollados y con capacidades tecnológicas en energía solar FV (Forero-Pineda, 2006), la evidencia empírica hace irrefutable que el desarrollo del sector se debió a una mezcla de políticas de apoyo, donde la PI es sólo parte de un conjunto de instrumentos de estímulo (Newfield, 2012). Asimismo, la capacidad de innovación también está dada por las relaciones virtuosas entre universidad-industria-gobierno dentro de cada país y la PI es una institución importante para mediar estas relaciones de producción de conocimiento (Leydesdorff e Ivanova, 2016).

Referencias

- Abrams, D. (2009). Did TRIPS Spur Innovation? An Analysis of Patent Duration and Incentives to Innovate. *Faculty Scholarship at Penn Law*, 274, 1613-1647. Recuperado de https://scholarship.law.upenn.edu/faculty_scholarship/274/?utm_source=scholarship.law.upenn.edu%2Ffaculty_scholarship%2F274&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages
- Acuerdo sobre los Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual Relacionados con el Comercio [ADPIC] (1994). Recuperado de https://www.wto.org/spanish/docs_s/legal_s/27-trips.pdf
- Aguado-López, E., Rogel-Salazar, R., Garduño-Oropeza, G., Becerril-García, A., Zúñiga-Roca, M., y Velázquez-Álvarez, A. (2009). Patrones de colaboración científica a partir de redes de coautoría. *Convergencia. Revista de Ciencias Sociales*, 16, 225-258.
- Azagra-Caro, J., y Consoli, D. (2016). Knowledge flows, the influence of national R&D structure and the moderating role of public-private cooperation. *Journal of Technology Transfer*, 41(1), 152-172. doi: <https://doi.org/10.1007/s10961-014-9382-7>
- Bahrami, A., Mohammadnejad, S., y Soleimaninezhad, S. (2013). Photovoltaic cells technology: Principles and recent developments. *Optical and Quantum Electronics*, 45(2), 161-197. doi: <http://doi.org/10.1007/s11082-012-9613-9>
- Barberá-Tomás, D., Jiménez-Sáez, F., y Castelló-Molina, I. (2011). Mapping the importance of the real world: The validity of connectivity analysis of patent citations networks. *Research Policy*, 40(3), 473-486. doi: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2010.11.002>
- Buitenhuys, A. J., y Pearce, J.M. (2012). Open-source development of solar photovoltaic technology. *Energy for Sustainable Development*, 16(3), 379-388. doi: <https://doi.org/10.1016/j.esd.2012.06.006>
- Ching-Yan, W., y Mathews, J. (2012). Knowledge flows in the solar photovoltaic industry: Insights from patenting by Taiwan, Korea, and China. *Research Policy*, 41(3), 524-540. doi: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2011.10.007>
- Cho, K., Kim, Ch., y Shin, J. (2015). Differential effects of intellectual property rights on innovation and economic performance: A cross-industry investigation. *Science and Public Policy*, 42(6), 827-840. doi: <https://doi.org/10.1093/scipol/scv009>

- Choe, H., Hee Lee, D., Dae Kim, H., y Won, S. (2016). Structural properties and interorganizational knowledge flows of patent citation network: The case of organic solar cells. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 55, 361-370. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.150>
- De Nooy, W., Mrvar, A., y Batagelj, V. (2018a). *Exploratory social network analysis with Pajek: Revised and Expanded Edition for Updated Software* (Structural Analysis in the Social Sciences). Cambridge: Cambridge University Press.
- De Nooy, W., Mrvar, A., y Batagelj, V. (2018b). *Program Package Pajek/PajekXXL* [Software]. Recuperado de <http://mrvar.fdv.uni-lj.si/pajek/>
- Dong, Y., Ma, H., Shen, Z., y Wang, K. (agosto, 2017). A Century of Science: Globalization of Scientific Collaborations, Citations, and Innovations. In *Proceedings of KDD '17*, Halifax, NS, Canadá. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/3097983.3098016>
- Drahoš, P. (2009). Derechos globales de propiedad sobre la información: La historia del TRIPS en el GATT. *Mientras Tanto*, (113), 35-54.
- Forero-Pineda, C. (2006). The impact of stronger intellectual property rights on science and technology in developing countries. *Research Policy*, 35(6), 808-824. doi: <http://doi.org/10.1016/j.respol.2006.04.003>
- France Innovation Scientifique & Transfert, [FRINNOV]. (2009). Photovoltaic Thin Film Cells. Recuperado de http://www.wipo.int/edocs/plrdocs/en/ip_overview_pv_thin_film_cells_2009xp_com.pdf
- Freeman, L. C. (1978-1979). Centrality in social networks conceptual clarification. *Social Networks*, 1(3), 215-239. doi: [https://doi.org/10.1016/0378-8733\(78\)90021-7](https://doi.org/10.1016/0378-8733(78)90021-7)
- Geels, F. (2004). From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. *Research policy*, 33(6-7), 897-920. doi: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2004.01.015>
- Geels, F., y Schot, J. (2007). Typology of sociotechnical transition pathways. *Research Policy*, 36(3), 399-417. doi: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.01.003>
- Geels, F. (2010). Ontologies, socio-technical transitions (to sustainability), and the multi-level perspective. *Research Policy*, 39(4), 495-510. doi: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2010.01.022>
- Granovetter, M. (2005). Structural Analysis in the Social Science. En: De Nooy, W., Mrvar, A., y Batagelj, V. (2005). *Exploratory Social Network Analysis with Pajek*. Nueva York: Cambridge University Press.
- Guaran, I. (2009). Intellectual Property Rights: How the Developing World is Disadvantaged by Global Government Approaches to Scientific Innovation and Intellectual Property Rights. *Australian Quarterly*, 8(5).
- Gustafsson, R., y Autio, E. (2011). A failure trichotomy in knowledge exploration and exploitation. *Research Policy*, 40, 819-831.
- Heller, M., y Eisenberg, R. (1998). Can Patents Deter Innovation? The Anticommons in Biomedical Research. *Science*, 280(5364), 698-701. doi: <https://doi.org/10.1126/science.280.5364.698>
- Jin-hua, L. (Agosto, 2007). *Relation between network structure and knowledge flow: A perspective of complex networks theory*. En International Conference on Management Science and Engineering, Harbin, China.

- Kanwar, S., y Evenson, R. (2003). Does Intellectual property protection spur technological change? *Oxford Economic Papers*, 55(2), 235-264. doi: <http://doi.org/10.1093/oeq/55.2.235>
- Lall, S. (2003). Indicators of the relative importance of IPRs in developing countries. *Research Policy*, 32(9), 1657-1680. doi: [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(03\)00046-5](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(03)00046-5)
- Laranja, M., Uyarra, E., y Flanagan, K. (2008). Policies for science, technology and innovation: Translating rationales into regional policies in a multi-level setting. *Research Policy*, 37(5), 823-835. doi: <http://doi.org/10.1016/j.respol.2008.03.006>
- Lei, X.P., Zhao, Z.Y., Zhang, X., Chen, D. Z., Huang, M.H., Zheng, J... Zhao, Y.H. (2013). Technological collaboration patterns in solar cell industry based on patent inventors and assignees analysis. *Scientometrics*, 96(2), 427-441. doi: <https://doi.org/10.1007/s11192-012-0944-x>
- Leydesdorff, L., Kushnir, D., y Rafols, I. (2014a). Interactive overlay maps for US patent (USPTO) data based on International Patent Classification (IPC), *Scientometrics*, 98(3), 1583-1599.
- Leydesdorff, L., Kushnir, D., y Rafols, I. (2014b). *Mapping Patent Data in terms of International Patent Classes (IPC)* [Software]. Recuperado de <http://www.leydesdorff.net/ipcmaps/>
- Leydesdorff, L., e Ivanova, I. (2016). "Open innovation" and "triple helix" models of innovation: Can synergy in innovation systems be measured?, *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 2. doi: <http://doi.org/10.1186/s40852-016-0039-7>
- Leydesdorff, L., y Rafols, I. (2011). Local emergence and global diffusion of research technologies: An exploration of patterns of network formation. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 62(5), 846-860. doi: <https://doi.org/10.1002/asi.21509>
- Luukkonen, T., Tijssen, R. J. W., Persson, O., y Sivertsen, G. (1993). The measurement of international scientific collaboration. *Scientometrics*, 28(1), 15-36. doi: <https://doi.org/10.1007/BF02016282>
- Maia, M. de F. S., y Caregnato, S. E. (2008). Co-autoria como indicador de redes de colaboração científica. *Perspectivas em Ciência da Informação*, 13(2), 18-31. doi: <https://dx.doi.org/10.1590/S1413-99362008000200003>
- Merges, R. (2004). A New Dynamism in the Public Domain. *The University of Chicago Law Review*, 71, 183-203. Recuperado de http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=558751
- Montobbio, F., Primi, A., y Sterzi, V. (2015). IPRs and international knowledge flows: Evidence from Six Large Emerging Countries. *Journal of Economic and Social Geography*, 106(2), 187-204. doi: <http://doi.org/10.1111/tesg.12131>
- Newfield, C. (2012). Does Solar Energy Need a New Innovation Model#? The Case of Germany. En Coenen, C., Fleischer, T., Konrad, K., Krabbenborg, L., Milburn, C., Thoreau, F., y Zülsdorf, T. (Ed.), *Little by little: Expansions of nanoscience and emerging technologies* (pp.135-155). Alemania: IOS Press.
- North, D. (1990). *Institutions, Institutional Change, and Economic Performance*. Cambridge University Press.
- Organización Mundial de la Propiedad Intelectual [OMPI]. (2009, junio). Tecnología fotovoltaica - Buen tiempo y soleado. *Revista de la OMPI*.

- Recuperado de http://www.wipo.int/wipo_magazine/es/2009/03/articloe_0001.html
- Oszlak, O., y O'Donnell, G. (1995). Estado y políticas estatales en América Latina: hacia una estrategia de investigación. *Redes*, 2(4), 99-128.
- Parida, B., Iniyan, S., y Goic, R. (2011). A review of solar photovoltaic technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, 1625-1636. Recuperado de http://wgibis.ces.iisc.ernet.in/biodiversity/sahyadri_enews/newsletter/issue45/bibliography/A%20review%20of%20solar%20photovoltaic%20technologies.pdf
- Razykov, T. M., Ferekides, C. S., Morel, D., Stefanakos, E., Ullal, H. S., y Upadhyaya, H. M. (2011). Solar photovoltaic electricity: Current status and future prospects. *Solar Energy*, 85(8), 1580-1608. doi: <http://doi.org/10.1016/j.solener.2010.12.002>
- Shin, S., y Kook, W. (2014). Can knowledge be more accessible in a virtual network?: Collective dynamics of knowledge transfer in a virtual knowledge organization network. *Decision Support Systems*, 59, 180-189. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dss.2013.11.006>
- Singh, R., Alapatt, G. F., y Lakhtakia, A. (2013). Making solar cells a reality in every home: Opportunities and challenges for photovoltaic device design. *IEEE Journal of the Electron Devices Society*, 1(6), 129-144. doi: <http://doi.org/10.1109/JEDS.2013.2280887>
- SolarPower Europe. (2015, junio). Global Market Outlook for Solar Power 2015-2019. *SolarPower Europe*. Recuperado de <https://resources.solarbusinesshub.com/solar-industry-reports/item/global-market-outlook-for-solar-power-2015-2019>
- Sugandhavanija, P., Sukchai, S., Ketjoy, N., y Klongboonjit, S. (2011). Determination of effective university-industry joint research for photovoltaic technology transfer (UIJRPTT) in Thailand. *Renewable Energy*, 36(2), 600-607. doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2010.08.018>
- Turnheim, B., y Geels, F. (2013). The destabilisation of existing regimes: Confronting a multi-dimensional framework with a case study of the British coal industry (1913-1967). *Research Policy*, 42(10), 1749-1767. doi: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2013.04.009>
- US Patent and Trademark Office [USPTO]. (2016). Patent application full text and image database. Recuperado de <http://appft1.uspto.gov/netathtml/P TO/search-adv.html>
- Vercelli, A. (2009). *Repensando los bienes intelectuales comunes: Análisis socio-técnico sobre el proceso de co-construcción entre las regulaciones de derecho de autor y derecho de copia y las tecnologías digitales para su gestión*. Tesis de doctorado. Universidad Nacional de Quilmes. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.
- Wang, X., Li, R., Ren, S., Zhu, D., Huang, M., y Qiu, P. (2014). Collaboration network and pattern analysis: case study of dye-sensitized solar cells. *Scientometrics*, 98(3), 1745-1762. doi: <https://doi.org/10.1007/s11192-013-1180-8>
- Watanabe, Ch., Wakabayashi, K., y Miyazawa T. (2000). Industrial dynamism and the creation of a “virtuous cycle” between R&D, market growth and price reduction: The case of photovoltaic power generation (PV)

development in Japan. *Technovation*, 20(6), 299-312. doi: [https://doi.org/10.1016/S0166-4972\(99\)00146-7](https://doi.org/10.1016/S0166-4972(99)00146-7)

Werner, M., Bornmann, L., Barth, A., y Leydesdorff, L. (2013). Detecting the historical roots of research fields by reference publication year spectroscopy (RPYS). *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 65(4). doi: <https://doi.org/10.1002/asi.23089>

Notas

- 1 Información disponible en <http://www.fist.fr/>
- 2 Así era codificada la extinta Unión Soviética.

Notas de autor

- a Doctora en Políticas Públicas, tiene una maestría en Ciencias en Desarrollo Local y es licenciada en Administración con especialidad en Desarrollo Empresarial. Ha realizado estancias de investigación en el Instituto de Gestión de la Innovación y el Conocimiento, en la Universidad Politécnica de Valencia, España, y en la Maestría en Economía Social en la Universidad Nacional de General Sarmiento, Argentina. Su formación académica complementaria ha sido en Propiedad Intelectual, Complejidad, Economía Social, Innovación Social, Emprendimiento Social y Economía Feminista. Ha sido profesora de cátedra en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), afiliada al Departamento de Ciencias Sociales y Gobierno. Actualmente está realizando su posdoctorado en el CINVESTAV, en el programa de Doctorado en Desarrollo Científico y Tecnológico para la Sociedad.
- b Doctor en Ciencias Sociales y Políticas. Universidad Iberoamericana. México DF (2010), Maestro en Comunicación Universidad Iberoamericana México DF (2002), Especialista en Periodismo Urbano Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín (2000) y Comunicador Social Periodista. Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín (1998). Actualmente es Profesor Asociado del Departamento de Sociología de la Facultad de Ciencias Sociales y Humanas de la Universidad de Antioquia. Es experto en Análisis de redes sociales, Redes interorganizacionales, Redes cienciométricas, Economía y sociedad del conocimiento, Sociología interorganizacional, Sociología de la ciencia, Cienciometría, Políticas públicas.