



Especialización inteligente e Industria 4.0. Capacidad de absorción y contexto institucional para la transformación digital de la industria europea

Julián Horrillo-Tello

horrillo@tecnocampus.cat. Tel: +34931696500

Parc TecnoCampus Mataró-Maresme. Escola Superior Politècnica (ESUPT)

Universitat Pompeu Fabra (UPF). Ernest Lluch 32, 08302 Mataró (Spain)

Josep Lladós-Masllorens

jlladosm@uoc.edu. Tel: +34934505244

Economics & Business Department

Universitat Oberta Catalunya (UOC). Av. Tibidabo 39, 08035 Barcelona (Spain)

Área Temática: Economía del conocimiento, creatividad y geografía de la innovación

Resumen: *El presente trabajo estudia el papel de la capacidad de absorción y del entorno institucional como potenciales determinantes del entorno innovador, y su impacto en la productividad y en el proceso de digitalización de las economías regionales de la Unión Europea. El entorno de innovación se caracteriza en función de la actividad innovadora y el grado de especialización de la economía regional (especialización inteligente), y se considera la transformación digital de la empresa como el principal proceso de la Industria 4.0. El análisis se realiza mediante modelos de ecuaciones estructurales, sobre datos obtenidos de Eurostat y de The European Cluster Observatory, que utilizan (1) la capacidad de absorción y el entorno institucional como variables exógenas; (2) el nivel de digitalización de la economía, la actividad innovadora y el grado de especialización de la economía regional como variables intermedias; y (3) el valor añadido bruto per cápita como variable endógena. Los resultados obtenidos muestran que la capacidad de absorción regional es un determinante del entorno innovador y del proceso de transformación digital de la economía regional, y que la especialización inteligente favorece la mejora de la productividad en las regiones de la Unión Europea.*

Palabras Clave: *Especialización inteligente, Industria 4.0, transformación digital, Innovación, capacidad de absorción, entorno institucional.*

Clasificación JEL: O18, O31, O33, O38, R11, R58



1. Introducción

Desde la década de 1980, las diferentes corrientes que analizan la relación entre competitividad e innovación y desarrollo territorial reconocen, de manera explícita, la necesidad de desarrollar estrategias de innovación basadas en los recursos y capacidades propias para alcanzar ventajas competitivas sostenibles (Asheim et al., 2006). En este contexto, la especialización inteligente pone el énfasis en el diseño de estrategias de desarrollo basada en la innovación y centradas en los activos de una región y la capacidad para entender que la especialización se puede desarrollar en relación con los activos de otras regiones (European Union, 2011, 2012; Foray, 2009b; Foray et al., 2009; McCann y Ortega-Argilés, 2011).

En un contexto en el que conocimiento e innovación son factores determinantes del desarrollo regional, consideramos la capacidad de absorción¹ como el conjunto de habilidades de una organización para identificar, asimilar y explotar conocimiento proveniente de fuentes externas (Cohen y Levinthal, 1990, 1994). El concepto de capacidad de absorción ha sido empleado en la explicación de diferentes fenómenos relacionados con el proceso de aprendizaje (Lundvall, 1992), lo que le convierte en un marco adecuado para el estudio del proceso de innovación. Por otra parte, en el sistema regional de innovación la comunicación entre empresas, la estructura socio-cultural y el entorno institucional pueden estimular un aprendizaje integrado social y territorialmente, y la innovación continuada (Asheim i Isaksen, 2002).

Una novedad subyacente al concepto de especialización inteligente es la adopción de políticas basadas en el lugar, en contraste con los enfoques clásicos de "one-size-fits all" (Moodysson et al., 2015), lo que pone de relevancia la necesidad de evitar la imitación de las políticas exitosas llevadas a cabo en otras regiones, reforzando la idea de la necesidad de personalizar las estrategias (Camagni y Capello, 2013; McCan y Ortega-Argilés, 2016; Tripl, Asheim, Mioner, 2015), y establecer objetivos de diversificación de las economías regionales (Asheim, Grillitsch y Tripl, 2017; Boschma, 2014;

¹ Esta definición de la capacidad de absorción, enmarcada dentro del contexto del aprendizaje organizativo y la innovación tecnológica, considerando sus principales factores determinantes, ha sido empleada en el presente trabajo. A partir de los trabajos de Cohen y Levinthal, en la literatura científica se ha continuado explorando el concepto de capacidad de absorción, empleando diferentes unidades de análisis y desarrollando estrategias de modelización que intentan superar las limitaciones del modelo básico original. Entre los trabajos más relevantes destacan especialmente, los de Lane y Lubatkin (1998), Van den Bosch et al. (1999), y Zahra y George (2002).



Boschma y Gianelle, 2014; Boschma et al., 2016; McCann y Ortega-Argilés, 2013). Estas políticas promueven una transformación estructural de las economías regionales, que tiene casi siempre una lógica inherente a la diversificación relacionada (Foray, 2013), que conecta las fortalezas presente y futura de una economía regional en un dominio particular de actividad y conocimiento, y que puede tomar tres formas: la transición, la modernización y la diversificación. Así conceptos como la diversificación especializada o la especialización diversificada (Asheim, 2014) son relevantes a la hora de definir políticas de desarrollo.

Por otra parte, los recientes debates estratégicos entre los agentes de la industria europea y la comunidad investigadora han concluido sobre la importancia del desarrollo de tecnologías de alto valor añadido, aspecto éste que queda reflejado en las estrategias de innovación de la UE (European Commission, 2010a, 2013). Este hecho debería poner la Industria 4.0² en el centro de las políticas de innovación de los países europeos. La UE propone focalizar las políticas de innovación industrial en 4 dimensiones estratégicas (European Commission, 2010a): (1) fabricación sostenible, (2) fabricación inteligente mediante el uso de TIC³, (3) fabricación de alto rendimiento, (4) explotación de nuevos materiales a través de la fabricación. El presente trabajo se centra en la segunda de las dimensiones, que implica la transformación digital de la empresa⁴.

El objetivo del presente trabajo es analizar el papel de la capacidad de absorción y del entorno institucional como potenciales factores determinantes de la conformación del entorno innovador, y del proceso de transformación digital, en las regiones NUTS 2 de la UE. Entendiendo los entornos innovadores, caracterizados por una fuerte intensidad innovadora y una economía con un importante grado de especialización, y que, por tanto, podrían corresponder a regiones que pueden estar desarrollando estrategias de especialización inteligente exitosas.

² Modelo industrial (cuarta revolución industrial) basado en la fábrica inteligente (*smart Factory*) en la que sistemas ciberfísicos monitorizan los procesos físicos, comunicándose entre ellos y con las personas en tiempo real (Herman et al., 2015; Lucke et al., 2008; Wang et al., 2016).

³ Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. La fábrica inteligente se caracteriza por la flexibilidad y la adaptabilidad de la función de producción, conseguidas mediante la incorporación masiva de TIC (Drath y Horch, 2014; Heng, 2014).

⁴ En la investigación empírica realizada en realidad se considera el proceso de transformación digital de la economía regional. Aunque el proceso central de la Industria 4.0 es la transformación digital de la empresa industrial, el desarrollo del nuevo modelo industrial requiere que el proceso de transformación digital se extienda al resto de los agentes económicos y sociales.



2. Especialización inteligente e Industria 4.0

Uno de los aspectos que debe resolver una estrategia territorial es el tipo de actividades por las que apuesta, y en este sentido hay que concretar el tipo de economías de aglomeración que desean explotarse. La investigación empírica reciente apoya la idea de la diversificación relacionada frente a las economías de localización y de urbanización (Boschma et al., 2012; Boschma y Iammarino, 2009; Frenken et al., 2007; Nefke et al., 2011).

Desde el enfoque de las estrategias de especialización inteligente se propone poner en primer plano la pluralidad y la diversidad de los contextos regionales a la hora de definir estrategias de desarrollo territorial, evitando enfoques que llevan a mimetizar políticas exitosas en otros lugares (European Commission, 2010b, 2010c). Se trata de poner mayor énfasis en la innovación concentrando los recursos de I+D en áreas competitivas globalmente, por lo que las políticas deben tener en cuenta el contexto (*place-based* frente a *spatially-blind*), que varía notablemente de unos territorios a otros (Barca, 2009, 2011; Barca y McCann, 2010; Garcilazo et al., 2010; OECD, 2009; Rodríguez-Pose, 2011; Wintjes y Hollanders, 2011). La estrategia de especialización inteligente sería un caso de política *place-based* al considerar los activos productivos e intangibles propios en los que un territorio puede sustentar ventajas competitivas, y a partir de los cuales plantear la especialización inteligente (McCann, 2011; McCann y Ortega-Argilés, 2011).

La especialización inteligente se ha convertido en el nuevo paradigma de la política de innovación en la Unión Europea, basada en la innovación y centrada en las fortalezas y las ventajas competitivas de cada región (European Union, 2011, 2012). En el presente trabajo, consideraremos el entorno innovador como el sistema de innovación de una región con una fuerte capacidad innovadora y un importante grado de especialización (Horrillo y Lladós, 2017), apuntando el posible desarrollo de estrategias de especialización inteligente que aprovechan activos específicos de la región (Foray y Goenaga, 2013; Foray y Rainoldi, 2013). También cabe remarcar que en la especialización inteligente, como apunta Foray en los documentos empleados como referencia para el desarrollo de estas estrategias por parte de la Comisión Europea (Foray y van Ark, 2007; Foray et al., 2009; Foray, 2009a; Foray, 2009b), el proceso de determinación de las actividades en las que un territorio debe especializarse debe ser un



proceso emprendedor (*entrepreneurial discovery process*). Es por tanto central el papel de las empresas y de los emprendedores en el desarrollo de este tipo de estrategias, lo que refuerza la importancia de la capacidad de absorción regional en el desarrollo de las nuevas políticas de innovación, quedando para la Administración, principalmente, el papel de facilitador y catalizador del proceso (Foray et al., 2009)⁵. De todas formas, como se apunta desde la Geografía Económica, los objetivos de las políticas regionales corresponden a aquellos dominios que tienden a carecer de los suficientes niveles (McCann y Ortega-Argilés, 2011). Con lo cual, cabe considerar el entorno institucional en la definición y desarrollo de estrategias de especialización inteligente en las regiones menos desarrolladas, en las que destaca la ausencia o debilidad de los agentes responsables de liderar el proceso.

La Comisión Europea dispone de la plataforma S3⁶ (*Strategies for Smart Specialisation*) con el objetivo de ayudar a los países y regiones de la UE a desarrollar, implementar y revisar sus estrategias de investigación e innovación para una especialización inteligente (RIS3). En funcionamiento desde el 2011, el papel de la Plataforma S3, como se indica en su página web, es proporcionar información, metodologías, conocimiento y asesoramiento a los responsables políticos nacionales y regionales, así como promover el aprendizaje mutuo, la cooperación nacional y contribuir a debates académicos sobre el concepto de especialización inteligente. En el momento actual se incluyen 15 áreas temáticas⁷, una de las cuales corresponde a la Industria 4.0⁸ cuyo objetivo central es incorporar las PIMEs europeas al nuevo paradigma de la cuarta revolución industrial.

3. El proceso de transformación digital en la Industria 4.0

La nueva economía global del conocimiento se caracteriza por el desarrollo de una nueva lógica organizativa íntimamente relacionada con el proceso de cambio tecnológico. En este contexto económico, con mercados cada vez más volátiles con

⁵ Es preciso señalar que el propio Foray considera que el papel de la Administración, en ocasiones, pueda ir más allá del de mero facilitador y catalizador (Foray, 2009a).

⁶ <http://s3platform.jrc.ec.europa.eu/>

⁷ <http://s3platform.jrc.ec.europa.eu/thematic-areas>

⁸ Regiones que colideran la iniciativa: Castilla y León (ES), Catalunya (ES), Mazowieckie (PL), Slovenia (SL), Tuscany (IT), Valencia (ES). Regiones participantes: Silesia (PL), Marche (IT); Hungary (HU), Emilia-Romagna (IT), Flanders (BE), Navarra (ES). Regiones interesadas: PACA (FR), Puglia (IT), Slovakia (SK), Wallonia (BE), Gävleborg (SE), South-Holland (NL), East-Netherlands (NL), Lapland (FI), Helgeland (NO), North-East Romania (RO), Aragón (ES), Estonia (EE), Sachsen-Anhalt (DE).



consumidores que demandan productos personalizados, rápidos de obtener y con mayor valor añadido, se exigen nuevas formas de producción, con estrategias de operaciones, más allá de la reducción de costes y la diferenciación, basadas en la gestión del conocimiento y la innovación continuada, creando valor a través de la información y el uso intensivo de los avances tecnológicos (Davis et al., 2012; Zuehlke, 2010). Así, la incorporación de las TIC a la empresa mejora la eficiencia de gestión de sus elementos de valor, la flexibilidad de la función de producción y hace posibles nuevos modelos de negocio y nuevas estructuras organizativas. Estas tecnologías no sólo afectan al diseño y la gestión de los procesos de negocio de la empresa, sino también al diseño del producto con una clara orientación a la reducción del *time-to-market*, la generación de valor para el cliente, y la gestión del proceso de innovación (Kagermann, 2014).

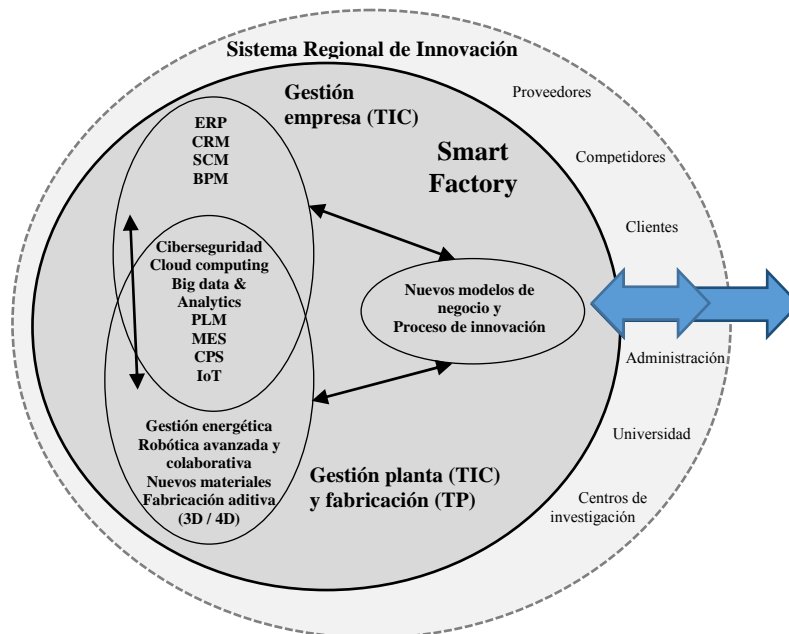
La tecnología es un elemento central en la nueva revolución industrial que hace posibles modelos de fabricación inteligente y de alto valor, que necesitan alta conectividad y que gestionan grandes volúmenes de información. Así, la hoja de ruta tecnológica de la fábrica inteligente debe combinar, entre otros: sistemas ciberfísicos (CPS), Internet de las cosas (IOT), comunicaciones seguras, *cloud computing* y soluciones de *big data*. Estas tecnologías facilitan la digitalización y la integración de la cadena de valor, la aparición de nuevos modelos de negocio y la digitalización de la cartera de productos y servicios de la empresa (Lee et al., 2014). La figura 1 muestra las principales tecnologías de la fábrica inteligente y su relación con el proceso y el sistema de innovación, diferenciando entre TIC y TP⁹.

La factoría inteligente, con su infraestructura tecnológica, introduce los principios de la integración vertical y horizontal (Ganschar et al., 2013). La primera corresponde a la integración de la planificación y el desarrollo con la producción, con un incremento de conectividad entre el nivel de automatización y el de gestión de la producción (ERP-MES). La segunda se refiere a los intercambios de información entre departamentos de la empresa y entre la empresa y el resto de agentes del sistema regional de innovación, que también se incrementarán de manera significativa.

⁹ En el presente trabajo tan sólo se consideran las tecnologías TIC, correspondientes a la segunda dimensión estratégica de las política de innovación industrial de la UE, sin tener presentes las tecnologías TP (Tecnologías de la Producción) que corresponderían a las otras tres dimensiones mencionadas en la sección 1.

A pesar de la importancia estratégica de la tecnología en la *smart factory*, cabe destacar las posibilidades de innovación no tecnológica ante la necesidad de nuevos modelos de negocio (Burmeister et al.; 2015) relacionados con una adaptación de los procesos internos y de las relaciones de la empresa con su entorno, con nuevas formas de interactuar con competidores, proveedores y clientes. Las estrategias competitivas de las empresas industriales tradicionales basadas en la diferenciación, la especialización o el liderazgo en costes (Porter, 1990) que ha sustentado sus modelos de negocio durante décadas deben ser revisadas.

Figura 1. Tecnologías de la *smart factory* e innovación.



ERP: Enterprise Resource Planning; CRM: Customer Relationship Management; SCM: Supply Chain Management; BPM: Business Process Management; PLM: Product Lifecycle Management; MES: Manufacturing Execution System; CPS: Cyber-Physical Systems; IoT: Internet of Things; IT: Information Technology; OT: Operational Technology
 Fuente: Elaboración propia

En cualquier caso, en este nuevo escenario cambian rápidamente los requerimientos competenciales para la gestión de la fábrica inteligente (Horrillo y Triadó, 2018), que además adquieren un carácter cada vez más transitorio dada la aceleración del proceso de cambio tecnológico y su creciente complejidad. Por tanto, la capacidad de absorción (Cohen y Levinthal, 1990, 1994; Lane y Lubatkin, 1998; Van den Bosch et al., 1999; Zahra y George, 2002) podría ser una variable determinante en el desarrollo de las nuevas estrategias de especialización inteligente. Del mismo modo, en este proceso de transformación, como sugiere la literatura sobre sistemas de innovación (Weber y Rohracher, 2012), el papel de la Administración es de vital importancia en su gestión, lo



que nos lleva a considerar el entorno institucional como otro potencial determinante del proceso.

4. Metodología y datos

Los datos empleados en la investigación empírica provienen de un estudio previo de caracterización de los sistemas regionales de innovación europeos realizado por los autores (Horrillo y Lladós, 2017), considerando 262 regiones NUTS 2 de 26 países de la UE. En este anterior trabajo se identificó una amplia batería de indicadores para el estudio de la innovación regional¹⁰. El cálculo de estos indicadores se hizo con datos secundarios obtenidos de la base de datos *General and regional statistics (Regional statistics by NUTS classification)* de EUROSTAT, del *EU Regional Competitiveness Index (JRC-IPSC European Commission)*, y de *The European Cluster Observatory (ECO)*. Para el estudio de los determinantes de la conformación del entorno innovador y de los efectos sobre la productividad de las economías regionales europeas se utilizan modelos de ecuaciones estructurales utilizando el método de estimación de máxima verisimilitud (ML). Las variables y su rol en los diferentes modelos especificados se indican en la tabla 1.

Para la capacidad de absorción regional, se utiliza un indicador sintético construido a partir de tres indicadores básicos que miden, respectivamente, la frecuencia de acceso a Internet, los recursos humanos en ciencia y tecnología, y el personal regional total en actividades de I+D¹¹. En cuanto al entorno institucional, se ha construido un indicador sintético aditivo, a partir de los resultados de un análisis de componentes principales previo, empleando los indicadores básicos, correspondientes al gasto y el personal en

¹⁰ Los principales indicadores utilizados fueron: *Renta familiar disponible, Valor añadido a precios básicos por habitante, Ocupación en Servicios intensivos en conocimiento, Usos TIC, Índice de diversificación (Theil), Población activa con formación universitaria, Aprendizaje continuado de la población, Densidad de población, Coincidencia de gasto en I+D (empresa-universidad), Gasto en I+D de la universidad, Gasto en I+D de las empresas, Personal en I+D de las empresas, Capacidad de absorción, Personal en I+D de la universidad, Ocupación en manufactura de alta y media-alta tecnología, Tamaño medio de las empresas manufactureras, Ocupación en la industria, Personal en I+D de la Administración, Gasto en I+D de la Administración, Estudiantes universitarios, Resultados de la innovación, Recursos-resultados de la innovación, Nivel de especialización sectorial, Nivel de especialización en sectores de alta tecnología y conocimiento.*

¹¹ Estos indicadores han sido obtenidos de *General and regional statistics (Regional statistics by NUTS classification)* de EUROSTAT.

I+D de la Administración y el porcentaje de la población cursando estudios universitarios¹².

Tabla 1. Variables de los modelos de caminos críticos (regiones NUTS 2).

Variable	Descripción	Rol
<i>C_Absorcio</i>	Capacidad de absorción regional	Exógena
<i>E_Institucional</i>	Entorno institucional	Exógena
<i>Innovacio_O</i>	Resultados de la innovación (número de patentes)	Intermedia
<i>Clusters</i>	Grado de especialización sectorial	Intermedia
<i>Clusters_HT</i>	Grado de especialización en sectores intensivos en tecnología y conocimiento	Intermedia
<i>Us_TIC</i>	Nivel de uso de las TIC en empresas y hogares	Intermedia
<i>VAB_PC</i>	Valor añadido bruto per cápita	Endógena

Todas las variables son continuas.

Fuente: Elaboración propia.

En la identificación del entorno innovador se consideran dos dimensiones: por una parte, la capacidad innovadora de la región, y por otra, el nivel de interacción entre agentes del sistema de innovación (Maillat, 1995; Camagni, 1995). La primera es representativa de los resultados de la innovación, y se expresa a través del número de patentes en las 262 regiones consideradas, que llamamos *Innovacio_O*. La segunda, dada la falta de datos desagregados a nivel regional sobre cooperación empresarial, se aproxima mediante un indicador llamado *Clusters*¹³ que representa el grado de especialización de la economía regional, midiendo el número y la importancia de los *clusters* sectoriales dentro de cada una de las regiones del estudio. De esta manera se identifican aquellas regiones con mejores resultados en su proceso de innovación, y con una mayor dinámica sinérgica, como una expresión de riqueza y capacidad competitiva (Porter, 1990, 1998). Con el objetivo de evaluar la importancia de la intensidad

¹² El indicador sobre el entorno institucional se construye como una media ponderada de los tres indicadores básicos mencionados, obtenidos de *General and regional statistics (Regional statistics by NUTS classification)* de EUROSTAT. Los pesos de cada uno de los indicadores básicos empleados, están en función de la importancia de cada indicador básico en el factor denominado “*Entorno_Institucional*”, resultante del análisis factorial realizado en Horrillo y Lladós (2017). No se ha utilizado directamente el valor del factor por no superar una prueba de normalidad. Esta no normalidad univariante lleva a no cumplir la condición de normalidad multivariante, necesaria para la estimación de los modelos de ecuaciones estructurales utilizando el método de la máxima verosimilitud (ML) (Mulaik, 2009). Para superar este inconveniente, hemos decidido transformar las variables con el objetivo de reducir su asimetría respecto a la media y su *kurtosis*. Hemos realizado una transformación Box-Cox (Box i Cox, 1964):

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{X^{\lambda} - 1}{\lambda}, \text{ si } \lambda \neq 0 \\ \log X, \text{ si } \lambda = 0 \end{array} \right\}$$

Dado que la asimetría de todas las variables resultó positiva, hemos optado por una transformación con $\lambda=0,25$, $i \log(X+1)$ para las variables con valores nulos. Una vez transformadas las variables, se cumple la condición de normalidad multivariante para todos los modelos especificados

¹³ El índice se calcula a partir de los datos del *European Cluster Observatory*, que valora para cada región europea NUTS 2, el número y la importancia de los clústeres sectoriales existentes. El indicador “*Clusters*” es el resultado de sumar todas las puntuaciones de los *clusters* de la región, computando las puntuaciones para los *clusters* de alta tecnología, según EUROSTAT, con un peso doble.



tecnológica sectorial en el desarrollo del entorno innovador, se considera una variable adicional, llamada *Clusters_HT*¹⁴, que solo considera los *clusters* de los sectores intensivos en tecnología y conocimiento.

Para aproximar el grado de desarrollo del proceso de transformación digital de la economía regional se utiliza la variable *Us_TIC*. Esta variable corresponde al pilar *Technological Readiness* del *Regional Competitiveness Index* (Annoni y Kozovska, 2010), y mide el nivel de uso de las TIC en empresas y hogares en las regiones NUTS2 de la UE¹⁵. Finalmente, se considera una variable, llamada *VAB_PC*, que corresponde al valor añadido bruto regional per cápita, y que representa el nivel de productividad de la economía regional.

El período de análisis se ha limitado al intervalo 2005 – 2010, aunque en algunos pocos casos se han tenido que utilizar datos fuera de este periodo. Para evitar el sesgo debido al diferente tamaño de las regiones europeas, todos los indicadores utilizados han sido relativizados.

5. Capacidad de absorción y entorno institucional en los SRI europeos

Las dinámicas de relación dentro de la economía regional no se pueden explicar satisfactoriamente teniendo solo en cuenta criterios de carácter economicista, y se hace necesario incorporar al análisis otros factores que tienen que ver con las dinámicas de aprendizaje y el marco institucional local, entre otros (Asheim y Isaksen, 1997; Asheim y Isaksen, 2002; Barringer y Harrison, 2000; Camagni, 2004; Cooke, 1998; Cooke et al., 1997; Maillat, 1995). Así, se han especificado diferentes modelos que contemplan la capacidad de absorción y el entorno institucional como exógenas, para analizar su

¹⁴ Sectores intensivos en tecnología y conocimiento según l'EUROSTAT: *Aerospace, Analytical Instruments, Automotive, Business Services, Chemical Products, Communications Equipment, Education and Knowledge Creation, Heavy Machinery, Financial Services, Information Technology, Medical Devices, Biopharmaceuticals, Power Generation and Transmission, Production Technology*

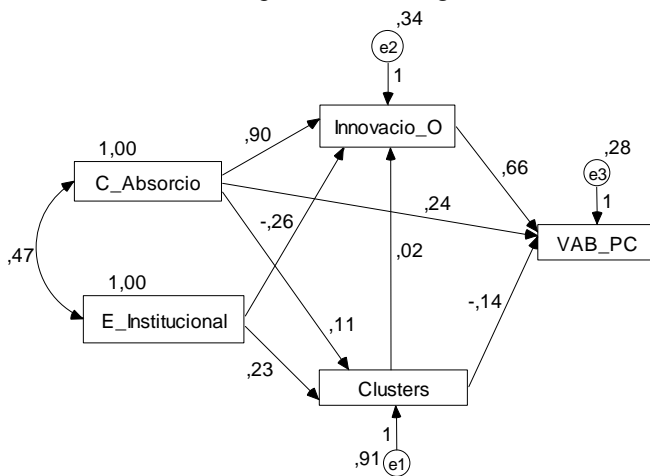
¹⁵ El pilar *Technological Readiness* está compuesto por dos subpilares, uno correspondiente al uso de TIC en los hogares y el otro que mide el uso y grado de adopción de las TIC en las empresas. El primero se calcula a partir de tres indicadores básicos obtenidos de *Regional Information Society Statistics: Households with access to broadband, Individuals who ordered goods or services over the Internet for private use, Households with access to Internet*. El segundo de los subpilares consta de siete indicadores obtenidos del *Community Survey on ICT usage and e-Commerce: Enterprises use of computers, Enterprises having access to Internet, Enterprises having a website or a homepage, Enterprises using Intranet, Enterprises using internal networks, Persons employed by enterprises which use Extranet, Persons employed by enterprises which have access to the Internet*.

efecto conjunto en la conformación del entorno innovador y en la productividad de las regiones europeas.

5.1 Conformación del entorno innovador y productividad regional

De entre los modelos especificados, el modelo M1 presentado en la figura 2, es el que mejor ajusta los datos y el que mejor explica la relación entre las diferentes variables. La figura 2 también muestra los estimadores de los caminos críticos (*regression weights*), y se puede observar que todas las relaciones entre variables son significativas a excepción de la relación entre el grado de especialización sectorial y los resultados de la innovación. Todas las relaciones mencionadas son significativas a los niveles habituales de 0,001, aunque la relación entre la capacidad de absorción y el grado de especialización sectorial es significativa sólo al 10%. También se observa una relación positiva y significativamente diferente de cero de la capacidad de absorción y el entorno institucional con el grado de especialización sectorial de la economía regional. En cuanto a la otra dimensión del entorno de innovación, la relación de la capacidad de absorción con los resultados de la innovación es fuertemente positiva y significativa, mientras que en el caso del entorno institucional, la relación es negativa y también significativa.

Figura 2. Modelo M1. Influencia del entorno institucional y de la capacidad de absorción en la conformación del entorno innovador y la productividad regional.



Regression weights	Estimate	P
Clusters ← E_Institucional	,226	***
Clusters ← C_Absorcio	,111	,099
Innovacio_O ← C_Absorcio	,895	***
Innovacio_O ← E_Institucional	-,258	***
Innovacio_O ← Clusters	,025	,510
VAB_PC ← Innovacio_O	,659	***
VAB_PC ← C_Absorcio	,243	***
VAB_PC ← Clusters	-,143	***

Índices de ajuste: $\chi^2 = ,856$ / p-valor = ,355; RMSEA = ,000

Font: Elaboración propia.

Los resultados de la estimación del modelo M1 indican que la capacidad de absorción regional es claramente un determinante del entorno innovador, mientras que el entorno

institucional solo incide positiva y significativamente en el grado de especialización de la economía regional. En cuanto a la incidencia de los resultados de la innovación y el grado de especialización de la economía sobre la productividad regional, ambas relaciones son estadísticamente significativas, pero con coeficiente de regresión, positivo para el caso de los resultados de la innovación, y negativo para al grado de especialización sectorial. Tal como recoge la tabla 2, para la capacidad de absorción, la incidencia sobre la productividad regional es positiva y estadísticamente significativa, y es principalmente indirecta, indicando una importancia grande del efecto mediador de los resultados de la innovación. Así pues, la capacidad de absorción es importante para la productividad regional, especialmente cuando se traduce en resultados del proceso de innovación.

Taula 2. Efectos estandarizados totales, directos e indirectos en el modelo M1.

Standardized Total Effects	E Institucional	C_Absorcio	Clusters	Innovacio_O
Clusters	,226	,111	,000	,000
Innovacio_O	-,252	,898	,025	,000
VAB_PC	-,198	,819	-,127	,659
Standardized Direct Effects	E_Institucional	C_Absorcio	Clusters	Innovacio_O
Clusters	,226	,111*	,000	,000
Innovacio_O	-,258	,895	,025**	,000
VAB_PC	,000	,243	-,143	,659
Standardized Indirect Effects	E_Institucional	C_Absorcio	Clusters	Innovacio_O
Clusters	,000	,000	,000	,000
Innovacio_O	,006	,003	,000	,000
VAB_PC	-,198	,576	,016	,000

* Parámetro significativo al 10 %.

** Parámetro no significativo.

Fuente: Elaboración propia.

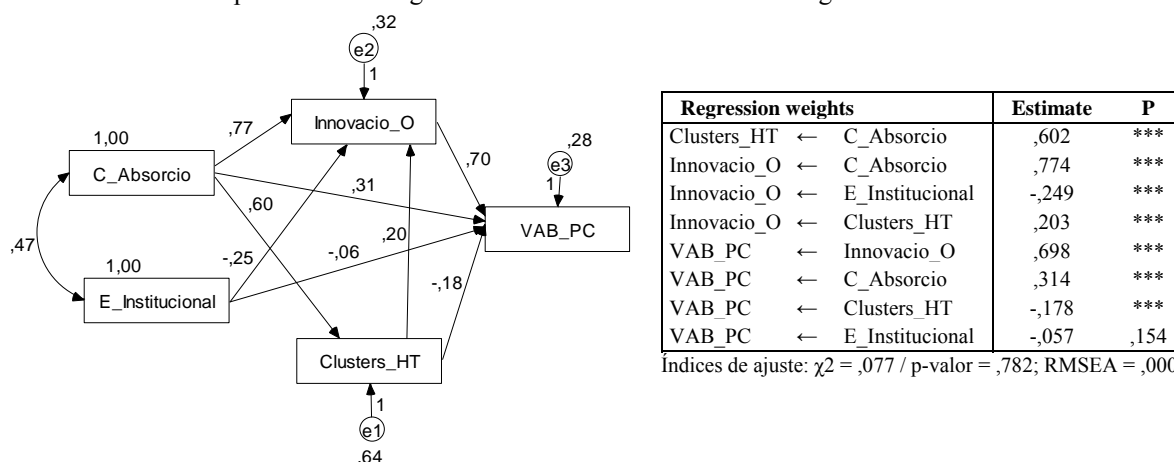
5.2 Efecto de la intensidad tecnológica

A continuación se estimó el mismo modelo pero considerando solo los *clusters* en sectores intensivos en tecnología y conocimiento según EUROSTAT¹⁶, para valorar la importancia de la intensidad tecnológica en la conformación del entorno innovador y su impacto en la productividad regional. Para ello se incorpora al modelo la variable *Clustrers_HT*, resultando no significativa la relación entre en entorno institucional y el grado de especialización de la economía regional. Finalmente, se estimó un modelo (M2) en el que se elimina la mencionada relación, y en el que se incluye la relación entre el entorno institucional y el nivel de productividad de la región no incluida en el

¹⁶ Sectors intensius en tecnologia i coneixement segons l'EUROSTAT: *Aerospace, Analytical Instruments, Automotive, Business Services, Chemical Products, Communications Equipment, Education and Knowledge Creation, Heavy Machinery, Financial Services, Information Technology, Medical Devices, Biopharmaceuticals, Power Generation and Transmission, Production Technology.*

modelo anterior, y que finalmente tampoco resultó ser significativa. La figura 3 muestra el modelo de caminos críticos.

Figura 3. Modelo M2. Influencia del entorno institucional y de la capacidad de absorción en la conformación del entorno innovador y la productividad regional. Efecto de la intensidad tecnológica sectorial.



Fuente: Elaboración propia.

En este modelo la incidencia del grado de especialización sectorial de la economía regional sobre los resultados de la actividad innovadora es positiva y estadísticamente significativa, a diferencia de lo que ocurría en el modelo anterior. Por lo tanto, se puede concluir sobre el impacto positivo de los *clusters* de alta intensidad tecnológica sobre los resultados de la actividad innovadora regional. Así mismo, se observa que la capacidad de absorción tiene una importancia y una significación relevantes en la conformación de *clusters* intensivos en tecnología y conocimiento. Los coeficientes de regresión correspondientes a las relaciones entre el entorno institucional y los resultados de la innovación, y entre el grado de especialización y la productividad regional, siguen siendo negativos como en el modelo M1. También en este caso, los resultados de la estimación del modelo muestran claramente que la capacidad de absorción es un determinante del entorno innovador y que, por el contrario, el entorno institucional no lo es.

Como se observa en la tabla 3, la capacidad de absorción presenta una incidencia total positiva sobre los resultados de la actividad innovadora, el grado de especialización y la productividad de la economía regional. Igual que en el modelo M1, aquí la incidencia de la capacidad de absorción sobre la productividad regional es positiva y estadísticamente significativa, y es principalmente indirecta. En cuanto al entorno institucional, su

impacto es negativo y significativo sobre los resultados de la innovación, y en su relación con la productividad de la región el coeficiente de regresión no es significativamente diferente de cero. En este modelo M2 el grado de especialización sólo presenta una incidencia positiva, sobre la productividad regional, mediada por los resultados de la innovación (efecto indirecto).

Tabla 3. Efectos estandarizados totales, directos e indirectos del modelo M2.

Standardized Total Effects	E_Institucional	C_Absorcio	Clusters_HT	Innovacio_O
Clusters_HT	,000	,602	,000	,000
Innovacio_O	-,249	,897	,203	,000
VAB_PC	-,230	,834	-,036	,698
Standardized Direct Effects	E_Institucional	C_Absorcio	Clusters_HT	Innovacio_O
Clusters_HT	,000	,602	,000	,000
Innovacio_O	-,249	,774	,203	,000
VAB_PC	-,057*	,314	-,178	,698
Standardized Indirect Effects	E_Institucional	C_Absorcio	Clusters_HT	Innovacio_O
Clusters_HT	,000	,000	,000	,000
Innovacio_O	,000	,122	,000	,000
VAB_PC	-,174	,519	,142	,000

* Parámetro no significativo.

Fuente: Elaboración propia.

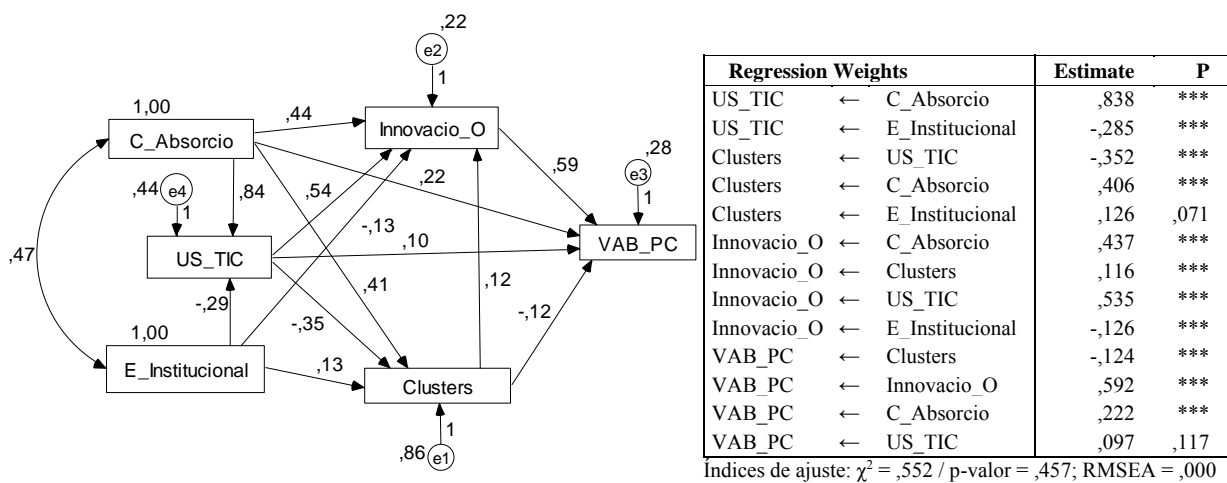
6. Transformación digital para la especialización inteligente

A partir de los resultados anteriores, y empleando la variable *Us_TIC* como aproximación del grado de desarrollo del proceso de transformación digital a nivel socio-económico en los sistemas regionales de innovación europeos, analizamos la importancia del mencionado proceso en la conformación de los entornos innovadores en Europa. En primer lugar, para saber en qué medida impacta sobre la capacidad innovadora regional y el grado de interacción entre agentes económicos locales, y en segundo lugar, para averiguar de qué manera el proceso de transformación digital condiciona los efectos de la capacidad de absorción y el entorno institucional en el desarrollo de los entornos innovadores europeos. Así, en los modelos estimados, la variable *Us_TIC* se incorpora como variable interviniente, mediadora del efecto de la capacidad de absorción y el entorno institucional sobre los resultados de la actividad innovadora y el grado de especialización de la economía regional. Este planteamiento presupone que el grado de disposición y uso de las TIC depende de la capacidad de absorción, para la adquisición de los conocimientos necesarios para la gestión y uso de la tecnología, y del entorno institucional, que puede hacer de catalizador y facilitador de la incorporación de las TIC a la dinámica económica y social de la región.

6.1 Efectos del proceso de transformación digital

En primer lugar se estima un modelo (MT1) que incorpora la variable *Us_TIC* al modelo M1 de la sección anterior, como variable mediadora sobre la que inciden directamente la capacidad de absorción y el entorno institucional, y que a su vez, incide directamente sobre las otras tres variables del modelo. La figura 4 muestra el mencionado modelo y sus coeficientes de regresión.

Figura 4. Modelo MT1. El proceso de transformación digital en la conformación del entorno innovador y la productividad regional.



Fuente: Elaboración propia.

La única relación entre variables con coeficiente de regresión no significativamente diferente de cero, es la correspondiente a la incidencia del proceso de transformación digital sobre el nivel de productividad de la región. Todas las relaciones significativas lo son a los niveles habituales de 0,001, a excepción de la relación entre el entorno institucional y el grado de especialización de la economía regional, que lo es solo al 10%. El modelo MT1 muestra una relación positiva y significativa de la capacidad de absorción y del entorno institucional con el grado de especialización de la economía regional. En cuanto a la otra dimensión del entorno de innovación, la relación de la capacidad de absorción con los resultados de la innovación es positiva y significativa, mientras que en el caso del entorno institucional, la relación es significativa y menos negativa que en los modelos anteriores.

Por otra parte, se observa una relación significativa y fuertemente positiva entre la capacidad de absorción y el proceso de transformación digital, confirmando el hecho de que la incorporación de la tecnología a la dinámica socioeconómica depende de la

capacidad para absorber nuevos conocimientos. Con el entorno institucional, sin embargo, la cosa es diametralmente opuesta, con una relación con el proceso de transformación digital significativa y claramente negativa. Este hecho puede deberse a la manera en que se ha definido el entorno institucional, considerando sólo los recursos destinados a la I + D por parte de la Administración pública y el papel de la universidad como agente transmisor de conocimiento, sin incluir otros aspectos relacionados con programas de apoyo y desarrollo. En cuanto a la relación directa del proceso de transformación digital con las otras variables, es significativa y fuertemente positiva con los resultados de la innovación, significativa y claramente negativa con el grado de especialización de la economía local, y no significativa con la productividad regional.

Como muestra la tabla 4, la capacidad de absorción tiene una incidencia total positiva sobre todas las variables del modelo, presentando una relación fuertemente positiva con los resultados de la innovación, con una importancia similar de los efectos directos, e indirectos con la mediación del proceso de transformación digital y del grado de especialización regional. Del mismo modo, la incidencia de la capacidad de absorción sobre el grado de productividad regional, es fuertemente positiva, pero en este caso, los efectos indirectos son mucho más importantes, con un papel determinante del efecto mediador del proceso de transformación digital, y especialmente de los resultados de la actividad innovadora regional.

Taula 4. Efectos estandarizados totales, directos e indirectos del modelo MT1.

Standardized Total Effects	E_Institucional	C_Absorcio	US_TIC	Clusters	Innovacio_O
US_TIC	-,285	,838	,000	,000	,000
Clusters	,226	,111	-,352	,000	,000
Innovacio_O	-,252	,898	,494	,116	,000
VAB_PC	-,205	,822	,434	-,055	,592
Standardized Direct Effects	E_Institucional	C_Absorcio	US_TIC	Clusters	Innovacio_O
US_TIC	-,285	,838	,000	,000	,000
Clusters	,126	,406	-,352	,000	,000
Innovacio_O	-,126	,437	,535	,116	,000
VAB_PC	,000	,222	,097*	-,124	,592
Standardized Indirect Effects	E_Institucional	C_Absorcio	US_TIC	Clusters	Innovacio_O
US_TIC	,000	,000	,000	,000	,000
Clusters	,100	-,295	,000	,000	,000
Innovacio_O	-,126	,461	-,041	,000	,000
VAB_PC	-,205	,600	,336	,069	,000

* Parámetro no significativo.
 Fuente: Elaboración propia.

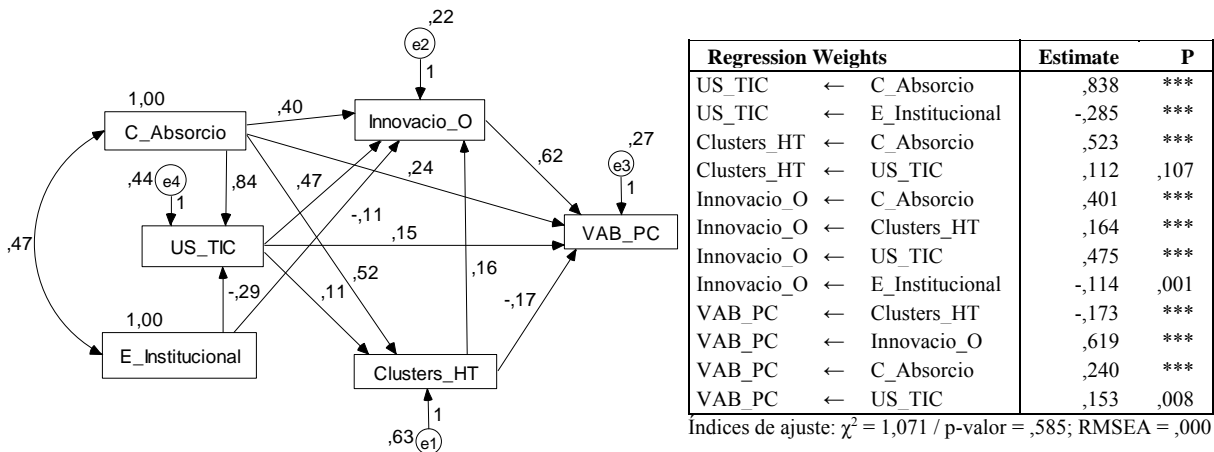
En cuanto al entorno institucional, su impacto total es negativo y significativo sobre los resultados de la innovación, con una importancia igual de los efectos directos e indirectos. En referencia al grado de especialización, el impacto total del entorno

institucional es positivo con una mayor importancia del efecto directo, aunque sólo significativo al 10%. En esta dimensión del entorno de innovación, la incidencia del proceso de transformación digital es claramente negativa, lo que podría indicar que los usos de las TIC están más orientados al proceso de innovación que a las relaciones entre agentes locales. Así, el modelo presenta la capacidad de absorción como determinante del entorno innovador, con un papel relevante del proceso de transformación digital en la actividad innovadora regional, mientras que el entorno institucional sólo es determinante del grado de especialización de la economía regional, como ya mostraban los modelos precedentes.

6.2 Efectos del proceso de transformación digital y la intensidad tecnológica sectorial

Por último hemos estimado un modelo (MT2), en las mismas condiciones que el modelo anterior, considerando solo los *clusters* en sectores intensivos en tecnología y conocimiento, y eliminando la relación entre el entorno institucional y el grado de especialización sectorial. La figura 5 muestra el modelo MT2 y sus coeficientes de regresión.

Figura 5. Modelo MT2. El papel del proceso de transformación digital y el efecto de la intensidad tecnológica sectorial.



Fuente: Elaboración propia.

En este caso, la única relación entre variables con coeficiente de regresión no significativamente diferente de cero es la correspondiente a la incidencia del proceso de transformación digital sobre el grado de especialización regional. Todas las relaciones significativas lo son a los niveles habituales de 0,001, a excepción de la relación entre el proceso de transformación digital y la productividad regional, que lo es sólo el 1%. Al



igual que el modelo MT1, el modelo MT2 muestra una relación positiva y significativa de la capacidad de absorción con los resultados de la innovación y el grado de especialización de la economía regional. Los coeficientes de regresión correspondientes a las relaciones entre el entorno institucional y los resultados de la innovación, y entre el grado de especialización y la productividad regional, siguen siendo negativos. También en este caso, los resultados de la estimación del modelo muestran claramente que la capacidad de absorción es un determinante del entorno innovador y que, por el contrario, el entorno institucional no lo es.

Por otra parte, la relación entre las dos exógenas y el proceso de transformación digital mantienen los coeficientes de regresión del modelo anterior, y en general, para el resto de relaciones, los coeficientes de regresión mantienen valores similares con variaciones poco remarcables en la mayoría de los casos. La excepción es la relación entre el proceso de transformación digital y el grado de especialización regional, que pasa de un coeficiente con valor claramente negativo (-0,34) a uno positivo (0,11), aunque como ya se ha dicho, esta relación no es estadísticamente significativa. En cuanto a la relación directa del proceso de transformación digital con las otras dos variables, es positiva y significativa en ambos casos, especialmente con los resultados de la innovación (0,47), y de menor importancia en el caso de la productividad regional (0,15).

En la tabla 5 se observa que las principales diferencias con el modelo anterior se deben al cambio de signo del coeficiente de regresión de la relación entre el proceso de transformación digital y el grado de especialización regional, que afecta de forma indirecta al papel de las dos exógenas en la conformación del entorno innovador. Así, la capacidad de absorción refuerza su papel de determinante del entorno innovador, con un efecto total sobre los resultados de la innovación, similar al del modelo anterior, y un incremento del efecto sobre el grado de especialización de la economía regional, que pasa de 0,111 en el modelo MT1 a 0,617 en este modelo. Esto se debe a que el efecto indirecto, mediado por el proceso de transformación digital, pasa de -0,295 en el modelo MT1 a 0,094 en el modelo MT2. Asimismo, el proceso de transformación digital, en este caso, muestra una incidencia positiva en la conformación del entorno innovador, aunque su relación con el grado de especialización regional no es significativa a los niveles habituales.

En referencia al entorno institucional, su impacto total es negativo y significativo sobre todas las variables. Así, este modelo también presenta la capacidad de absorción como determinante del entorno innovador, con un papel relevante del proceso de transformación digital, mientras que el entorno institucional no tiene incidencia positiva en ninguna de las dos dimensiones del entorno de innovación.

Tabla 5. Efectos estandarizados totales, directos e indirectos del modelo MT2.

Standardized Total Effects	E_Institucional	C_Absorcio	US_TIC	Clusters_HT	Innovacio_O
US_TIC	-,285	,838	,000	,000	,000
Clusters_HT	-,032	,617	,112	,000	,000
Innovacio_O	-,255	,899	,493	,164	,000
VAB_PC	-,196	,817	,438	-,072	,619
Standardized Direct Effects	E_Institucional	C_Absorcio	US_TIC	Clusters_HT	Innovacio_O
US_TIC	-,285	,838	,000	,000	,000
Clusters_HT	,000	,523	,112*	,000	,000
Innovacio_O	-,114	,401	,475	,164	,000
VAB_PC	,000	,240	,153	-,173	,619
Standardized Indirect Effects	E_Institucional	C_Absorcio	US_TIC	Clusters_HT	Innovacio_O
US_TIC	,000	,000	,000	,000	,000
Clusters_HT	-,032	,094	,000	,000	,000
Innovacio_O	-,141	,499	,018	,000	,000
VAB_PC	-,196	,577	,286	,101	,000

* Parámetro no significativo.

Fuente: Elaboración propia.

7. Conclusiones

Los resultados obtenidos, al estimar los modelos de ecuaciones estructurales planteados, apuntan claramente a la importancia de la capacidad de absorción en la conformación de entornos innovadores, como entornos regionales con un elevado nivel de actividad innovadora y de especialización de la economía regional. Aun así, de los dos rasgos identificativos del entorno de innovación (Maillat, 1995; Camagni, 1995), la capacidad innovadora y de adaptación, aproximada por los resultados de la innovación (número de patentes), y el grado de interacción entre agentes locales, representada por el grado de especialización de la economía regional, sólo el primero tiene una incidencia positiva en el nivel de productividad de las regiones europeas. Para todos los modelos estimados, el coeficiente de regresión correspondiente a la relación entre el grado de especialización sectorial de la región y su nivel de productividad es negativo y estadísticamente significativo, en especial cuando sólo se consideran los clústeres de sectores intensivos en conocimiento y tecnología. La capacidad de absorción influye positiva y significativamente en los resultados de la actividad innovadora y en el grado de especialización de la economía regional en todos los modelos estimados, lo que nos permite concluir sobre su carácter de determinante del entorno innovador. Por el



contrario, el entorno institucional, tiene una incidencia positiva y significativa tan sólo en el grado de especialización de la economía regional.

Por otra parte, no se detecta incidencia significativa entre el grado de especialización de la economía regional y los resultados de la actividad innovadora en la región, excepto si tan sólo se considera la especialización en sectores intensivos en tecnología y conocimiento, caso en el que la incidencia es positiva y significativa. También se observa un efecto indirecto positivo entre el grado de especialización de la economía y la productividad de la región, aunque el efecto directo es más negativo, lo que hace que el efecto total también lo sea, aunque cercano a cero (-0,036 en el modelo M2). Así mismo, los *clusters* en sectores intensivos en conocimiento y tecnología siguen sin asegurar una mejora de la productividad de la economía regional si no es a través de la actividad innovadora.

Al considerar el efecto del proceso de transformación digital (Us_{TIC} en los modelos MT1 y MT2) se observa una mayor incidencia en los resultados de la actividad innovadora que en el grado de especialización de la economía regional. De hecho, esta última relación es claramente negativa en el modelo general MT1, aunque pasa a ser positiva en el modelo de *clusters* en sectores intensivos en tecnología y conocimiento, aunque sin ser estadísticamente significativa. El proceso de transformación digital tiene una clara incidencia positiva y significativa en los resultados de la innovación, en cualquiera de los dos modelos finales, lo que apunta a la importancia de la aplicación de las TIC en el proceso de innovación y de integración vertical. Por otra parte, la relación entre el proceso de transformación digital y el grado de especialización sectorial de la economía regional, sólo es positiva en el caso del modelo MT2, apuntando a la posible importancia de las TIC en las relaciones entre agentes económicos locales (integración horizontal), sólo cuando tienen lugar dentro de sectores de alta tecnología e intensivos en conocimiento.

Todo esto nos permite destacar la mayor relevancia de la capacidad de absorción regional respecto al entorno institucional, en el favorecimiento de la productividad de las regiones europeas a través de políticas de especialización inteligente, dando soporte a la idea de que el proceso de elección de las actividades para la especialización inteligente ha de ser un proceso emprendedor (Foray y van Ark, 2007; Foray et al., 2009; Foray, 2009a; Foray, 2009b). Esta relevancia de la capacidad de absorción tiene



una componente directa y una indirecta a través de la actividad innovadora regional. El efecto indirecto de la capacidad de absorción sobre la productividad regional es siempre mayor que el efecto directo, lo que destaca la importancia del efecto mediador del entorno innovador, concretamente de la dimensión correspondiente a la actividad innovadora regional. El papel de la segunda dimensión del entorno de innovación, representada en los modelos estimados por la especialización productiva, sólo es relevante si corresponde a sectores intensivos en tecnología, pero siempre mediado por la actividad innovadora regional. Finalmente, cabe destacar el efecto positivo y significativo de la capacidad de absorción sobre el proceso de transformación digital de la economía regional, y que el impacto de este proceso sobre la productividad regional, siempre es positivo, principalmente mediado por la innovación.

Futuros trabajos empíricos deberían centrarse en la mejora de los modelos especificados, caracterizando de manera más detallada el entorno de innovación y el nuevo modelo industrial correspondiente a la Industria 4.0, y en concreto su proceso central: la transformación digital de la empresa. Por una parte deberían incorporarse indicadores adicionales que permitan aproximar mejor el output innovador, más allá de la innovación tecnológica, incorporando también algunos elementos importantes del proceso innovador, generalmente de carácter intangible, como aspectos sociales y culturales. Por otra parte, deberían incluirse indicadores que recojan las diferentes dimensiones tecnológicas base de la Industria 4.0, que inciden en los procesos de integración vertical y horizontal de la empresa.

8. Bibliografía

- Annoni, P.; Kozovska, K. (2010): "RCI 2010: Some in-depth analysis". *European Commission JRC-IPSC*.
- Asheim, B. (2014): "North Denmark Region RIS3. An expert assessment on behalf of DG". *Regional and Urban Policy*.
- Asheim, B.; Boschma, R.A.; Cooke, P.; Dahlstrand-Lindhholm, A.; Laredo, P.; Piccauga, A. (2006): "Constructing regional advantage. Principles, perspectives, policies". *DG Research, European Commission*.
- Asheim, B.; Grillitsch, M.; Trippel, M. (2017): "Smart Specialization as an innovation-driven strategy for economic diversification: Examples from Scandinavian regions". En Radosevic, S.; Curaj, A.; Gheorghiu, R.; Andreescu, L.; Wade, I, "Advances in the Theory and Practice of Smart Specialization". Elsevier.
- Asheim, B.; Isaksen, A. (2002): "Regional Innovation Systems: The Integration of Local 'Sticky' and Global 'Ubiquitous' Knowledge". *Journal of Technology Transfer*, 27, pp. 77-86.



- Asheim, B.; Isaksen, A. (1997): "Location, Agglomeration and Innovation: Towards Regional Innovation Systems in Norway". *European Planning Studies*, 5 (3), pp. 299-330.
- Barca, F. (2011): "Alternative Approaches to Development Policy: Intersections and Divergences". En *Seminar on Territorial Dimension of Development Policies, papers and proceedings*. 18-19 July 2011, Ostróda, Poland. (pp. 45-50). (disponible en: http://www.mrr.gov.pl/english/Presidency/Main/event_schedule/Documents/Seminar_%20Papers_and_Proceedings.pdf).
- Barca, F. (2009): "An agenda for a Reformed Cohesion Policy". *European Commission*, Brussels.
- Barca, F.; McCann, P. (2010): "The Place Based Approach: A Response to Mr. Gill" (disponible en <http://www.voxeu.org/index.php?q=node/5644>).
- Barringer, B. R.; Harrison, J.S. (2000): "Walking a Tightrope: Creating Value through Interorganizational Relationship". *Journal of Management*, 26 (3), pp. 367-403.
- Boschma, R. (2014): "Constructing regional advantage and smart specialisation: comparison of two European policy concepts". *Scienze Regionali* 13 (1), pp. 51-68.
- Boschma, R.; Gianelle, C. (2014): "Regional Branching and Smart Specialisation Policy". *S3 Policy Brief, 06/2014, Institute for Prospective Technological Studies*, Sevilla.
- Boschma, R.A.; Iammarino, S. (2009): "Related Variety, Trade Linkages and Regional Growth". *Economic Geography*, 85 (3), pp. 289-311.
- Boschma, R.; Minondo, A.; Navarro, M. (2012): "Related variety and regional growth in Spain". *Papers in Regional Studies*, 91 (2), pp. 241-256.
- Boschma, R.; Rigby, D.; Balland, P. A. (2016): "Relatedness, knowledge complexity and technological opportunities of regions: A framework for smart specialization". *3rd Geography of Innovation Conference 2016*.
- Box, G. E. P.; Cox, D. R. (1964): "An analysis of transformations". *Journal of the Royal Statistical Society, Series B (Methodological)*, 26, pp. 211-252.
- Burmeister, Ch.; Luettgens, D.; Piller, F.T. (2015): "Business Model Innovation for Industrie 4.0: Why the 'Industrial Internet' Mandates a New Perspective on Innovation". *Die Unternehmung*, Vol 2/2016; RWTH-TIM Working Paper (disponible en SSRN: <http://ssrn.com/abstract=2571033> o <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2571033>).
- Camagni, R. (2004): "Uncertainty, social capital and community governance: the city as a Milieu". En Capello, R. y Nijkamp, P. (eds.), "Urban dynamics and growth: advances in urban economics". Amsterdam, Elsevier, pp. 121-152.
- Camagni, R. (1995): "The Concept of Innovative Milieu and its Relevance for Public Policies in European Lagging Regions". *Paper in Regional Science*, 74 (4), pp. 317-340.
- Camagni, R.; Capello, R. (2013): "Regional Innovation Patterns and the EU Regional Policy Reform: Toward Smart Innovation Policies". *Growth and Change*.
- Cohen, W.M.; Levinthal, D.A (1994): "Fortune Favors the Prepared Firm". *Management Science*, 40, pp. 227-251.
- Cohen, W.M.; Levinthal, D.A (1990): "Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation". *Administrative Science Quarterly*, 35, pp. 128-152.



- Cooke, P. (1998): "Introduction. Origins of the concept". En Braczyk, H.J.; Cooke, P.; Heidenreich, M. (eds.), "Regional Innovation Systems: The Role of Governances in a Globalized World". London: UCL Press, pp. 2-25.
- Cooke, P.; Gómez, M.; Etxebarria, G. (1997): "Regional innovation systems: institutional and organizational dimensions". *Research Policy*, 26, pp. 475-491.
- Davis, J.; Edgar, Th.; Porter, J.; Bernaden, J.; Sarli M. (2012): "Smart manufacturing, manufacturing intelligence and demand-dynamic performance". *Computers & Chemical Engineering*, 47, pp. 145-156.
- Drath, R.; Horch, A. (2014): "Industrie 4.0: Hit or Hype?" *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 8 (2), pp. 56-58.
- European Commission (2013): *Factories of the Future: Multi-annual Roadmap for the Contractual PPP under Horizon 2020. EFFRA, Brussels.*
- European Commission (2010a): *Factories of the Future: Multi-annual Roadmap for the Contractual PPP under Horizon 2020. Industrial Advisory Group, Brussels.*
- European Commission (2010b): *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions COM(2010) 553 final. Regional Policy Contributing to smart growth in Europe 2020.*
- European Commission (2010c): *Commission Staff Working Document. SEC (2010) 1183. Document accompanying the Commission Communication on Regional Policy contributing to smart growth in Europe 2020.*
- European Union (2012): *Guide to Research and Innovation Strategies for Smart Specialisation. Smart Specialisation Platform.*
- European Union (2011): *Regional policy for smart growth in Europe 2020. EU Publications Office, Brussels.*
- Foray, D. (2013): "The economic fundamentals of smart specialisation". *Ekonomiaz*, Vol. 83 (2), pp. 83-102.
- Foray, D. (2009a): "Structuring a policy response to a 'Grand Challenge'". En, "Knowledge for Growth. Prospect for Science, Technology and Innovation". *Selected papers from Research Commissioner, Janez Potocnik's Expert Group*, November 2009.
- Foray, D. (2009b): "Understanding "Smart Specialisation. En Pontikakis, D., Kyriakou, D. y van Bavel, R. (eds.) *The Questions of R&D Specialisation. Perspectives and policy implications*". Luxembourg: *Office for Official Publications of the European Communities.*
- Foray, D.; David, P.A.; Hall, B. (2009): "Smart Specialisation – The Concept". *Knowledge Economists Policy Brief* 9, June 2009.
- Foray, D.; Goenaga, X. (2013): "The goals of smart specialisation". *S3 Policy Brief, 01/2013, Institute for Prospective Technological Studies, Sevilla.*
- Foray, D.; Rainoldi, A. (2013): "Smart specialisation programmes and implementation". *S3 Policy Brief, 02/2013, Institute for Prospective Technological Studies, Sevilla*
- Foray, D.; Van Ark, B. (2007): "Smart specialisation in a truly integrated research area is the key to attracting more R&D to Europe". *Knowledge Economist Policy Brief* 1, October 2007.
- Frenken, K.; Van Oort, F.G.; Verburg, T. (2007): "Related variety, unrelated variety and regional economic growth". *Regional Studies*, 41 (5), pp. 685–97.
- Ganschar, O.; Gerlach, S.; Hämmerle, M.; Krause, T.; Schlund, S.; Spath, D. (2013): "Produktionsarbeit der Zukunft – Industry 4.0". *Fraunhofer IAO*



- Garcilazo, J.E.; Martins, J.O.; Tompson, W. (2010): "Why policies may need to be place-based in order to be people-centred" (disponible en: <http://www.voxeu.org/index.php?q=node%2F5827>).
- Heng, S. (2014): "Industry 4.0: Upgrading of Germany's Industrial Capabilities on the Horizon" (disponible en SSRN: <http://ssrn.com/abstract=2656608>).
- Hermann, M.; Pentek, T.; Otto, B. (2015): "Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review". *Technische Universität Dortmund, Audi Stiftungslehrstuhl Supply Net Order Management, Working Paper 01/2015*.
- Horrillo, J.; Lladós, J. (2017): "Especialización inteligente en las regiones europeas. Una visión dinámica desde la manufactura". *XLIII Reunión de Estudios regionales. International Conference on Regional Science*, Sevilla.
- Horrillo, J.; Triadó, J. (2018): "Carencias formativas de los grados de ingeniería para la Industria 4.0 en España. Una propuesta de actuaciones". *DYNA*, 93 (4), pp. 365-369.
- Kagermann, H.; Wahlster, W.; Helbig, J. (eds.) (2013): "Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0". *Final report of the Industrie 4.0 Working Group*.
- Lane, P.J.; Lubatkin, M. (1998): "Relative absorptive capacity and inter organizational learning". *Strategic Management Journal*, 19, pp. 461-477.
- Lee, J.; Kao, H-A; Yang, S. (2014): "Service innovation and smart analytics for Industry 4.0 and big data environment". *Procedia CIRP* 16, pp. 3 – 8.
- Lucke, D.; Constantinescu, C.; Westkämper, E. (2008): "Smart Factory - A Step towards the Next Generation of Manufacturing". Disponible en: *Manufacturing Systems and Technologies for the New Frontier. The 41st CIRP Conference on Manufacturing Systems*.
- Lundvall, B.A. (ed.) (1992): "National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning". Printer, London.
- Maillat, D. (1995): "Les milieux innovateurs". *Sciences Humaines*, 8, p. 41-42.
- McCann, P. (2011): "Notes on the Major Practical Elements of Commencing the Design of an Integrated and Territorial Place-Based Approach to Cohesion Policy". *Economic Geography Working Paper* June 2011, Faculty of Spatial Sciences, University of Groningen.
- McCann, P.; Ortega-Argilés, R. (2016): "The early experience of smart specialization implementation in EU cohesion policy". *European Planning Studies*, 24 (8), pp. 1407-1427.
- McCann, P.; Ortega-Argilés, R. (2013): "Modern regional innovation policy". *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 6 (2), pp. 187-216.
- McCann, P.; Ortega-Argilés, R. (2011): "Smart Specialisation, Regional Growth and the Application to EU Cohesion Policy" (Documento de Trabajo de l'IEB No. 2011), *Institut d'Economia de Barcelona* (ed.). Barcelona: *Institut d'Economia de Barcelona*.
- Moodysson, J.; Trippl, M.; Zukauskaitė, E. (2015): "Policy Learning and Smart Specialization Balancing Policy Change and Policy Stability for New Regional Industrial Path Development". *Papers in Innovation Studies*, Paper no. 2015/39.
- Mulaik, S. A. (2009): "Linear causal modeling with structural equations". New York: *CRC Press*.
- Neffke, F.; Henning, M.; Boschma, R., (2011). "How do Regions Diversify over Time? Industry Relatedness and the Development of New Growth Paths in Regions". *Economic Geography*, 87 (3), pp. 237-265.



- OECD (2009). *Regions Matter: Economic Recovery, Innovation and Sustainable Growth*. Paris.
- Porter, M. E. (1998): “Clusters and the new economics of competition”. *Harvard Business Review* (novembre-deseembre), pp. 77-90.
- Porter, M. E. (1990): “The Competitive Advantage of Nations”. London, Macmillan.
- Rodríguez-Pose, A. (2011): “Spatially-blind strategies as place-based development strategies”. En *Seminar on Territorial Dimension of Development Policies, papers and proceedings*. 18-19 July 2011, Ostróda, Poland. (pp. 85-89). (disponible en: http://www.mrr.gov.pl/english/Presidency/Main/event_schedule/Documents/Seminar_%20Papers_and_Proceedings.pdf).
- Trippl M.; Asheim B.; Miörner J. (2016): “Identification of regions with less-developed research and innovation systems”. En Parrilli M.D.; Fitjar R.D.; Rodríguez-Pose, A. (eds), “Innovation Drivers and Regional Innovation Strategies”. Routledge: London, pp.23-44.
- Van Den Bosch, F.A.J.; Volberda, H.W.; de Boer, M. (1999): “Co-evolution of firm absorptive capacity and knowledge environment: organizational forms and combinative Capabilities”. *Organization Science*, 10 (5), pp. 551-568.
- Wang, Sh.; Wan, J.; Li, D.; Zhang, Ch. (2016): “Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook”. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, Vol. 2016.
- Weber, K.M.; Rohracher, H. (2012): “Legitimizing research, technology and innovation policies for transformative change: Combining insights from innovation systems and multi-level perspective in a comprehensive ‘failures’ framework”. *Research Policy*, 41 (6), pp. 1037–1047.
- Wintjes, R.; Hollanders, H. (2011): “Innovation pathways and policy challenges at the regional level: smart specialization”. *UNU-MERIT Working Paper* 2011-027.
- Zahra, S.A.; George, G. (2002): “Absorptive capacity: a review, reconceptualization, and extension”. *Academy of Management Review*, 27 (2), pp. 185-203.
- Zuehlke, D. (2010): “SmartFactory – Towards a factory-of-things”. *Annual Reviews in Control*, 34, pp. 129–138.