

Debates sobre Innovación

DsL

LALICS 2023

Comité Editorial

Gabriela Dutrénit

Selva Olmedo

José Miguel Natera

Arturo Torres

José Luis Sampedro

Diana Suárez

Jeffrey Orozco

Editores

Gabriela Dutrénit

Selva Olmedo

José Miguel Natera

Martín Puchet

**Este número especial
forma parte de las
memorias presentadas en
las actividades de la
Red LALICS 2023.
Asunción, Paraguay.*

Debates sobre
Innovación



DsI

Vol.8 Número 1

ISSN: 2594-0937



LALICS



Casa Abierta al Tiempo

DEBATES SOBRE INNOVACIÓN. Volumen 8, Número 1, junio-agosto 2024. Es una publicación trimestral de la Universidad Autónoma Metropolitana a través de la Unidad Xochimilco, División de Ciencias Sociales y Humanidades, Departamento de Producción Económica. Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Del. Coyoacán, C.P. 04960, Ciudad de México. Teléfonos 54837200, ext.7279. Página electrónica de la revista <http://economiaeinovacionuamx.org/secciones/debates-sobre-innovacion> y dirección electrónica: megct@correo.xoc.uam.mx Editor Responsable: Dra. Gabriela Dutrénit Bielous, Coordinadora de la Maestría en Economía, Gestión y Políticas de Innovación.

Gabriela Dutrénit Bielous, Departamento de Producción Económica, División de Ciencias Sociales y Humanidades, Unidad Xochimilco. Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Del. Coyoacán, C.P. 04960, Ciudad de México. Fecha de última modificación: diciembre de 2019. Tamaño del archivo: 36.5 MB

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad Autónoma Metropolitana.

CENTRALIDAD Y RELACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS AMBIENTALES EN LA INDUSTRIA Y VÍAS DE DIVERSIFICACIÓN TECNOLÓGICA

Ana Urraca Ruiz

Universidad Federal Fluminense. Facultad de Economía.
Campus do Gragoatá, Edifício F, Niterói, Brasil
anaurracaruiz@gmail.com

Pedro Miranda

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA).
Brasília, Brasil
pedro.miranda@ipea.gov.br

Vanessa de Lima Avanci

Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). InSySPo.
Campinas, Brasil
vanessa.avanci@gmail.com

Resumen

El objetivo de este trabajo en curso es identificar en nivel sectorial cómo las tecnologías ambientales se relacionan con las bases de conocimiento industrial y, si es así, en qué medida la relación representa un potencial camino natural de evolución tecnológica en las manufacturas. Para ello, el artículo desarrolla una taxonomía de industrias según su principal riesgo ambiental e indicadores de relación y diversificación para asociar ambos fenómenos. Nuestro estudio encontró que: (i) la centralidad de las tecnologías ambientales en la industria está relacionada con su principal riesgo ambiental, lo que significa que son coherentes; (ii) las tecnologías ambientales que involucran reducción de costos y ganancias privadas son más generalizadas que aquellas que involucran externalidades positivas y beneficios sociales; (iii) la relación de las tecnologías ambientales con las competencias centrales de las industrias no impulsa el camino de la diversificación industrial. Los dos últimos hallazgos permiten discutir sobre el papel diferente de la regulación y las políticas públicas para orientar los ritmos y caminos de las eco-innovaciones en las industrias dada la diferente proximidad de los conocimientos incorporados en las ET que responden a su riesgo ambiental para el núcleo de la industria. competencias.

Palabras clave: *Tecnologías ambientales, Relatedness, Diversificación tecnológica.*

Abstract

The aim of this paper in progress is to identify at sectoral level how environmental technologies are related to the industrial knowledge bases and, if they are, in what extend relatedness represent a potential natural path of technological evolution in manufactures. To do that, the paper develops a taxonomy of industries according to their main environmental risk and indicators of relatedness and diversification to associate both phenomena. Our study found that: (i) centrality of environmental technologies in industry is related to its main environmental risk, which means that they are coherent; (ii) environmental technologies that involve costs reduction and private gains are more pervasive than those that involve positive externalities and social returns; (iii) relatedness of environmental technologies to core-competences of the industries does not drive the path of industrial diversification. The last two findings allow us to discuss about the different role of regulation and public policies to guide the rhythms and paths of ecoinnovations in the industries given the different proximity of the knowledge embedded in the ET that respond to their environmental risk to the industry core-competences.

Keywords: *Environmental Technologies, Relatedness, Technological diversification.*

1. Introducción

La ecoinnovación o *las innovaciones ambientales* se definen por "la producción, asimilación o explotación de un producto, proceso de producción, servicio, gestión o métodos comerciales que son novedosos para la empresa [u organización] y que resultan, a lo largo de su ciclo de vida, en una reducción del riesgo ambiental, la contaminación y otros impactos negativos del uso de los recursos (incluido el uso de energía)" (Kemp y Pearson, 2007). La definición de ecoinnovación conlleva implícitamente una conceptualización de las tecnologías ambientales (ET) de acuerdo con el alcance sobre lo que es el "riesgo ambiental". Concretamente, llamamos la atención sobre dos dominios: uno se refiere a los actos de contaminación y otro a los actos de uso de los recursos, incluida la energía. Estos dos dominios nos permiten caracterizar el riesgo ambiental al que el agente innovador es más sensible y el tipo de conciencia ambiental que percibe y que configura el foco de su trayectoria tecnológica como, por ejemplo, los esfuerzos de ahorro de costes para reducir el consumo de materias primas, energía y agua o el diseño de 'productos verdes' siguiendo la presión de los clientes y partes interesadas por prácticas respetuosas con el medio ambiente.

Dada la importancia reciente de la ecoinnovación para evitar el riesgo ambiental en las sociedades modernas, surge una pregunta: ¿qué determina los ritmos y caminos de la creación y adopción de ET? Como cualquier otra innovación, los incentivos para innovar en ET vienen dados por las propiedades de las propias tecnologías en términos de oportunidad y apropiabilidad; por los mercados en términos de competencia; y por el liderazgo de las empresas en términos de competitividad (eficiencia, costes, etc.). Sin embargo, a diferencia de otras tecnologías, el amplio conjunto de problemas, soluciones y aplicaciones ambientales que abarcan las ET implica que ellas tengan un fuerte carácter transversal en las tres dimensiones anteriores. En nivel tecnológico, pueden referirse a productos, procesos y organización [incluso simultáneamente]. En nivel industrial, las ET encuentran aplicaciones en un gran número de procesos de producción y productos en todas las industrias, y su intensidad y grado de aplicación están estrechamente relacionados con la forma en que las industrias interactúan con el medio ambiente como contaminantes. En nivel de empresa, las ET implican transformar todo el conjunto de competencias de las empresas: productivas, tecnológicas y gerenciales. Además, las ET están en el centro de las acciones e instituciones gubernamentales (reglas) para lograr objetivos ambientales específicos. Las regulaciones ambientales, los impuestos a la contaminación y los requisitos para la contratación pública se señalan como importantes impulsores de la ecoinnovación. (Horbach, Rammer y Rennings, 2012; Hojnik, Ruzzier, 2016).

2. Objetivos

Como las ET son transversales en nivel industrial, potencialmente pueden establecer conexiones con una amplia gama de tecnologías en diferentes industrias que representan caminos de evolución de la base de conocimiento industrial, que se vuelve cada vez más variada (diversificada), relacionada y compleja. La medida en que los nuevos campos técnicos se incorporan a una base de conocimientos industriales depende de cómo se relacionan con los antiguos, es decir, de cómo se complementa conocimiento antiguo y nuevo entre sí para crear tecnologías nuevas o mejoradas. En este sentido, el objetivo de este trabajo es identificar en nivel sectorial cómo se relacionan las ET con las bases de conocimiento industrial y en qué medida la relación representa un potencial camino natural de evolución tecnológica en las manufacturas.

Responder a esas dos preguntas tiene implicaciones normativas. Si las industrias desarrollan trayectorias tecnológicas en ET de acuerdo con la relación de esas tecnologías con sus bases de conocimiento industrial, la política pública desempeña un papel importante en la orientación de las conexiones entre tecnologías, por ejemplo, apoyando soluciones ambientales

para problemas ambientales específicos en industrias específicas. Alternativamente, si los ET no son un camino natural de evolución industrial, incluso han estado estrechamente relacionados con las bases de conocimiento industrial, las políticas públicas deben establecer incentivos para estimular la creación o adopción de ET más obligatorios.

Para lograr nuestro objetivo, desarrollamos tres ejercicios. En primer lugar, posicionamos el ET en las bases de conocimiento industrial de acuerdo con su relación con los dominios tecnológicos centrales. En segundo lugar, calculamos un índice de diversificación tecnológica hacia ET. En tercer lugar, identificamos si el camino de diversificación hacia ET está asociado a la relación entre ET y las tecnologías centrales a nivel industrial.

3. Materiales y Métodos

Contexto teórico

Teniendo en cuenta la naturaleza de la coherencia productiva y la racionalidad e incertidumbre limitadas asociadas a los procesos de innovación, las innovaciones no son sólo el resultado de la búsqueda de las tecnologías más rentables, sino el resultado de la búsqueda en dominios de conocimiento específicos que son complementarios e interrelacionados (Bonte y Dienes, 2013). Desde esta perspectiva, la innovación en las empresas depende en gran medida de la coherencia tecnológica de los dominios tecnológicos de las empresas relativos a sus actividades principales (core) y a sus activos complementares (Chiu et al, 2008).

Debido a la coherencia entre los dominios tecnológicos, la diversificación tecnológica permite a la empresa explotar los efectos indirectos de una tecnología a otra (fertilización cruzada entre conocimientos y tecnologías relacionados), obtener beneficios de tecnologías no relacionadas, explorar oportunidades, reducir los riesgos de búsqueda, obtener más beneficios sociales de sus propias innovaciones y evitar el bloqueo negativo de una especialización limitada en una tecnología (Vega, 2006). Las bases industriales del conocimiento son *coherentes* con el alcance de las tecnologías integradas en los productos y procesos sobre los que las empresas producen, utilizan y aprenden. Sin embargo, la diversificación tecnológica suele ser más amplia que la diversificación de la producción debido a la interdependencia tecnológica (complejidad y complementariedad) entre los productos y los procesos de producción (proveedores, materiales, componentes, maquinaria y equipo, etc.). La interdependencia exige competencias hacia atrás para identificar, integrar y adaptar los cambios

tecnológicos en el sistema de producción. Además, una base diversificada de conocimiento permite identificar oportunidades tecnológicas emergentes que potencialmente significan oportunidades de negocio. Las tecnologías emergentes pueden ser marginales en las etapas iniciales (como la producción de energías alternativas), pero pueden volverse más centrales a medida que la empresa identifica y explora su potencial en relación con el *core-business* de la empresa (Patel y Pavitt, 1997). Sin embargo, existe una cierta compensación entre la especialización tecnológica y la diversificación en nivel empresarial. A medida que la empresa se diversifica tecnológicamente, pierde economías de escala en los procesos de aprendizaje y ventajas competitivas, además de reducir la capacidad de transferir conocimiento entre sus competencias básicas y aumentar los costos de coordinación (Yi-Chia Chiu, Hsien-Che Lai, Yi-Ching Liaw, Tai-Yu Lee, 2010). La compensación entre la especialización, generalmente asociada a la ‘dependencia-del-camino’ (*path-dependence*) está asociada con el ciclo de difusión de la tecnología y la aparición de nuevos paradigmas (Lavarello, 2016). En las etapas iniciales, la búsqueda de nuevas soluciones y aplicaciones empuja a las empresas a la diversificación. A lo largo de este proceso, las empresas desarrollan un conjunto de competencias tecnológicas "secundarias" que complementan las "competencias básicas" que les permiten ampliar sus carteras de tecnología y su base de conocimientos de manera coherente. Después, se estabilizan enfocando sus esfuerzos de investigación y desarrollo y aprendizaje en el conocimiento existente.

En nivel sectorial, la coherencia tecnológica se refiere a la base de conocimientos alojada en las competencias productivas, tecnológicas y gerenciales de las empresas que pertenecen a la misma industria. La base de conocimiento sectorial expresa, en términos agregados, no solo las competencias tecnológicas básicas de las empresas que componen la industria, sino también sus activos complementares. Las competencias básicas y los activos complementares conforman una variedad de campos técnicos a partir de los cuales la industria desarrolla patrones de búsqueda (problemas, métodos y soluciones a problemas específicos) y de diversidad tecnológica, es decir, microtrayectorias tecnológicas. Por lo general, las competencias tecnológicas son específicas de la industria, es decir, las industrias se caracterizan por un conjunto de tecnologías comunes y dominantes etiquetadas como "centrales" altamente persistentes y dependientes de las trayectorias pasadas (Patel y Pavit, 1997). Sin embargo, cuando surgen nuevos paradigmas tecnológicos, el ciclo de diversificación tecnológica en el nivel de empresa puede no converger con las bases de conocimiento sectoriales, lo que significa un proceso de diversificación no relacionada que cuando proviene del aprendizaje interno

(Lavarello, 2016; Krafft et al, 2011). Si la diversificación proviniera de esfuerzos externos mediante fusiones y adquisiciones para controlar activos complementares o crear barreras de entrada, el resultado es una "diversificación de conglomerados" y la coherencia no podría tener cabida. La visión de "ondas largas" supone que en algún momento los nuevos paradigmas tecnológicos afectarán a todas las industrias (Fai y Von Tunzelmann, 2001). Además, por mucho que las tecnologías sean omnipresentes -como las tecnologías ambientales-, la innovación no sólo podría tener lugar en una industria específica, sino también a lo largo del camino de diversificación tecnológica del conjunto de industrias cuyas bases de conocimiento están relacionadas con la innovación (por ejemplo, la innovación en equipos médicos por parte de la industria farmacéutica). Como resultado, se produce un proceso de convergencia tecnológica entre industrias.

La base de conocimiento industrial está compuesta por piezas de conocimiento que se combinan de manera específica para resolver patrones específicos de problemas, heurísticas y procedimientos. Estas piezas de conocimiento están interconectadas como en una red. Por lo tanto, la categorización jerárquica de diferentes tipos de conocimiento en nivel sectorial debe considerar al menos dos criterios: *centralidad* y *relación*. La frecuencia y los vínculos de cada pieza de conocimiento utilizada en una industria determinan su *centralidad*. Por un lado, la frecuencia mide la importancia relativa de un conocimiento entre el conjunto de conocimientos que componen el rango de competencias tecnológicas de la industria. Por otro lado, los vínculos miden cómo cualquier pieza de conocimiento está relacionada con los dominios tecnológicos centrales. En este sentido, un conocimiento puede ser central no solo por su frecuencia, sino también por su relación con los dominios tecnológicos centrales en nivel sectorial. Por lo tanto, cuanto más frecuentes sean los vínculos entre las piezas de conocimiento, más relacionadas estarán esas piezas de conocimiento en la base industrial del conocimiento. Por lo tanto, el grado de *relatedness* indica la forma específica a través de la cual una industria combina conocimiento para resolver problemas, extendiéndose y engrosándose hacia campos técnicos conectados. La centralidad y la relación de los dominios tecnológicos en una industria revelan la coherencia tecnológica de la base de conocimientos industriales. Usando ambos, se puede observar cómo la estructura de la base de conocimiento industrial evolucionó en términos de variedad, utilizando nuevas piezas de conocimiento, conexiones o ambas.

A partir de las consideraciones anteriores, podemos elaborar tres hipótesis:

H1: *Las tecnologías ambientales adquieren más centralidad de acuerdo con la sensibilidad de las competencias básicas en la industria al riesgo ambiental.*

H2: *Las tecnologías ambientales están más relacionadas con las competencias tecnológicas centrales de una industria de acuerdo con la sensibilidad de la industria al riesgo ambiental.*

H3: *La relación de las tecnologías ambientales con las competencias básicas de la industria determina el camino de la diversificación tecnológica hacia las tecnologías ambientales.*

Base de datos.

Para medir las competencias y crear las bases industriales de conocimiento, utilizamos bases de datos de patentes (OCDE, 2009; Patel y Pavitt, 1997; Krafft et al, 2011). Las patentes representan el resultado de esfuerzos formales o informales de innovación y proporcionan datos detallados en series temporales regulares y largas agrupadas por empresa, país, ubicación geográfica y campo técnico, lo que las hace apropiadas para analizar las competencias tecnológicas en nivel de empresa e industrial (Patel y Pavitt 1991). No obstante, existen algunas limitaciones de las patentes como indicador de competencias. En primer lugar, medir la especialización tecnológica para desarrollar productos e industrias específicas puede implicar una clasificación de campos tecnológicos que no responden a los habituales en las clasificaciones de patentes. Por lo tanto, podrían ser necesarios criterios adicionales para la agregación de productos. En segundo lugar, algunas competencias tecnológicas pueden subestimarse cuando se basan en tecnologías no patentables o en tecnologías que no están protegidas por patentes. Además, la opción de patentar un objeto determinado depende, entre otras cosas, de las estrategias de las empresas, las características del objeto y el sistema de propiedad intelectual del país. No todos los esfuerzos involucrados en los procesos de cambio tecnológico necesariamente resultarán en patentes, y la propensión a patentar varía según el país, el sector y el tamaño de las empresas (Cohen et al., 2002; Arundel, 2001; Levin y otros, 1987; Nagaoka, Motohashi y Goto, 2010; Pabellón 2009). En tercer lugar, las patentes no capturan algunas categorías de ET (Oltra, Kemp y De Vries, 2010). Estos son relativos a métodos vinculados a estrategias de marketing, cambios organizativos y de gestión, y arreglos institucionales para promover ET. Las estadísticas de solicitudes de patentes no evalúan el impacto ambiental de ninguna tecnología adoptada.

Es preciso destacar cuatro aspectos metodológicos importantes en relación con el tratamiento dado a la información contenida en la base de datos de patentes. En primer lugar, las patentes

son la única fuente de información que sintetiza los esfuerzos nacionales de investigación y desarrollo con potencial de innovación por campo técnico. En segundo lugar, la base de datos que genera la base industria de conocimiento incluye patentes presentadas únicamente por empresas y excluye las patentes presentadas por otros solicitantes, como agencias gubernamentales, universidades e individuos o que tienen un código NACE desconocido. En tercer lugar, una patente representa una tecnología que combina diferentes conocimientos. Por esta razón, una patente puede corresponder a más de un campo técnico⁶.

Los análisis de este trabajo utilizan solicitudes de patentes presentadas en la EPO entre 1979 y 2016. Los datos se extrajeron utilizando EPO PATSTAT Global - 2020 Spring Edition (EPO, 2020). La base de datos EPO en EPO PATSTAT representa la mejor fuente de información para comparaciones internacionales por varias razones. En primer lugar, porque una patente simple es extensible a todos los países miembros del Convenio de Munich, lo que reduce el sesgo del país del efecto interno. En segundo lugar, las solicitudes de tasas son relativamente más elevadas, lo que excluye de la base de datos las patentes de bajo valor industrial. En tercer lugar, la EPO publica concesiones y depósitos de patentes dieciocho meses después de la solicitud (por media), mientras que otras bases se retrasan más [por ejemplo, UPSTO sólo publica después de dos años (por media)] (Grupp y Schmoch, 1999; Le Bas y Sierra, 2002; van Zeebroeck y otros, 2006).

Cuadro 1 - Ámbitos técnicos medioambientales

Campos técnicos	Descripción
PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ALTERNATIVA	Biocombustibles, Ciclo combinado de gasificación integrada (IGCC), Pilas de combustible, Pila de combustible, Pirólisis o gasificación de biomasa, Aprovechamiento de la energía procedente de residuos artificiales, Energía hidroeléctrica, Conversión de energía térmica oceánica (OTEC), Energía eólica, Energía solar, Energía geotérmica, Otra producción o utilización de calor, no derivada de la combustión, por ejemplo, calor natural, Utilización de calor residual, Dispositivos para producir energía mecánica a partir de energía muscular
TRANSPORTE	Vehículos en general, Vehículos distintos de los ferroviarios, Vehículos ferroviarios, Propulsión de buques marinos, Vehículos cosmonáuticos que utilizan energía solar

⁶ Como referencia para la naturaleza del solicitante, se utilizó la clasificación disponible en ORBIS: Bvd para los tipos de partes interesadas y afiliados, y las siguientes categorías de solicitantes no se tuvieron en cuenta: Fundación / Instituto de Investigación, Empleados / Gerentes / funcionarios, Individuos / Familias, Autoridades Públicas / Estado / Gobierno, o No identificado. En cuanto a los sectores industriales en los que actúa cada empresa, se utilizó la clasificación creada por ORBIS: Bvd sobre la base de la nomenclatura estadística revisada de actividades económicas de la Comunidad Europea (NACE Rev.2), y se incluyeron únicamente las empresas enumeradas en las secciones A a L.

CONSERVACIÓN DE ENERGÍA	Almacenamiento de energía eléctrica, Circuitos de alimentación, Medición del consumo eléctrico, Almacenamiento de energía térmica, Iluminación de bajo consumo, Aislamiento térmico de edificios, en general, Recuperación de energía mecánica
GESTIÓN DE RESIDUOS	Eliminación de desechos, Tratamiento de residuos, Consumo de residuos por combustión, Reutilización de residuos, Control de la contaminación
AGRICULTURA / SILVICULTURA	Técnicas forestales, Técnicas alternativas de riego, Alternativas a plaguicidas, Mejoramiento de suelos

Fuente: OMPI – Inventario ecológico de la CIP –<https://www.wipo.int/classifications/ipc/green-inventory/home>

La clasificación de las solicitudes de patente por campos técnicos se basó en Schmoch (2008). Para cada ET utilizamos las siguientes cinco categorías basadas en el "Inventario Verde de la Clasificación Internacional de Patentes (CIP)" desarrollado por la OMPI de acuerdo con las tecnologías ambientales enumeradas por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC): Producción de energía alternativa, transporte, conservación de energía, gestión de desechos y agricultura / silvicultura (ver Cuadro 1).

La base de datos de la EPO registró 3.493.409 solicitudes entre 1969 y 2016, de las cuales 1.768.628 fueron presentadas por empresas industriales (50,6%). De ese total, 455.858 patentes incluían campos tecnológicos relativos a ET, con una gran concentración en los campos técnicos relativos a la producción de energía alternativa y conservación de energía (Tabla 1). La contribución de las industrias manufactureras a las tecnologías ambientales fue de alrededor del 45,5%, con una mayor participación en la conservación de energía (52,8%), la agricultura / silvicultura (50,6%) y el transporte (49,7%).

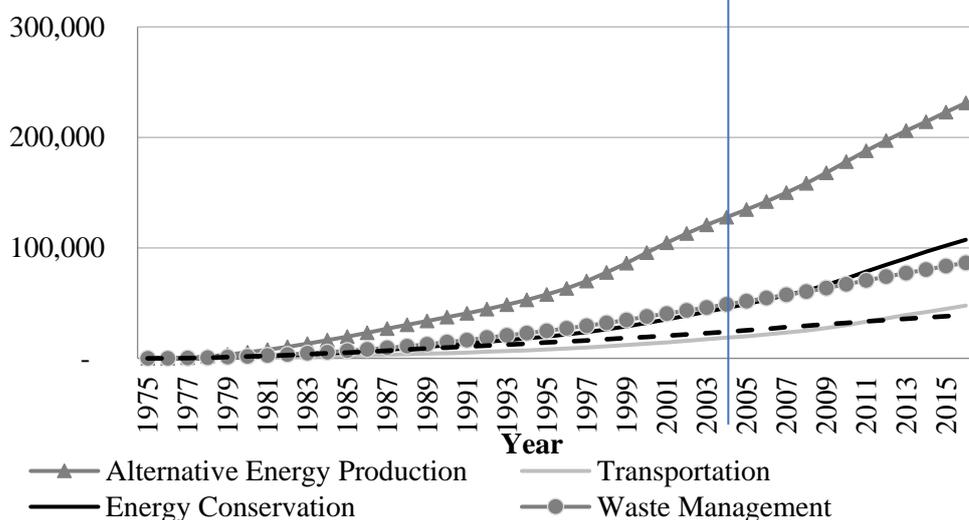
El predominio de los campos técnicos energéticos en el stock de patentes del ET se verifica a lo largo de todo el período de análisis (Figura 1). El número de patentes para la producción alternativa de energía ya era mayor a principios de 1980. Luego, el stock de patentes creció más durante el período 1980-2016. El momento de mayor expansión fue después de 1995 hasta principios de la década de 2000, luego se mantuvo a una tasa de crecimiento estable. Eso coincidió con el período de mayor expansión para la conservación de energía y el transporte. Después de 2005, las patentes de transporte tuvieron el mayor ciclo de expansión, intensificado entre 2009 y 2011. La conservación de energía tuvo el segundo crecimiento más fuerte después de 2005. Las tasas de crecimiento en la agricultura y la silvicultura se mantuvieron bajas en la década de 2000 y se redujeron después de 2010.

Tabla 1 – Distribución de patentes por campo técnico y solicitante (1969-2016)

Campos técnicos	Total (a)	Industrias manufactureras (b)	Contribución de la industria100*(b)/(a)
Tecnologías medioambientales	455,858	207,570	45.5
Producción de energía alternativa	231,132	97,065	42.0
Transporte	47,744	23,707	49.7
Conservación de energía	107,324	56,673	52.8
Gestión de residuos	86,483	34,613	40.0
Agricultura / silvicultura	39,218	19,840	50.6
Otras tecnologías	3,037,551	1,561,058	51.4
Total	3,493,409	1,768,628	50.6

Fuente: Elaboración propia utilizando EPO PATSTAT / EPO (2020) y Orbis / BvD (2016).

Figura 1 - Evolución de las existencias de patentes por ámbito medioambiental



Análisis de la centralidad de las ET en las industrias según el riesgo ambiental.

Las tecnologías ambientales generalmente se refieren a un conjunto de tecnologías que resuelven problemas ambientales tradicionales recientemente enfocados en los principales desafíos ambientales en los Objetivos del Milenio del cambio climático: reducir las emisiones de carbono, tratar los desechos en el suelo y el agua, y explorar fuentes de energía alternativas y de bajo impacto. Las emisiones de carbono y la gestión de residuos representan costes sociales y, económicamente, presentan problemas de externalidad con costes sociales elevados. Las fuentes de energía alternativas y de bajo impacto también tienen externalidades positivas, pero representan directamente retornos privados y reducciones de costes a medida que se vuelven más baratas.

Figura 1 – Cuestiones medioambientales más importantes por industria.

	Contaminantes (gases)	Desechos	Consumo de energía de alta intensidad
Procesos	<ul style="list-style-type: none"> · Textiles · Papel y productos de papel · Coque y productos refinados del petróleo · Productos metálicos fabricados, exc. m. & eq. 	<ul style="list-style-type: none"> · Textiles · Productos del tabaco · Cuero y productos relacionados · Papel y productos de papel · Productos metálicos fabricados, exc. m. & eq. · Productos farmacéuticos básicos y preparados farmacéuticos - Maquinaria y equipo. 	<ul style="list-style-type: none"> · Otros productos minerales no metálicos* · Metales básicos** · Papel y productos de papel · Productos químicos y productos químicos · Productos alimenticios · Bebestibles · Coque y productos refinados del petróleo
Productos	<ul style="list-style-type: none"> · Vehículos de motor, remolques y semirremolques · Otros equipos de transporte 	<ul style="list-style-type: none"> · Productos informáticos, electrónicos y ópticos · Productos farmacéuticos básicos y preparados farmacéuticos · Productos químicos y productos químicos · Productos de caucho y plástico · Equipos eléctricos · Ropa de vestir · Productos alimenticios · Bebestibles 	
Bajo contaminante	<ul style="list-style-type: none"> · Madera y de productos de madera y corcho, excepto muebles; Manufacturas de paja y materias trenzables · Impresión y reproducción de soportes grabados · Mueble · Otras industrias manufactureras · Reparación e instalación de maquinaria y equipo 		
Tecnología asociada	Transporte	Gestión de residuos	Producción de energía alternativa Conservación de energía
	Industrias contaminantes por emisiones de GEI en productos		
	Industrias contaminantes por emisiones de GEI y residuos en proceso		
	Industrias contaminantes por residuos en productos		
	Consumidores de energía de alta intensidad		
	Industrias poco contaminantes		

Fuente: *Elaboración propia*

En términos generales, los riesgos ambientales son transversales a todas las industrias. Sin embargo, ciertas tecnologías ambientales afectan de forma muy específicas en industrias directamente involucradas en riesgos ambientales específicos. Por lo tanto, la centralidad de las tecnologías ambientales en cada industria depende de cómo los problemas ambientales son representativos en sus productos y procesos productivos. Para obtener un mejor enfoque sobre las especificidades de los problemas ambientales por industria, elaboramos la Figura 1 que distingue los tres objetivos del milenio del cambio climático que afectan a los productos y procesos, así como la tecnología ambiental asociada. La Tabla 1 nos permite agrupar las industrias en cinco categorías. 1) Industrias contaminantes por gases GEI y residuos en sus procesos; 2) Industrias contaminantes por gases de GEI en sus productos; 3) Industrias contaminantes por desechos en productos; (4) Consumidores de energía de alta intensidad; y (5) Poco contaminantes. Esta taxonomía diferencia entre industrias altamente contaminantes (residuos y gases de GEI) y altos consumidores de energía. Ambos microparadigmas ambientales tienen diferentes implicaciones en términos de retornos sociales y privados.

Para clasificar las ET según su centralidad, desarrollamos una metodología inspirada en el trabajo de Patel y Pavitt (1997), pero con una conceptualización diferente y con algunas consideraciones metodológicas adicionales. En primer lugar, los campos técnicos por clasificación de la CIP en cualquier nivel de agregación representan tecnologías referidas a un espacio restringido de heurísticas, es decir, de problemas, métodos, procedimientos y soluciones. Por lo tanto, los códigos de la CIP representan los nodos de la base de conocimientos a nivel sectorial. En segundo lugar, como los esfuerzos tecnológicos en ET son bajos en relación con otras tecnologías, las medidas basadas en la frecuencia -como la creada por Patel y Pavitt (1997)- subestimarían la importancia de ET dentro de los perfiles de competencias tecnológicas.

En este sentido, adaptamos la metodología de Patel y Pavitt utilizando análisis de redes, que incluye no solo la frecuencia de uso de cada tecnología, sino también sus vínculos e interacciones. En tercer lugar, la forma en que los nodos están conectados entre sí varía de una industria a otra. Por lo tanto, el indicador de centralidad debe considerar no solo la frecuencia, sino también el número de relaciones que cada nodo está vinculado en la base de conocimiento de la industria. Cuanto más conectado está un nodo con otros en la base del conocimiento, mayor es su centralidad.

Los nodos son campos técnicos o códigos CIP asignados a cada patente. Como es habitual que una patente registre más de un código de CIP, la coexistencia de diferentes nodos en el mismo registro de patentes mide los vínculos entre los nodos. La red de co-ocurrencia tiene tres

componentes: los nodos; los bordes, que unen nodos cuando coexisten en la misma patente; y las frecuencias de co-ocurrencia de pares de nodos como pesos para las aristas. Cuanto más frecuentes estén vinculados dos nodos, más fuerte será su relación. La red de co-ocurrencia forma un grafo no dirigido y ponderado.

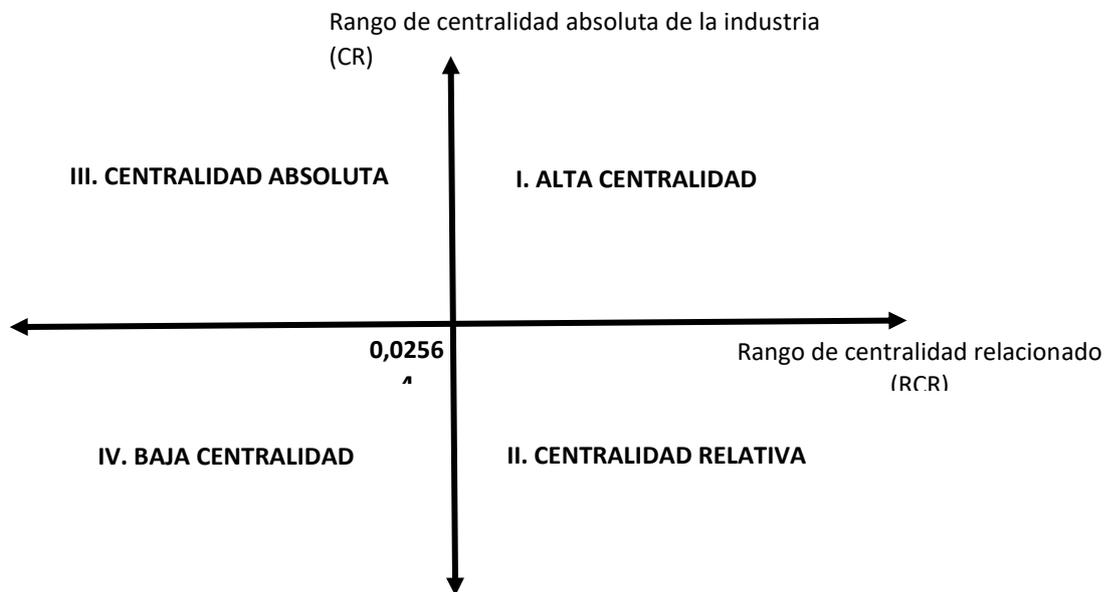
La centralidad de un nodo en la matriz de co-ocurrencia que representa cada base industrial de conocimiento se mide por el rango de centralidad absoluta (ACR) calculado utilizando el algoritmo PageRank. PageRank es un algoritmo de clasificación basado en gráficos que se aproxima a la importancia [centralidad] de un nodo considerando tanto sus enlaces entrantes como salientes (Perra & Fortunato, 2008; Ding, 2009). Los nodos con más enlaces y pesos más altos obtendrán altas puntuaciones de PageRank. A partir de esto, los nodos que coexisten con muchos otros nodos [lo que indica "más enlaces"] y coexisten muchas veces con estos nodos [lo que indica "pesos altos"] obtendrán puntuaciones de PageRank más altas. Además, los nodos vinculados con nodos centrales obtendrán puntuaciones de PageRank más altas.⁷

El rango de centralidad absoluta (ACR) se calcula en cada una de las 24 industrias manufactureras agregadas para 39 nodos de los cuales 5 corresponden a campos técnicos ambientales (ET) y otros 34 campos técnicos (OT). De manera similar, para la taxonomía de Patel y Pavitt, necesitamos valores relativos para el ACR. Para eso, considerando el número de nodos (39) y el algoritmo PageRank, calculamos un valor de referencia utilizando una base hipotética de conocimiento donde todos los nodos tuvieron la misma participación, es decir, todos tuvieran un mismo valor de PageRank. El valor del rango de referencia de centralidad es 0,02564. Los nodos distinguidos en una industria son aquellos cuyo rango de centralidad relacionada (RCR) es superior a 1, es decir, el rango de centralidad en la industria (ACR) es más alto que el rango de centralidad de referencia. Con estos dos indicadores, ACR y RCR, un nodo x , pueden pertenecer a cuatro clasificaciones posibles (Figura 2). Cuando en la industria $ACR_x^i > 0.02564RCR_x^i > 1$, x representa una tecnología "alta central", es decir, la tecnología tiene un rango por encima de la media en su industria y por encima de toda la base de conocimiento. Cuando el nodo $ACR_x^i > 0.02564RCR_x^i < 1$, x es una tecnología "central absoluta" en la base de conocimiento de la industria i , es decir, la tecnología tiene un rango por encima de la media en su industria, pero por debajo de la media de toda la base de conocimiento. La tercera posibilidad es que la tecnología sea "relativamente central" en la industria cuando $ACR_x^i < 0.02564RCR_x^i > 1$, es decir, la tecnología se encuentra por debajo de la media en la

⁷ Paquete igraph para R fue el software utilizado para calcular el Page Rank.

base industrial de conocimiento, pero por encima de la media en toda la base de conocimiento. Finalmente, cuando $ACR_x^i < 0.02564RCR_x^i < 1$, la tecnología se considera de ‘baja centralidad’.

Figura 2 - Perfiles sectoriales de centralidad.



Análisis de relatedness entre ET y las competencias centrales industriales y los caminos de diversificación tecnológica.

La H2 establece que las tecnologías ambientales están más relacionadas con las competencias básicas de una industria de acuerdo con la sensibilidad de la industria a los riesgos ambientales. El indicador utilizado para medir el grado de relatedness entre dos nodos a y b en el período t ($R_{a,b,t}$) es el *índice* de coseno (Breschi et al., 2003); Yan y Luo, 2017). El índice de coseno captura similitudes entre vectores que representan las relaciones de un nodo entre sí en la matriz de co-ocurrencia que representa la base de conocimiento global, es decir, la base de conocimiento que incluye todo tipo de solicitantes y no solo empresas.

$$R_{a,b,t} = \frac{\sum_j CO_{a,j,t} CO_{b,j,t}}{\sqrt{\sum_j CO_{a,j,t}^2} \sqrt{\sum_j CO_{b,j,t}^2}}$$

donde $CO_{a,j,t}$ es el tamaño de arista o la frecuencia de coocurrencia de los pares a -nodo y j -nodo en la red de co-ocurrencia del período t .

Después de encontrar el grado de relatedness entre todos los pares de campos técnicos, calculamos el grado de relatedness entre cada ET y el conjunto de tecnologías centrales (CT) de la industria h en el período t ($R_{C,et,t}^h$) como:

$$R_{C,et,t}^h = \frac{\sum_{j \in C^h} R_{et,j,t} O_{j,t}^h}{\sum_{j \in C^h} O_{j,t}^h}$$

donde C^h es el conjunto CT de la h -industria y $O_{j,t}^h$ es el número de ocurrencias del nodo j en la base de conocimiento de la h -industria en el período t . Este indicador mide qué tan similares son las CT y ET en una industria específica, es decir, cuando coexisten con los mismos nodos. Si CT y ET son similares, entonces decimos que ambas están indirectamente relacionadas.

Una vez identificado el grado de relatedness de las tecnologías ambientales con las competencias centrales de la industria, podemos probar la H3 sobre cómo se asocia esta relación con el camino de la diversificación tecnológica hacia las tecnologías ambientales. Inicialmente, cuando $R_{C,et,t}^h$ es relativamente más alto, la ET constituye potencialmente un camino coherente de diversificación por interdependencias de conocimiento en la industria h . Alternativamente, la relación relativa baja de $R_{C,et,t}^h$, significaría que la relación ET es diferente a la relación CT en la base de conocimiento h -industrial y, por lo tanto, la ET no constituye un camino *natural* de diversificación en las empresas.

Definimos que una industria muestra un camino de diversificación hacia ET cuando simultáneamente ocurren dos condiciones:

(1) la proporción de ocurrencias de ET crece en la *base de conocimiento h-industrial* entre los períodos $t-1$ y t (ΔET^h) como,

$$\Delta ET^h = \frac{\sum_{j \in ET} s_{j,t}^h}{\sum_{j \in ET} s_{j,t-1}^h} > 1 \quad \text{Dónde} \quad s_{j,t}^h = \frac{O_{j,t}^h}{\sum_j O_{j,t}^h}$$

(2) la proporción de ET es más diversificada, es decir, contribuye a una mayor diversificación y variedad en la base de conocimiento industrial, cuando el índice de diversificación entre ET aumenta más que el índice de diversificación entre todos los demás nodos (tecnologías) en la base de conocimiento industrial. El grado de diversificación tecnológica se mide a través del índice de Entropía de Theil ajustado (TE):

$$TE_{K,t}^h = \frac{-1}{\ln(n)} \sum_{j \in K} s_{j,t}^h * \ln(s_{j,t}^h)$$

donde n es el número de nodos en la base de conocimiento observada. La versión ajustada de este índice de diversificación varía entre 0 [el caso hipotético de que la base del conocimiento de la industria h estuviera compuesto por un solo nodo], y 1 [el caso hipotético de que la base de conocimiento de la industria h estuviera compuesto por todos los 39 campos técnicos con el mismo peso].

La diversificación hacia ET en el período t ocurre cuando el índice de diversificación entre ET (TE_{ET-KB}^h) crece al menos igual a la diversificación en toda la base de conocimiento:

$$\frac{TE_{ET-KB,t}^h}{TE_{ET-KB,t-1}^h} \geq \frac{TE_{Total-KB,t}^h}{TE_{Total-KB,t-1}^h}$$

Teniendo en cuenta las dos condiciones anteriores, tres escenarios de diversificación son posibles para ET: diversificación relativa, concentración relativa y reducción de importancia (Figura 3). Si la participación de ET en la base de conocimiento de la industria aumenta y la industria se diversifica en ET al menos como se diversifica en las otras tecnologías, decimos que la industria se está diversificando en la dirección de ET [diversificación relativa hacia ET]. Si la participación de ET en la base de conocimiento de la industria aumenta y la industria se diversifica en ET menos de lo que se diversifica en las otras tecnologías, decimos que la industria se concentra hacia ET [concentración relativa hacia ET].

Finalmente, si la participación de ET en la base de conocimiento de la industria disminuye, decimos simplemente que ET redujo su importancia en la base de conocimiento de la industria [reducción de importancia ET].

Figura 3 - Escenarios de diversificación hacia ET en la base de conocimiento industrial.

		Contribución de E-UTK a la diversificación de la industria	
		$\frac{TE_{ET-KB,t}^h}{TE_{ET-KB,t-1}^h} < \frac{TE_{Total-KB,t}^h}{TE_{Total-KB,t-1}^h}$	$\frac{TE_{ET-KB,t}^h}{TE_{ET-KB,t-1}^h} \geq \frac{TE_{Total-KB,t}^h}{TE_{Total-KB,t-1}^h}$
Evolución de la participación de ET en la base de conocimiento industrial entre 1968-1999 y 2000-2016	↑	Concentración relativa hacia ET	Diversificación relativa hacia ET
	↓	Reducción de importancia	

4. Resultados y Discusión

La centralidad de las tecnologías ambientales en las bases de conocimiento industrial.

La Tabla 2 muestra la evolución de la centralidad ET entre 1969-1999 y 2000-2016. El total de casos es de 120, es decir, 5 ET en 24 industrias. Los valores en la diagonal representan la estabilidad de la centralidad o el número de ET en por sector que permanecen en el mismo nivel de centralidad entre períodos. En términos de centralidad no hay jerarquía entre centralidad relativa y absoluta, por lo que los movimientos entre esas categorías también se consideran estabilidad. El resto de las celdas de la matriz representan ganancias o pérdidas de centralidad. Considerando la importancia jerárquica de las categorías, desde ninguna competencia hasta alta centralidad, la suma de los valores por debajo de la diagonal representa ganancias de centralidad, mientras que la suma de los valores por encima de la diagonal representa pérdidas de centralidad.

La primera observación de la tabla 2 es la estabilidad de la centralidad ET. La frecuencia relativa de la estabilidad fue del 73,3% (la suma de los valores del área gris diagonal que es 88 en el total de 120 casos). La estabilidad se caracteriza más por la baja centralidad de las tecnologías ambientales (frecuencia relativa del 61,4%), lo que es compatible con su novedad como vía para explorar nuevas oportunidades de negocio. Sin embargo, hay algunas pruebas de que estas tecnologías están ganando centralidad. La suma de los valores por debajo de la diagonal es 21, lo que significa que hubo una ganancia de centralidad en un 17,5% de los casos. Alternativamente, la suma de los valores por encima de la diagonal fue 11, es decir, hubo pérdida de centralidad en 9,2% de los casos.

Table 2– La evolución de la centralidad ETc

		2000-2016					
		Alto	Pariente	Absoluto	Bajo	Sin competencias	Total
1969-1999	Alto	19	2	0	4	0	25
	Pariente	4	9	1	3	0	17
	Absoluto	5	0	4	1	0	10
	Bajo	2	2	6	54	1	65
	Sin competencias	0	0	0	2	1	3
Total		30	13	11	64	2	120
	Estabilidad						
	Variación						

**También se incluyen los casos de «No competencias».*

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de EPO PATSTAT / EPO (2020), Orbis / BvD (2016).

Tabla 3. La centralidad* de las tecnologías ambientales en la industria por el riesgo ambiental

	1969-1999						2000-2016					
	Nº industrias	Producción de energía alternativa	Conservación de energía	Gestión de residuos	Agricultura / Silvicultura	Transporte	Producción de energía alternativa	Conservación de energía	Gestión de residuos	Agricultura / Silvicultura	Transporte	
GEI y residuos en procesos	7	5	1	4	2	1	6	3	3	1	1	
Consumidor de energía de alta intensidad	7	6	1	5	2	-	7	3	6	3	-	
GEI en productos	2	1	2	2	0	2	2	1	2	0	2	
Residuos en productos	8	6	2	2	3	1	7	2	2	4	1	
Bajo contaminante	6	4	4	4	1	2	5	3	2	1	2	
Total	24	17	10	14	5	6	21	11	11	5	6	

(*) Número de industrias en cada grupo donde ET tiene una centralidad alta, absoluta o relativa.

Fuente: Cálculos del autor basados en datos de EPO PATSTAT / EPO (2020), Orbis / BvD (2016).

La Tabla 5 prueba la H1 informando el número de industrias manufactureras agrupadas por riesgo ambiental donde las 5 ET informaron centralidad alta, absoluta o relativa entre 1969-1999 y 2000-2016 en 24. Hay dos observaciones a destacar, una transversal y otra temporal. La observación transversal confirma que las ET tienden a adquirir cierta centralidad en las industrias de acuerdo con la relevancia relativa del riesgo ambiental, y esta propensión tiende a ser estable entre períodos. Por ejemplo, la Gestión de Residuos, que incluye tecnologías para reducir las emisiones de GEI, y el Transporte son centrales en las dos industrias contaminantes de GEI en sus productos (industrias de transporte).

Este es también el caso de la Producción de Energía Alternativa en el grupo de consumidores de Alta Intensidad. Las otras ET, Conservación de Energía, Agricultura/Silvicultura y Transporte, adquieren una baja propensión a permanecer centrales en cada grupo, lo que significa que son ET asociadas al riesgo ambiental que afectan a industrias específicas. Una segunda observación es el carácter generalizado de la producción de energías alternativas, es decir, no importa cuál sea el principal problema ambiental, la propensión a que este tipo de tecnologías sea central en la industria es bastante alta. Una tercera observación es un patrón diferente por producto y procesos, es decir, la centralidad de las ET tiende a aumentar entre períodos cuando afectan a la eficiencia de la producción (reducción de costes) como la producción de energías alternativas.

La observación temporal muestra la estabilidad de la centralidad ET entre períodos. Sin embargo, surgen algunas observaciones interesantes. La omnipresencia de la centralidad de la Producción de Energías Alternativas y Conservación de Energía crece, especialmente en los grupos industriales donde el riesgo ambiental se refiere a los procesos; y cualquiera que sea el riesgo ambiental, la producción de energías alternativas gana fuertemente centralidad en la industria. También hay algunos movimientos interesantes de la centralidad ET entre períodos. La Gestión de Residuos pierde centralidad en las industrias contaminantes en GEI y Residuos en procesos, que se enfocan más en el tema energético, pero también en las industrias de baja contaminación. En resumen, el análisis de centralidad parece confirmar el H1. En términos generales, los ET tienden a ser más centrales cuando el riesgo ambiental afecta más a la reducción de los costos de producción que a la reducción de los costos sociales o externalidades negativas.

El grado de Relatedness entre ET y tecnologías core de la industria

La Tabla 6 presenta el índice de relatedness por ET y por grupo de industrias según su principal riesgo ambiental. En términos generales, la H2 parece estar confirmada. La relación de ET con CT es más fuerte que el resto de tecnologías (en media) en aquellas ET más estrechamente relacionadas con el riesgo ambiental que afecta a la industria. En el grupo de industrias contaminantes por emisiones de GHC en procesos, el índice de relacionamiento de ET-Gestión de Residuos con CT es superior a otras tecnologías en Productos de papel, Coque y productos refinados del petróleo y Productos metálicos. Sólo en Textiles es inferior. El relatedness de la tecnología de gestión de residuos es estable entre períodos y solo cae en el segundo período en la industria de productos de papel.

En el grupo de industrias caracterizadas por ser contaminantes en Residuos en sus procesos, 5 de las 7 industrias reportan un índice de relatedness con las competencias básicas superior al resto de las tecnologías (en media): Tabaco, Productos de papel, Maquinaria y equipo, Productos metálicos y Productos farmacéuticos. Una vez más, este patrón se mantiene entre períodos con dos excepciones: un aumento en la industria textil y una pérdida en la industria del tabaco.

Las industrias altamente intensivas en consumo de energía y recursos deberían desarrollar competencias tecnológicas en la producción de energías alternativas y en la conservación de energía. El índice de relatedness de estas ET con las CT de las industrias debería ser más alto en relación a la media del resto de tecnologías, y realmente lo son. Las siete industrias de este

grupo muestran ese resultado en los dos períodos patrón. En las industrias de Otros productos minerales no metálicos, Metales básicos y Productos de papel, el relatedness es superior en Conservación de energía; mientras que, en Productos químicos, Alimentos, bebidas y Coque y productos refinados del petróleo, el relatedness es superior en la Producción de energías alternativas. Llamamos la atención también sobre el relatedness de la ET relativa a agricultura/silvicultura con las competencias centrales en la industria de Coque y los productos refinados del petróleo, que es bastante superior al índice de relatedness de las otras tecnologías. Esto se debe a la exploración de tecnologías de biocombustibles, confirmando una vez más lo que esperábamos en la H2.

El grupo de contaminantes en los productos que producen sólo contempla dos industrias: Vehículos de motor y Otros equipos de transporte. Se espera que las industrias de este grupo sean más sensibles a las tecnologías de conservación de energía y transporte, y los índices de relatividad para ambas tecnologías confirman que realmente lo son. En ambas industrias y en ambos períodos, el índice de relatividad de estas tecnologías con las competencias básicas de las industrias es bastante superior al índice de relatividad para el resto de las tecnologías.

Tabla 6 - Índice de relatedness por ET y grupo de industria según el riesgo ambiental.

(Media de $R_{C,et,t}^h$ por industria)	1978-1999										2000-2016									
	Tech FISIR (Average)	Alternative Energy Production	Energy Conservation	Waste Management	Agriculture / Forestry	Transportation	ET (average)	Tech FISIR (Average)	Alternative Energy Production	Energy Conservation	Waste Management	Agriculture / Forestry	Transportation	ET (average)	Diversification					
<i>GHG emissions in processes</i>																				
Textiles	0,47	0,36	0,47	0,45	0,37	0,26	0,42	0,45	0,39	0,41	0,45	0,40	0,28	0,41	RD					
Paper and paper products	0,47	0,39	0,47	0,47	0,36	0,27	0,42	0,46	0,43	0,41	0,44	0,39	0,27	0,42	RD					
Coke and refined petroleum products	0,37	0,40	0,33	0,47	0,58	0,15	0,45	0,37	0,38	0,35	0,40	0,50	0,23	0,41	RD					
Fabricated metal products, exc. m & eq.	0,44	0,28	0,51	0,45	0,23	0,49	0,37	0,43	0,35	0,46	0,45	0,25	0,47	0,38	RC					
<i>Wastes in processes</i>																				
Textiles	0,47	0,36	0,47	0,45	0,37	0,26	0,42	0,45	0,39	0,41	0,45	0,40	0,28	0,41	RD					
Tobacco products	0,41	0,35	0,42	0,43	0,37	0,26	0,39	0,42	0,37	0,37	0,40	0,36	0,27	0,38	R					
Leather and related products	0,47	0,28	0,52	0,41	0,26	0,37	0,37	0,45	0,34	0,41	0,41	0,29	0,31	0,36	R					
Paper and paper products	0,47	0,39	0,47	0,47	0,36	0,27	0,42	0,46	0,43	0,41	0,44	0,39	0,27	0,42	RD					
Machinery and equipment n.e.c.	0,42	0,25	0,37	0,55	0,36	0,21	0,35	0,43	0,37	0,43	0,48	0,44	0,24	0,39	RD					
Fabricated metal products, exc. m & eq.	0,44	0,28	0,51	0,45	0,23	0,49	0,37	0,43	0,35	0,46	0,45	0,25	0,47	0,38	RC					
Basic pharmaceutical products and pharmaceutical preparations	0,28	0,56	0,23	0,43	0,60	0,10	0,46	0,25	0,53	0,21	0,31	0,55	0,09	0,40	R					
<i>High intensity consumers of energy (resources)</i>																				
Other non-metallic mineral products	0,45	0,35	0,48	0,48	0,34	0,36	0,41	0,43	0,40	0,44	0,46	0,38	0,36	0,42	RC					
Basic metals	0,46	0,35	0,56	0,52	0,33	0,34	0,44	0,44	0,40	0,50	0,52	0,34	0,38	0,44	RD					
Paper and paper products	0,47	0,39	0,47	0,47	0,36	0,27	0,42	0,46	0,43	0,41	0,44	0,39	0,27	0,42	RD					
Chemicals and chemical products	0,38	0,47	0,34	0,49	0,51	0,15	0,45	0,37	0,43	0,37	0,41	0,52	0,21	0,43	RC					
Food products	0,35	0,55	0,28	0,46	0,57	0,14	0,47	0,31	0,53	0,25	0,37	0,59	0,13	0,43	RD					
Beverages	0,37	0,44	0,36	0,44	0,45	0,21	0,42	0,36	0,47	0,31	0,39	0,47	0,20	0,41	R					
Coke and refined petroleum products	0,37	0,40	0,33	0,47	0,58	0,15	0,45	0,37	0,38	0,35	0,40	0,50	0,23	0,41	RD					

(*) Los cuadrados remarcados indican la tecnología ambiental más adecuadamente dirigida al riesgo ambiental asociado con la industria.

Fuente: EPO PatStat y Orbis. Cálculo del autor.

Tabla 6 - Índice de relatedness por ET y grupo de industria según el riesgo ambiental.

(Media de $R_{C,et,t}^h$ por industria). (Continuación)

	1978-1999							2000-2016							Diversification
	Tech FISIR (Average)	Alternative Energy Production	Energy Conservation	Waste Management	Agriculture / Forestry	Transportation	ET (average)	Tech FISIR	Alternative Energy Production	Energy Conservation	Waste Management	Agriculture / Forestry	Transportation	ET (average)	
<i>Products polluting (gases)</i>															
Motor vehicles, trailers and semi-trailers	0,40	0,24	0,55	0,37	0,17	0,52	0,33	0,39	0,34	0,53	0,37	0,16	0,46	0,35	RD
Other transport equipment	0,41	0,25	0,55	0,41	0,18	0,48	0,35	0,40	0,34	0,53	0,40	0,19	0,42	0,37	RD
<i>Wastes in products</i>															
Computer, electronic and optical products	0,38	0,18	0,53	0,21	0,12	0,27	0,26	0,34	0,21	0,36	0,18	0,11	0,28	0,21	RD
Basic pharmaceutical products and pharmaceutical preparations	0,28	0,56	0,23	0,43	0,60	0,10	0,46	0,25	0,53	0,21	0,31	0,55	0,09	0,40	R
Chemicals and chemical products	0,38	0,47	0,34	0,49	0,51	0,15	0,45	0,37	0,43	0,37	0,41	0,52	0,21	0,43	RC
Rubber and plastic products	0,42	0,30	0,49	0,42	0,28	0,41	0,37	0,42	0,38	0,48	0,43	0,31	0,38	0,40	RD
Electrical equipment	0,41	0,21	0,55	0,28	0,15	0,32	0,30	0,38	0,26	0,39	0,32	0,17	0,39	0,29	RD
Wearing apparel	0,44	0,31	0,50	0,44	0,27	0,41	0,38	0,43	0,36	0,45	0,42	0,29	0,36	0,38	RC
Food products	0,35	0,55	0,28	0,46	0,57	0,14	0,47	0,31	0,53	0,25	0,37	0,59	0,13	0,43	RC
Beverages	0,37	0,44	0,36	0,44	0,45	0,21	0,42	0,36	0,47	0,31	0,39	0,47	0,20	0,41	RC
<i>Low pollutant</i>															
Wood; products of wood & cork (exc. furniture); Articles of straw [...]	0,45	0,29	0,45	0,42	0,26	0,47	0,36	0,44	0,38	0,41	0,45	0,29	0,46	0,38	RD
Printing and reproduction of recorded media	0,43	0,25	0,53	0,33	0,24	0,27	0,34	0,39	0,26	0,40	0,28	0,21	0,27	0,29	RD
Manufacture of furniture	0,44	0,26	0,50	0,38	0,21	0,48	0,34	0,44	0,35	0,45	0,39	0,23	0,41	0,35	R
Other manufacturing	0,45	0,49	0,47	0,46	0,40	0,27	0,45	0,45	0,52	0,37	0,38	0,38	0,26	0,41	R
Repair and installation of machinery and equipment	0,43	0,31	0,51	0,41	0,28	0,40	0,38	0,41	0,35	0,47	0,39	0,22	0,40	0,36	RD

(DR), diversificación relativa; (RC) concentración relativa; (R), Importancia reducida.

(*) Los cuadrados remarcados indican la tecnología ambiental más adecuadamente dirigida al riesgo ambiental asociado con la industria

Fuente: EPO PatStat y Orbis. Cálculo del autor.

Por último, las industrias caracterizadas por ser generadoras de residuos en sus productos deberían ser más sensibles a las tecnologías de gestión de residuos y mostrar un índice de relatedness de estas ET con sus competencias centrales superior al de las otras tecnologías (en promedio). Los resultados muestran que esta expectativa realmente ocurre en 7 de las 9 industrias y permanece entre períodos: Productos farmacéuticos, Productos químicos, Productos de caucho y plástico, Prendas de vestir, Alimentos y bebidas. Solo en ‘Wearing apparel’ el índice de relatedness pierde su importancia relativa. También llamamos la atención sobre los elevados valores del índice de relatedness de las tecnologías agrícolas y forestales en las industrias de productos farmacéuticos y químicos. Este también sería un resultado esperado, dado que en ambas industrias existe una fuerte asociación entre la industria farmacéutica y los recursos forestales, por un lado, y entre las aplicaciones de productos químicos a la agricultura, por el otro.

De acuerdo con el H3, la diversificación relativa hacia ET debería asociarse con una mayor relación entre ET y las competencias centrales de la industria en el período anterior (RhC , et , $t-1$), ya que constituiría una trayectoria de diversificación coherente. La última columna del cuadro 6 muestra el camino seguido por las industrias en términos de diversificación tecnológica. La diversificación relativa fue el camino más frecuente en las industrias, pero parece estar asociada a la relación solo en algunas industrias específicas, como en el Coque y los productos refinados del petróleo, maquinaria y equipo, metales básicos, productos de papel, vehículos de motor, otros equipos de transporte y caucho y plásticos. En otros casos, los índices de relatividad superiores se asocian con la concentración en ET, como en los casos de productos metálicos, otros productos minerales no metálicos, productos químicos y alimentos. Finalmente, hay casos en los que el índice de relación es el esperado de acuerdo con el riesgo ambiental y aún así ET perdió importancia. Estos son los casos de los productos farmacéuticos y bebidas.

Los resultados en términos de diversificación hacia ET se presentan de forma sintetizada en la tabla 7. Las ET redujeron su importancia en las bases de conocimiento industrial en algunos sectores entre los períodos 1968-1999 y 2000-2016. Sin embargo, en más de la mitad de las industrias, las ET no solo aumentaron su participación, sino que también contribuyeron a la diversificación de las competencias industriales. Este último escenario tuvo lugar en el grupo de industrias sectores de contaminantes de GEI y por residuos y en industrias altamente intensivas en consumo de energía, como productos químicos, textiles, vehículos de motor y

coque y petróleo. Al mismo tiempo, también se registró diversificación hacia ET en sectores poco contaminantes, lo que refuerzan el carácter transversal de las ET.

Tabla 7 – Índice de industrias y relaciones (media de por industria) según escenarios de diversificación hacia $R_{C,ET,t}^h$ E-UTK

Escenario	Industria	$R_{C,ET,t}^h$ (1968-1999)
Diversificación relativa hacia ET	Productos alimenticios	0.38
	Textiles	
	Ropa de vestir	
	Madera y de productos de madera y corcho, excepto muebles; Manufacturas de paja y materias trenzables	
	Papel y productos de papel	
	Coque y productos refinados del petróleo	
	Productos químicos y productos químicos	
	Productos de caucho y plástico	
	Metales básicos	
	Productos informáticos, electrónicos y ópticos	
	Maquinaria y equipo n.c.o.p.	
	Vehículos motorizados, remolques y semirremolques	
	Otros equipos de transporte	
Reparación e instalación de maquinaria y equipo		
Concentración relativa hacia ET	Impresión y reproducción de soportes grabados	0.36
	Otros productos minerales no metálicos	
	Productos metálicos fabricados, exc. m. & eq.	
Y reducción de importancia	Equipos eléctricos	0.38
	Bebidas	
	Productos del tabaco	
	Cuero y productos relacionados	
	Productos farmacéuticos básicos y preparados farmacéuticos	
	Mueble	
Otras industrias manufactureras		

Fuente: EPO PatStat y Orbis. Cálculo del autor.

La última pregunta es si la diversificación hacia ET verificada en 2000-2016 está asociada con la relación observada en el período anterior [1968-1999]. Los resultados no demuestran una asociación clara que confirme la importancia de la coherencia tecnológica para explicar los caminos de diversificación y variedad en la base de conocimiento industrial. La relación entre ET y CT (media índice) en el grupo de sectores donde ocurrió diversificación relativa hacia ET

[0,38] fue similar a la verificada en el grupo donde ET redujo su importancia (Tabla 7). Además de eso, la diversificación relativa hacia ET ocurrió en casos de bajo índice de relación, lo que significa que las ET representan caminos de diversificación impulsados por otras fuerzas más allá de las complementariedades del conocimiento en la base de conocimiento industrial, como activos complementares, costes de reducción o requisitos de política ambiental. Un ejemplo son los productos informáticos, electrónicos y ópticos que presentan la menor relación entre ET y CT entre todos los sectores, 0,26 (Tabla 6). Al mismo tiempo, las ET redujeron su importancia en las bases industriales de conocimiento cuyos CT estaban estrechamente relacionados con ET, lo que indica brechas de coherencia tecnológica en el proceso de desarrollo de nuevas competencias. Esto sucedió en otras manufacturas, y productos farmacéuticos básicos y preparaciones farmacéuticas, esta última una industria contaminante por sus procesos y productos.

5. Conclusiones

Este documento tenía como objetivo observar si las tecnologías ambientales constituyen un camino natural de diversificación tecnológica en la industria, considerando su relación con las competencias básicas en cada industria. Para ello, el documento planteó tres hipótesis: (1) sobre la centralidad de las ET en relación con el principal riesgo ambiental de la industria; (2) sobre el grado de relatedness con las tecnologías centrales de la industria considerando diferentes sensibilidades a diferentes riesgos ambientales, identificando, por un lado, el desarrollo de tecnologías ambientales que reduzcan el coste de la energía y proporcionando retornos privados, y por otro lado, el desarrollo de tecnologías de gestión de residuos que implican retornos sociales; (3) sobre la asociación entre la diversificación hacia ET y su relación con las competencias básicas de la industria.

En relación con la primera y segunda hipótesis, el documento muestra que las ET son principalmente de baja centralidad y estables entre períodos (1969-1999 y 2000-2016). Sin embargo, una parte no despreciable de ET tiene una centralidad representativa en la industria y, aún más, tiende a ganar centralidad entre períodos. Además, las ET suelen ser coherentes (más centrales) en la industria de acuerdo con el principal riesgo ambiental, pero las ganancias de centralidad son más relevantes cuando las ET proporcionan rendimientos privados (caso de producción de energía alternativa y conservación de energía). Las ET que proporcionan retornos sociales, los relacionados con la gestión de residuos, no revelan ganancias significativas de centralidad. Este resultado es una primera indicación sobre la fuente de la motivación en la industria para invertir en ecoinnovación. Por mucho que las ET proporcionen

reducciones de costes, hay una motivación para innovar. Sin embargo, hay poca motivación en la industria para innovar en ET que proporcionan retornos sociales, especialmente tecnologías para resolver problemas como la generación de residuos en productos (como computadoras, productos farmacéuticos, productos químicos, caucho y plásticos, equipos eléctricos, productos de desgaste, alimentos y bebidas). En estos casos, los incentivos regulatorios y políticos deben estimular las ecoinnovaciones en la industria.

En relación con la tercera hipótesis, los resultados revelan que el grado de relatedness de las tecnologías ambientales con las competencias básicas de las industrias no impulsa el camino de la diversificación tecnológica en la industria. Este resultado es otra indicación de que la regulación y las políticas públicas son necesarias para guiar los ritmos y caminos de las innovaciones en la industria. No parece claro que ET represente un camino natural de diversificación tecnológica, excepto tal vez en el paradigma de energías alternativas.

Finalmente, las brechas de coherencia tecnológica observadas en Otras manufacturas, y Productos farmacéuticos [esta última una industria contaminante por sus procesos y productos] son casos que merecen más investigación y podrían contribuir a comprender el papel desempeñado por otros factores señalados en la literatura como determinantes para el desarrollo de nuevas competencias ambientales y no considerados en este trabajo, como la reducción de costes y la reputación. Además, implica algunas ideas relevantes desde una perspectiva de política ambiental, ya que llama la atención sobre sectores donde la regulación y otros instrumentos podrían ser más importantes para fomentar las eco-innovaciones de manera más compulsoria.

6. Referencias

- Arundel, A. (2001). La eficacia relativa de las patentes y el secreto para la apropiación. *Política de investigación*, 30(4), 611-624.
- Bönte W.; Dienes. C., (2013). Innovaciones ambientales y estrategias para el desarrollo de nuevas tecnologías de producción: evidencia empírica de Europa. *Autobús. Strat. Env.* (2013) Publicado en línea en Wiley Online Library. DOI: 10.1002/bse.1753
- Breschi, S., Lissoni, F., Malerba, F. (2003). "Knowledge-related in firm technological diversification". *Política de investigación*, 32, 69-87.
- Chiu, Y.D; Lai, H.C, Lee, T.Y; Liaw, Y.D (2008). "Diversificación tecnológica, activos complementarios y rendimiento". *Pronóstico tecnológico y cambio social*, 75, 875-892.
- Cohen, W. M., Goto, A., Nagata, A., Nelson, R. R. y Walsh, J. P. (2002). Los efectos indirectos de investigación y desarrollo, las patentes y los incentivos para innovar en Japón y Estados Unidos. *Política de investigación*, 31(8-9), 1349-1367.
- Ding, Y.; Yan, E.; Frazho, A.; Caverlee, J., (2009) PageRank para clasificar autores en redes de co-citas. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, v. 60, n. 11, p. 2229-2243.
- Comisión Europea (2011). *El Plan de Acción para la Ecoinnovación (ECO-AP)*. Bruselas 899 final.
- EPO PATSTAT. *Base de datos estadísticas mundiales de patentes de la OEP*. Viena: Oficina Europea de Patentes, 2020.
- Fai, F, von Tunzelmann, N., (2001). Competencias específicas de la industria y sistemas tecnológicos convergentes: evidencia de patentes. *Cambio estructural y dinámica económica*, 12, 141-170.
- García-Vega, M., (2006). ¿La diversificación tecnológica promueve la innovación? Un análisis empírico para las empresas europeas. *Política de investigación* 35 230–246
- Grupp, H., y U. Schmoch. (1999) "Patent Statistics in the Age of Globalization: New Legal Procedures, New Analytical Methods, New Economic Interpretation". *Política de investigación*, 28, 377–396
- Hall, B.H. (2009). El uso y el valor de los derechos de PI. En: Working paper presented at the UK IP ministerial forum on the economic value of intellectual property, Londres (Reino Unido).
- Hojnik, J. y Ruzzier, M. (2016). ¿Qué impulsa la ecoinnovación? Una revisión de una literatura emergente. *Innovación ambiental y transiciones sociales*, 19, 31-41.
- Horbach, J., Rammer, C. y Rennings, K. (2012). Determinantes de las ecoinnovaciones por tipo de impacto ambiental: el papel del empuje / atracción regulatorio, el impulso tecnológico y el tirón del mercado. *Economía ecológica*, 78, 112-122.
- Joo, S. y Kim, Y. (2010). Medir la relación entre campos tecnológicos. *Cienciometría*, 83(2), 435-454
- Krafft, J., Quatraro, F., Saviotti, P.P., (2011). La evolución de la base de conocimiento en biotecnología: un análisis de redes sociales. *Economía de la innovación y las nuevas tecnologías*, 20 (5), 445-475.
- Lavarello, P.J. (2016). Diversificación del conocimiento corporativo frente a la complejidad tecnológica: el caso de la biotecnología industrial. *Cambio estructural y dinámica económica*, 38, 95-105.

- Le Bas, C., y C. Sierra. (2002). Location versus home country advantages in R&D activities: some further results on multinationals' location strategies. *Política de investigación*, 31, 589-609.
- Levin, R. C., Klevorick, A. K., Nelson, R. R., Winter, S. G., Gilbert, R. y Griliches, Z. (1987). Apropiarse de los beneficios de la investigación y el desarrollo industrial. *Brookings papers on economic activity*, 1987(3), 783-831.
- Nagaoka, S., Motohashi, K. y Goto, A. (2010). Las estadísticas de patentes como indicador de innovación. En *Handbook of the Economics of Innovation* (Vol. 2, pp. 1083-1127). Holanda Septentrional.
- Oltra, V., Kemp, R. y De Vries, F. P. (2010). Las patentes como medida para la ecoinnovación. *Revista Internacional de Tecnología y Gestión Ambiental*, 13(2), 130-148.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). *Manual de estadísticas de patentes de la OCDE*. París: OCDE, 2009.
- Patel, p., Pavitt, k. (1997) "The technological competencies of the world's biggest firms: complex and path dependent, but not much variety". *Research Policy*, v. 26, n. 2, p. 141-156.
- Patel, P. y Pavitt, K. (1991). Grandes empresas en la producción de la tecnología mundial: un caso importante de "no globalización". *Revista de estudios de negocios internacionales*, 22(1), 1-21.
- Perra, N.; Fortunato, S., (2008). Medidas de centralidad espectral en redes complejas. *Physical Review E*, v. 78, n. 3, p. 036107.
- SchmoechEn. (2008) Concept of a Technology Classification for Country Comparisons - Final Report to the World Intellectual Property Organization (WIPO). Karlsruhe, Alemania: Instituto Fraunhofer de Investigación de Sistemas e Innovación. http://www.wipo.int/edocs/mdocs/classifications/en/ipc_ce_41/ipc_ce_41_5-annex1.pdf
- Teece. D.J., Rumelt, R., Dosi, G., Winter, S. (1994). "Entender la coherencia corporativa. Teoría y evidencia". *Revista de Comportamiento Económico y Organización*, 23, 1-30.
- CMNUCC, Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (2009). Reducir la vulnerabilidad al cambio climático y los desafíos ambientales. Desafíos ambientales y de desarrollo y oportunidades. Mayo. http://unfccc.int/resource/docs/publications/ldc_reducingvulnerability.pdf.
- Van Zeebroeck, N., van Pottelsberghe de la Potterie, B. y Han W. (2006). «Cuestiones relativas a la medición del grado de especialización tecnológica con datos de patentes. Documento de trabajo N° 05/016 de la Junta de los jefes ejecutivos del sistema de las Naciones Unidas para la coordinación. Universidad Libre de Bruselas
- Vega, M.G. ¿La diversificación tecnológica promueve la innovación? Un análisis empírico para las empresas europeas. *Política de investigación* 35 (2006) 230–246
- Yan, B. y Luo, J. (2017). Medición de la distancia tecnológica para el mapeo de patentes. *Revista de la Asociación para la Ciencia y Tecnología de la Información*, 68(2), 423-437.
- Chiu, Y. C., Lai, H. C., Liaw, Y. C. y Lee, T. Y. (2010). Alcance tecnológico: Diversificado o especializado. *Cienciometría*, 82(1), 37-58.
- Zander, I (1997). Diversificación tecnológica en la evolución histórica de la multinacional y perspectivas de futuro. *Research Policy* 26 (1997) 209-227.