



Flujo internacional de conocimientos y productividad: un estudio de la industria manufacturera en México

*International knowledge spillovers and productivity: A study of the
manufacturing industry in Mexico*

Heri Oscar Landa Díaz*

Universidad Autónoma Metropolitana, México

Recibido el 29 de enero de 2016; aceptado el 16 de agosto de 2018

Disponible en Internet el 10 de diciembre de 2018

Resumen

El objetivo de este trabajo es examinar el grado de incidencia de las externalidades tecnológicas, asociadas con el comercio y la Inversión Extranjera Directa (*IED*), sobre la productividad, así como el papel de las capacidades tecnológicas en el proceso de difusión de conocimientos. Con este fin, se prueba empíricamente, mediante un modelo panel autorregresivo con rezagos distribuidos (*ARDL*), la contribución del flujo de conocimientos internacional sobre la Productividad Total de Factores (*PTF*) de la industria manufacturera de México para el periodo 1999-2012. Los resultados principales indican: i) la presencia de ganancias en productividad vía el comercio internacional, sin embargo, la magnitud de estos coeficientes es pequeña; ii) las externalidades tecnológicas son más relevantes en los sectores de alta intensidad tecnológica; iii) la *IED* ejerce una contribución marginal y poco concluyente sobre el desempeño de la productividad.

Códigos JEL: O30, O31, O47.

Palabras Clave: Externalidades Tecnológicas; Capacidades Tecnológicas; Productividad.

*Autor para correspondencia

Correo electrónico: hold77@hotmail.com (H. O. Landa Díaz)

La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad Nacional Autónoma de México.

<http://dx.doi.org/10.22201/fca.24488410e.2018.2174>

0186- 1042/©2019 Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Contaduría y Administración. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-SA (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)

Abstract

The aim of this paper is to examine the degree of impact of technological externalities, associated with international trade and foreign direct investment (*FDI*), on productivity, and the role of technological capabilities in the process of dissemination of knowledge. Tested empirically the contribution of the international flow of knowledge on Total Factor Productivity (*TFP*) of manufacturing in Mexico for the period 1999-2012, using a panel autoregressive distributive lag (*ARDL*) model. The main findings are: i) the presence of gains in productivity via international trade, however the magnitude of these coefficients is small; ii) technological externalities are more relevant in sectors with high technological capacity; iii) the *FDI* has a marginal and inconclusive on the performance of productivity contribution.

JEL Codes: O30, O31, O47.

Keywords: Technological Externalities; Technological Capabilities; Productivity.

Introducción

Durante la década de los ochenta México inicio la transición hacia una estrategia de desarrollo dirigida por la apertura económica. El argumento subyacente de este cambio estructural –impulsado por los nuevos consensos globales sobre crecimiento y desarrollo (FMI, 1997; OCDE, 1998)- era que éste permitiría a la economía mayor capacidad de respuesta ante los choques externos, alentar la competencia, impulsar la competitividad, propiciar la transferencia tecnológica, mejorar la eficiencia de la planta productiva y alcanzar tasas de crecimiento sostenido.

Sin embargo, resulta paradójico que después de la ejecución de amplias reformas al sistema económico (desregulación comercial y financiera), de estabilidad macroeconómica y de una vertiginosa expansión del comercio internacional; la tasa de crecimiento del producto conserve una exigua dinámica. También es claro que, a pesar del afianzamiento del sector manufacturero –especialmente el de exportación- éste no ha sido suficiente para sostener el crecimiento de la economía en su conjunto.

Efectivamente, la especialización de la industria manufacturera en segmentos de ensamble/maquila y el fuerte peso de los insumos de producción de origen importado parecen constituir una restricción cardinal, primero, de la consecución de ganancias en productividad y, segundo, de la competitividad industrial, a contrapelo del dinamismo de subsectores como el automotriz o de equipo de cómputo.

Típicamente, en la literatura se reconoce que una parte significativa del progreso tecnológico de los países semi-industrializados es resultado de la absorción y adaptación de la tecnología foránea; sin embargo, la exposición, *per se*, a la frontera tecnológica mundial no es suficiente para asegurar ganancias dinámicas, ya que talentos como el desarrollo institucional o la profundización del sistema financiero figuran como determinantes fundamentales para optimizar el proceso de adquisición, uso, absorción, adaptación y mejora de la tecnología existente (Aghion y Howitt, 2009; World Bank, 2008; Fagerberg, y Srholec, 2007; Lall, 1992; Grossman y Helpman, 1991 cap 5).

Naturalmente, el presente estudio busca responder ¿en qué magnitud e importancia contribuyen el capital tecnológico foráneo -a través del comercio o la *IED*- en el desempeño de la productividad del sector manufacturero de México?, ¿qué impacto tiene el desarrollo de las capacidades tecnológicas locales en el proceso de difusión internacional de conocimientos?

El propósito es obtener evidencia consistente que permita trazar una línea de reflexión en torno de los efectos dinámicos -magnitud y sentido- que la apertura económica genera sobre la productividad industrial y, por ende, en la tasa de crecimiento del producto, a través del fenómeno de las externalidades tecnológicas. Asimismo, estudiar el papel de la formación de las capacidades tecnológicas locales en la difusión de conocimientos.

Desde esta perspectiva, se ponen a prueba dos conjeturas genéricas: primero, que las ganancias en productividad son significativas cuanto mayor es el grado de apertura económica; por lo que, el aumento de la intensidad comercial con países industrializados (modelo norteamericano) estimula el proceso de difusión tecnológica y, por ende, el crecimiento de la productividad; segundo, que la exposición a la frontera tecnológica mundial no genera un círculo virtuoso automático, ya que la desincorporación y apropiación del flujo internacional de conocimientos, asociadas con el comercio y la *IED*, estará condicionada por el desarrollo de las capacidades tecnológicas locales.

La aportación del presente estudio estriba en el análisis simultáneo, a nivel industrial, del comercio internacional (exportaciones e importaciones) y de la *IED* como canales de derrame tecnológico, además de incorporar un indicador de diferenciación tecnológica industrial para medir el papel de la innovación en el proceso de difusión de conocimientos.

El trabajo se organiza de la siguiente manera. En la primera sección, se presenta algunos hechos estilizados sobre la dinámica económica, comercial y de inversión en México, con la finalidad de esbozar una relación causal preliminar entre especialización productiva, competitividad y productividad. En el segundo apartado, se realiza una revisión del estado del arte, con el propósito de conocer los principales resultados y metodologías empleadas en el estudio de los efectos dinámicos de la apertura económica. En la tercera y cuarta sección, se establece la discusión teórica y empírica, respectivamente, sobre el proceso de difusión de conocimientos, con el objetivo de examinar el grado de incidencia de las externalidades tecnológicas sobre la tasa de crecimiento de la productividad, así como el papel de las capacidades tecnológicas en este proceso.

México: tendencia general de la actividad económica, el comercio y la inversión

La inestabilidad económica experimentada en 1976 y 1982, promovió un amplio debate sobre la continuidad del Modelo de Industrialización Sustitutiva (*MIS*) y, con ello, la ejecución de intensas reformas comerciales y de desregulación financiera. El objetivo de estos cambios estructurales sería asegurar el adecuado funcionamiento macroeconómico, reducir la vulnerabilidad de las exportaciones ante choques externos, alentar la competencia y la eficiencia de la planta productiva, promover la transferencia tecnológica, situar al sector manufacturero de exportación como núcleo de desarrollo y alcanzar tasas de crecimiento económico sostenidas (Puyana y Romero, 2009; FMI, 1997; OCDE, 1998).

En un balance general, esta nueva estrategia de desarrollo ha generado resultados mixtos. En materia macroeconómica si bien los efectos han sido razonables, toda vez que se logró contener

el déficit fiscal y la tasa de inflación, así como el monto y costo de la deuda; el crecimiento del producto ha sido moderado, flanqueado por una contracción sistemática de la productividad y un profundo rezago del desarrollo de las capacidades de decodificación y creación tecnológica. Efectivamente, la etapa de consolidación del “Modelo de Crecimiento hacia Fuera” (*MCF*), marcada por la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (*TLCAN*), permitió a la economía mexicana una exitosa inserción al mercado internacional, basado en la rápida expansión de las exportaciones y de los inlujos de *IED*, sin embargo también significó el aumento sustancial de las importaciones, debido al alto contenido de insumos de origen foráneo en la producción de exportación (véase Tabla 1).

Tabla 1
 México: Dinámica macroeconómica, sector externo e innovación

Variable	1994-2000	2000-2005	2005-2010	2010-2015	1994-2015
PIB ¹	3.2	1.6	1.9	2.9	2.4
PIB per cápita ¹	1.4	0.3	0.4	1.4	0.9
PTF ¹	-0.3	-0.7	-0.7	0.1	-0.3
IED ¹	7.1	4.7	-0.9	3.2	3.6
Exportación ¹	11.7	2.8	3.2	6.7	6.4
Importación ¹	12.5	4.3	3.9	6.1	7.0
Inflación ¹	21.6	4.9	4.4	3.6	9.0
Balance fiscal ²	-4.2	-2.4	-2.2	-3.9	-3.3
Deuda ²	44.2	41.8	40.5	46.1	43.5
Gasto I+D ²	0.3	0.4	0.5	0.5	0.4
Patentes triádicas	9.9	15.9	18.7	16.9	15.2
Investigadores ³	0.7	1.0	1.1	0.9	0.9

Elaboración propia con datos del Banco Mundial, INEGI, OCDE y FMI

1/ Tasa de crecimiento promedio anual; 2/ Indicador como proporción del PIB; 3/ Total de Investigadores por cada 1000 integrantes del Personal Ocupado

A nivel industrial los resultados son igualmente característicos. Entre 1990 y 2015 el valor agregado (*VA*) manufacturero se contrajo a una tasa promedio anual de 2.5%, al mismo tiempo que su participación en el total nacional disminuyó 3.0 puntos porcentuales, situándose esta relación en 18.8% durante 2015; trazo en el que resalta la contribución de las actividades de baja intensidad tecnológica y la laxa capacidad de encadenamiento de las industrias más dinámicas. En el tema de la eficiencia¹, el sector manufacturero evidencia contrastes particulares, ya que si bien la productividad laboral (*PL*) creció durante este periodo a una tasa promedio anual de 1.7%, la productividad total de factores (*PTF*) se contrajo a un ritmo medio anual de 0.5%. Indudablemente, la evolución de estos indicadores constituye una explicación relevante del

¹ Si bien la eficiencia y la productividad están directamente vinculadas, conceptualmente son diferentes. La eficiencia se define como la relación entre los valores observados de productos e insumos frente a valores óptimos relativos. Así, la eficiencia productiva se alcanza si, dado un conjunto de insumos y un nivel tecnológico, el proceso es capaz de generar la máxima producción posible. Mientras que la productividad se define como el cociente entre alguna medida de volumen del producto y alguna medida de volumen del conjunto de insumos usados en la producción. En este contexto, los cambios en productividad están asociados con el aumento de la eficiencia, movimiento sobre la frontera de producción, y el cambio tecnológico, desplazamiento de la frontera de producción (Hernández, 2007).

lento crecimiento de la economía mexicana, toda vez que la variación de éstos sintetiza la correlación entre el aumento de la eficiencia (movimiento sobre la frontera de producción) y el cambio tecnológico (desplazamiento de la frontera de producción).

En este contexto emergen dos contrastes relevantes, por un lado, el desenvolvimiento de la productividad en la industria automotriz –que si bien parece consistente con el desempeño exportador, los flujos de *IED*, el gasto en investigación y desarrollo (*I + D*) y la formación de capital fijo (*FBCF*) del subsector-, es claramente incompatible con el fortalecimiento de las cadenas de valor intra e inter sectoriales; por otro lado, la antípoda tendencia de la productividad de subsectores como el de alimentos o de sustancias químicas, especialmente cuando se observan las características de formación de capital (físico y tecnológico) y de los flujos de *IED*, véase tabla 2.

Tabla 2
 Sector manufacturero: producción, inversión y comercio
 (según subsector económico, periodo 1990-2015)

Industria	VA ^{1/}	FBK ^{1/}	IED ^{1/}	I+D ^{1/}	EA ^{2/}	EM ^{2/}	X ^{1/}	M ^{1/}	PL ^{3/}	PTF ^{3/}
Sector Manufacturero	100.0	100.0	100.0	100.0	11.5	46.8	100.0	100.0	1.8	-0.5
Baja Tecnología										
Industria de alimentos, bebidas y tabaco	27.3	10.8	27.4	12.5	13.1	42.0	3.9	4.6	1.6	-0.2
Industria de textiles, prendas de vestir y productos de cuero	6.1	1.8	3.0	4.4	3.5	39.6	4.6	4.4	0.9	-1.2
Industria de la madera, productos de madera, papel e impresión	4.0	2.4	2.2	2.1	15.9	43.3	0.9	2.7	2.6	-0.4
Productos de la refinación del petróleo	3.8	3.8	0.3	1.2	30.7	51.9	1.6	5.6	1.3	-0.6
Otras industrias manufactureras	3.8	3.7	2.7	1.2	9.0	43.8	4.7	2.3	0.4	-1.4
Tecnología Intermedia										
Industria del caucho y plástico	2.9	4.6	3.9	3.9	9.1	55.2	2.1	5.5	0.5	-1.3
Industria de productos minerales no metálicos	5.6	2.1	1.9	3.1	15.2	26.6	1.4	1.0	0.9	-1.2
Industria de metales comunes	5.7	3.1	5.9	6.7	19.3	47.5	4.7	5.1	1.7	-1.9
Industria de productos elaborados de metal	3.2	3.2	2.2	8.3	13.0	45.2	2.6	4.6	1.4	-0.5
Alta Tecnología										
Industria de química	12.0	9.0	10.9	22.7	28.8	50.0	4.7	10.7	1.3	-1.1
Industria de maquinaria y equipo	3.5	8.5	3.3	4.1	7.7	69.5	6.5	10.7	3.0	-1.0
Industria de equipo de cómputo, comunicación y medición	5.2	19.6	10.2	2.7	8.3	62.9	24.6	21.5	0.8	-0.6

Industria de equipo eléctrico	3.2	5.2	5.7	6.6	7.9	62.4	10.8	8.6	1.0	-0.7
Industria automotriz	13.8	22.3	20.3	20.3	7.1	63.1	26.9	12.7	3.7	0.2

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI y STAN (OCDE)

VA (Valor Agregado Bruto); FBK (Formación Bruta de Capital Fijo); IED (Inversión Extranjera Directa); I+D (Gasto en investigación y desarrollo); EA (Personal ocupado con escolaridad alta); EM (Personal ocupado con escolaridad media); X (Exportaciones); M (Importaciones); PL (Productividad Labora); PTF (Productividad Total de Factores).

1/ Participación en el total del sector; 2/ Participación en el total del personal ocupado del subsector; 3/ Tasa de crecimiento promedio anual. NOTA: El flujo de IED corresponde al periodo 1999-2015, mientras que los gastos en I+D corresponden al periodo 1995-2012.

Otro talante del sector manufacturero está vinculado con su rápido ascenso y penetración dentro de la estructura comercial de la economía mexicana, llegando a colocarse como el pilar de los intercambios internacionales. Entre 1990 y 2015, las exportaciones e importaciones manufactureras crecieron a una tasa promedio anual de 8.5% y 9.1% respectivamente, impulsadas principalmente por la dinámica de las industrias automotriz; de cómputo y electrónica; de equipo eléctrico; de maquinaria y equipo; de sustancias químicas. Tendencia consistente con los influjos de *IED* que durante el mismo periodo registraron una expansión promedio anual de 3.2% y una participación media del 49.3% sobre el total de la inversión recibida por la economía mexicana, siendo los subsectores intensivos en tecnología el principal nodo receptor.

Al pie de estos números es incompatible, primero, que la manufactura de exportación no figure como un elemento de arrastre del aparato productivo nacional, a pesar del apalancamiento en actividades de alta intensidad tecnológica; segundo, que la profundización de los influjos de *IED* parece no crear ganancias en productividad efectivas, particularmente si se admite que la mayor presencia de empresas transnacionales (*ETN*) constituye un importante mecanismo de acceso a la frontera tecnológica; tercero, que los procesos de producción de los subsectores dinámicos se cimienta en mano de obra con grados de cualificación media-baja (secundaria y preparatoria), que en promedio supera el 64% del personal total ocupado, véase tabla 2.

Ciertamente el desempeño del sector manufacturero yace en un reducido grupo de industrias que, por sus características, genera un comprimido grado de integración productiva local, ya sea por el alto nivel de sofisticación tecnológica de algunos subsectores o por el bajo perfil tecnológico de otras industrias más tradicionales. En este contexto, la consolidación de un modelo asentado en las fases intermedias de las cadenas globales de valor (manufactura de ensamble), vulnera las ganancias dinámicas asociadas con el comercio y la *IED*, entre otros aspectos, porque el desarrollo de nuevas tecnologías o la acumulación de capital humano no representa el motor de la competitividad industrial. Del mismo modo, en la medida que las estrategias corporativas² de las *ETN* estén focalizadas en actividades de explotación de recursos naturales o la instalación de plataformas de exportación (caracterizadas por su comprimido aporte en valor agregado), el impacto sobre la productividad industrial será limitado y de tipo pecuniario.

² En la literatura se identifican cuatro estrategias corporativas de las empresas transnacionales para invertir (CEPAL, 2007): i) búsqueda de recursos naturales, 2) búsqueda de mercados locales (acceso a nuevos mercados), 3) búsqueda de plataformas de exportación (apuntalado en la reducción de costos de producción y las economías de escala) y 4) búsqueda de activos tecnológicos o activos estratégicos (vinculados con actividades de I+D).

Difusión de conocimientos y productividad: Una breve revisión de la literatura

Habitualmente en la literatura los resultados empíricos confirman la presencia de efectos dinámicos, asociados con el comercio internacional y la *IED*, aunque estas ganancias en productividad sólo son consistentes en estudios a nivel de país, ya que la evidencia es menos concluyente –en torno de la naturaleza y magnitud– cuando la operacionalización evoca una mayor desagregación de la unidad de observación (industria o empresa), confirmándose que la difusión tecnológica no crea un círculo virtuoso automático (Ubeda y Pérez, 2017; Liang, 2017; Ali et al., 2016; Belitz y Mölders 2016; Bournakis et al., 2015; Newman et al., 2015; Amann y Virmani, 2014; Hafner, 2014; Liao et al., 2012; Schiff y Wang, 2010; Coe et al., 2009).

En un estudio para China, Liang (2017) analiza la incidencia y efectividad de la capacidad de absorción, la ubicación geográfica y los vínculos industriales (complementariedad interindustrial horizontal y vertical) en el proceso de difusión tecnológica a través de la *IED*, en datos de 20,000 empresas para el periodo 1998-2005. En sus resultados encuentra evidencia de derrames tecnológicos entre proveedores foráneos y las firmas locales (encadenamientos hacia atrás); sin embargo, sus estimaciones no revelaron la presencia de ganancias en productividad, como consecuencia de la relación entre los clientes foráneos y proveedores domésticos –efectos de derrame horizontal–. En este circuito, halla que el capital tecnológico local mejora el proceso de aprendizaje y difusión tecnológica de las empresas chinas.

Ubeda y Pérez (2017) contrastan empíricamente los efectos dinámicos de la *IED* sobre la *PTF*, además de incorporar en el sistema la capacidad de absorción, la distancia geográfica, la penetración por importaciones, la concentración de mercado, el tamaño y la edad de las firmas como variables de control. Sus estimaciones, basadas en datos de 2,722 empresas del sector manufacturero de España durante el periodo 1993-2006, confirman la presencia de ganancias en productividad causadas por la *IED*, las cuales son determinadas por la capacidad de absorción de las firmas locales y la proximidad geográfica. También, advierten un impacto nulo de la edad de la firma y del grado de concentración industrial sobre la *PTF*, así como una asociación negativa con el tamaño de empresa. Con estos resultados concluyen que una limitada formación de las capacidades de absorción no sólo causa pérdidas en productividad, también efectos de colusión y de desplazamiento, siendo las instituciones una condición de arbitraje fundamental.

Mediante un modelo panel dinámico, Ali *et al.* (2016) prueban empíricamente el efecto del esfuerzo tecnológico (local y foráneo) sobre la *PTF*, además de la incidencia del capital humano y la brecha tecnológica. En sus estimaciones, basadas en información de 20 países entre 1995 y 2010, hallan evidencia de un impacto positivo del capital tecnológico doméstico y de los indicadores de derrame tecnológico hacia la productividad, así como un efecto de complementariedad entre las importaciones y la *IED*; además encuentran que el índice de capital humano (ajustado por patentes y las publicaciones en revistas científicas) constituye un factor determinante del proceso de difusión internacional de conocimientos, aunque las estimaciones no muestra una profundización del proceso de difusión como consecuencia de la mayor brecha tecnológica.

En otro estudio entre países, Belitz y Mölders (2016) evalúan las posibles ganancias en productividad derivadas de la actividad importadora, los flujos de capital y la cooperación internacional (patentes), en una muestra de 77 países durante el periodo 1990-2008. Sus resultados sugieren la presencia de efectos de derrame tecnológico sobre la *PTF*, a través de las importaciones de bienes intensivos en $I + D$ y la mayor presencia de *IED*; no obstante, sus estimaciones revelaron que la contribución de la cooperación internacional en $I + D$ sólo

es significativa entre economías avanzadas, lo que implica que las externalidades mediante este canal requieren un cierto umbral de desarrollo tecnológico local. En cuanto al capital tecnológico local, la evidencia fue ambigua.

Apoyados en un modelo de Errores Estándar Corregidos para Panel, Bournakis *et al.* (2015) analizan empíricamente el impacto del acervo de capital (físico y humano), del sistema de protección de la propiedad intelectual (patentes) y del acervo de conocimientos foráneo (ponderado por las importaciones y la *IED*) sobre la productividad laboral, en 16 agregaciones industriales de 14 países de la OCDE durante el periodo 1987-2007. Sus estimaciones revelan la presencia de derrames tecnológicos inter-país, los cuales están determinados por la formación de las capacidades locales de absorción y de la calidad de la protección institucional. También, hallan que las externalidades tecnológicas son más importantes en las industrias de alta intensidad tecnológica, lo que confirma que la consolidación de un perfil innovador compone un factor condicional del proceso de difusión tecnológica.

Con estimaciones a nivel de empresa, Newman *et al.* (2015) analizan si el mayor flujo de *IED* genera ganancias en productividad, a través de la cadena de suministro (intra-sector e inter-sector), dentro del sector manufacturero de Vietnam, además de incorporar el grado de concentración industrial y el comercio internacional como variables de control. Su muestra incluye datos de 4,248 empresas, agregadas en 23 subsectores industriales durante el periodo 2009-2012. En sus estimaciones encuentran evidencia de derrames indirectos desde las firmas de propiedad extranjera hacia los sectores maquiladores (ensamble) de productos finales, asimismo observan efectos de derrame directos, vinculados con los proveedores nacionales de insumos. Sin embargo, sus resultados revelan un impacto negativo de las firmas transnacionales –proveedoras de insumos– sobre la productividad de la industria local.

Amann y Virmani (2014) estudian la contribución del capital tecnológico doméstico y foráneo (ponderado por la *IED* recibida y emitida) en la evolución de la *PTF*, además del impacto del capital humano y las patentes, en una muestra de 34 países de la OCDE durante el periodo 1990-2010. En sus estimaciones encuentran efectos de derrame tecnológico de la *IED* sobre la productividad, específicamente a través de los flujos de inversión norte-sur (*IED* recibida), también hallan una relación positiva entre el indicador de capital humano y la *PTF*, sin embargo sus regresiones no muestran una relación estadísticamente significativa entre patentes y productividad. Con estos resultados, concluyen que la capacidad de un país para adaptar y desarrollar tecnología constituye un factor catalizador de las ganancias en productividad y, por ende, del proceso de difusión tecnológica.

Apoyado en un modelo Autorregresivo de Rezagos Distribuidos (*ARDL*), Hafner (2014) evalúa empíricamente el impacto del capital tecnológico doméstico y foráneo (ponderado por patentes, comercio e *IED*), así como del acervo local de capital físico y humano, en la dinámica de la productividad laboral. Sus estimaciones, basadas en datos de España, Grecia, Irlanda, México y Portugal durante el periodo 1981-2008, revelan la presencia de efectos de derrame tecnológico diferenciados. En Grecia e Irlanda encuentran evidencia de ganancias en productividad sólo vía el comercio internacional, mientras que en España éstas ocurren a través del comercio y la *IED*. En Portugal halla la presencia de externalidades sólo a través de las patentes, en tanto que los resultados para México no mostraron evidencia de efectos de derrame tecnológico. En general, observa una relación positiva entre el gasto local en *I + D*, el capital humano y la productividad, con lo cual ratifica el papel cardinal del esfuerzo tecnológico local en el proceso de difusión tecnológica.

A su vez Ang y Madsen (2013), a través de un panel dinámico, analizan la importancia del acervo de conocimientos local y seis indicadores de derrame tecnológico (vía importaciones, exportaciones, *IED*, patentes, proximidad geográfica y gasto en $I + D$ de la OCDE) sobre la *PTF*, además de incluir como variables de control el capital humano, el desarrollo financiero, la apertura comercial y la estructura poblacional. En sus estimaciones, corridas con datos de 6 países de Asia (China, India, Japón, Corea del Sur, Singapur y Taiwan) durante el periodo 1955-2006, encuentran una relación de cointegración entre la *PTF*, el acervo de conocimientos local y los indicadores de derrame tecnológico, aunque son las importaciones y el gasto en $I + D$ foráneo los mecanismos transmisión más relevantes. También hallan un efecto positivo de la apertura comercial y del capital humano sobre el crecimiento de la *PTF*. A la luz de esos resultados concluyen que tanto el esfuerzo tecnológico doméstico como las externalidades constituyen dos hélices del desarrollo económico asiático.

Mediante un análisis de frontera estocástica, a nivel de empresa, Liao *et al* (2012) estudian las repercusiones inter e intra industriales del proceso de difusión internacional de conocimientos en el sector manufacturero de China durante el periodo 1998-2001. Con este fin, especifican una función de producción determinada por el trabajo, el capital físico, el acervo de conocimientos local, las exportaciones, la *IED* y el capital tecnológico foráneo. En sus resultados hallan evidencia de derrames tecnológicos inter e intra-industriales, vía las actividades en $I + D$ foráneas, además de ganancias dinámicas asociadas con el flujo de *IED*; sin embargo, sus estimaciones revelan efectos de derrame negativos vía las exportaciones. También, exponen que la magnitud e incidencia de los derrames tecnológicos, específicamente los intra-industriales, están determinados por la acumulación de capital humano y el gasto en $I + D$.

En un trabajo para América Latina³, Schiff y Wang (2010) miden la importancia del capital tecnológico foráneo (vía el comercio), la educación y la gobernanza (rendición de cuentas; inestabilidad política y violencia; efectividad del gobierno; carga regulatoria; estado de derecho y corrupción) sobre la *PTF*. Sus estimaciones recopilan datos de 16 agregaciones industriales del sector manufacturero (6 intensivas $I + D$ y 10 con baja intensidad en $I + D$) para el periodo 1976-1998. Según sus resultados, encuentran efecto positivo del capital tecnológico foráneo, vía las importaciones, sobre la productividad, aunque las ganancias en productividad son más significativas en las industrias intensivas en $I + D$. También, hallan que los indicadores de educación y gobernanza generan un aumento de la *PTF* e impulsan la aparición de externalidades, creando con ello un ciclo virtuoso en el crecimiento económico.

Mediante un modelo panel dinámico, Coe *et al* (2009) examinan la contribución del acervo de capital humano y tecnológico (doméstico y foráneo), además del efecto del desarrollo “institucional”, sobre el crecimiento *PTF*, en una muestra de 24 países de la OCDE para el periodo 1971-2004. Sus estimaciones revelan un impacto positivo tanto del capital tecnológico, doméstico y foráneo (con y sin ponderación por importaciones), como del capital humano sobre la productividad. Sus resultados también muestran que un mayor grado de protección de los derechos de propiedad, la facilidad de hacer negocios y un adecuado sistema legal potencian el proceso de difusión y apropiación tecnológica, concluyendo que las diferencias institucionales representan un factor determinante de la productividad y del grado de incidencia de los derrames tecnológicos.

Con datos a nivel de industria, Bitzer y Kerekes (2008) analizan empíricamente si el comercio internacional y la *IED* (emitida y recibida) constituyen mecanismos determinantes

³ Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador, Guatemala, México, Panamá, Trinidad y Tobago y Venezuela.

del proceso de difusión tecnológica internacional. La muestra incluye datos de 10 subsectores manufactureros de 17 países de la OCDE durante el periodo 1973-2000. En sus estimaciones observan un efecto positivo del capital tecnológico, doméstico y foráneo, sobre el producto. En este proceso observan que las importaciones y los flujos de *IED* son dos canales relevantes de derrame tecnológico, especialmente en los países potencialmente innovadores, mientras que no hallan evidencia de externalidades vinculadas con la *IED* emitida.

Por su parte, Falvey, *et al.* (2007) examinan el impacto de la inversión, la escolaridad, la apertura, la brecha económica y las externalidades tecnológicas sobre la tasa de crecimiento del *PIB* per cápita, en una muestra de 57 economías en desarrollo durante el periodo 1975-1999. En sus resultados encuentran que los derrames tecnológicos, vía el comercio, constituyen una fuente significativa del crecimiento en los países en desarrollo, además hallan que las economías con mayor capacidad de absorción (alto nivel educativo) mejora significativamente los efectos de derrame tecnológico, mientras que el tamaño de la brecha tecnológica, así como el comercio con economías industrializadas, potencia la aparición de ganancias en productividad.

En otro estudio, Xu y Chiang (2005) estudian el efecto del capital humano, de la brecha tecnológica y del acervo de conocimiento internacional (vía el comercio y las patentes foráneas) sobre la *PTF* en 48 países durante el periodo 1980-2000. Sus resultados revelan que el esfuerzo tecnológico local y la importación de bienes de capital (externalidades) representan dos fuentes significativas de la *PTF* en los países desarrollados. Además, encuentran que los países de ingresos bajos se benefician más por los efectos de derrames asociados con las patentes, mientras que en las economías de ingresos medios las ganancias en productividad provienen tanto del comercio como de las patentes. Asimismo, la evidencia empírica sugiere que el desarrollo institucional y el capital humano constituyen dos factores determinantes del proceso de difusión tecnológica, particularmente entre los países de ingreso medio y bajo.

Efectivamente, dentro de la literatura sobre difusión tecnológica, además de analizar las ganancias en productividad vinculadas con el comercio o la *IED*, se concede especial atención al papel de otros factores determinantes del proceso de derrame de conocimientos, como el desarrollo de las capacidades tecnológicas, la distancia geográfica o las instituciones; sin embargo, la mayoría de esos estudios examinan en forma parcial los distintos canales de transmisión, condición que podría someter los resultados a sesgos de sobreestimación (subestimación) por la omisión de variables relevantes y, con ello, la adecuada interpretación de la evidencia empírica.

Tasa de innovación, externalidades y productividad: elementos teóricos

En el campo de la teoría del crecimiento económico se distinguen dos amplios enfoques: uno de oferta, donde las variaciones de la tasa de crecimiento del producto en el largo plazo están supeditadas a los factores de producción; otro de demanda, asentado en la tradición keynesiana, en el que la expansión del producto y el empleo está determina por la dinámica de la demanda agregada. La primera vertiente diferencia entre causas inmediatas y fuentes fundamentales, dialéctica que conduce la discusión desde la acumulación de capital (humano y físico) o el gasto en $I + D$ hasta aquellas variables que impactan la capacidad de las economías para acumular factores y producir conocimiento, tales como el comercio internacional, las instituciones o el sector financiero (Snowdon y Vane, 2006). La segunda vertiente, por otro lado, enfatiza las restricciones al crecimiento impuestas por la demanda efectiva interna y la balanza de pagos (Thirlwall, 2003).

Naturalmente, el propósito de este trabajo no reside en describir con detalle las características de los modelos teóricos ni ser exhaustivos en su enumeración, sino distinguir los mecanismos y condiciones que optimizan la presencia de ganancias en productividad, derivadas del comercio y los flujos de inversión, desde el contexto de los modelos de crecimiento endógeno (MCE).

Acumulación de conocimientos como motor del crecimiento

En el centro de la teoría endógena del crecimiento se distinguen dos vertientes de análisis (Kosempel, 2003): 1) modelos basados en la acumulación de capital humano (Arrow, 1962; Romer, 1986; Lucas, 1988) y, 2) modelos basados en la acumulación de conocimientos (Romer, 1990; Grossman y Helpman, 1991 cap 5).

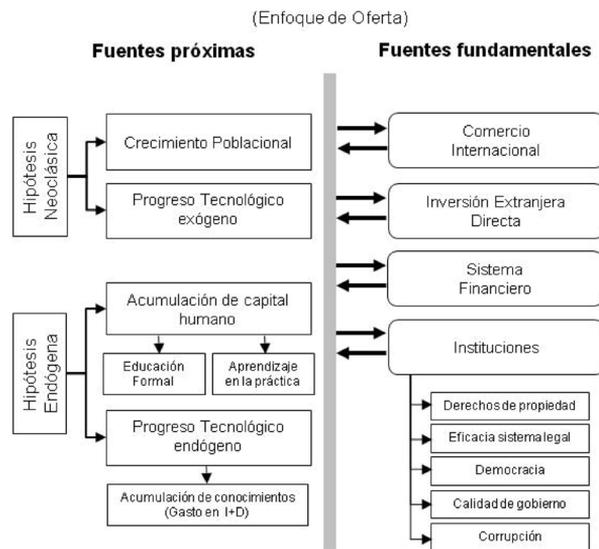


Figura 1. Teoría del crecimiento
Fuente: Elaboración propia con base en Snowdon y Vane, 2006

El argumento subyacente en ambas familias es que tanto el capital humano como el gasto en *I + D* constituyen las fuentes inmediatas del crecimiento, ya que éstos contribuyen directamente sobre la evolución del progreso tecnológico. Efectivamente, la presencia de externalidades constituye la hipótesis fundamental, pues permite sustituir los supuestos neoclásicos de competencia perfecta, de rendimientos constantes a escala y marginales decrecientes en los factores por los de competencia imperfecta, rendimientos crecientes a escala y marginales crecientes en los factores; posición que deviene en un alejamiento y controversia sobre las predicciones de convergencia del enfoque tradicional (Aghion y Howitt, 2009; Snowdon y Vane, 2006; Klenow y Rodríguez-Claire, 2004; Grossman y Helpman, 1991).

En el marco de los modelos basados en las ideas, la evolución del progreso tecnológico se formaliza en la producción como resultado de acciones deliberadas, las cuales se traducen en un proceso continuo de innovación tecnológica; siendo la empresa el principal agente responsable

del aumento de la productividad y, por ende, de las posibilidades de crecimiento del producto a nivel agregado, no sólo porque éstas asignan recursos a las actividades en $I + D$, también por efecto de la imitación e incorporación tecnológica (Grosman y Helpman, 1991 Cap. 9).

Teniendo en cuenta esta discusión, el presente trabajo toma pie en la línea del crecimiento conducido por la innovación industrial de Grosman y Helpman (1991 Cap. 5) y, la extensión de Coe y Helpman (1995). En principio, se asume una función de producción de la forma:

$$Y = AL_Y^\eta K^\beta D^{1-\beta-\eta} \quad (1)$$

Donde Y es la producción del bien final, K el acervo de plantas y equipo, L_Y el trabajo total empleado directamente en la producción del bien final, A es una constante y D el conjunto de insumos intermedios diferenciados, definido este último como:

$$D = n^{\frac{1}{\sigma-1}} L_D \quad (2)$$

Siendo L_D la cantidad de trabajo empleado en la manufactura de insumos intermedios, n la cantidad de insumos disponibles (determinado por el esfuerzo tecnológico) y σ la elasticidad de sustitución⁴. De esta forma, sustituyendo (2) en (1), obtenemos la función de productividad correspondiente:

$$\frac{Y}{K^\beta L^{1-\beta}} = An^{\frac{1-\beta-\eta}{\sigma-1}} \quad (3)$$

La conjetura fundamental de la ecuación (3) es que la productividad multifactorial depende de la acumulación de capital tecnológico, por lo tanto, las diferencias en el gasto acumulado en $I + D$ podrían explicar las diferencias de la PTF ⁵.

En esta línea, se deduce que en equilibrio la tasa de innovación queda determinada por la disponibilidad de recursos (L), la productividad del trabajo en las actividades de $I + D$ (a), los incentivos de mercados (p), y el poder de monopolio (v), según describe la ecuación (4):

$$g_n = (1 - v) \frac{L}{\alpha} v \rho \quad (4)$$

Al mismo tiempo, en el largo plazo la evolución del producto (g_Y) y del acervo de capital (g_K) agregado está supeditada a la dinámica de la tasa de innovación, mientras que la tasa de inversión ($\frac{\dot{K}}{Y}$) está determinada por la progresión del producto, de la siguiente forma:

$$g_Y = g_K = \frac{\eta(1-\alpha)}{(1-\beta)\alpha} g_n \quad (5a) \quad \frac{\dot{K}}{Y} = \frac{\beta g_Y}{\rho + g_Y} \quad (5b)$$

Entonces, aquellas economías con tasas de innovación sostenida experimentan un rápido crecimiento del producto y de la tasa de inversión, (Grosman y Helpman, 1991 Cap. 5).

Por otro lado, el enfoque endógeno concede al comercio internacional un rol explícito en

⁴ La cantidad disponible de insumos se expande de la forma , donde es el flujo de nuevos productos, una constante y el gasto en . Además, se asume una elasticidad de sustitución constante, , donde alfa es una constante positiva que caracteriza los diferentes gustos por la variedad.

⁵ Cuando los insumos intermedios son diferenciados verticalmente, la eficiencia de un insumo depende del número de veces que éste haya sido mejorado (diferentes calidades); por lo tanto, los insumos mejorados más veces son más productivos. De tal forma, que si los agentes económicos invierten en actividades de $I + D$ con el fin de mejorar la calidad de los insumos intermedios, entonces la productividad media de todos los insumos dependerá del gasto acumulado en $I + D$.

el proceso de difusión de conocimientos, ya que⁶: a) facilita el acceso a la frontera tecnológica, b) permite la reasignación de recursos de los sectores menos productivos a los más dinámicos, c) reduce los costos asociados al desarrollo de nuevos productos, e d) induce a una rápida introducción de nuevas tecnologías y variedades de insumos a los procesos productivos (Grosman y Helpman, 1991 Cap. 5).

Desde esta perspectiva, Coe y Helpman (1995) analizan el efecto del capital tecnológico foráneo, vía las importaciones, sobre el desempeño de la productividad, para lo cual presentan una extensión de la ecuación (3), como sigue:

$$\ln PTF = \theta_i^d \ln S_i^d + \theta_i^f m_i \ln S_i^f \quad (6)$$

Según la expresión anterior, los países mejorarán su nivel de productividad no sólo como consecuencia del esfuerzo tecnológico doméstico ($\theta_i^d \ln S_i^d$), sino también como resultado del capital tecnológico foráneo ($\theta_i^f m_i \ln S_i^f$); así, cuanto mayor es el comercio con países que se encuentran en la frontera tecnológica, mayores serán las ganancias en productividad.

Hay que circunscribir que si bien las importaciones representan un canal significativo a la frontera tecnológica mundial, éste es un acceso indirecto y parcial; en primer lugar, porque los agentes económicos receptores no disponen, como tal, de la ingeniería del esfuerzo tecnológico foráneo (conocimiento codificado), sólo el resultado o manufactura de dicho proceso, limitando con ello la comprensión efectiva de los patrones de innovación tecnológica. En segundo lugar, porque la exclusión de las exportaciones produce sesgos en el análisis de las ganancias dinámicas derivadas del comercio internacional, particularmente si se considera que la actividad exportadora involucra: a) procesos de aprendizaje ligados al contacto con competidores y clientes de clase mundial, b) aumento en el grado de utilización de los recursos disponibles y economías de escala, c) acceso a mayores mercados; y d) externalidades intersectoriales.

Del mismo modo, la supresión de los flujos de capital comprime significativamente las conjeturas sobre el estudio de la difusión internacional de conocimientos. En la literatura se confiere a la *IED* un papel fundamental en este proceso; toda vez que, la participación de las empresas transnacionales (parcial o total) en las industrias receptoras supone transferencia directa de tecnologías de primera generación o la presencia de externalidades tecnológicas⁷ asociadas con las características típicas de éstas⁸ (Keller, 2009; Romo, 2004).

⁶ Empero, la mayor exposición a la competencia mundial también podría implicar un proceso de reconversión y autoselección industrial, desarticulación de cadenas productivas, especialización productiva hacia sectores poco dinámicos (fases finales de las cadenas de valor) o la segmentación de mercados (Aghion y Howitt, 2009; Grossman y Helpman, 1991).

⁷ Estos ocurren cuando las firmas locales pueden beneficiarse del esfuerzo tecnológico de las empresas transnacionales sin necesidad de pagar por ello en una transacción de mercado, debido a su limitada capacidad para internalizar el valor total de los beneficios generados por su avance tecnológico. En otras palabras, la presencia de derrames tecnológicos ocurre cuando el costo del conocimiento obtenido por las firmas locales, fruto de la operación de la *ETN*, es menor al costo original del agente inventor. Estos pueden ser agrupados en cuatro efectos: i) de eslabonamiento, ocurren cuando las firmas locales en su interacción con las *ETN*, experimentan cambios como consecuencia de los requerimientos de calidad, tiempos de entrega o de especificación técnica y de diseño que las firmas extranjeras imponen; ii) de demostración, que se presentan cuando las firmas locales tienen mayor información sobre los costos y beneficios de la adopción de nuevas tecnologías, como consecuencia de la introducción exitosa de nuevas técnicas de producción o prácticas organizativas de las *ETN*; iii) de colaboración, aparecen cuando las firmas domésticas, a través de acuerdos contractuales, imitan tecnologías o formas organizacionales de las *ETN* (encadenamientos horizontales); iv) de entrenamiento, surgen con la movilidad de la fuerza laboral de las *ETN* hacia el conjunto de firmas domésticas (Romo, 2004).

⁸ Entre otros aspectos destacan las economías de escala, los altos requerimientos de inversión en capital, el acceso a amplias redes de distribución, la publicidad intensiva, las mejores prácticas gerenciales o la disponibilidad de tecnología avanzada; cuyo perfil pueden producir efectos indirectos sobre la estructura económica y el desempeño industrial de las economías receptoras.

En virtud de lo anterior, en este trabajo se presenta una versión ampliada del modelo de Coe y Helpman (1995), de la siguiente forma:

$$\ln PTF_i = \theta_{0i} + \theta_{1i}^d \ln S_i^d + \theta_{2i}^f x_i \ln S_i^f + \theta_{3i}^f m_i \ln S_i^f + \theta_{4i}^f ied_i \ln S_i^f \quad (7)$$

Donde S^d y S^f constituyen el acervo de capital tecnológico doméstico y foráneo respectivamente; mientras que x , m e ied representan índices ponderados (canales de transmisión) de las exportaciones, importaciones e IED , respetivamente; mientras que θ_{1i}^d y θ_{1i}^f capturan, en orden, las elasticidades de la PTF con respecto al esfuerzo tecnológico doméstico y foráneo.

A pesar del posible círculo virtuoso causado por la presencia de derrames tecnológicos, este proceso está limitado, entre otros aspectos, por: i) el grado de desarrollo de las capacidades tecnológicas de las firmas locales y ii) la estrategia corporativa de las ETN . Entonces, si el comercio internacional o la IED representan una vía abierta para aprovechar la innovación foránea (exposición a la frontera tecnológica mundial), esta no es suficiente para garantizar la aparición de ganancias en productividad, ya que el aprendizaje y la desincorporación tecnológica estará sujeta a la formación local de recursos humanos, del desarrollo de las capacidades de innovación y de la profundización de la vinculación tecnológica (Fagerberg, y Srholec, 2007; Lall, 1992). De esta forma, la ecuación (7) es reparametrizada como:

$$\ln PTF_i = \theta_{0i} + \theta_{1i}^d \ln S_i^d + \sum_{j=2}^4 \theta_{ji}^f \vartheta_i + \sum_{j=5}^7 \theta_{ji}^f \varphi_i \quad (8)$$

Donde ϑ_i contiene las variables que capturan las ganancias en productividad en el sector manufacturero a través del comercio y la IED ; mientras φ_i captura el impacto del flujo internacional de conocimientos en el desempeño de la PTF de las industrias de alta intensidad tecnológica, lo cual permitirá examinar la incidencia de las capacidades tecnológicas locales en el proceso de transmisión tecnológica.

Análisis empírico: el caso de la industria manufacturera de México *Especificación econométrica*

Para efectos empíricos se asume un modelo panel autorregresivo con rezagos distribuidos ($ARDL$), siguiendo la propuesta de Pesaran, *et al.* (1999), estimado mediante el método de medias agrupadas (Pooled Mean Group - PMG -). Así, la especificación estocástica de la ecuación (8) queda definida como:

$$\ln \tau_{it} = \sum_{j=1}^p \phi_{ij} \ln \tau_{it-j} + \sum_{j=0}^q \theta'_{ij} H_{it-j} + \mu_i + \epsilon_{it} \quad (9)$$

En esta expresión, τ representa la productividad total de factores; H un vector de $k \times 1$ variables explicativas (indicadores de externalidades tecnológicas); ϕ_{ij} and θ'_{ij} constituyen vectores columna que contienen los coeficientes de la variable dependiente rezagada y de las variables explicativas, respectivamente; mientras que μ_i y ϵ_{it} integran los efectos específicos de cada grupo y el término de error del modelo.

Es importante anotar que si las variables del sistema son integradas del mismo orden $I(d)$ y existe una relación de cointegración entre ellas, el término de error sigue un proceso $I(0)$. Entonces, la relación de largo plazo deberá incorporar una ecuación de corrección de error, cuyo objetivo será introducir la dinámica de corto plazo de las variables, influenciadas por las desviaciones respecto de la senda de equilibrio, al comportamiento de largo plazo.

En consecuencia, la especificación (9) deberá ser reescrita como una ecuación de corrección de errores, de la siguiente forma:

$$\Delta \ln \tau_{it} = \alpha_i \ln \tau_{it-1} + \beta'_i H_{it} + \sum_{j=1}^{p-1} \phi_{ij}^* \Delta \ln \tau_{it-j} + \sum_{j=0}^{q-1} \theta_{ij}^* \Delta H_{it-j} + \mu_{it} + \epsilon_{it} \quad (10)$$

Donde τ representa la Productividad Total de Factores; H constituye un vector columna de $k \times 1$ variables independientes (ganancias en productividad vía exportaciones, $x_i \ln S_i^f$, importaciones, $m_i \ln S_i^f$, e inversión extranjera directa, $ied_i \ln S_i^f$; efectos de derrame tecnológico en industrias dinámicas vía exportaciones, $x_i \ln S_i^f * dct$, importaciones, $m_i \ln S_i^f * dct$, y flujos de capital $ied_i \ln S_i^f * dct$); α_i ; simboliza el coeficiente de velocidad de ajuste hacia el equilibrio; mientras que β'_i agrupa los parámetros de largo y los vectores ϕ_{ij} and θ'_{ij} y los estimadores de corto plazo; en tanto que μ_{it} y ϵ_{it} capturan los efectos fijos y el termino de error, respectivamente; los índices i y t computan, respectivamente, la unidad transversal (industria) y el tiempo.

Se espera que los coeficientes asociados con las externalidades por exportaciones e importaciones sean positivos ($\beta_2; \beta_3 > 0$), lo cual indicaría que a mayor intensidad comercial con países innovadores (frontera tecnológica), mayor será el efecto de los derrames tecnológicos sobre la evolución de la productividad (modelo Norte-Sur). Asimismo, si el coeficiente asociado con las ganancias en productividad vía IED es positivo ($\beta_4 > 0$), entonces se validaría que la mayor presencia de empresas transnacionales en la industria supone un aumento significativo de la productividad industrial.

Por otra parte, si $\beta_5 > \beta_2$, $\beta_6 > \beta_3$ y $\beta_7 > \beta_4$ entonces podrá deducirse que los efectos de derrame tecnológico internacional son más relevantes en la medida que las en las industrias mantienen un proceso continuo de innovación, vinculación y acumulación de recursos humanos, industrias de alta intensidad tecnológica. Es importante anotar que la evaluación empírica de la ecuación (10) sólo hace referencia al impacto del capital tecnológico foráneo, ya que se carece de elementos consistentes para construir un indicador del capital tecnológico doméstico.

Una ventaja del estimador PMG , con relación a otras metodologías en modelos panel dinámico, es que éste permite tener en cuenta la heterogeneidad específica de cada subsector económico, lo que concede que los parámetros de corto plazo, así como la varianza de los errores y la velocidad de ajuste, ser heterogéneos entre los grupos, mientras que los coeficientes de pendiente de largo plazo se asumen homogéneos entre las unidades de observación transversal. Además, el estimador puede producir parámetros eficientes y consistentes aún en muestras pequeñas, controlando por autorrelación y heteroscedasticidad (ver Blackburne y Frank, 2007; Pesaran, et al, 1999)⁹.

⁹ En contraste con el método de momentos generalizados (GMM), que en el caso de muestras con N pequeña y T grande produce sesgos notables, ya que en la medida que crece la cantidad de variables endógenas el número de instrumentos aumenta significativamente, particularmente cuando la longitud de T aumenta, creando una carga excesiva en la estimación (sobreidentificación del modelo) y pérdida de robustez de la matriz de varianza-covarianza.

Definición de variables: Externalidades y formación de capacidades tecnológicas

Para medir las externalidades tecnológicas vinculadas con las importaciones, ExM , se asume, siguiendo la propuesta de Coe y Helpman (1995), el siguiente indicador:

$$ExM_{it} = \sum_{j=1}^n b_{ij} m_{it} SID_{jt}^{EU} \quad (11a)$$

En esta expresión el término b_{ij} representa las importaciones de la industria i provenientes desde la industria j de Estados Unidos (efecto composición)¹⁰, mientras que m_{it} captura la intensidad comercial¹¹ de la industria i en el periodo t . Siendo SID_{jt} el esfuerzo tecnológico de la industria j de Estados Unidos en el periodo t .

En cuanto a las ganancias en productividad vinculadas con la actividad exportadora, ExX , se utiliza un índice ponderado, a saber:

$$ExX_{it} = x_{it} SID_{it}^{EU} \quad (11b)$$

Donde x_{it} representa el efecto intensidad¹² del flujo de exportaciones de la industria i durante el periodo t , mientras que SID_{it} mide el esfuerzo tecnológico de la industria i de Estados Unidos durante el periodo t . Por construcción se asume que las industrias domésticas mantienen un proceso de aprendizaje continuo como resultado del contacto con clientes de clase mundial, quienes establecen estándares de calidad y algoritmos de producción concreta, que transfieren a través de la cooperación tecnológica o la capacitación conjunta.

Comparablemente, los derrames tecnológicos vinculados con la inversión extranjera directa, $ExIED$, se aproximan de la siguiente forma:

$$ExIED_{it} = \frac{SIED_{it}}{K_{ct}} SID_{it}^{EU} \quad (11c)$$

En la ecuación anterior, $SIED_{it}$ representa el acervo de IED recibida por la industria i en el periodo t , mientras que K_{ct} y SID_{it}^{EU} constituyen los acervos de capital fijo del subsector manufacturero local y del capital tecnológico de la industria i del sector manufacturero de Estados Unidos durante el periodo t . El supuesto subyacente en (11b) y (11c) es la presencia de un efecto de derrame *vis a vis* entre la industria receptora, i , y la industria emisora, i (v.gr. las ganancias en productividad recibidas por la industria automotriz en el país receptor desde la industria automotriz del país emisor).

Los acervos de inversión extranjera directa y de capital tecnológico foráneo son aproximados mediante el método de inventarios perpetuos. El primer caso representa el acervo de la inversión recibida por el subsector i desde el exterior en el periodo t , mientras el segundo constituye el gasto acumulado en $I + D$ de la industria i de Estados Unidos en el periodo t . Para capturar las ganancias en productividad de los subsectores dinámicos, se aproximan 3 índices interactivos,

¹⁰ Se obtiene como la participación de las importaciones de insumos intermedios-capital de la industria i , provenientes de la industria j , en las importaciones totales de la industria i durante el periodo t , $b_{ij} = \frac{M_{ijt}}{\sum M_{it}}$. Empíricamente, el coeficiente de importación se estima a partir de la matriz simétrica de importaciones 2003, 2008 y 2012.

¹¹ Constituye el cociente entre las importaciones y la producción de la industria i en el tiempo t . $m_{it} = \frac{M_{it}}{PBT_{it}}$.

¹² Obtenido como el cociente entre las exportaciones y la producción de la industria i en el tiempo t . $x_{it} = \frac{X_{it}}{PBT_{it}}$.

los cuales resultan de ponderar las variables de derrame tecnológico por un indicador de intensidad tecnológica (variable dicotómica que toma valor de 1 cuando el subsector es de alta y media-alta tecnología y 0 cuando el subsector es de media-baja y baja tecnología), atendiendo la clasificación industrial según intensidad tecnológica de la OCDE.

Análisis de resultados

El estudio recoge información de 14 agregaciones industriales del sector manufacturero de México (SCIAN 2007) para el periodo 1999-2012. Los datos corresponden a series anuales, obtenidas del INEGI y del Structural Analysis Database de la OECD, de importaciones (M), exportaciones (X), inversión extranjera directa (IED), producción bruta (PBT), formación bruta de capital fijo ($FBCF$) y productividad total de factores (PTF). Asimismo, se recopila información sobre el gasto en investigación y desarrollo ($I + D$) realizado por la industria i en el periodo t del sector manufacturero de Estados Unidos.

El contraste empírico parte con el análisis de las propiedades de estacionariedad de las variables incluidas en el sistema, mediante las pruebas de raíz unitaria para panel de Im-Pesaran-Shin, Fisher-Dickey Fuller Aumentado y Fisher-Phillips-Perron. Los resultados sugieren que las variables son procesos estocásticos estacionarios, $I(0)$, en primeras diferencias. Una vez determinadas las propiedades estocásticas, se procedió a identificar potenciales relaciones de equilibrio de largo plazo en cada especificación, con este fin se empleó el algoritmo de cointegración de Westerlund¹³ (2007), véase tablas anexos A.1 y A.2.

Los resultados empíricos revelan la presencia de efectos de derrame tecnológico mixtos sobre el desempeño de la productividad del sector manufacturero de México, véase tabla (3). Primero, si bien la evidencia empírica confirma un impacto neto positivo (0.15%) de las externalidades tecnológicas asociadas con la actividad exportadora, éstas sólo son positivas dentro de los subsectores de alta intensidad tecnológica (0.22%), ya que en las industrias tradicionales el impacto es negativo (0.07%). En términos generales, los resultados son consistentes con la hipótesis de que la expansión del sector exportador, particularmente de los subsectores dinámicos, genera un aumento de la eficiencia y la productividad industrial, ya que el contacto de las firmas domésticas con clientes de clase mundial, la exposición a la frontera tecnológica y la presión competitiva de los mercados internacionales induce a las firmas locales a mantener un proceso continuo de innovación (productividad-aprendizaje-productividad). En este contexto, que las externalidades por exportaciones sean más importantes en los subsectores de alta intensidad tecnológica, enuncia la relevancia del desarrollo de las capacidades de absorción, innovación y vinculación tecnológica en el proceso de difusión de conocimientos.

¹³ La selección del número óptimo de rezagos, para la prueba de cointegración, se realizó por medio del criterio de información de Akaike (AIC). La amplitud de banda de Kernel se fijó como: $4(T/100)^{2/9}$. La probabilidad robusta se obtuvo mediante un procedimiento *bootstrap* empleando 350 iteraciones, además el cálculo incluye una constante y tendencia.

Tabla 3. Productividad y difusión tecnológica
Ecuación de largo plazo (1999-2012)

Variable	i	ii	iii	iv	v	vi	vii
<i>Constante</i>	1.5849 [0.000]*	1.4397 [0.000]*	1.5641 [0.001]*	1.6173 [0.000]*	0.9879 [0.006]*	1.2783 [0.000]*	1.8453 [0.000]*
<i>ExX</i>	-0.0699 [0.000]*	0.0630 [0.024]*	-0.0006 [0.945]	-	-0.0643 [0.075]**	-	-
<i>ExM</i>	0.0784 [0.000]*	-0.0062 [0.873]	-	0.0190 [0.109]	-	0.0653 [0.000]*	-
<i>ExIED</i>	0.0890 [0.000]*	-	0.0984 [0.000]*	0.1009 [0.000]*	-	-	0.0955 [0.000]*
<i>ExX * dct</i>	0.2209 [0.000]*	0.0590 [0.093]**	0.0534 [0.010]*	-	0.1855 [0.000]*	-	-
<i>ExM * dct</i>	-0.1916 [0.000]*	-0.0439 [0.263]	-	0.0967 [0.001]*	-	-0.0615 [0.057]**	-
<i>ExIED * dct</i>	-0.1292 [0.000]*	-	-0.0836 [0.000]*	-0.1857 [0.000]*	-	-	-0.1101 [0.000]*
<i>PTF₋₁</i>	-0.3638 [0.000]*	-0.3345 [0.000]*	-0.3730 [0.001]*	-0.3829 [0.000]*	-0.2322 [0.007]*	-0.2871 [0.000]*	-0.4196 [0.000]*

Fuente: Elaboración propia

Estimaciones basadas en el enfoque Pooled Mean Group para panel.

*Significativo al 5% **Significativo al 10% Valor-p entre corchetes

Segundo, las estimaciones revelan un efecto neto negativo de las externalidades por importaciones, contrario a lo esperado, sobre la productividad del sector (-0.11%). Según los resultados, la presencia de ganancias en productividad sólo son consistentes entre el grupo de subsectores de baja intensidad tecnológica (0.08%), mientras que la actividad importadora genera un impacto negativo sobre la *PTF* de las industrias de alta intensidad tecnológica (0.19%). La evidencia empírica parece confirmar que la presencia de derrames tecnológicos de tipo pecuniarios, más que de tipo tecnológico, lo que implicaría que las firmas locales obtienen beneficios cuando el precio de la tecnología, no disponible en el mercado doméstico, es menor al costo de oportunidad de desarrollarlo domésticamente, pero sólo en el sentido de los resultados de la manufactura de los insumos importados. Por otra parte, la creciente participación de las importaciones en la producción de exportación y la transición del sector manufacturero exportador hacia actividades de ensamble (fases intermedias de la cadena de valor), ha generado, entre otros aspectos: mayor competencia por importaciones; consolidación de un sector con bajo aporte de valor agregado; inadecuada formación de capacidades tecnológicas; gradual desarticulación de las cadenas productivas; y la concentración de los beneficios en las firmas de gran tamaño.

Tercero, la evidencia empírica muestra un efecto neto negativo (0.04%) de las externalidades vía la *IED* sobre la productividad. La mayor presencia de empresas transnacionales parece proyectar sólo ganancias en productividad entre las industrias de baja intensidad tecnológica (0.09%), mientras que el efecto es negativo en los subsectores más dinámico (0.13%). Estos resultados parecen razonables si se considera que la aparición de derrames tecnológicos vía la *IED* pueden tomar más de un periodo, dado el tiempo de transición entre la entrada efectiva de

la *IED* y el momento en el cual la firma transnacional alcanza su tamaño de equilibrio (ajuste de los sistema y costos de producción). En síntesis, esto indica que la presencia de empresas transnacionales no crea en forma automática un mayor flujo de conocimientos y un aumento de la eficiencia en la industria receptora.

Adicionalmente, se estimaron especificaciones restringidas del modelo general, columnas (ii) - (vi), en las cuales se omitieron de forma combinada las variables explicativas, con el propósito de probar la consistencia y robustez de los resultados empíricos. La evidencia econométrica confirma el sentido de los efectos encontrados en el modelo general; empero, al excluir la variable de externalidades vía exportaciones, las regresiones indican la presencia de ganancias en productividad vía la actividad importadora de las industrias de dinámicas. Esto implica, probablemente, que parte de la variabilidad de los derrames tecnológicos por importaciones podrían estar siendo captados por las externalidades asociadas con las exportaciones.

Conclusión

En este trabajo se ha cuantificado la contribución del capital tecnológico foráneo, vía el comercio internacional y la *IED*, sobre el desempeño de la productividad del sector manufacturero de México durante el periodo 1999-2012, a través del fenómeno de las externalidades tecnológicas. Las estimaciones obtenidas revelaron que las exportaciones constituyen un canal significativo en el proceso de difusión de conocimientos, aunque bajo ciertos matices, ya que, si bien las ganancias en productividad son más relevantes en los subsectores de alta intensidad tecnológica, el efecto neto positivo es marginal (en magnitud), lo que indicaría que dichos beneficios son insuficientes para constituir un factor de arrastre del sector manufacturero en su conjunto.

Por otra parte, los resultados mostraron un impacto positivo de las externalidades por importaciones sólo en el segmento de las industrias de baja intensidad tecnológica, condición que parece confirmar la ocurrencia de derrames tecnológicos de tipo monetario, más que de tipo tecnológico, además de revelar las limitaciones asociadas con el proceso de reconversión de los procesos productivos (especialización en segmentos con bajo aporte en valor agregado), que conlleva a una mayor competencia por importaciones y la gradual desarticulación de las cadenas productivas.

En cuanto a los efectos dinámicos asociadas con la *IED*, los resultados evidencian una contribución marginal y poco concluyente sobre el desempeño de la productividad. En este contexto, las ganancias en productividad derivadas por la mayor presencia de empresas transnacionales no constituye un proceso instantáneo, ya que el tiempo de transición entre la entrada efectiva de la *IED* y el momento en el cual la firma alcanza su tamaño de equilibrio (ajuste de los sistemas y costos de producción) pueden tomar más de un periodo.

Por otro lado, la evidencia obtenida sugiere que la formación de capacidades tecnológicas locales constituye un factor determinante del proceso de difusión de conocimientos, toda vez que, las estimaciones mostraron que las ganancias en productividad son más importantes en aquellas industrias con mayor grado desarrollo tecnológico, que en los subsectores ubicados en la manufactura tradicional. En consecuencia, la presencia de derrames tecnológicos es mayor cuanto mayor es el grado de desarrollo de las capacidades locales de decodificación, innovación y vinculación tecnológica.

Por último, se encontró evidencia parcial en favor de la hipótesis de que la profundización del comercio con economías industrializadas, mejora el proceso de aprendizaje y la acumulación de factores generadores de externalidades de los países semi-industrializados receptores (modelo Norte-Sur), ya que las estimaciones muestran la presencia de ganancias en productividad dentro del sector manufacturero de México como resultado del avance tecnológico de Estados Unidos.

No obstante, queda para futuras investigaciones integrar indicadores más robustos sobre la medición de las capacidades tecnológicas a nivel de industria, así como extender el análisis de las externalidades tecnológicas desde la perspectiva inter-sectorial, a nivel intra e inter país.

Referencias

- Ali, M., Cantner, U., and Roy, I. (2016). "Knowledge spillovers through FDI and trade: the moderating role of quality adjusted human capital". *Journal of Evolutionary Economics*, vol. 26, Pp. 837-868. <https://doi.org/10.1007/s00191-016-0462-8>
- Amann, E., and Virmani, S. (2014). Foreign direct investment and reverse technology spillovers: The effect on total factor productivity. *OECD Journal: Economic Studies*, vol. 2014. https://doi.org/10.1787/eco_studies-2014-5jxx-56vcxn0n
- Ang, J., and Madsen, J., (2013). "International R&D spillovers and productivity trends In the asian miracle economies". *Economic Inquiry*, vol. 51(2), Pp. 1523-1541. <https://doi.org/10.1111/j.1465-7295.2012.00488.x>
- Aghion P. and Howitt (2009). *The Economics of Growth*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Arriaga, R. & Landa, H. (2016). "Competitividad del Sector Externo Mexicano: Un análisis de la Condición Marshall-Lerner". *Revista Mexicana de Economía y Finanzas*, vol. 11(1), Pp. 79-101. <https://doi.org/10.21919/remef.v11i1.78>
- Arrow, K. (1962). "The economics implications of learning by doing". *The Review of Economic Studies*, vol. 29 (3), Pp. 155-173.
- Belitz, H. and Mölders, F. (2016). "International knowledge spillovers through high-tech imports and R&D of foreign-owned firms". *The Journal of International Trade & Economic Development*, vol. 25 (4), pp 590-613. <https://doi.org/10.1080/09638199.2015.1106575>
- Bitzer, J. and Kerekes, M. (2008). "Does foreign direct investment transfer technology across borders? New evidence". *Economics Letters*, vol. 100(3), pp. 355-358. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2008.02.029>
- Blackburne, E., and Frank, M. (2007) "Estimation of nonstationary heterogeneous panels". *The Stata Journal*, vol, 7 (2), 197-208.
- Bournakis, I., Christopoulos, D. and Mallick, S. (2015). *Knowledge Spillovers, absorptive capacity and growth: An industry-level Analysis for OECD countries*. FIW Working Paper No 147.
- CEPAL (2007). *La inversión extranjera directa en América Latina y el Caribe*. Informe Anual
- Coe, D., Helpman, E. and Hoffmaister, A. (2009). "International R&D spillovers and institutions". *European Economic Review*, vol. 53 (7), Pp. 723-741. <https://doi.org/10.3386/w14069>
- Coe, D. & Helpman, E. (1995). "Internacional R&D spillovers". *European Economic Review*. Vol. 39(5), Pp. 859-887.
- Dominguez, V. L. & Brown, G. F. (2004). *Inversión Extranjera Directa y capacidades tecnológicas*. LC/MEX/L.600, Documentos de Proyectos, Estudios e Investigaciones CEPAL
- Fagerberg, J. and Srholec, M. (2007). "National innovation system, capabilities and economic development". *Research Policy*, vol. 37(9), 1417-1435.
- Falvey, R.; Foster, N. and Greenaway, D. (2007). "Relative backwardness, absorptive capacity and knowledge spillovers". *Economics Letters*, vol. 97(3), 230-234. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2007.03.015>
- FMI (1997). *World Economic Outlook*. International Monetary Fund Publishing.
- Gerschewski, S. (2013). Do Local Firms Benefit from Foreign Direct Investment? An Analysis of Spillover Effects in Developing Countries. *Asian Social Science, Canadian Center of Science and Education*, vol. 9(4), 67-76. <https://doi.org/10.5539/ass.v9n4p67>

- Grossman, G. M. and Helpman, E. (1991). *Innovation and Growth in the Global Economy*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Hafner, K. A. (2014). Technology spillover effects and economic integration: evidence from integrating EU countries. *Applied Economics*, vol. 46(25), 3021-3036. <https://doi.org/10.1080/00036846.2014.920479>
- Hernandez, E. (2007). "La productividad multifactorial: concepto, medición y significado". *Economía: Teoría y Práctica, Nueva Época*, num. 26, Pp. 31-68. <https://doi.org/10.24275/etypuam/nc/262007/hernandez>
- Im, K. S., Pesaran, M. H. and Shin, Y. (2003). Testing for unit roots in heterogeneous panels. *Journal of Econometrics*, vol. 115(1), 53-74. [https://doi.org/10.1016/s0304-4076\(03\)00092-7](https://doi.org/10.1016/s0304-4076(03)00092-7)
- Keller, W. (2009). *International trade, foreign direct investment, and technology spillovers*. Working Paper No. 15442, National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386/w15442>
- Klenow, P. and Rodríguez-Claire, A. (2004). *Externalities and growth*. Handbook of Economic Growth, vol. 1(A), pp. 817-861 <https://doi.org/10.3386/w11009>
- Kosempel, S. (2003). "A theory of development and long run growth". *Journal of Development Economics*, vol. 75, 201-220. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2003.08.004>
- Lall, S. (1992). "Technological capabilities and industrialization". *World Development*, vol. 20(2), 165-186. [https://doi.org/10.1016/0305-750x\(92\)90097-f](https://doi.org/10.1016/0305-750x(92)90097-f)
- Landa, H. (2010). *Crecimiento económico y apertura económica en México: el rol de las externalidades y las capacidades tecnológicas*, Tesis Doctoral, Estudios Sociales, Universidad Autónoma Metropolitana.
- Liang, F. (2017). "Does foreign direct investment improve the productivity of domestic firms? Technology spillovers, industry linkages, and firm capabilities". *Research Policy*, vol. 46 (1), 138-159. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2016.08.007>
- Liao, H., Liu, X., & Wang, C. (2012). "Knowledge spillovers, absorptive capacity and total factor productivity in China's manufacturing firms". *International Review of Applied Economics*, vol. 26(4), 533-547. <https://doi.org/10.1080/02692171.2011.619970>
- Lucas, R.E., Jr. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, vol. 22, pp.3-42.
- Newman, C., Rand, J., Talbot, T., and Tarp, F. (2015). "Technology transfers, foreign investment and productivity spillovers". *European Economic Review*, vol. 76, Pp. 168-187.
- OECD (1998). *Open Markets Matter: The Benefits of Trade and Investment Liberalisation*. OECD Publishing, Paris.
- Pesaran, M. & Smith, R. (1995). Estimating long-run relationship from dynamic heterogeneous panels. *Journal of Econometrics*, 68 (1), pp. 79-113 [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(94\)01644-f](https://doi.org/10.1016/0304-4076(94)01644-f)
- Pesaran, H., Shin, Y. & Smith, R. (1999). Pooled Mean Group Estimation of Dynamic Heterogeneous Panels. *Journal of the American Statistical Association*, vol. 94(446), pp. 621-634. <https://doi.org/10.1080/01621459.1999.10474156>
- Puyana, A. & Romero, J. (2009). *México: De la crisis de la deuda al estancamiento económico*. El Colegio de México.
- Rodrik, D. (2003). *Growth strategies*. Working Paper No. 10050, National Bureau of Economic Research.
- Romer, P. (1986). Increasing returns and long-run growth. *The Journal of Political Economy*, vol. 94(5), 1002-1037. <https://doi.org/10.1086/261420>
- Romer, P. (1990). Endogenous Technological change. *The Journal of Political Economy*, vol. 98(5), 71-102 <https://doi.org/10.3386/w3210>
- Romo, M. D. (2004). Derramas tecnológicas de la inversión extranjera en la industria Mexicana. *Comercio Exterior*, vol. 53(3), 230-243.
- Schiff, M. and Wang, Y. (2010). *North-south trade-related technology diffusion: virtuous growth cycles in Latin America*. Paper No. 4943, Institute for the Study of Labor Discussion. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1333627>
- Snowdon, B. and Vane, H. (2006). *Modern Macroeconomics: Its Origins, Development and Current State*. USA, Edit. Edward Elgar Publishing, Inc.
- Thirlwall, A. (2003). *La naturaleza del crecimiento: un enfoque alternativo para comprender el funcionamiento de las naciones*, México, Fondo de la Cultura Económica.
- Ubeda, F., and Pérez, F. (2017). "Absorptive Capacity and Geographical Distance Two Mediating Factors of FDI Spillovers: a Threshold Regression Analysis for Spanish Firms". *Journal of Industry, Competition and Trade*, vol. 17 (1), 1-28. <https://doi.org/10.1007/s10842-016-0226-z>

Westerlund, J. (2007). Testing for Error Correction in Panel Data. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, vol. 69(6), 709-748. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0084.2007.00477.x>

World Bank (2008). *Global economic prospects: Technology diffusion in the developing World*. World Bank Press.

Xu, B. and Chiang, E. (2005). "Trade, patents and international technology diffusion". *Journal Trade and Economic Development*, vol. 14(1), 115-135. <https://doi.org/10.1080/0963819042000333270>

Anexo

Tabla A.1 Orden de integración
Prueba de raíz unitaria para panel

Variable	Im, Pasaran y Shin ¹		Fisher-ADF ²		Fisher-Phillips-Perron		I(d)
	Sin tendencia	Con tendencia	Sin tendencia	Con tendencia	Sin tendencia	Con tendencia	
<i>lnptf</i>	-0.6225 [0.2668]	-3.4317 [0.0003]	22.4736 [0.7589]	28.7833 [0.4236]	122.6277 [0.0000]	99.2134 [0.0000]	I(1)
<i>lnExX</i>	1.0139 [0.8447]	0.2660 [0.6049]	21.8433 [0.7885]	46.1140 [0.0170]	20.1391 [0.8593]	14.8782 [0.9797]	I(1)
<i>lnExM</i>	-1.1415 [0.1268]	-3.9546 [0.0000]	7.8294 [0.9999]	71.9343 [0.0000]	10.8219 [0.9985]	28.6609 [0.4299]	I(1)
<i>lnExIED</i>	-1.2330 [0.1080]	-1.0779 [0.1405]	9.6838 [0.9995]	15.4949 [0.9727]	19.6500 [0.8769]	22.8591 [0.7401]	I(1)
$\Delta lnptf$	-10.9432 [0.0000]	-8.3684 [0.0000]	41.5339 [0.0479]	109.1735 [0.0000]	274.8751 [0.0000]	120.2716 [0.0000]	I(0)
$\Delta lnExX$	-4.4002 [0.0000]	-4.7054 [0.0000]	175.7633 [0.0000]	246.6821 [0.0000]	100.3145 [0.0000]	62.1294 [0.0002]	I(0)
$\Delta lnExM$	-10.0897 [0.0000]	-6.9704 [0.0000]	90.1139 [0.0000]	129.6855 [0.0000]	66.7987 [0.0001]	40.6094 [0.0583]	I(0)
$\Delta lnExIED$	-6.9446 [0.0000]	-6.7989 [0.0000]	72.4648 [0.0000]	55.7521 [0.0014]	187.0412 [0.0000]	157.5367 [0.0000]	I(0)

Fuente: Elaboración propia

1/ Ho: All panels contain unit roots y H1: Some panels are stationary. El cuadro reporta el valor del estadístico $W_{t\text{-bar}}$. 2/ Ho: All panels contain unit roots y H1: At least one panel is stationary. Entre paréntesis el valor-p.

Tabla A.2 Contraste de cointegración para Panel
Westerlund Test (2007).

Model (i)				Model (ii)			
Statistic	Value	Z-value	Robust p-value	Statistic	Value	Z-value	Robust p-value
G_t	-2.505	0.854	0.000	G_t	-2.503	0.115	0.500
G_a	-5.144	4.835	0.000	G_a	-1.933	5.971	0.000
P_t	-5.135	4.337	0.500	P_t	-6.752	2.004	0.500
P_a	-3.895	4.064	0.000	P_a	-1.679	4.876	0.000

Model (iii)				Model (iv)			
Statistic	Value	Z-value	Robust p-value	Statistic	Value	Z-value	Robust p-value
G_t	-4.296	-7.864	0.000	G_t	-2.846	-1.415	0.260
G_a	-2.417	5.724	0.000	G_a	-2.437	5.714	0.050
P_t	-14.731	-6.841	0.000	P_t	-6.155	-2.665	0.430
P_a	-2.103	4.641	0.000	P_a	-2.835	4.236	0.040

Model (v)				Model (vi)			
Statistic	Value	Z-value	Robust p-value	Statistic	Value	Z-value	Robust p-value
G_t	-4.240	-8.628	0.000	G_t	-3.149	-3.602	0.000
G_a	-5.947	3.337	0.000	G_a	-5.469	3.600	0.000
P_t	-14.506	-7.548	0.000	P_t	-9.039	-1.298	0.097
P_a	-4.861	2.484	0.000	P_a	-3.690	3.199	0.000

Model (vi)			
Statistic	Value	Z-value	Robust p-value
G_t	-3.247	-4.053	0.000
G_a	-5.780	3.429	0.000
P_t	-11.321	-3.907	0.000
P_a	-5.925	1.835	0.000

Fuente: Elaboración propia.
 Bootstrapping critical values under H0. Calculating Westerlund ECM panel cointegration tests.
 Results for H0: no cointegration, with 14 series and 2 covariates

Tabla A.3 Estimaciones PTF - Externalidades Tecnológicas

Pooled Mean Group Regression
(Estimate results saved as pmg)

Panel Variable (i): indust Number of obs = 182
 Time Variable (t): t Number of groups = 14
 Obs per group: min = 13
 avg = 13.0
 max = 13
 Log Likelihood = 572.8465

D.lnptf	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]
ec					
lnexx	-.0698889	.0103522	-6.75	0.000	-.0901788 -.049599
lnexm	.0784477	.0112798	6.95	0.000	.0563398 .1005556
lnexied	.0890281	.0040115	22.19	0.000	.0811658 .0968905
lnexxdct6	.2209091	.0272876	8.10	0.000	.1674264 .2743919
lnexmdct6	-.1916324	.0256943	-7.46	0.000	-.2419922 -.1412726
lnexiddct6	-.1291754	.0127783	-10.11	0.000	-.1542203 -.1041304
SR					
ec	-.3638288	.0867079	-4.20	0.000	-.5337732 -.1938845
lnexx D1.	.0962617	.0368984	2.61	0.009	.0239422 .1685812
lnexm D1.	-.0633825	.030805	-2.06	0.040	-.1237592 -.0030057
lnexied D1.	-.0643002	.0258251	-2.49	0.013	-.1149164 -.013684
_cons	1.584922	.3681623	4.30	0.000	.8633373 2.306507

Pooled Mean Group Regression
(Estimate results saved as pmg)

Panel Variable (i): indust Number of obs = 182
 Time Variable (t): t Number of groups = 14
 Obs per group: min = 13
 avg = 13.0
 max = 13
 Log Likelihood = 511.96

D.lnptf	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]
ec					
lnexx	.0630128	.0279091	2.26	0.024	.0083119 .1177137
lnexm	-.0061732	.0299356	-0.21	0.837	-.0648458 .0524994
lnexxdct6	.0589819	.0351349	1.68	0.093	-.0098812 .127845
lnexmdct6	-.0439471	.0392995	-1.12	0.263	-.1209727 .0330784
SR					
ec	-.3344634	.0771539	-4.34	0.000	-.4856823 -.1832446
lnexx D1.	.0547542	.024466	2.24	0.025	.0068018 .1027067
lnexm D1.	-.0389074	.0303353	-1.28	0.200	-.0983635 .0205487
_cons	1.439708	.3352149	4.29	0.000	.782699 2.096717

Pooled Mean Group Regression
(Estimate results saved as pmg)

Panel Variable (i): indust Number of obs = 182
 Time Variable (t): t Number of groups = 14
 Obs per group: min = 13
 avg = 13.0
 max = 13

Log Likelihood = 541.092

D.lnptf	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
ec						
lnexx	-.0006205	.0089279	-0.07	0.945	-.0181188	.0168778
lnexied	.0983608	.0062478	15.74	0.000	.0861153	.1106063
lnexmdct6	.0534107	.0208399	2.56	0.010	.0125652	.0942562
lnexieddct6	-.0836094	.0104209	-8.02	0.000	-.1040339	-.0631848
SR						
ec	-.3730233	.1087789	-3.43	0.001	-.5862261	-.1598205
lnexx						
D1.	.0583854	.024211	2.41	0.016	.0109326	.1058381
lnexied						
D1.	-.0665689	.0248397	-2.68	0.007	-.1152538	-.0178839
_cons	1.5641	.4542658	3.44	0.001	.6737558	2.454445

Pooled Mean Group Regression
(Estimate results saved as pmg)

Panel Variable (i): indust Number of obs = 182
 Time Variable (t): t Number of groups = 14
 Obs per group: min = 13
 avg = 13.0
 max = 13

Log Likelihood = 529.9306

D.lnptf	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
ec						
lnexm	.0189521	.0118252	1.60	0.109	-.0042248	.042129
lnexied	.1008607	.0064435	15.65	0.000	.0882316	.1134898
lnexmdct6	.0967129	.0294097	3.29	0.001	.039071	.1543548
lnexieddct6	-.1856636	.0159069	-11.67	0.000	-.2168406	-.1544866
SR						
ec	-.3829003	.1080487	-3.54	0.000	-.5946719	-.1711288
lnexm						
D1.	.023502	.0186223	1.26	0.207	-.012997	.0600009
lnexied						
D1.	-.0177012	.0190503	-0.93	0.353	-.0550392	.0196368
_cons	1.617257	.4395339	3.68	0.000	.7557863	2.478728

Fuente: Elaboración propia.