



INFORME del GTM¹ sobre “PROPUESTA DE UNA SELECCIÓN EXPERTA PARA UNA POLÍTICA TECNOLÓGICA E INDUSTRIAL”²

Fecha del informe: 20 noviembre 2020

Estructura del informe:

1. Objetivo de la propuesta
2. Metodología de análisis
3. Resultados
 - 3.1 Las Ventajas Tecnológicas Relativas
 - 3.2 Ventajas Tecnológicas Relativas y Dinamismo Internacional
 - 3.3 Análisis Clúster
4. Conclusiones
5. Futuras investigaciones

1. OBJETIVO DE LA PROPUESTA

La crisis actual, sanitaria y económica, provocada por la pandemia de la COVID-19 muestra con especial crudeza algunas de las graves insuficiencias de nuestro sistema de ciencia, tecnología e innovación (SCTI). Como se ha indicado en anteriores informes del GTM³, esta nueva crisis ahonda muchas de las deficiencias estructurales de nuestro SCTI, ya muy agravadas por la anterior crisis iniciada en 2008.

Lo que ahora nos preocupa es la demostrada carencia de tecnologías y capacidades de producción, sobre todo en el marco de la industria. No se trata solamente de ciertas tecnologías y producciones relacionadas con el sistema de salud (v.g., industria farmacéutica o equipos médicos), sino también de otras relativas a producciones que

¹ El Grupo de Trabajo Multidisciplinar (GTM) asesora y apoya al Ministerio de Ciencia e Innovación en materias científicas relacionadas con el COVID-19 y sus consecuencias futuras. El [GTM](#) está compuesto por: José M. Ordovás (Presidente), Mariano Esteban, Rocío García-Retamero, Beatriz González López-Valcárcel, Alfonso Gordaliza, Marco Inzitari, Pedro Jordano, Itziar de Lecuona, Laura M. Lechuga, Ramón López de Mántaras, José Molero, Agustín Portela, Diego Puga, José Javier Ramasco, Francisco Sánchez-Madrid y Alfonso Valencia. Enric Banda actúa como observador, y María Sol Serrano Alonso como secretaria. Todos los componentes del GTM colaboran de forma desinteresada con el Ministerio de Ciencia e Innovación.

² Este informe está basado en el trabajo de investigación de la Cátedra de Estudios de la Innovación (CESIN) en el que han participado el director José Molero y el investigador Samuel Gabaly. Para más detalles, véase CESIN, 2020.

³ https://www.ciencia.gob.es/stfls/MICINN/Ministerio/FICHEROS/CAMBIOS_SISTEMA_CIENCIA_E_INNOVACION.pdf. https://www.ciencia.gob.es/stfls/MICINN/Ministerio/FICHEROS/GTM_Economia.pdf



pueden considerarse estratégicas, notablemente las relacionadas con la Industria 4.0. Esto ha conducido a una renovada preocupación por aspectos olvidados, como la dependencia tecnológica del exterior o la seguridad tecnológica.

Más allá de las generalidades habituales, creemos que es preciso introducir elementos objetivos de análisis para identificar un método que permita avanzar de manera más consistente en **la prospección e identificación de tecnologías y sectores estratégicos** que podrían **priorizarse** dentro de una política estatal. Este documento, responde a esta necesidad, siendo conscientes que es solamente un primer esfuerzo al que podrían añadirse trabajos más específicos si el Ministerio de Ciencia e Innovación y otros relacionados como Economía, Industria o Transición Ecológica, quisieran desarrollarlo con perspectivas de seguimiento en el tiempo.

A continuación, se expondrán los aspectos metodológicos fundamentales del estudio realizado (apartado 2), así como unos primeros resultados de la investigación llevada a cabo (apartado 3). Se completa el documento con la síntesis de las conclusiones más destacadas (apartado 4) y algunas propuestas de estudios posteriores (apartado 5).

2. METODOLOGÍA

Para llevar a cabo la investigación se han utilizado las estadísticas de patentes españolas y mundiales de la *World International Property Organisation* (WIPO). Estos datos deben considerarse como un indicador de actividad tecnológica (Griliches, 1990) y hay que seguir pautas específicas que eviten una utilización sesgada (Pavitt, 1988). En este trabajo se han seguido las recomendaciones de la OCDE (2009).

Respecto al enfoque analítico, este se basará en la clasificación de tecnologías de acuerdo con la propuesta de la WIPO que, a nuestro juicio, es la mejor. Se podrían utilizar otras clasificaciones de tecnología, como la *International Patent Classification* o la *US Patent Classification*, pero se entiende que la propuesta de la WIPO resuelve mejor que las otras las diferencias entre sectores y tecnologías y ofrece una agrupación de clases tecnológicas equilibrada, pues no muestra ni una excesiva desagregación, que podría en peligro la representación estadística de algunas de esas clases, ni una excesiva agregación en donde el concepto de tecnología quedase difuminado (Schmoch, 2008). Esta misma base de datos permite un enfoque sectorial pues se pueden reasignar las tecnologías a sectores productivos mediante transformaciones estadísticas desarrolladas a tal fin.

El análisis a partir de las patentes permite conocer la especialización tecnológica de la economía española por clases tecnológicas y sectores económicos y tiene como objetivo proporcionar un “mapa” de las ventajas y desventajas de nuestra economía



como guía de actuación en posibles políticas de desarrollo tecnológico. En futuros trabajos, la correspondencia con los sectores permitirá completar dicho mapa con

indicaciones sobre los sectores donde existen mayores fortalezas y flancos débiles productivo-tecnológicos que sirvan de base para establecer criterios de cara a la elaboración de políticas tecnológicas e industriales orientadas a modificar el actual perfil de especialización y competitividad.

Para estudiar la especialización tecnológica se utilizarán dos mediciones que se complementan: las Ventajas Tecnológicas Relativas (VTR) y el Dinamismo Tecnológico Mundial:

- Las Ventajas Tecnológicas Relativas (o Reveladas) se pueden referir tanto a una Clase Tecnológica como a un sector y se definen de la siguiente manera: $VTR_{clasei} = (Patentes\ Españolas_{clasei} / Patentes\ Mundiales_{clasei}) / (Patentes\ totales\ españolas / Patentes\ totales\ Mundiales)$. Se refieren a un periodo de tiempo igual o superior a cinco años. Para los sectores basta con sustituir el subíndice clase por el de su sector. Su interpretación es directa. Cuando $VTR_{clasei} > 1$ decimos que España en esa clase tiene Ventajas Relativas; es decir que el comportamiento en esta clase es mejor que el comportamiento del conjunto de las clases españolas. Cuanto más se eleve por encima de 1, la Ventaja es mayor. En sentido contrario, cuando $VTR_{clasei} < 1$, decimos que tiene desventaja, tanto mayor cuanto más inferior a la unidad sea el valor del índice. Este indicador muestra la situación española relativa en un periodo de tiempo concreto.
- El Dinamismo Tecnológico Mundial ofrece una visión diferente, pues considera la evolución en el tiempo de las distintas clases tecnológicas a nivel internacional. Se calcula comparando el peso de cada clase (o sector) a nivel global respecto al total de clases (o sectores) del mundo al final de un periodo elegido respecto al peso que la misma clase (sector) tenía al principio del periodo considerado. Para evitar de nuevo elegir algún año singular nos referiremos a la media de los últimos diez años. La interpretación es directa también; cuanto mayor es el diferencial positivo a final del periodo, más dinámica se considera la actividad de la clase respecto al total de las patentes.

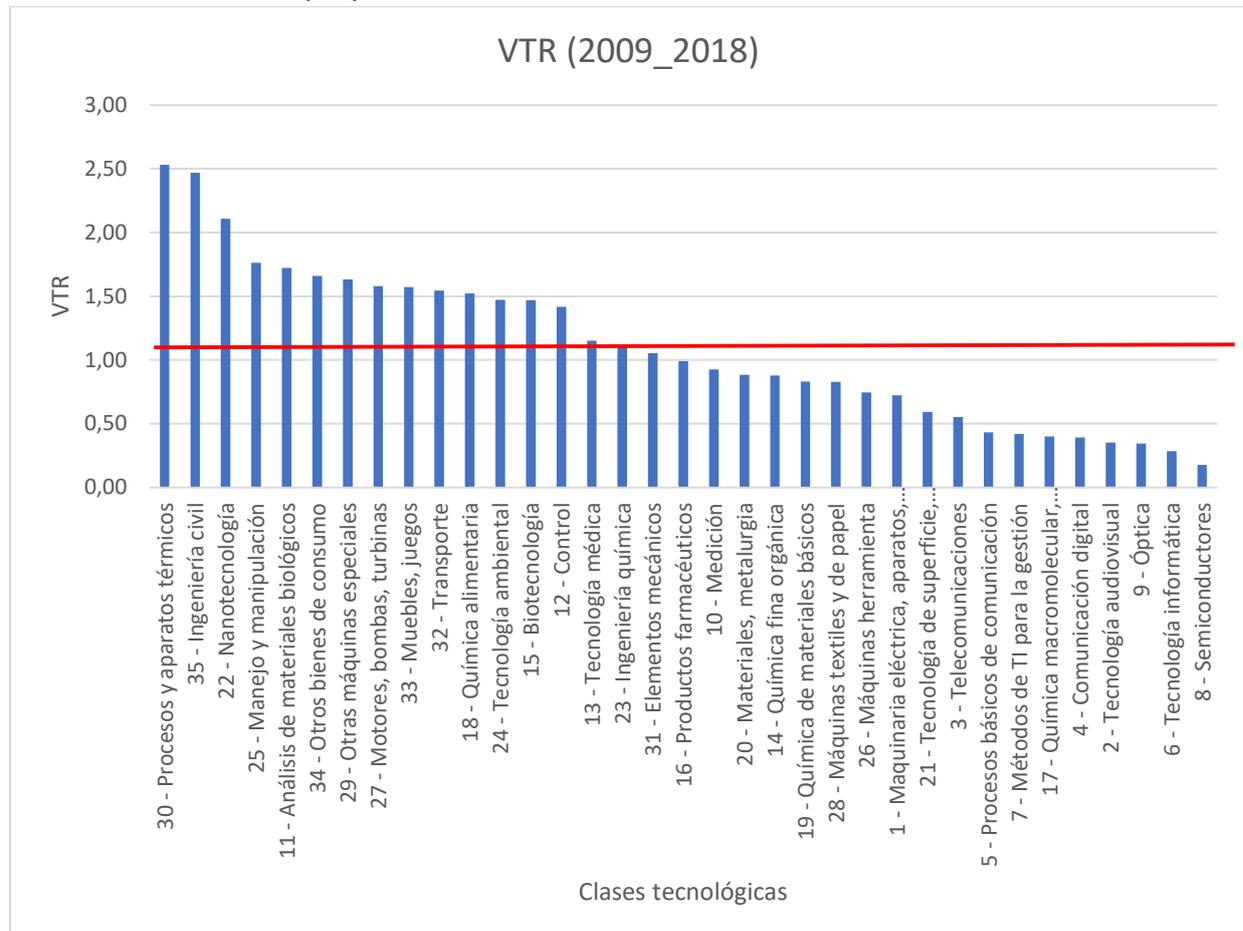
La desagregación de las clases tecnológicas sigue la propuesta de la WIPO, que establece 35 clases (Schmoch, 2008).

3. RESULTADOS

3.1 Las Ventajas Tecnológicas Relativas

Como primera aproximación se ofrecen los resultados de estimar las VTR de acuerdo con la clasificación de clases tecnológicas de la WIPO para el periodo 2009-2018. Este paso permite conocer la existencia de campos de mejor y peor comportamiento respecto al promedio de la economía española. Debe insistirse que son ventajas de tipo relativo, es decir, que tener una ventaja en un campo concreto no indica que en ese campo se sea un líder mundial, simplemente que en ese tipo de tecnología el comportamiento revelado de España es mejor que su comportamiento promedio respecto al mundo. El gráfico nº 1 recoge los resultados del cálculo.

Gráfico 1. Valores de VTR para diferentes sectores NACE, en orden descendente.
Fuente: *Elaboración propia con datos de la WIPO*



Actividad tecnológica muy inferior al promedio: en una gran parte de las tecnologías de mayor presencia en el campo de las TIC y la digitalización (Semiconductores, Tecnología Informática, Tecnología Audiovisual, Comunicación Digital, Procesos Básicos de Comunicación), a lo que habría que añadir una parte importante de la maquinaria especializada y bienes de equipo (Maquinaria Eléctrica, Máquinas Herramienta, Máquinas Textiles y de Papel).



Actividad tecnológica por encima del promedio: se incluyen la Nanotecnología, varios relacionados con la biología y la medicina (Biotecnología, Análisis de Materiales Biológicos, Tecnología Médica), construcción y transporte (Ingeniería Civil, Transporte) y bienes de consumo (Muebles, Juegos, Otros Bienes de Consumo, Química Alimentaria).

3.2 Ventajas Tecnológicas Relativas y Dinamismo Mundial de las tecnologías

Una valoración más ajustada de lo que significan las VTR para las oportunidades de nuestra economía se obtiene al combinar las ventajas o desventajas en las diferentes clases tecnológicas con el dinamismo mundial que dichas clases tienen. Se trata de ver en qué medida nuestro perfil de VTR se ajusta a las tendencias internacionales mostradas por el indicador de dinamismo mundial. Los resultados de este análisis se muestran en el gráfico nº 2, que permite extraer las siguientes conclusiones⁴:

Campos que suponen desventajas para España: algunos campos tecnológicos internacionalmente dinámicos relativos a la Revolución Digital (Cuarta Revolución Industrial) como Comunicación Digital, Métodos de TI o Tecnología Informática. Otros campos relevantes con desventajas en España son el de las Máquinas Herramienta, Química de Materiales Básicos, Materiales y Metalurgia o Química de Macromoléculas y Polímeros.

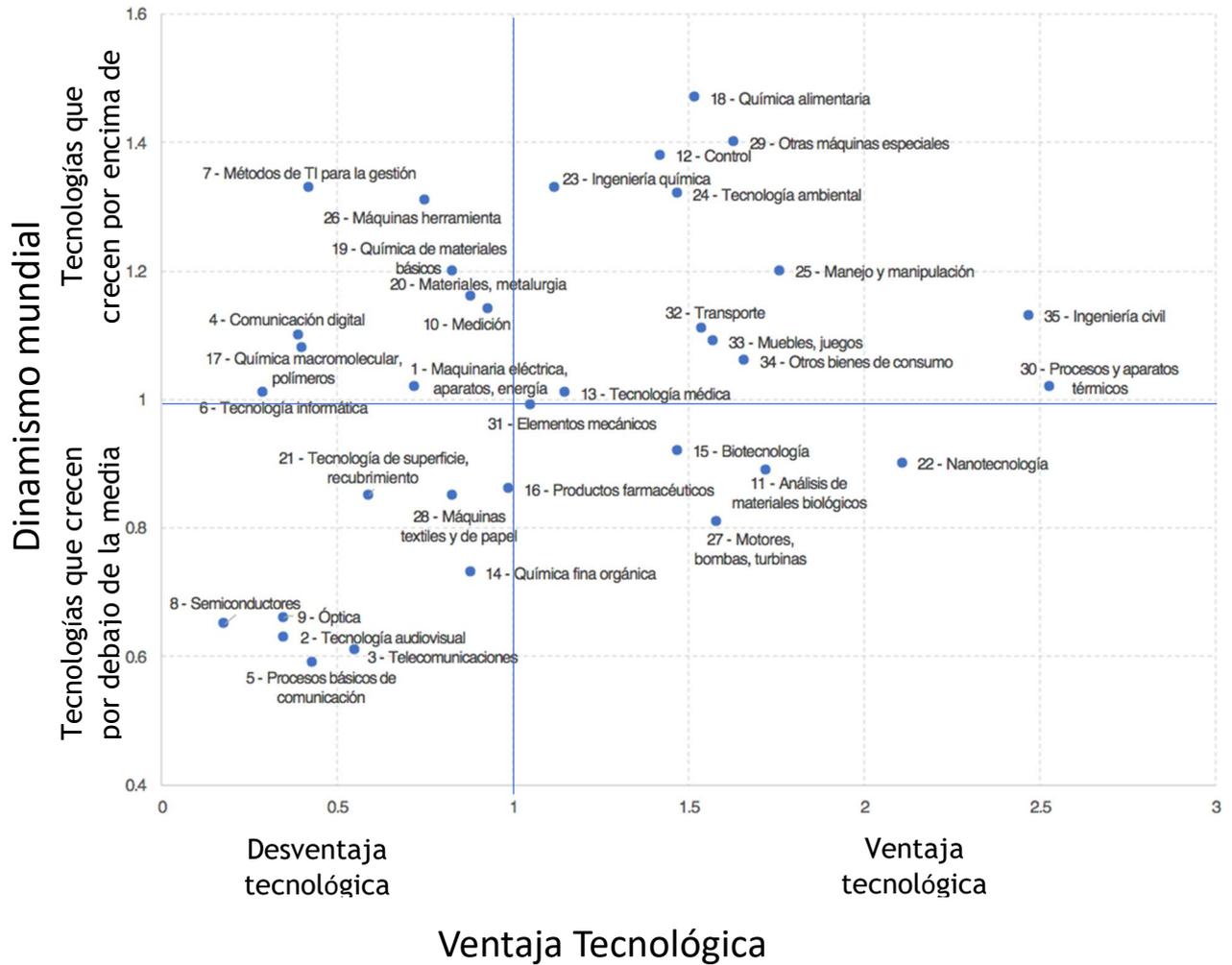
Campos que suponen ventajas de España: es el caso de Ingeniería Civil, Procesos y Aparatos Térmicos, Tecnología Ambiental, Otras Máquinas Especiales, Control, Química Alimentaria o Transporte.

Hay una serie de tecnologías, que crecen por debajo de la media, en las que España tiene especialización, como Nanotecnología, Biotecnología, Análisis de Materiales Biológicos o Motores y Turbinas, entre otros.

Por último, hay una serie de tecnologías con menor crecimiento que la media en la última década y en las que España no presenta ventajas tampoco, como por ejemplo tecnología audiovisual, procesos básicos de comunicación, óptica o telecomunicaciones (no incluyendo comunicación digital).

⁴ Los gráficos tienen como fuente común la investigación realizada por Molero y Gabaly en la Cátedra CESIN (2020).

Gráfico nº 2: Análisis de la Ventaja Tecnológica Revelada de España vs. Mundo y el dinamismo mundial de las clases tecnológicas (2009-2018)



3.3 Análisis clúster y prioridades derivadas

Conocido el perfil básico de la situación de la tecnología en la industria, es conveniente dar un paso más para establecer algún criterio que ayude a determinar prioridades de la política tecnológica e industrial de cara a posibles decisiones sobre los aspectos débiles y fuertes mostrados en el epígrafe anterior. Mediante un análisis estadístico más avanzado es posible establecer una tipología de casos más sólida.

Para ello se ha llevado a cabo un análisis clúster sobre la distribución de las clases tecnológicas expuesta en el gráfico nº 2⁵. El resultado se expone en el gráfico nº 3 y muestra un total de 5 clústeres con distintos posicionamientos de las diferentes clases tecnológicas analizadas en cuanto a la ventaja tecnológica revelada y al dinamismo mundial de cada clase tecnológica. Los clústeres analizados representan conglomerados homogéneos de clases tecnológicas en función de su ventaja tecnológica y su dinamismo mundial en los últimos años. Para una visualización más directa se han utilizado distintos colores para cada clúster, incluyendo los puntos de las clases incluidas en cada uno de ellos. A partir de estos clústeres se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Si el problema básico a abordar desde nuevas actuaciones de política tecnológica e industrial es el de reducir las insuficiencias más graves, el **clúster 1** puede ser prioritario para España, pues incluye las oportunidades tecnológicas, con clases tecnológicas a potenciar, que presentan más dependencia relativa y mayor dinamismo a nivel mundial. Este clúster incluye principalmente tecnologías relacionadas con las TIC y la Revolución Digital como comunicación digital, métodos de TI o tecnología informática. Otras clases prioritarias para potenciar incluidas en este clúster serían las máquinas herramienta⁶ y la química macromolecular.
- En el **clúster 2** se incluyen otras tecnologías relacionadas con la electrónica y las TIC en las que España tiene oportunidad de mejorar su posición de ventaja tecnológica revelada pero que tienen un menor dinamismo a nivel mundial que las del Clúster 1. Comprende clases tecnológicas como tecnología audiovisual, telecomunicaciones, óptica o semiconductores, entre otras. La importancia de las clases incluidas en

⁵ Se ha utilizado la técnica de K-means que minimiza la varianza interna de los grupos. Pueden verse Deng y Zaho (2017), Yang et al (2017) y Cohn y Holm (2020)

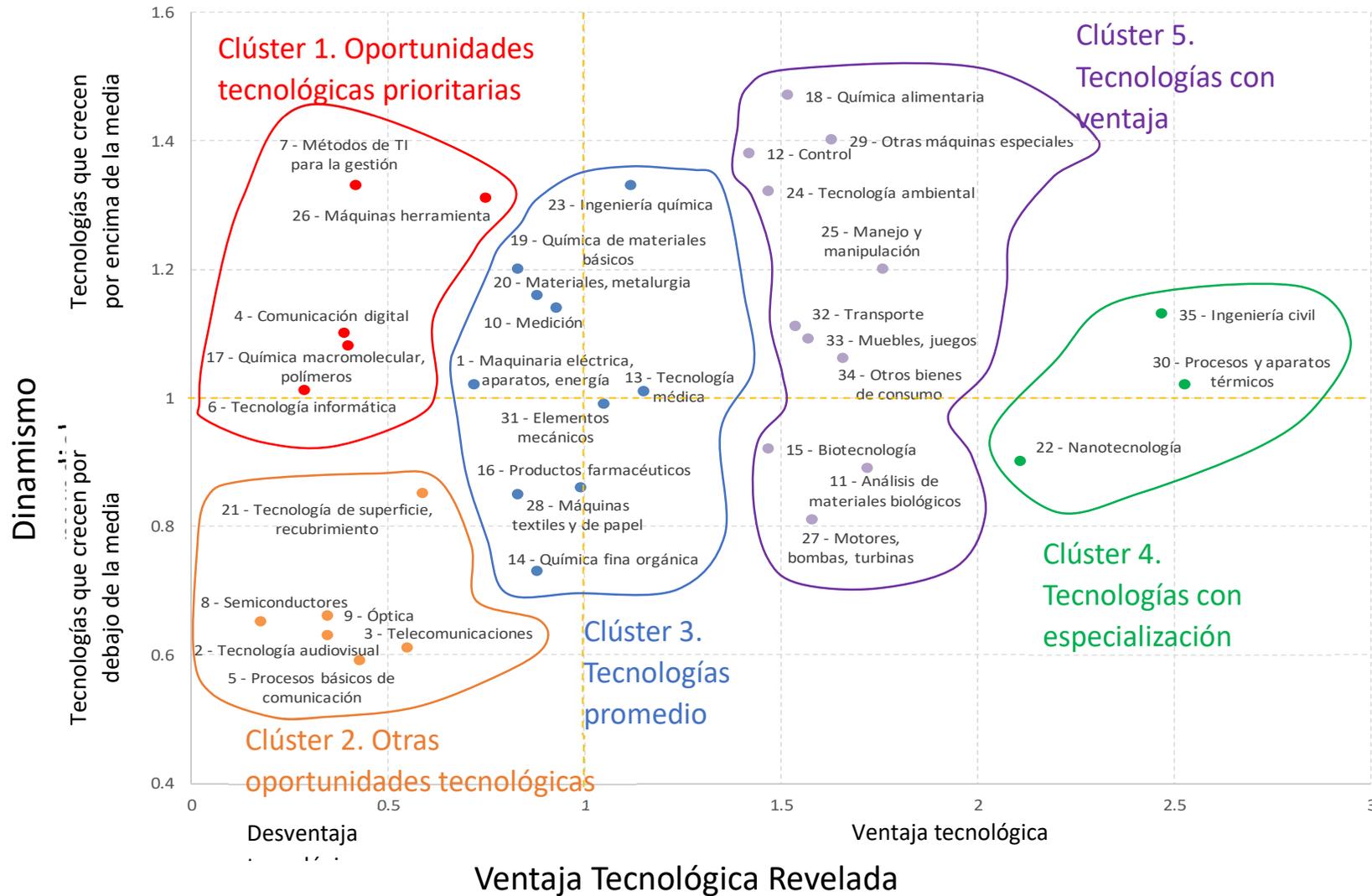
⁶ En la evolución de las tecnologías relacionadas con la máquina herramienta es un hecho constatado su cada vez mayor incorporación de tecnologías TIC y su conexión creciente con tecnologías relacionadas con la robótica.



este grupo se refuerza por las relaciones que muchas de ellas tienen con las del Clúster 1.

- El **clúster 4**, por su parte, integra clases tecnológicas donde España presenta un alto grado de especialización en comparación con la media mundial, incluyendo tecnologías de ingeniería civil, procesos y aparatos térmicos y nanotecnología. Estaríamos ante puntos fuertes de la especialización que no deberían perderse en el próximo futuro.
- Los **clústeres 3 y 5**, por último, contienen clases tecnológicas promedio o con cierta ventaja para España, que requerirían de un seguimiento a más largo plazo pero que no presentarían tanta oportunidad de mejora a corto plazo, como las clases de los clústeres 1 y 2.

Gráfico nº 3: Análisis clúster para la identificación de oportunidades tecnológicas para España



4. CONCLUSIONES GENERALES

En este primer ejercicio se han podido constatar algunos de los rasgos generales que caracterizan la situación de la tecnología en la economía española en relación con el contexto internacional. Por mencionar solo lo más destacado, desde todos los ángulos se apunta una importante debilidad en la mayoría de las tecnologías vinculadas al cambio digital asociado a la Industria 4.0; esto ocurre tanto en la medición de las VTR como en su asociación con el dinamismo mundial e incluyen no solo tecnologías relacionadas con producciones industriales, sino también otras fundamentales para el desarrollo de los servicios de mayor valor añadido (*Knowledge Intensive Business Services*). En el debate actual sobre digitalización de la industria debe introducirse la distinción entre el uso de las tecnologías o, como aquí se analiza, su creación. Las repercusiones científicas, tecnológicas y económicas son mucho más positivas en el caso de la creación de las tecnologías que las obtenidas por el mero uso de las mismas.

En un sentido parecido aparecen tecnologías relacionadas con el macro sector de los bienes de equipo. Una mayoría de los sectores de maquinaria especializada muestran perfiles poco favorables de cara a la evolución futura y a los cambios productivos que se proponen para un mejor desenvolvimiento de la economía y la industria en un marco internacional extraordinariamente cambiante y competitivo.

Por el contrario, las perspectivas son más favorables en campos tecnológicos relacionados con la producción de bienes de consumo, la construcción, el transporte, medio ambiente y diversos campos de las ciencias biomédicas. Las ventajas en temas ambientales pueden ser importantes de cara a los desafíos que presenta el cambio climático⁷.

Ciertamente, lo planteado en estas páginas no abarca los múltiples aspectos y detalles de algo tan complejo como la situación tecnológica de la industria española; se trata de aportar criterios basados en la evidencia empírica que ayuden a tomar decisiones de cara a la insistentemente mencionada necesidad de fomentar la industria, mejorar su capacidad tecnológica y generar un cambio estructural que favorezca una inserción más competitiva y resiliente en el escenario internacional que se está perfilando.

Se debe tener en cuenta, de cara a evaluar la dependencia externa, que fortalecer internamente los campos que suponen desventaja mitigaría dicha dependencia exterior, así como reforzar los campos que suponen ventaja puede traducirse en oportunidades en el exterior para los agentes españoles.

⁷ Las ventajas aquí estimadas en temas ambientales son coincidentes con los resultados alcanzados por la OCDE es su estimación a nivel de los países de la zona (OECD, 2014)

5. FUTURAS INVESTIGACIONES

Con el fin de alcanzar un conocimiento más completo de la situación actual y su posible desarrollo, se pueden desarrollar diversas líneas de investigación entre las que cabe mencionar las siguientes:

- Profundizar en el balance entre tecnología propia e importada a partir de al menos los siguientes elementos:
 - o La medición del peso de las patentes solicitadas por no residentes frente a las solicitadas por residentes.
 - o Estimar la participación en las solicitudes de residentes de aquellas llevadas a cabo por filiales de empresas multinacionales domiciliadas en España.
- Realizar estudios comparativos con otros países, especialmente aquellos que tiene un nivel de desarrollo económico similar al español. El estudio de la OCDE (2014) proporciona una primera base para seleccionar los países con los que compararnos⁸.
- Avanzar en el nivel de detalle de las tecnologías mediante una posterior desagregación de las incluidas en cada uno de los clústeres encontrados.
- Completar el análisis de tecnologías con un estudio sectorial. Para ello, sería necesario complementar el análisis tecnológico con otros aspectos económicos que permitan una mejor valoración de estrategias de posibles políticas a desarrollar a nivel de sectores seleccionados. En este sentido, sería fundamental la utilización de otras fuentes de información como la Encuesta Sobre Estrategias Empresariales de la Fundación SEPI y la Encuesta sobre Innovación de las Empresas del INE.
- Analizar las relaciones entre las VTR y las ayudas públicas concedidas a las empresas en los distintos sectores involucrados.

REFERENCIAS

- CESIN (2020): *Especialización tecnológica en España a través de las patentes: sectores de actividad y clases tecnológicas*. Cátedra de Estudios de la Innovación. UCM. Madrid. <https://www.ucm.es/cesin/>
- Cohn, R y Holm, E. (2020): Unsupervised machine learning via transfer learning and k-means clustering to classify materials image data. *Integrated Materials and Manufacturing Innovation*. Cornell University. ArXiv:2007.08361 (cond-mat.matrl).
- Deng, CH-H. y Zaho, W-L. (2017): Fast k-means based on KNN Graph. Conference: 2018 IEEE 34th International Conference on Data Engineering (ICDE). DOI: [10.1109/ICDE.2018.00115](https://doi.org/10.1109/ICDE.2018.00115).
- Griliches, Z. (1990): Patent statistics as economic indicators: a survey. *Journal of Economic Literature*, v. 28.
- OCDE (2009): *Manual de estadísticas de patentes de la OCDE*. Oficina Española de Patentes y Marcas.
- OECD (2014): *Science, Technology, and Industry Outlook*. https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=RTA_STIO

⁸ A nivel de países concretos una referencia interesante es la del caso de Finlandia. Véase Pajarinen (2010)

Pajarinen, M. (2010): *Revealed Technological Advantages of the Finnish Industry*. Discussion Papers 1210. The Research Institute of the Finnish Industry.

Pavitt, K. (1988): Uses and abuses of patent statistics. Includo en: A.F.J. Van Raan (ed), *Handbook of Quantitative Studies of Science and Technology*. Elsevier. Londres.

Schmoch, U. (2008): *Concept of a Technology Classification for Country Comparisons*. Final Report to the World Intellectual Property Organisation (WIPO). Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research, Karlsruhe, Alemania.