
Capacidades tecnológicas necesarias para establecer diversos vínculos con universidades: el sector manufacturero mexicano

Technological capabilities for university industry links in the Mexican manufacturing sector

El concepto de umbrales ha sido utilizado en diferentes ámbitos. Identificar un umbral de capacidades tecnológicas, es decir el nivel mínimo de capacidades necesarias para que las empresas se vinculen con organizaciones de investigación, es útil para el diseño de políticas de innovación y para la gestión de las empresas. Este trabajo busca contribuir a la discusión del nivel de capacidades tecnológicas necesario para vincularse con organizaciones de investigación a través de distintos tipos de canales de interacción. A partir de microdatos provenientes de un cuestionario sobre vinculación e innovación llevado a cabo en 2014 a empresas mexicanas, encontramos que las empresas manufactureras con más altas capacidades tecnológicas se vinculan a través de canales de interacción más complejos, y usan una mezcla más completa de estos canales. Las recomendaciones políticas provenientes de este estudio incluyen la necesidad de introducir programas de política para promover programas de vinculación universidad-empresa que vayan más allá de la diferenciación entre manufactura de alta y baja tecnología y atiendan más al nivel de capacidades tecnológicas de las empresas.

Atalase kontzeptua arlo askotan erabilia izan da. Gaitasun teknologikoen atalase bat identifikatzea, hau da, ikerketa erakundeekin lotura izateko beharrezkoak diren gaitasunen gutxieneko maila bat identifikatzea, erabilgarria da berrikuntza politiken eta enpresen kudeaketaren diseinuan. Lan honen helburua da elkarrekintza bide desberdinak baliatuz ikerketa erakundeekin lotura izateko beharrezkoak diren gaitasunen eztabaidan laguntzea. 2014an enpresa mexikarrei egindako lotura eta berrikuntzari buruzko galdetegi batetik eratorritako mikrodatuetatik abiatuta ondorio bat atera genuen: manufaktura alorlean gaitasun teknologiko altuenak dituzten enpresek elkarrekintza bide konplexuagoak erabiliz egiten dituzte loturak, eta bide horien nahasketa osatuago bat erabiltzen dute. Azterketa honetatik eratorritako aholku politikoen artean ondorengoa dago: manufaktura altu eta baxuaren arteko desberdintzetik harago doan, eta enpresen gaitasun teknologikoen mailari arreta gehiago jarriko dion, unibertsitate-enpresa lotura programak sustatzeko programa politikoak sartzearen beharra.

The concept of threshold has been used in different fields. Identifying a threshold for technological capabilities that indicates a minimum level of capabilities that firms need in order to establish linkages with research organizations is important for policy making and for innovation management at the firm level. This research seeks to contribute to the empirical and theoretical discussion of a minimum level of technological capabilities that are needed to establish linkages with research organizations using different channels of interaction. We used firm level data from a survey on innovation and linkages, answered by firms located in Mexico in 2014. Our results show that manufacturing firms with high technological capabilities establish linkages with research organizations using more complex interaction channels, furthermore they use a more comprehensive mix of these channels. Policy implications from this study include the need to design policy programs to promote university-industry interactions that go beyond the differentiation between high and low technology manufacturing and differentiate firms by their level of technological capabilities.

Claudia de Fuentes*

Escuela de Negocios de Sobey, Universidad de Saint Mary

Gabriela Dutrénit

Universidad Autónoma México Metropolitana

Índice

1. Introducción
2. Capacidades, umbrales y vinculación
3. El contexto mexicano para la vinculación entre empresas y OIs
4. Metodología
5. Análisis empírico
6. Conclusiones

Referencias bibliográficas

Anexo

Palabras clave: Vinculación, universidades, sector manufacturero, innovación, capacidades tecnológicas.

Keywords: Linkages, universities, manufacturing sector, innovation, technological capabilities.

Nº de clasificación JEL: C10, L60, O31, O54

Fecha de Recepción: 10/02/2017 / Fecha de Aceptación: 28/06/2017

1. INTRODUCCIÓN

Las capacidades tecnológicas de las empresas, y en particular sus capacidades de absorción (Cohen y Levinthal, 1990), facilitan el uso de diferentes fuentes de conocimiento para mejorar su desempeño innovativo. Las universidades y centros de investigación son generadores y difusores de conocimiento, y constituyen una de las fuentes externas usadas por las empresas. La literatura sobre la vinculación entre las organizaciones de investigación (OIs), particularmente públicas, y las empresas muestra diferencias importantes en la propensión de las empresas a establecer interacciones en función de factores estructurales, relacionados con las políticas, y geográficos.

* Se reconoce la colaboración del Mtro. Rodrigo Magaldi en el procesamiento de la información estadística. Agradecemos el apoyo del CONACYT a través del financiamiento otorgado al proyecto titulado «Vinculación Universidad-Empresa: un Análisis de la Productividad de Investigación y del Desempeño Innovativo de las Empresas», a través del Fondo de Ciencia Básica (CB2011-168280-S).

Los factores de comportamiento incluyen el nivel de capacidades tecnológicas y de capacidades de absorción de las empresas. Los trabajos usan diferentes proxis de estos factores, que incluyen variables basadas en la inversión en investigación y desarrollo (I+D) y el porcentaje de empleados en actividades de I+D. Varios autores han encontrado una relación entre las capacidades tecnológicas o de absorción, la vinculación con OIs, y el desempeño innovativo de las empresas (Fabrizio, 2009; Torres *et al.*, 2011; De Fuentes y Dutrénit, 2012; Liao y Yu, 2013). La literatura también ha analizado la existencia de diferentes canales de interacción entre empresa y OI, los cuales se relacionan con diferentes niveles de dichas capacidades (Arza, 2010; Azagra-Caro *et al.*, 2016). Sin embargo, la literatura no ha analizado la posible existencia de un umbral de capacidades tecnológicas de las empresas, un nivel debajo del cual las empresas no colaboran o emplean pocos canales de interacción con las OIs, y por encima del cual las empresas colaboran más e incluso pueden emplear una variedad más amplia de canales de vinculación. La discusión y análisis de umbrales de capacidades necesarios para la vinculación con OIs es un tema que requiere más investigación.

Este trabajo busca hacer una contribución a la discusión del umbral de capacidades tecnológicas a partir de identificar un nivel de capacidades tecnológicas necesario para vincularse con OIs, a través de distintos tipos de canales de interacción. El objetivo de este documento es doble, por un lado explorar como distintos niveles de capacidades tecnológicas de las empresas inciden sobre la variedad de canales de vinculación con OIs, y por otro proponer un método para evaluar cómo distintos niveles de capacidad tecnológica inciden sobre diferentes tipos de canales de vinculación, diferenciando entre empresas de manufactura de alta tecnología y de baja tecnología. La información proviene de una encuesta sobre vinculación realizada a empresas mexicanas durante el 2014.

Después de esta introducción, el apartado segundo revisa la literatura sobre capacidades tecnológicas, umbrales y vinculación entre OIs y empresas. El tercero caracteriza el contexto en el cual se desarrollan los vínculos entre OIs y empresas en México. El apartado cuarto describe la metodología, incluyendo la fuente de microdatos, el método de definición de niveles de capacidades, la identificación de distintos canales de vinculación, el modelo para relacionar los determinantes de la vinculación (incluyendo las capacidades tecnológicas), y el uso de diferentes canales de vinculación. El apartado quinto analiza los resultados del modelo, y el sexto describe las conclusiones al trabajo.

2. CAPACIDADES, UMBRALES Y VINCULACIÓN

2.1. Capacidades tecnológicas y umbrales

Es altamente reconocida la importancia de la acumulación de capacidades tecnológicas para el desarrollo tecnológico y económico (Lall, 1992). El concepto de capacidades tecnológicas es utilizado a diferentes niveles de análisis. A nivel macro destacan los trabajos enfocados a medir las capacidades tecnológicas a nivel de país,

y la adquisición de conocimiento y capacidades tecnológicas diferenciando por sector industrial. En este sentido, Archibugi y Coco (2005) sugieren una medida de las capacidades tecnológicas (ArCo) que incluye variables que indican el nivel de generación de tecnología e innovación, la infraestructura y difusión de tecnología y el capital humano. A nivel sectorial, Pavitt (1984) sugiere que los procesos de acumulación de capacidades tecnológicas difiere entre industrias. Por ejemplo, para las industrias dominadas por los proveedores, el cambio técnico proviene principalmente de los proveedores de maquinaria y equipo, mientras que para las industrias basadas en ciencia, proviene de los laboratorios de I+D, y es altamente dependiente del conocimiento originado por la investigación académica. Castellacci (2008) enfatiza en la necesidad de diferenciar por sectores de manufactura y servicios, y propone una taxonomía que combina ambas industrias, la cual permite analizar de forma más fina los patrones sectoriales de innovación. Su estudio destaca la importancia de la vinculación vertical y el intercambio de conocimiento entre ambas industrias.

A nivel de la empresa, desde principios de la década de 1980, un conjunto de trabajos basados en evidencia empírica brindó las bases para entender el concepto de capacidades tecnológicas. Desde diferentes cuerpos de literatura se ha convergido en el argumento de que hay una relación entre las capacidades tecnológicas de las empresas y su desempeño innovativo. La capacidad tecnológica es vista como una habilidad para hacer un uso efectivo del conocimiento tecnológico para la producción, inversión e innovación (Westphal *et al.*, 1985). A partir de este enfoque, se desarrolló un fuerte interés por estudiar los procesos de acumulación de capacidades tecnológicas de empresas, principalmente industriales, y se han construido taxonomías que clasifican diferentes niveles de acumulación (Lall, 1992, Bell y Pavitt, 1995). Estas taxonomías reflejan los procesos graduales de acumulación, desde una etapa que corresponde a niveles mínimos de conocimiento (necesarios para la operación) hasta la etapa de capacidades innovadoras avanzadas (que incluye actividades de I+D). Esta taxonomía ha sido utilizada para entender los procesos de acumulación de empresas en diversos países e industrias (Dutrénit, 2004).

También ha surgido el concepto de capacidad de absorción, visto como la capacidad de las empresas para reconocer el valor de la nueva información, asimilarla y aplicarla a fines comerciales (Cohen y Levinthal, 1990). La capacidad de absorción puede ser considerada como una dimensión crítica de las capacidades de innovación de las empresas (Cohen y Levinthal, 1990), aquella relacionada con la identificación de fuentes externas de conocimiento. La asimilación y explotación del conocimiento externo es vital para innovar y aumentar así la ventaja competitiva de las empresas. Una de las fuentes de conocimiento externo proviene de la vinculación con OIs, que tienen la función de generar conocimiento. Para el caso de empresas de altas capacidades tecnológicas, esta fuente es de gran importancia (Vega-Jurado *et al.*, 2008).

Existen diferencias en los indicadores sintéticos y aquellos usados como *proxy* de la capacidad tecnológica y de la capacidad de absorción a diferentes niveles de análisis.

Archibugi y Coco (2005) discuten diferentes medidas de capacidades tecnológicas a nivel país usadas en la literatura. Encuentran que muchas de estas medidas proponen indicadores sintéticos, los cuales permiten la comparación entre países. Sin embargo, mencionan que los indicadores sintéticos pueden generar un efecto impredecible.

A nivel de la empresa, en general la literatura tiende a usar información sobre: diferentes dimensiones de las actividades de I+D, tamaño de la empresa, porcentaje de empleados altamente capacitados, tecnología incorporada, entre otros; de acuerdo al acceso a los microdatos existentes en los países. Muchos de estos estudios se han centrado en el estudio del sector de manufactura. Existe un amplio abanico de trabajos empíricos que exploran el nivel de capacidades tecnológicas a nivel de empresa, pero solo algunos de estos trabajos proponen la medición de un umbral de capacidades tecnológicas (Lee, 2010), o de capacidades de absorción (Girma, 2003), el cual es crítico para el crecimiento económico de la empresa.

El concepto de umbral tiene varios antecedentes en el análisis económico. Inicialmente, desde la economía del desarrollo, se utilizó para explicar por qué los países siguen trayectorias de crecimiento de largo plazo diferente, partiendo de dotaciones de recursos similares. Se buscaba explicar también por qué mientras unos países se desarrollan otros no logran avanzar en la senda del desarrollo. Estos autores definen trampas de pobreza o trampas de bajo nivel tecnológico, y señalan que solamente cuando la economía ha alcanzado valores críticos en el estado de algunas variables (el capital físico o el acervo de conocimiento), las posibilidades de producción agregada podrían expandirse rápidamente. Por ejemplo, Azariadis y Drazen (1990) analizan el papel de las externalidades de umbral en el desarrollo económico. Argumentan que las externalidades tecnológicas con una propiedad de «umbral» permiten que los retornos a escala aumenten muy rápidamente cuando las variables económicas asumen valores en un nivel de masa crítica, lo cual es una condición para superar la trampa de pobreza.

La idea de la existencia de umbrales o de masas críticas se ha empleado para explicar otros fenómenos económicos, usando microdatos a nivel de empresa. Girma (2003) discute la relación entre la capacidad de absorción y las derramas de productividad de la inversión extranjera directa. Argumenta que pareciera existir un umbral mínimo de capacidad de absorción por debajo del cual las magnitudes de las derramas de productividad son inexistentes o pueden ser negativas. En lugar de asumir arbitrariamente valores de corte de la variable de capacidad de absorción, siguiendo a Hansen (2000), utiliza técnicas de regresión de umbral endógeno. Argumenta que dado que el umbral o el valor de corte es desconocido, éste tiene que ser estimado, y se basa en ese autor para hacer una inferencia estadística válida en modelos de umbral. La variable de capacidad de absorción utilizada es la relación entre la productividad total de los factores de la empresa y el máximo de la industria.

Lee (2010) analiza el papel dual de la I+D (generación de conocimiento y aprendizaje-efecto de mejora de las competencias tecnológicas), sus efectos en la

evolución de la productividad de la I+D, y el patrón de crecimiento de la empresa. Argumenta que existe un umbral, en otras palabras se requiere al menos una masa crítica de conocimiento tecnológico para lograr un crecimiento sostenido. Cuando el tamaño inicial del conocimiento tecnológico de una empresa excede su umbral, la empresa goza de un círculo virtuoso de acumulación del conocimiento. El umbral puede considerarse como una barrera para la supervivencia o el crecimiento sostenido. Para identificar los diferentes patrones de crecimiento utiliza la variable: intensidad de I+D, tanto de la empresa como respecto a su sector. Las empresas se dividen en dos grupos: «altas capacidades» y «bajas capacidades». Las empresas con capacidad de mejora de las competencias tecnológicas superior al percentil 75 de la muestra se clasifican como empresas de altas capacidades y las otras como empresas de bajas capacidades.

La discusión sobre capacidades tecnológicas y la existencia de un umbral que permita a las empresas un mayor nivel de innovación o crecimiento ha avanzado en las últimas décadas, sin embargo, el conocimiento sobre los niveles críticos de capacidades tecnológicas es aún limitado. Asimismo, no se ha abordado el análisis de la existencia de un umbral de capacidades tecnológicas necesario para promover una mejor vinculación con OIs.

2.2. Vinculación entre universidades y centros con empresas

Las universidades y los centros de investigación (particularmente los públicos) son productores y difusores de conocimiento, y, como tal, pueden jugar un papel fundamental en el desempeño de las actividades innovadoras de las empresas (Narin *et al.*, 1997; Cohen *et al.*, 2002). Se reconoce que la interacción entre las OIs y la industria es una de las relaciones principales entre agentes de un Sistema Nacional de Innovación.

La literatura ha explorado ampliamente los determinantes de la vinculación. Desde la perspectiva de las empresas, la evidencia muestra que la propensión de las empresas a establecer interacciones depende de factores estructurales, de comportamiento, relacionados con las políticas, y geográficos. Entre los factores estructurales se incluye la edad de las empresas (Eom y Lee, 2009; Giuliani y Arza, 2009), el tamaño de las empresas (Cohen *et al.*, 2002; Santoro y Chakrabati, 2002; Motohashi, 2005; Hanel y St-Pierre, 2006) y la intensidad tecnológica del sector (Segarra-Blasco y Arauzo-Carod, 2008; Tether y Tajar, 2008; Dutrénit y Arza, 2015). Los factores de comportamiento incluyen el tipo de actividades de I+D desempeñadas por las empresas (Segarra-Blasco y Arauzo-Carod, 2008) y la intensidad de la I+D (Laursen y Salter, 2004; Eom y Lee, 2009; Arza *et al.*, 2015), calculada a través del monto o de los empleados. Varios autores señalan que las empresas que invierten más en I+D son más proclives a tener mayores capacidades de absorción para aprender e interactuar con universidades (Cohen *et al.*, 2002; Fontana *et al.*, 2006). Algunos autores han explorado factores relacionados con las polí-

252

ticas de innovación, tales como el apoyo a las incubadoras (Nowak y Grantham, 2000; Etkowitz *et al.*, 2005), el fomento de conglomerados industriales innovadores (Wonglimpiyarat, 2006; Sohn y Kenney, 2007), el inicio de proyectos conjuntos de investigación (Walwyn, 2007), y los programas de estímulos directos o indirectos a la I+D (De Fuentes y Dutrénit, 2012; Magaldi, 2015). Otros estudios han proporcionado evidencia empírica de la importancia de la proximidad geográfica como determinante de la vinculación (Morgan, 2004; D'Este *et al.*, 2013; García *et al.*, 2015; Maietta, 2015; De Fuentes y Dutrénit, 2016). Se argumenta que la proximidad geográfica importa si está ligada a universidades y centros de investigación de alta calidad. En contraste, Laursen *et al.* (2011) argumentan que aquellas empresas que invierten más en I+D tienden a colaborar con universidades más prestigiosas sin importar su ubicación geográfica.

Existen múltiples canales a través de los cuales fluye el conocimiento entre las OIs y las empresas, tales como: formación de recursos humanos, ciencia abierta (e.g. publicaciones, asistencia a congresos), movilidad de personal, contactos informales, relaciones de consultoría, proyectos de I+D conjuntos y por contrato, patentes y spin-offs (Cohen *et al.*, 2002; Bierly *et al.*, 2009; Dutrénit y Arza, 2010). De acuerdo con la literatura en el tema, se observan agrupaciones de los canales de interacción de acuerdo a diferentes criterios: grado de interacción (Perkmann y Walsh, 2009), grado de formalidad (Cassiman *et al.*, 2010; Leisyte, 2011; Perkmann y Walsh, 2009; Cassiman *et al.*, 2010; Leisyte, 2011; Perkmann y Walsh, 2009), dirección de los flujos de información (Arza, 2010), y potencial de obtener resultados (Perkmann y Walsh, 2009; Wright *et al.*, 2008). Arza (2010) propone una taxonomía de canales de vinculación entre OIs y empresas, e identifica cuatro principales canales de interacción, diferenciándolos en términos de las estrategias -intelectuales y económicas, y del comportamiento pasivo o proactivo.

Los estudios sobre este tema en los países desarrollados han puesto especial atención en aquellos canales y formas de interacción asociados con proyectos de I+D conjuntos y por contrato (Cohen *et al.*, 2002; Perkmann *et al.*, 2013). En contraste, la evidencia proveniente de países en desarrollo ha mostrado que otros canales y formas de interacción resultan también muy relevantes, como la formación de recursos humanos, la ciencia abierta (e.g. publicaciones, asistencia a congresos), los contactos informales y las relaciones de consultoría (Arza *et al.*, 2015). Por este motivo es importante analizar el conjunto de canales y formas de interacción que se presentan en estos países, y no reducir el análisis a la colaboración a través de proyectos de I+D conjuntos y por contrato, y la elaboración de patentes.

Si bien la literatura sobre vinculación OI-empresa ha incorporado varias dimensiones de las capacidades tecnológicas como variables determinantes del comportamiento empresarial, no conocemos trabajos que exploren el umbral o nivel mínimo de capacidades tecnológicas para establecer diferentes tipos de interacción.

3. EL CONTEXTO MEXICANO PARA LA VINCULACIÓN ENTRE EMPRESAS Y OIS

El Sistema Nacional de Innovación mexicano es emergente. Existen los actores clave relacionados con la generación, diseminación y absorción de conocimiento y su aplicación para la innovación, pero no se han alcanzado masas críticas de estos actores. El Sistema muestra un desempeño pobre en términos de productividad científica y tecnológica. Dos indicadores de estos bajos niveles son: el porcentaje de empresas activas en innovación en 2012-2013, que alcanza sólo el 9,8%¹, y los investigadores por cada 1.000 de la población económica activa, que representan sólo 0,84%². Los bajos niveles de inversión pública y privada en CTI, reflejados en el hecho de que el Gasto en Investigación y Desarrollo Experimental (GIDE) como porcentaje del producto interno bruto no ha alcanzado el 0,6%, contribuyen a estos resultados. Las interacciones de las universidades y centros públicos de investigación con el sector productivo son aún débiles (Dutrénit *et al.*, 2010). A esto se añaden problemas en el marco institucional y la gobernanza del sistema (Dutrénit y Puchet, 2017).

La educación superior en México tiene sus raíces en 1910 con la creación de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Inicialmente, la política de ciencia y tecnología se centró en el fomento de la educación superior y en la construcción de centros/institutos de investigación en áreas importantes para el desarrollo nacional (agricultura, petróleo, electricidad, etc.). Hoy en día, el sistema mexicano de educación superior se compone por universidades federales y estatales, universidades tecnológicas y politécnicas, institutos tecnológicos, universidades multiculturales, institutos de educación estatal y escuelas normales localizadas en todo el país. En 2016 había 3.704 instituciones de educación superior, las cuales forman recursos humanos en niveles técnico superior y licenciatura (universitaria y tecnológica y en educación normal)³; varias de ellas tienen programas de posgrado. En ese año, 29,2% de estas instituciones eran públicas y 70,8% privadas.

La producción del conocimiento es realizada fundamentalmente por universidades, sobre todo públicas, seguido por centros de investigación que pertenecen al gobierno, e institutos nacionales de salud. Entre los centros de investigación hay dos grupos: veintisiete centros públicos de investigación del sistema CONACYT (diez están orientados hacia ciencias exactas y naturales, ocho hacia ciencias sociales y humanidades, y nueve hacia la innovación, desarrollo tecnológico y servicios), y un

¹ <http://uis.unesco.org/sites/default/files/documents/ip37-summary-report-of-the-2015-uis-innovation-data-collection-2017-en.pdf>

² <http://db.ricyt.org/query/AR,BO,BR,CA,CL,CO,CR,CU,EC,ES,GT,HN,MX,NI,PA,PE,PR,PT,PY,SV,T,T,US,UY,VE,AL,IB/1990%2C2014/CINVPEA>

³ http://www.planeacion.sep.gob.mx/Doc/estadistica_e_indicadores/principales_cifras/principales_cifras_2015_2016_bolsillo_preliminar.pdf

conjunto de institutos de investigación sectorizados, que nacieron vinculados a secretarías y empresas públicas.

El sector empresarial está integrado por empresas de propiedad privada nacional y extranjera, de todos los tamaños; existen ya muy pocas empresas públicas. Por un lado, hay un segmento de empresas conectadas a cadenas globales de valor, que incluye subsidiarias de empresas multinacionales y empresas grandes de propiedad nacional. Estas empresas operan en sectores de medio y alto contenido tecnológico. Asimismo, ha emergido un grupo de multilaterales mexicanas, que tienen sus corporativos en México, y realizan operaciones en Estados Unidos, Europa y unas pocas en Asia (Basave, 2016; Ponce, Dutrénit y Vera-Cruz, 2017). Estas empresas multilaterales se ubican en diferentes sectores manufactureros y de servicios, en general de bajo y medio contenido tecnológico. Todo este segmento está integrado por empresas con capacidades tecnológicas innovadoras, pero que realizan pocas actividades de I+D en el territorio nacional. Por el otro lado, la gran mayoría de las empresas son pequeñas y medianas, ubicadas en sectores de bajo contenido tecnológico. Estos dos segmentos no han construido aún conexiones que permitan encadenar al segundo segmento de empresas que tienen menos capacidades tecnológicas.

Durante la última década el gobierno mexicano ha diseñado e implementado políticas de innovación para estimular la I+D en el sector empresarial y promover vínculos con las OIs. Las políticas se basan principalmente en programas de incentivos directos e indirectos para fomentar la I+D y otras actividades de innovación. Los programas más importantes son: (i) los Incentivos Fiscales a la I+D, que operaron durante 2003-2008, y se incorporaron nuevamente en 2017; y (ii) el Programa de Estímulos a la Innovación (PEI), un fondo de apoyo directo para fomentar la innovación que opera bajo tres modalidades: INNOVAPYME (Innovación Tecnológica de Alto Valor Agregado para proyectos de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación en empresas PYME), PROINNOVA (Desarrollo e Innovación en Tecnologías Precursoras), e INNOVATEC (Programa de Innovación Tecnológica para la Competitividad). Ambos programas incluyen un incentivo específico a las actividades de vinculación con OIs (Magaldi, 2015).

A lo largo del tiempo el sistema se ha hecho más complejo, por el lado de la oferta de conocimiento, han surgido nuevos actores, se ha desconcentrado y descentralizado geográficamente, y ha cambiado la distribución de fuerzas entre los actores. Asimismo, por el lado de la demanda, ha emergido un espíritu emprendedor que se traduce en la creación de nuevas empresas y en el surgimiento de nuevos sectores (p.e. sector aeroespacial, *software*), que demandan diferentes tipos de conocimientos. Otro cambio importante es el surgimiento de regiones especializadas en algunas de ellas (denominadas Entidades Federativas). Estos cambios imponen retos a la promoción de la interacción por el gobierno, y al establecimiento de vínculos entre los actores de la vinculación: las empresas y las OIs.

4. METODOLOGÍA

4.1. Datos

Este estudio está basado en datos originales recolectados por la encuesta de vinculación a empresas llevada a cabo en México durante 2014. La encuesta se realizó en línea por invitación y con seguimiento individual a toda la población de empresas inscritas en el Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas (RENIECYT) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT); representó un censo de este tipo de empresas.

El registro es necesario para acceder a recursos públicos. Dado que las empresas de esta muestra están inscritas en el RENIECYT, existe un alto sesgo hacia empresas que emplean fondos públicos para la innovación. Sin embargo, podemos afirmar que la muestra se acerca al perfil de las empresas innovadoras, según la Encuesta Nacional de Innovación del 2010 (ESIDET). En ambos casos, la mitad de las empresas realizaban actividades de I+D, y más del 60% usaban a las OIs como fuente de información.

Este proyecto fue coordinado por la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) y el Foro Consultivo Científico y Tecnológico, A.C. (FCCT). Se enviaron 5.374 invitaciones a toda la población de empresas. La encuesta fue contestada por los gerentes I+D o de desarrollo de productos. La encuesta tiene cinco partes: (i) información general y características de la empresa; (ii) actividades de I+D e innovación; (iii) fuentes principales de conocimiento e información, y formas/canales de interacción OI-empresa; (iv) objetivos para la interacción, productos y beneficios de la interacción, y razones de algunos fracasos; y (v) barreras/obstáculos para la interacción.

La tasa de respuesta fue de 28,3%, lo que dio una base de datos original integrada por 1.521 empresas. Incluye los sectores de agricultura, ganadería y silvicultura (88); minería (69); manufactura (660); electricidad, gas y suministro de agua (7); construcción (22); y servicios (675). Para este artículo, solo analizamos a las empresas del sector de manufactura que proporcionaron su clasificación industrial con al menos cuatro dígitos (604); estas incluyen manufactura de alta tecnología (294) y manufactura de baja tecnología (310).

El 76% de las empresas manufactureras de la muestra se han beneficiado de fondos públicos para fomentar actividades de I+D y otras actividades de innovación, como el Programa de Estímulos a la Innovación (63%). El 38% de la muestra tiene un departamento formal de I+D, y el 77% tiene vínculos con OIs, incluyendo universidades públicas y universidades privadas, centros de investigación, institutos tecnológicos y universidades tecnológicas/politécnicas.

La muestra original incluye todos los sectores manufactureros, sin embargo, la composición entre las empresas vinculadas y no vinculadas difiere entre sectores. En general, las empresas vinculadas cuentan con departamentos formales de I+D y emplean más recursos humanos capacitados para desempeñar actividades de I+D que

las empresas no vinculadas. Las empresas que han accedido a fondos públicos para la I+D tienen una mayor tendencia a interactuar que aquellas que no accedieron, ya que el 100% de las empresas que fue beneficiada con fondos públicos tiene vínculos con la industria (cuadro n° 1).

Cuadro n° 1. **CARACTERÍSTICAS DE LAS EMPRESAS**

	Muestra total	Empresas vinculadas	Empresas no vinculadas
Uso de fondos públicos	458	387	71
Uso del programa de Estímulos a la Innovación	302	268	34
Departamento formal de I+D	228	190	38
Promedio de empleados en I+D	13	14	9
Manufactura de alta tecnología	294	227	67
Manufactura de baja tecnología	310	241	59

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los valores indican el número de empresas, con excepción de la variable del promedio de empleados.

4.2. Variables clave y estadística descriptiva

4.2.1. Canales de interacción

Las variables clave de nuestro análisis son los canales de interacción y el nivel de capacidades tecnológicas de las empresas. Para construir el indicador de canales de interacción nos basamos en una pregunta del cuestionario donde las empresas evaluaron la importancia de cada forma de interacción. Usamos la metodología de análisis de factores con rotación varimax para clasificar a las diferentes formas de interacción en cuatro canales; posteriormente normalizamos cada forma de interacción usando una escala de 0,33 a 1, y calculamos los promedios simples para los canales de interacción de acuerdo a los resultados del análisis de factores. El cuadro n° 2 muestra la clasificación de canales de interacción (el cuadro A.1 del Apéndice muestra los resultados del análisis de factores, y el cuadro A.2 la varianza acumulada de los factores).

La clasificación empleada en este estudio está en línea con aportes anteriores (Cassiman *et al.*, 2010; Leisyte, 2011; Perkmann y Walsh, 2009), y agrupa los canales de acuerdo a la movilidad de estudiantes, el grado de interacción, el grado de formalidad y la dirección de los flujos de conocimiento.

Cuadro nº 2. CANALES Y FORMAS DE INTERACCIÓN OIS-EMPRESAS

Canales de interacción	Formas de interacción
Canal Tradicional (CTradicional)	Publicaciones y reportes Conferencias Intercambio informal de información
Canal Comercial (CComercial)	Capacitación Contratos de investigación Consultoría Licencias
Canal Colaboración (Colaboración)	Estancias de investigadores en la empresa Proyectos de I+D conjuntos o en cooperación
Canal Movilidad Estudiantil (CMovilidadEstudiantil)	Contratación de egresados Prácticas profesionales de estudiantes

Fuente: Elaboración propia.

Notas: Usamos una escala de Likert de 1 (poco importante) a 3 (muy importante), que fue normalizada de 0.33 a 1. Construimos cada canal de interacción a través del promedio simple de las formas de interacción que lo integran.

4.2.2. Niveles de capacidades tecnológicas

Para identificar el nivel de capacidades tecnológicas se realizó un análisis de clústers por k-means. Para este análisis se emplearon ocho variables que describen la intensidad en actividades de innovación. Las actividades incluyen: adquisición de maquinaria y equipo, adquisición de tecnología externa, capacitación, lanzamiento al mercado de innovaciones, diseño industrial o actividades de arranque de producción, adquisición de software, I+D y preparación para la introducción de servicios o métodos de entrega. Se usó también el porcentaje de empleados en actividades de I+D respecto al total de empleados, y el nivel de formalidad de las actividades de I+D dentro de la empresa (a través de la pregunta de si cuenta con un departamento formal de I+D). De acuerdo al análisis de clúster, las empresas se dividieron en dos grupos: empresas con altas capacidades tecnológicas (458) y empresas con bajas capacidades tecnológicas (146) (ver cuadro A.1 del Anexo).

Nuestra metodología de clasificación de capacidades tecnológicas emplea variables similares a las utilizadas en los estudios por Lee (2010) y Girma (2003). Pero, a diferencia de Lee (2010), que clasifica como empresas de altas capacidades tecnológicas aquellas que se encuentran por arriba del percentil 75, en este trabajo usamos un análisis de clúster para identificar dos tipos de empresas de acuerdo a las variables mencionadas. En este trabajo se analiza el nivel de capacidades tecnológicas pero no se produce un indicador sintético del umbral de capacidades tecnológicas.

A partir del análisis de clúster, las empresas se dividen en dos grupos: de altas capacidades tecnológicas, y de bajas capacidades tecnológicas. El cuadro nº 3 presenta el análisis descriptivo de los clúster de empresas de acuerdo a sus capacidades tecnológicas.

Cuadro n° 3. DIFERENCIAS ENTRE EMPRESAS DE ALTAS Y BAJAS CAPACIDADES TECNOLÓGICAS

Variable	Muestra total	Altas capacidades tecnológicas	Bajas capacidades tecnológicas
Canal Tradicional (% de empresas)	40,9%	41,5%	39,0%
Canal Comercial (% de empresas)	50,8%	51,3%	49,3%
Canal Colaboración (% de empresas)	63,9%	65,3%	59,6%
Canal Movilidad Estudiantil (% de empresas)	58,6%	59,6%	55,5%
Tamaño (Promedio)	664,9	667,1	657,9
Edad de la empresa (promedio)	20,7	21,2	19,2
Manufactura de alta tecnología (% de empresas)	48,7%	50,7%	42,5%
Manufactura de baja tecnología (% de empresas)	51,3%	49,3%	57,5%
Porcentaje de ventas de nuevos productos (promedio)	24,4%	24,7%	23,5%
Empleados en I+D (promedio)	13,1	14,3	9,1
Porcentaje de gasto en actividades de innovación (promedio)			
· Adquisición de maquinaria y equipo	21,2%	9,8%	57,0%
· Adquisición de tecnología externa	4,6%	4,6%	4,8%
· Capacitación	7,2%	7,3%	6,9%
· Lanzamiento al mercado de innovaciones tecnológicas	5,5%	6,2%	3,3%
· Diseño industrial o actividades de arranque de producción	10,4%	10,9%	8,6%
· Adquisición de software	3,5%	3,7%	3,0%
· I+D	19,5%	21,3%	13,8%
· Preparación para la introducción de servicios o métodos de entrega nuevos o mejorados	4,2%	5,1%	1,5%

Fuente: Elaboración propia.

Notas: Empresas de altas capacidades tecnológicas: 458. Empresas de bajas capacidades tecnológicas: 146. En los canales de interacción se consideró al porcentaje de empresas que dan una valoración de importante (2) y muy importante (3) a las formas de interacción que los conforman. El promedio se calculó sobre la media aritmética, y considera las desviaciones estándar para cada una de las variables.

En los cuatro canales de interacción con OIs, el porcentaje de empresas con altas capacidades tecnológicas que los emplean es mayor que el porcentaje de aquellas con bajas capacidades, pero las diferencias no son muy grandes. Donde se observa mayor diferencia es en el Canal Colaboración, el cual incluye estancias de investigadores en la empresa, y proyectos de I+D conjuntos y en cooperación. Estas dos formas de interacción requieren un mayor nivel de capacidades tecnológicas dentro de la empresa (Arza, 2010). Las empresas de altas capacidades tecnológicas llevan, en promedio, dos años más en el mercado que las empresas de bajas capacidades tecnológicas, y también tienen en promedio más empleados en actividades de I+D. Las empresas de mayores capacidades tecnológicas tienen un promedio mayor de ventas de nuevos productos como porcentaje del total de sus ventas.

Los valores reportados en el cuadro nº 3 sobre las actividades de innovación indican el porcentaje promedio que gastan las empresas en esas actividades. Si bien las empresas invierten en todas las actividades de innovación con independencia de su nivel de capacidad tecnológica, la composición del gasto varía de acuerdo al nivel de capacidad tecnológica. La diferencia de más importancia se refiere al gasto en I+D; las empresas con altas capacidades tecnológicas invierten un porcentaje mayor en «I+D» (21,3% respecto a 13,8%), en contraste, las empresas con bajas capacidades tecnológicas invierten un mayor porcentaje en «Adquisición de maquinaria y equipo» (57,0% respecto a 9,8%), es decir, en tecnología incorporada. La importancia de la inversión en «I+D» se complementa con un mayor número promedio del total de «Empleados en I+D» (14,3% respecto a 9,1%).

4.2.3. *Definición de otras variables del modelo*

Otras variables independientes que se incorporaron en el análisis están asociadas con el tamaño de la empresa, el porcentaje de ventas de nuevos productos, el número de actividades de innovación realizadas, el número de empleados en actividades de I+D, el uso de fondos públicos para la innovación, la edad de la empresa y el nivel tecnológico del sector. Para definir el nivel tecnológico se usó el sistema de clasificación de industrias de América del Norte (SCIAN) y la clasificación de OECD (2011), que permitió delimitar a las empresas de acuerdo a: manufactura de alta tecnología y manufactura de baja tecnología.

El cuadro nº 4 describe las principales variables usadas para medir la capacidad de las empresas de vincularse con OIs a través de distintos canales de acuerdo a sus capacidades tecnológicas, y el cuadro nº 5 muestra la matriz de correlación para las variables independientes usadas en el modelo.

Cuadro nº 4. VARIABLES PARA ANALIZAR DISTINTOS NIVELES DE CAPACIDADES TECNOLÓGICAS QUE PERMITEN VINCULACIÓN CON OIS

	Variable	Tipo	Media	Desv. Est.	Min	Max
Canales de interacción	Canal Tradicional	Índice de 0,33-1 para medir la importancia de cada forma de interacción	0,466	0,336	0	1
	Canal Comercial	Índice de 0,33-1 para medir la importancia de cada forma de interacción	0,513	0,356	0	1
	Canal Colaboración	Índice de 0,33-1 para medir la importancia de cada forma de interacción	0,615	0,414	0	1
	Canal Movilidad Estudiantil	Índice de 0,33-1 para medir la importancia de cada forma de interacción	0,556	0,386	0	1
Capacidades tecnológicas	Altas capacidades tecnológicas	Dicotómica: Si=1; No=0	0,758	0,428	0	1
	Bajas capacidades tecnológicas	Dicotómica: Si=1; No=0	0,242	0,428	0	1
Características de la empresa	Tamaño	Numérica: ln empleados	3,975	1,993	0	11,52
	Edad de la empresa	Numérica: años desde la fundación	20,703	19,167	1	115
	Manufactura de alta tecnología	Dicotómica: Si=1; No=0	0,487	0,500	0	1
	Manufactura de baja tecnología	Dicotómica: Si=1; No=0	0,513	0,500	0	1
Esfuerzo en innovación	Ventas de nuevos productos	Dicotómica: ventas de nuevos productos >10%: Si=1; No=0	0,616	0,487	0	1
	Empleados en I+D	Numérica: ln empleados en I+D	1,425	1,221	0	7,17
	Actividades de innovación	Numérica: Número de actividades de innovación en los que la empresa invierte	3,995	2,479	0	8
Uso de fondos públicos	Uso del programa de Estímulos a la Innovación	Dicotómica: Si=1; No=0	0,633	0,482	0	1

Fuente: Elaboración propia.

Nota: 604 observaciones.

Cuadro nº 5. **MATRIZ DE CORRELACIÓN DE VARIABLES INDEPENDIENTES**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Tamaño (1)	1							
Edad de la empresa (2)	0,617	1						
Manufactura de alta tecnología (3)	-0,041	-0,002	1					
Manufactura de baja tecnología (4)	0,041	0,002	-1,000	1				
Ventas de nuevos productos (5)	-0,133	-0,098	0,075	-0,075	1			
Actividades de innovación	0,065	-0,056	0,037	-0,037	0,319	1		
Empleados en I+D (6)	0,580	0,321	0,099	-0,099	0,055	0,213	1	
Uso del programa de Estímulos a la Innovación (7)	0,151	0,033	0,012	-0,012	0,110	0,223	0,211	1

Fuente: Elaboración propia.

Nota: 600 observaciones.

4.3. El modelo

Para analizar el nivel de capacidades tecnológicas necesario para vincularse con OIs a través de distintos canales, generamos tres ecuaciones *tobit* para cada tipo de canal de interacción. En nuestro modelo, las variables dependientes son cada uno de los cuatro diferentes canales de vinculación: Canal Tradicional, Canal Comercial, Canal Colaboración y Canal de Movilidad Estudiantil. Siguiendo a Lee (2010) y Girma (2003), las variables independientes son aquellas asociadas con las características de la empresa y el nivel de capacidades tecnológicas. Para este estudio incluimos: tamaño de la empresa, año de fundación, sector industrial según su intensidad tecnológica, porcentaje de ventas de nuevos productos, número de actividades de innovación que desarrolla la empresa, número de empleados en actividades de I+D, y uso de fondos públicos para la innovación.

$$C_{\text{Tradicional}_i} = X_i\beta, j_{i1}, \dots, j_{in} + \varepsilon_i \dots (\text{eq. 1.1})$$

$$C_{\text{Comercial}_i} = X_i\beta, j_{i1}, \dots, j_{in} + \varepsilon_i \dots (\text{eq. 1.2})$$

$$C_{\text{Colaboración}_i} = X_i\beta, j_{i1}, \dots, j_{in} + \varepsilon_i \dots (\text{eq. 1.3})$$

$$C_{\text{MovilidadEstudiantil}_i} = X_i\beta, j_{i1}, \dots, j_{in} + \varepsilon_i \dots (\text{eq. 1.4})$$

Calculamos estas ecuaciones con nuestra muestra de empresas de manufactura a través de tres especificaciones de la muestra: muestra completa, empresas con altas capacidades tecnológicas, y empresas con bajas capacidades tecnológicas.

5. ANÁLISIS EMPÍRICO

Los resultados de nuestro análisis se muestran en el cuadro n° 6.

La presencia de diferentes niveles de capacidades tecnológicas permite ofrecer una explicación de la existencia de diferencias en los patrones de vinculación de las empresas manufactureras mexicanas. Los resultados descritos a continuación están organizados en dos partes, de acuerdo a: los resultados de la estadística descriptiva y los resultados del modelo econométrico.

De acuerdo a la estadística descriptiva identificamos las siguientes características de las empresas, de acuerdo al nivel de capacidades tecnológicas:

1) Empresas con altas capacidades tecnológicas:

- Características del nivel de capacidades tecnológicas: realizan un mayor gasto en la mayor parte de las actividades de innovación, tienen un mayor porcentaje de empleados en actividades de I+D respecto al total de empleados y tienen una organización más formal de las actividades de I+D dentro de la empresa, sea porque cuentan con un departamento formal de I+D o porque las actividades de I+D se encuentran organizadas pero distribuidas a lo largo de la empresa.
- Composición del gasto en actividades de innovación: invierten un mayor porcentaje en actividades de I+D; estas actividades son críticas para el desarrollo o adaptación de nuevos productos o procesos para seguir compitiendo en el mercado. El segundo monto de gasto en innovación es en el diseño industrial o actividades de arranque de producción.
- El porcentaje que representan los nuevos productos con respecto al total de ventas es superior.

2) Empresas con bajas capacidades tecnológicas:

- Características del nivel de capacidades tecnológicas: realizan un menor gasto en la mayoría de las actividades de innovación, tienen un menor porcentaje de empleados en actividades de I+D, y no tienen una organización formal de las actividades de I+D dentro de la empresa, es decir, aunque muchas empresas realizan I+D, estas actividades están dispersas en la empresa.
- Composición del gasto en actividades de innovación: estas empresas invierten un mayor porcentaje en adquisición de maquinaria y equipo, seguido por actividades de I+D.
- El porcentaje que representan los nuevos productos con respecto al total de ventas es menor.

De acuerdo al modelo econométrico, para identificar el nivel de capacidades tecnológicas que permite la vinculación a través de distintos canales diferenciamos

por variables asociadas a las características de la empresa y variables asociadas a las capacidades tecnológicas. Nuestros resultados indican que las características de las empresas en cuanto a tamaño resultan significativas y negativas para la muestra completa y para la muestra de empresas con altas capacidades tecnológicas. Esta evidencia sugiere que empresas más pequeñas con altas capacidades tecnológicas se vinculan a través de los cuatro canales de interacción analizados. Cuanto más pequeñas son las empresas, tienden a usar todos los canales, pero particularmente se aprovechan de los vínculos a través del canal Colaboración, Comercial y el Tradicional. Estos hallazgos respecto al tamaño de las empresas confirman resultados anteriores de estudios que analizan la vinculación academia-empresa en México (Dutrénit *et al.*, 2010; Torres *et al.*, 2011; De Fuentes y Dutrénit, 2012), y denotan que hay un grupo de empresas innovadoras pequeñas que se vinculan con OIs. Sin embargo, en otros países se encontró que las empresas de mayor tamaño establecen mayor vinculación con OIs, debido a que cuentan con mayores recursos financieros y humanos (Crespi y Zuniga, 2012).

En cuanto a la edad de las empresas, ésta sólo aparece significativa para el canal Tradicional y Comercial para la muestra completa, es decir las empresas más antiguas, que han acumulado más experiencia, tienden a usar más el canal Tradicional y Comercial, es decir tienden a vincularse a través de acceder a publicaciones y reportes, asistencia a congresos e intercambio informal de información, así como a través de capacitación, establecimiento de contratos de investigación, consultoría y licencias tecnológicas.

En cuanto a las variables asociadas a las capacidades tecnológicas -número de actividades de innovación, empleados en I+D, y uso del Programa de Estímulos a la Innovación, encontramos que estas variables son significativas y positivas para la vinculación a través de los cuatro canales analizados para empresas de altas capacidades tecnológicas. En relación al número de actividades de innovación en que una empresa invierte, encontramos que las empresas con capacidades tecnológicas altas tienden a invertir en un mayor número de actividades de innovación. Esto les permite experimentar de diferente forma, generar diferentes tipos de conocimiento y desarrollar distintas capacidades, que son necesarias para vincularse con distintos tipos de OIs (Fontana *et al.*, 2006; De Fuentes y Dutrénit, 2012). En cuando al número de empleados en I+D, Laursen *et al.* (2011) argumentan sobre la importancia que tiene esta característica para acelerar la construcción de capacidades tecnológicas de la empresa. Nuestros resultados sugieren que un mayor número de empleados en actividades de I+D es positivo para empresas de altas capacidades tecnológicas, ya que facilita la vinculación con OIs a través de los cuatro canales analizados. Sin embargo, hay que destacar que resulta con mayor nivel de significatividad para los canales de Movilidad Estudiantil y Colaboración. Es decir, en la medida en que se incrementa el número de empleados en actividades de I+D con que cuentan las empresas de altas capacidades, tienen a usar formas de interacción más directas, persona a persona, donde fluye conocimiento tácito, como son el desarrollo de proyec-

Cuadro nº 6. NIVEL DE CAPACIDADES TECNOLÓGICAS Y VINCULACIÓN CON OIS

VARIABLES	Canal Tradicional			Canal Comercial			Canal Colaboración			Canal Movilidad Estudiantil		
	Muestra completa	Altas Cap.	Bajas Cap.	Muestra completa	Altas Cap.	Bajas Cap.	Muestra completa	Altas Cap.	Bajas Cap.	Muestra completa	Altas Cap.	Bajas Cap.
Tamaño	-0,030**	-0,027*	-0,037	-0,036**	-0,031*	-0,048	-0,035**	-0,028	-0,052	-0,019	-0,019	-0,017
	-0,014	-0,016	-0,031	-0,014	-0,016	-0,030	-0,017	-0,018	-0,039	-0,016	-0,017	-0,036
Edad de la empresa	0,002*	0,002	0,001	0,002*	0,002	0,003	0,002	0,002	0,003	0,000	0,000	0,000
	-0,001	-0,001	-0,003	-0,001	-0,001	-0,003	-0,001	-0,002	-0,003	-0,001	-0,001	-0,003
Ventas de nuevos productos	0,020	0,036	-0,060	0,017	0,048	-0,082	-0,006	0,055	-0,191*	0,053	0,041	0,035
	-0,041	-0,048	-0,078	-0,041	-0,049	-0,075	-0,048	-0,055	-0,097	-0,045	-0,052	-0,089
Actividades de innovación	0,024***	0,021**	0,029	0,025***	0,020**	0,040*	0,022**	0,016	0,043	0,021**	0,022**	0,015
	-0,008	-0,009	-0,023	-0,008	-0,009	-0,022	-0,009	-0,010	-0,029	-0,009	-0,010	-0,026
Empleados en I+D	0,049**	0,054**	0,021	0,066***	0,068***	0,046	0,086***	0,091***	0,045	0,075***	0,094***	-0,002
	-0,020	-0,022	-0,043	-0,020	-0,022	-0,042	-0,023	-0,025	-0,054	-0,021	-0,024	-0,050
Uso del programa de Estímulos a la Innovación	0,111***	0,157***	-0,051	0,147***	0,187***	0,009	0,197***	0,210***	0,153	0,158***	0,166***	0,137
	-0,040	-0,046	-0,082	-0,040	-0,047	-0,080	-0,047	-0,052	-0,104	-0,044	-0,050	-0,095

.../...

.../...

VARIABLES	Canal Tradicional			Canal Comercial			Canal Colaboración			Canal Movilidad Estudiantil		
	Muestra completa	Altas Cap.	Bajas Cap.	Muestra completa	Altas Cap.	Bajas Cap.	Muestra completa	Altas Cap.	Bajas Cap.	Muestra completa	Altas Cap.	Bajas Cap.
Manufactura de alta tecnología	-0,013	0,004	-0,042	-0,036	-0,024	-0,057	-0,050	-0,014	-0,155	0,001	0,025	-0,052
	-0,038	-0,043	-0,076	-0,038	-0,043	-0,074	-0,044	-0,049	-0,096	-0,041	-0,046	-0,088
Constante	0,282***	0,218***	0,539***	0,322***	0,272***	0,507***	0,392***	0,342***	0,593***	0,283***	0,241***	0,473***
	-0,060	-0,067	-0,137	-0,060	-0,067	-0,133	-0,070	-0,076	-0,172	-0,065	-0,072	-0,158
Sigma	0,393***	0,393***	0,375***	0,393***	0,398***	0,366***	0,459***	0,450***	0,468***	0,430***	0,425***	0,433***
	-0,016	-0,018	-0,030	-0,015	-0,018	-0,029	-0,018	-0,020	-0,039	-0,017	-0,019	-0,035
Observaciones	473	362	111	473	362	111	473	362	111	473	362	111
LR chi2(7)	37,13	41,26	3,95	52,69	51,55	7,48	55,05	52,77	12,46	53,02	56,72	2,96
Prob > chi2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pseudo R2	0,059	0,084	0,029	0,083	0,102	0,057	0,072	0,091	0,068	0,075	0,104	0,018

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Standard errors in parentheses.

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0

tos de I+D conjuntos o en cooperación, la participación de investigadores en la empresa, o la atracción de estudiantes o egresados a las empresas. Respecto a esto, Perkmann y Walsh (2009) sugieren que muchas de estas formas de interacción involucran un nivel de articulación mayor que otras formas de interacción, lo cual contribuye con la transmisión de conocimiento tácito.

En cuando al uso de programas públicos de fomento a la innovación, nuestros resultados sugieren que estos programas, y en particular el Programa de Estímulos a la Innovación, han sido positivos para estimular la vinculación de las empresas de altas capacidades tecnológicas. De hecho, la vinculación con OIs en algunos casos es necesaria para poder aplicar a estos fondos. Estos resultados contribuyen a los hallazgos de Dutrénit *et al.* (2010), De Fuentes y Dutrénit (2012) y Magaldi (2015), quienes identificaron la importancia de los fondos públicos para la innovación para fortalecer la vinculación academia-empresa en México. Adicionalmente, nuestros resultados sugieren que las empresas de mayores capacidades tecnológicas se vinculan a través de todos los canales -Comercial, Académico, Colaboración y Movilidad Estudiantil.

Respecto a la variable de ventas de nuevos productos, no se reporta significativa para ningún canal. Este no es un resultado esperado, podría asociarse a un enfoque de la vinculación en innovaciones de proceso o en mejoras de productos existentes, sin relación a la introducción de nuevos productos. Este resultado requiere ser analizado en trabajos futuros. Asimismo, no hay diferencia en el patrón de vinculación de acuerdo al sector tecnológico. La mitad de las empresas de altas capacidades tecnológicas de la muestra son de manufactura de alta tecnología y la otra mitad de baja tecnología, y se comportan de la misma forma con independencia del sector tecnológico. Esto se puede relacionar al hecho de que en México persiste un sesgo hacia sectores tradicionales, de baja tecnología, donde se han construido relaciones de vinculación con la academia a lo largo de los años (por ejemplo, vidrio, cemento, alimentos). En otros sectores de alta tecnología también existen estas interacciones (por ejemplo, química, farmacéutica, automotriz).

6. CONCLUSIONES

El objetivo principal de este estudio es iniciar la discusión sobre el umbral de capacidades tecnológicas necesario para la vinculación OIs-empresa a través de distintos tipos de canales de interacción. En particular, nuestro análisis contribuye a identificar la existencia de un nivel de capacidades tecnológicas que permite a las empresas vincularse con OIs a través de cuatro diferentes tipos de canales: Canal Tradicional, Canal Comercial, Canal Colaboración, y Canal Movilidad Estudiantil.

Los estudios de innovación enfatizan la heterogeneidad de las empresas de acuerdo a sus diferentes niveles de conocimiento, y a la capacidad de acumulación y uso de nuevo conocimiento con fines comerciales. Nuestro estudio contribuye a

identificar que, efectivamente, las empresas del sector manufacturero en México son heterogéneas en cuanto a su nivel de capacidades tecnológicas. Incluso al diferenciar entre empresas de manufactura de alta tecnología y de baja tecnología, de acuerdo a nuestro análisis, se observa que ni todas las empresas de manufactura de alta tecnología tienen altas capacidades tecnológicas, ni todas las empresas de manufactura de baja tecnología tienen un nivel bajo de capacidades tecnológicas. Este hallazgo sugiere que el diseño de iniciativas de política para la innovación debe ir más allá de la diferenciación entre manufactura de alta y baja tecnología y concentrarse en mayor medida en el nivel de las capacidades tecnológicas de las empresas.

Los resultados de nuestro análisis contribuyen a la mejora de las políticas de desarrollo regional y de la tercera misión de las universidades. Nuestros resultados demuestran que el nivel de capacidades tecnológicas afecta la vinculación con OIs, y particularmente el uso de una mezcla de canales de interacción. La evidencia obtenida sugiere que empresas con altas capacidades tecnológicas usan en mayor medida los cuatro canales de vinculación empleados en este estudio, lo cual sugiere que estas empresas cuentan con el conocimiento necesario para identificar información externa y asimilarla internamente a través del uso de canales adecuados. Las empresas de bajas capacidades tecnológicas dentro de esta muestra usan también los cuatro canales de vinculación, pero en menor medida. La mayor diferencia se encuentra en los canales asociados a un mayor nivel de conocimientos, particularmente el Canal Colaboración, que incluye las formas de vinculación a través del desarrollo de proyectos conjuntos de I+D y la participación de investigadores en la empresa. Asimismo, la presencia de empleados en actividades de I+D y el desarrollo de un mayor número de actividades de innovación son determinantes importantes de la vinculación a través de los cuatro canales analizados para empresas de altas capacidades tecnológicas. Esto confirma hallazgos anteriores sobre la importancia del capital humano en actividades de I+D y la adquisición de capacidades a partir de actividades de innovación.

Las recomendaciones de política provenientes de este estudio incluyen la necesidad de introducir programas de fomento de las capacidades tecnológicas de las empresas para aumentar así su capacidad de vinculación con OIs, a través de una combinación más completa de canales que permitan la transferencia e intercambio de conocimiento tácito, y no solo fomentando los proyectos de I+D conjuntos o por contrato que conduzcan a la elaboración de patentes. Además, las iniciativas de política pueden concentrarse en la creación de fondos para la contratación de empleados altamente capacitados tanto para desarrollar actividades de I+D, como para desarrollar otras actividades de innovación.

Si bien este estudio se ha enfocado en evidencia que proviene de las empresas, la existencia de empresas que usan diferentes canales de vinculación con OIs también sugiere que las OIs han desarrollado experiencia para vincularse a través de diferentes canales. Además, la muestra utilizada incluye empresas localizadas en todo el país. Si bien en este trabajo no se realiza un análisis de la localización geográfica de

la vinculación, las empresas pequeñas tienden a vincularse en espacios locales, lo que sugiere que la naturaleza de los vínculos de estas empresas se establece con OIs locales. La importancia inversa de la característica tamaño, en el sentido de que las empresas pequeñas tienden a vincularse más que las grandes que arrojan los resultados sugiere que mucha de esta vinculación debe ocurrir en espacios locales. Ambos elementos, las capacidades de vinculación desarrolladas en las OIs y la importancia de la vinculación de las empresas pequeñas, permiten deducir que las OIs en espacios locales han desarrollado capacidades para tener un papel más activo en el desarrollo local, y desarrollar de forma más efectiva la llamada tercera misión. En este sentido, las recomendaciones de política sugeridas son relevantes a nivel regional, y pueden contribuir al desarrollo regional.

Este trabajo propone una metodología para medir como distintos niveles de capacidad tecnológica inciden en diferentes tipos de canales de vinculación. Sin embargo, este trabajo no produce un indicador sintético de umbral de capacidades tecnológicas; trabajos futuros pueden contribuir a la identificación de un umbral de capacidades tecnológicas para identificar el nivel mínimo necesario para establecer vínculos con OIs, además de la formulación de un índice sintético siguiendo los trabajos de Archibugi y Coco (2005), Girma (2003), y Hansen (2000). Estos dos últimos utilizan técnicas de regresión de umbral endógeno, lo cual contribuiría a la identificación de un valor para el umbral de capacidades tecnológicas.

Finalmente, es importante destacar que las empresas de esta muestra están inscritas en el Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas (RENIECYT), por lo que existe un alto sesgo hacia empresas que emplean fondos públicos para la innovación y empresas que se vinculan con OIs. Estudios futuros requieren incluir una muestra más incluyente de empresas, por ejemplo, aquellas que participan en la recolección de datos del ESIDET, que combine empresas que usan y también aquellas que no acceden ni buscar acceder a fondos públicos para la innovación. La inclusión de un mayor número de empresas y un mayor número de observaciones puede permitir el desarrollo de un indicador de capacidad tecnológica que permita identificar claramente el umbral de capacidades tecnológicas a través de un índice.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARCHIBUGI, D.; COCO, A. (2005): «Measuring technological capabilities at the country level: A survey and a menu for choice», *Research Policy*, 34(2): 175-194. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2004.12.002
- ARZA, V. (2010): «Channels, benefits and risks of public-private interactions for knowledge transfer: A conceptual framework inspired by Latin America», *Science and Public Policy*, 37(7): 473-484.
- ARZA, V.; DE FUENTES, C.; DUTRÉNIT, G.; VAZQUEZ, C. (2015): «Channels and Benefits of Interactions between Public Research Organizations and Industry: Comparing Country Cases in Africa, Asia, and Latin America», en ALBUQUERQUE, E.; SUZIGAN, W.; KRUSS, G.; LEE, L. (EDS.), *Developing National Systems of Innovation. University-Industry Interactions in the Global South*, Edward Elgar, 93-119, Cheltenham.
- AZAGRA-CARO, J.; BARBERÁ-TOMÁS, D.; EDWARDS-SCHACHTER, M.; TUR, E. (2017): «Dynamic interactions between university-industry knowledge transfer channels: A case study of the most highly cited academic patent», *Research Policy*, 46(2): 463-474. http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2016.11.011.
- AZARIADIS, C.; DRAZEN, A. (1990): «Threshold Externalities in Economic Development», *The Quarterly Journal of Economics*, 105(2): 501-26.
- BASAVE, J. (2016): *Multinacionales mexicanas surgingimiento y evolución*, México, Ciudad de Siglo XXI Editores, CDMX.
- BELL, M.; PAVITT, K. (1995): «The Development of Technological Capabilities», en HAQUE, I.U. (COMP.), *Trade, Technology and International Competitiveness*, Banco Mundial, Washington.
- BIERLY, P.; DAMANPOUR, F.; SANTORO, M. (2009): «The application of external knowledge: Organizational conditions for exploration and exploitation», *Journal of Management Studies*, 46(3): 841-509.
- CASSIMAN, B.; DI GUARDO, M.C.; VALENTINI, G. (2010): «Organizing links with science: Cooperate or contract? A project-level analysis», *Research Policy*, 39(7): 882-892.
- CASTELLACCI, F. (2008): «Technological paradigms, regimes and trajectories: Manufacturing and service industries in a new taxonomy of sectoral patterns of innovation», *Research Policy*, 37: 978-994.
- COHEN, W.; NELSON, R.; WALSH, J. (2002): «Links and Impacts: The influence of public research on industrial R&D», *Management Science*, 48: 1-23.
- COHEN, W.M.; LEVINTHAL, D.A. (1990): «A New Perspective on Learning and Innovation», *Administrative Science Quarterly*, 35(1): 128-152.
- CRESPI, G.; ZUNIGA, P. (2012): «Innovation and Productivity: Evidence from Six Latin American Countries», *World Development*, 40(2): 273-290.
- D'ESTE, P.; GUY, F.; IAMMARINO, S. (2013): «Shaping the formation of university-industry research collaboration: what type of proximity does really matter?», *Journal of Economic Geography*, 13: 537-558.
- DE FUENTES, C.; DUTRÉNIT, G. (2012): «Best channels of academia-industry interaction for long-term benefit», *Research Policy*, 41(9): 1666-1682.
- (2016): «Geographic proximity and university-industry interaction: the case of Mexico», *The Journal of Technology Transfer*, 41(2): 329-348.
- DUTRÉNIT, G. (2004): «Building Technological Capabilities in Latecomer Firms: Review Essay», *Science, Technology and Society*, 9 (2): 209-241.
- DUTRÉNIT, G.; ARZA, V. (2010): «Channels and benefits of interactions between public research organizations and industry: comparing four Latin American countries», *Science and Public Policy*, 37(7): 541-53.
- (2015): «Features of Interactions between Public Research Organizations and Industry in Latin America: The Perspective of Researchers and Firms», en ALBUQUERQUE, E.; SUZIGAN, W.; KRUSS, G.; LEE, K. (EDS.), *Developing National Systems of Innovation. University-Industry Interactions in the Global South*, Edward Elgar, pp. 164-193, Cheltenham.
- DUTRÉNIT, G.; CAPDEVILLE, M.; CORONA, J.; PUCHET, M.; SANTIAGO, F.; VERA-CRUZ, A. (2010): *El Sistema Nacional de Innovación Mexicano: Instituciones, Políticas, Desempeño y Desafíos*, UAM-X / Textual S. A., CDMX.

- DUTRÉNIT, G.; DE FUENTES, C.; TORRES, A. (2010): «Channels of interaction between public research organisations and industry and benefits for both agents: evidence from Mexico», *Science and Public Policy*, 37(7): 513-526.
- DUTRÉNIT, G.; PUCHET, M. (2017): «Tensions of STI policy in Mexico: analytical models, institutional evolution, national capabilities and governance», en KUHLMANN, S.; ORDÓÑEZ-MATAMOROS, G. (EDS), *Research Handbook on Innovation Governance for Emerging Economies: Towards Better Models*, Edward Elgar, 205-231, Cheltenham.
- EOM, B.-Y.; LEE, K. (2009): «Modes of knowledge transfer from PROs and firm performance: The case of Korea», *Seoul Journal of Economics*, 22(4): 499-528.
- ETZKOWITZ, H.J.; DE MELLO, M.C.; ALMEIDA, M. (2005): «Towards 'meta-innovation' in Brazil: The evolution of the incubator and the emergence of a triple helix», *Research Policy*, 34(4): 411-424.
- FABRIZIO, K.R. (2009): «Absorptive capacity and the search for innovation», *Research Policy*, 38(2): 255-267.
- FONTANA, R.; GEUNA, A.; MATT, M. (2006): «Factors affecting university-industry R&D projects: The importance of searching, screening and signaling», *Research Policy*, 35: 309-323.
- GARCÍA, R.; ARAUJO, V.; MASCARINI, S.; GOMES-SANTOS, E.; COSTA, A. (2015): «Looking at both sides: how specific characteristics of academic research groups and firms affect the geographical distance of university-industry linkages», *Regional Studies, Regional Science*, 2(1): 518-534.
- GIRMA, S. (2003): «Absorptive capacity and productivity spillovers from FDI: a threshold regression analysis», Grupo de Economía Europea, *Working Paper* no. 25/2003.
- GIULIANI, E.; ARZA, V. (2009): «What drives the formation of 'valuable' university-industry linkages? An under-explored question in a hot policy debate», *Research Policy*, 38(6): 906-921.
- HANEL, P.; ST-PIERRE, M. (2006): «Industry-university collaboration by Canadian manufacturing firms», *Journal of Technology Transfer*, 31(4): 485-499.
- HANSEN, B.E. (2000): «Sample splitting and threshold estimation», *Econometrica*, 68: 575-603.
- LALL, S. (1992): «Technological Capabilities and Industrialization», *World Development*, 20(2): 165-186.
- LAURSEN, K.; SALTER, A. (2004): «Searching high and low: what types of firms use universities as a source of innovation?» *Research Policy*, 33: 1201-1215.
- LAURSEN, K.; REICHSTEIN, T.; SALTER, A. (2011): «Exploring the effect of geographical proximity and university quality on university-industry collaboration in the United Kingdom», *Research Policy*, 45(4): 507-523.
- LEE, C.-Y. (2010): «A theory of firm growth: Learning capability, knowledge threshold, and patterns of growth», *Research Policy*, 39: 278-289.
- LEISYTE, L. (2011): «University commercialization policies and their implementation in the Netherlands and the United States», *Science and Public Policy*, 38(6): 437-448.
- LIAO, T.J.; YU, C.M.J. (2013): «The impact of local linkages, international linkages, and absorptive capacity on innovation for foreign firms operating in an emerging economy», *The Journal of Technology Transfer*, 38(6): 809-827.
- MAGALDI, R. (2015): «Efectos del sistema de incentivos sobre la vinculación Academia-Industria», Tesis de la Maestría en Economía, Gestión y Políticas de Innovación, UAM-X, México.
- MAIETTA, O. (2015): «Determinants of university-firm R&D collaboration and its impact on innovation: A perspective from a low-tech industry», *Research Policy*, 44(7): 1341-1359.
- MORGAN, K. (2004): «The exaggerated death of geography: Learning, proximity and territorial innovation systems», *Journal of Economic Geography*, 4: 3-21.
- MOTOHASHI, K. (2005): «University-Industry collaboration in Japan: the role of new technology-based firms in transforming the National System», *Research Policy*, 34: 585-594.
- NARIN, F.; HAMILTON, K.; OLIVASTRO, D. (1997): «The increasing linkage between U.S. technology and public science», *Research Policy*, 26(3): 317-330.
- NOWAK, M.J.; GRANTHAM, C.E. (2000): «The virtual incubator: managing human capital in the software industry», *Research Policy*, 29(2): 125-134.
- OECD (2011): ISIC REV. 3 Technology Intensity Definition, Directorate for Science, Technology and Industry, Economic Analysis and Sta-

- tistics Division. Retrieved from <https://www.oecd.org/sti/ind/48350231.pdf>
- PAVITT, K. (1984): «Patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory», *Research Policy*, 13 (6): 343-373.
- PERKMANN, M.; WALSH, K. (2009): «The two faces of collaboration: Impacts of university-industry relations on public research», *Industrial and Corporate Change*, 18(6): 1033-1065.
- PERKMANN, M.; TARTARI, V.; MCKELVEY, M.; AUTIO, E.; BROSTRÖM, A.; D'ESTE, P.; FINI, R.; GEUNA, A.; GRIMALDI, R.; HUGHES, A.; KITSON, M.; KRABEL, S.; LLERENA, P.; LISSONI, F.; SALTER, A.; SOBRERO, M. (2013): «Academic Engagement and Commercialization: A Review of the Literature on University-Industry Relations», *Research Policy*, 42(2): 423-442.
- PONCE, J.L.; DUTRÉNIT, G.; VERA-CRUZ, A. (2017): «Patrones de vinculación Academia-Empresa: el caso las Multilatinas mexicanas», documento de trabajo, UAM-Xochimilco.
- SANTORO, M.; CHAKRABARTI, A. (2002): «Firm size and technology centrality in industry-university interactions», *Research Policy*, 31(7): 1163-1180.
- SEGARRA-BLASCO, A.; ARAUZO-CAROD, J.M. (2008): «Sources of innovation and industry-university interaction: Evidence from Spanish firms», *Research Policy*, 37(8): 1283-1295.
- SOHN, W.; KENNEY, M. (2007): «Universities, clusters and innovation systems: The case of Seoul, Korea», *World Development*, 35(6): 991-1004.
- TETHER, B.; TAJAR, A. (2008): «Beyond industry-university links: Sourcing knowledge for innovation from consultants, private research organizations and the public science-base», *Research Policy*, 37: 1079-1095.
- TORRES, A.; DUTRÉNIT, G.; SAMPEDRO, J.L.; BECERRA, N. (2011): «What are the factors driving university-industry linkages in latecomer firms: Evidence from Mexico», *Science and Public Policy*, 38(1): 31-42.
- VEGA-JURADO, J.; GUTIÉRREZ-GRACIA, A.; FERNÁNDEZ-DE-LUCIO, I.; MANJARRÉS-HENRÍQUEZ, L. (2008): «The effect of external and internal factors on firms' product innovation», *Research Policy*, 37(4): 616-632. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2008.01.001>
- WALWYN, D. (2007): «Finland and the mobile phone industry: A case study of the return on investment from government-funded research and development», *Technovation*, 27: 335-341.
- WESTPHAL, L.; KIM, L.; DAHLMAN, C. (1985): «Reflections on the Republic of Korea's Acquisition of Technological Capability», en ROSENBERG, N.; FRISCHTAK, C. (COMPS.), *International Technology*, Praeger Publishers, Nueva York.
- WONGLIMPIYARAT, J. (2006): «The dynamic economic engine at Silicon Valley and US government programmes in financing innovations», *Technovation*, 26(9): 1081-1089.
- WRIGHT, M.; CLARYSSE, B.; LOCKETT, A.; KNOC-KAERT, M. (2008): «Mid-range universities' linkages with industry: Knowledge types and the role of intermediaries». *Research Policy*, 37(8): 1205-1223.

ANEXO

Cuadro A.1. ANÁLISIS DE FACTORES DE LOS CANALES: MATRIZ ROTADA

Variable	Factor1 Canal Comercial	Factor2 Canal Tradicional	Factor3 Canal Movilidad Estudiantil	Factor4 Canal Colaboración	Uniqueness
Publicaciones y reportes		0,559			0,602
Conferencias		0,815			0,299
Intercambio informal de información		0,302			0,822
Contratación de egresados			0,986		0,000
Participación de investigadores en la empresa				0,814	0,250
Prácticas profesionales de estudiantes			0,433		0,716
Capacitación	0,384				0,655
Contratos de investigación	0,681				0,472
Consultoría	0,692				0,464
Proyectos de I+D conjuntos o en cooperación				0,383	0,622
Licencias	0,402				0,732

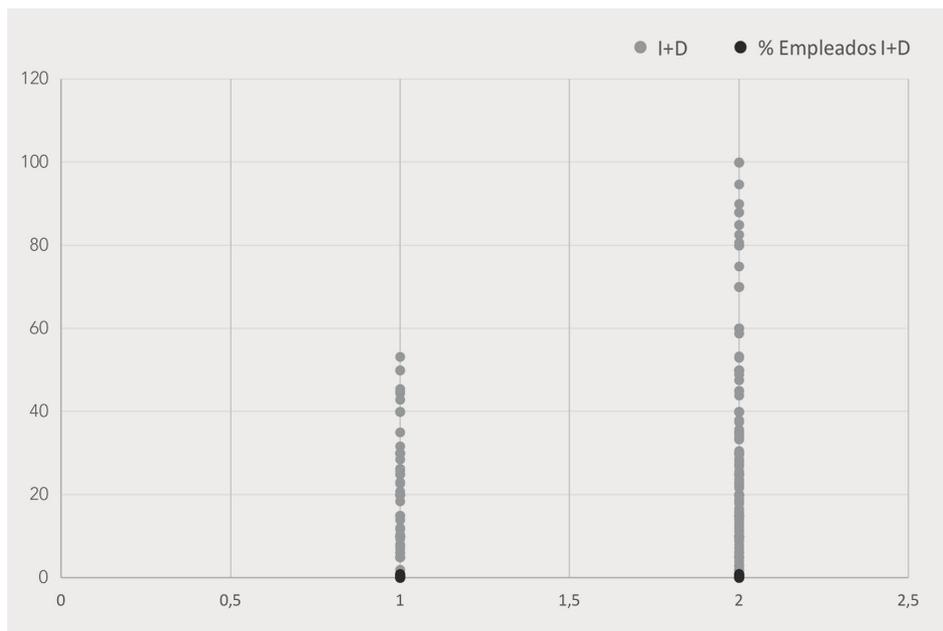
Fuente: Elaboración propia.

LR test Prob>chi2 = 0.0000

Cuadro A.2. VARIANZA EXPLICADA TOTAL Y DE CADA FACTOR

Factor	Varianza	Diferencia	Proporción	Acumulada
Factor1. Canal Comercial	1,609	0,271	0,300	0,300
Factor2. Canal Tradicional	1,338	0,010	0,249	0,549
Factor3. Canal Movilidad Estudiantil	1,328	0,237	0,248	0,797
Factor4. Canal Colaboración	1,092	-	0,203	1,000

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico A.1. GRUPOS DE EMPRESAS CON ALTAS CAPACIDADES Y BAJAS CAPACIDADES TECNOLÓGICAS

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Eje horizontal clúster 1: Bajas capacidades tecnológicas; clúster 2: Altas capacidades tecnológicas.