

**Efectos de la capacidad de absorción tecnológica  
en el crecimiento económico**

**Efeitos da Capacidade de Absorção Tecnológica  
no Crescimento Econômico**

***Effects Of Technological Absorption Capacities  
In Economic Growth***

**Jesús Armando Ríos-Flores, Miriam Liliana Castillo-Arce  
y Rosario Alonso Bajo \***

Este estudio presenta un análisis, desde una perspectiva macroeconómica, sobre el efecto de las capacidades tecnológicas de una serie de países, ajustadas por su capacidad de absorción en el producto interno bruto por trabajador en un modelo de datos de panel. Para la estimación del modelo se recurre a una función no lineal, dado que los efectos tecnológicos son diferenciados dependiendo de la etapa de desarrollo en que se encuentre cada país. En primer término, se encuentra que existen rendimientos positivos pero decrecientes, tanto en el gasto en investigación y desarrollo como en su capacidad tecnológica. En segundo término, mediante la segmentación de los países por su nivel de ingreso, se encuentra que sólo en los países de ingreso alto se presentan efectos positivos de la tecnología, con efectos mayores una vez que se ajustan los indicadores tecnológicos por su capacidad de absorción.

**Palabras clave:** capacidad tecnológica, capacidad de absorción, crecimiento económico, datos de panel

---

\**Jesús Ríos*: profesor de la Facultad de Ciencias Sociales y Políticas de la Universidad Autónoma de Baja California, México. Correo electrónico: jríos89@uabc.edu.mx. *Miriam Castillo* y *Rosario Alonso*: profesores de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales de la Universidad Autónoma de Sinaloa, México. Correos electrónicos: mi.castillo@gmail.com y alonsobajo@yahoo.com.mx.

Este estudo apresenta uma análise, a partir de uma perspectiva macroeconômica, sobre o efeito das capacidades tecnológicas de uma série de países ajustadas por sua capacidade de absorção no produto interno bruto por trabalhador em um modelo de dados de painel. Para a estimativa do modelo, recorre-se a uma função não linear, pois os efeitos tecnológicos são diferenciados dependendo da fase de desenvolvimento em que cada país estiver. Em primeiro lugar, encontra-se que existem desempenhos positivos, porém, decrescentes, tanto no investimento em pesquisa e desenvolvimento quanto em sua capacidade tecnológica. Em segundo lugar, na segmentação dos países conforme seu nível de renda, encontra-se que somente nos países de alta renda se apresentam efeitos positivos da tecnologia, com efeitos maiores quando os indicadores tecnológicos são ajustados conforme sua capacidade de absorção.

**Palavras-chave:** capacidade tecnológica, capacidade de absorção, crescimento econômico, dados de painel

*This paper presents an assessment from a macroeconomic perspective on the effect of technology capacities in a group of countries, adjusted by the absorptive capacity in their gross domestic product per worker in a dashboard model. A non-linear function was used to estimate the model because technology effects are segregated by the stage of development of each country. Firstly, we found out that there are positive but decreasing effects, both in research and development expenditure as well as in their technological capacity. Secondly, by dividing the countries according to their income levels, we discovered that high-income countries show positive effects stemming from technology, with even higher effects when the technology indicators are adjusted by absorptive capacity.*

198

**Key words:** technology capacity, absorptive capacity, economic growth, panel data

## Introducción

La innovación es uno de los temas de mayor relevancia en la vida económica (Kraemer-Mbula y Wamae, 2010). Las ventajas competitivas sustentables son aquellas basadas en los productos y procesos nuevos ligados directamente a las capacidades tecnológicas (Lall, 2001). En este sentido, la innovación es el elemento clave en la definición de una estrategia de incremento de productividad, y como instrumento de diferenciación del producto y de crecimiento de la cuota de mercado (Andreoni, 2014). En este contexto, la mayoría de los países apuestan en la innovación, mediante el incremento en el gasto en investigación y desarrollo (GIDE), y al fortalecimiento generalizado de las actividades tecnológicas, pero sus resultados económicos no siempre son los esperados (Dossi *et al.*, 2006).

Junto a los cambios en la forma de producir y competir, así como a las diferencias estructurales e institucionales, se ha encontrado que la innovación con impactos económicos y productivos relevantes tiende a estar concentrada en algunas regiones (Furman *et al.*, 2002). Por ejemplo, los países industrializados como Estados Unidos, Japón o Alemania, que concentran la mayor parte de las innovaciones mundiales, son también los que presentan mayores capacidades de absorción de la inversión y las tecnologías, lo que les permiten crear, aplicar y difundir más deprisa la innovación. Si bien los recursos destinados a la innovación son importantes, la capacidad para absorber creativamente las tecnologías no depende exclusivamente de los recursos destinados para hacerlo, sino conjuntamente de las inversiones que permiten el fortalecimiento del capital humano y científico sustentado en estructuras productivas dinámicas (Fagerberg, 1987; Cohen y Levinthal, 1989 y 1990).

199

En el plano microeconómico un descubrimiento científico o una idea creativa es innovación en el momento en que se utiliza para resolver un problema concreto (OECD y Eurostat, 2005), pero en el plano macroeconómico, el cambio tecnológico está presente cuando las mejoras en una empresa se convierten en mejoras para un sector industrial o para la economía en general (Fagerberg *et al.*, 2010). Esta capacidad para transformar la innovación privada en crecimiento regional está ligada a la capacidad global de la región para incorporar con rapidez los nuevos paradigmas tecnológicos al sistema económico (Cimoli *et al.*, 2005).

Debido a las diferencias tecnológicas, productivas e institucionales en los espacios regionales, la profundidad del análisis tecnológico regional cobra relevancia. Si bien los indicadores como las patentes o el GIDE son frecuentemente utilizados en el entorno internacional, su capacidad explicativa se encuentra limitada, especialmente en los países con debilidad institucional (Albornoz, 2009; Ríos y Castillo, 2015). Por ejemplo, una patente puede tener distinto grado y rapidez de comercialización de acuerdo con el tipo de tecnología, rama y sector de la economía en el que se produzca, o bien puede haber empresas que por efectos estratégicos prefieren mantener en secreto sus descubrimientos tecnológicos y no patentar, mientras el GIDE en muchos casos es ciencia básica con limitada aplicación productiva.

Motivados por las diferencias estructurales en la competencia y la producción, así como por los diferentes tipos de rendimientos para cada tecnología, surge una serie

de enfoques que realzan las particularidades regionales en la generación y efectos de la innovación (Solo, 1966; Vernon, 1966; Nelson y Winter, 1982; Rosenberg, 1999; Lundvall, 2010). Por ello, una de las partes centrales de su estudio se encuentra en las fuentes que la determinan y el entorno económico que acota su efecto en el ingreso (Furman *et al.*, 2002; Fagerber *et al.*, 2010). Debido a las particularidades de cada entorno regional, conocer las fuentes de la innovación proporciona información importante para la generación de políticas tecnológicas pertinentes para el desarrollo productivo de cada región.

Bajo la idea general de que existen diferencias tecnológicas entre los países, y dado que los países desarrollados suelen ser los primeros en implementar las innovaciones podíamos esperar que el efecto económico de cada tecnología sea diferenciado tanto en los rendimientos como en los efectos por países. Así, el objetivo de este trabajo es el de estimar el efecto de las capacidades tecnológicas en el crecimiento económico diferenciando entre países de ingreso alto e ingreso medio-bajo, ajustados por sus capacidades de absorción en una función no lineal.

Para el cumplimiento del objetivo, el trabajo se compone de cinco secciones. En la primera se presenta una revisión de la literatura referente a las capacidades nacionales de aprendizaje e innovación, como medidas de capacidades de absorción y creación y sus efectos en el crecimiento. En la segunda sección se presenta la metodología. En una primera parte se presenta el modelo factorial (MF) para el cálculo de un indicador sintético de capacidad tecnológica (CT), con el fin de robustecer el indicador tecnológico para los países en desarrollo, y en una segunda parte se procede a la contrastación empírica mediante un modelo de datos de panel. En la sección tres se presenta un análisis previo de datos. Finalmente, en las secciones cuatro y cinco, se presentan los resultados y las conclusiones respectivamente.

200

## 1. Absorción tecnológica y crecimiento económico

¿Por qué crecen las economías? La opinión popular acostumbra dar tres tipos de respuestas. La primera nos dirá que la economía crece porque los trabajadores tienen cada vez más capital para trabajar (Solow, 1956). La clave del crecimiento será, pues, la inversión por parte de las empresas. El segundo tipo de respuesta asegurará que la clave es la educación de la población (Shultz, 1961); hoy somos capaces de producir más porque los trabajadores son más calificados. Entonces la clave es el incremento en la cobertura y el nivel escolar. El tercer tipo de respuesta relacionará el crecimiento económico con el progreso tecnológico. Según esta visión, hoy somos mucho más productivos porque las máquinas que utilizamos son mucho mejores y porque nuestro nivel de conocimientos es superior al que teníamos (Romer, 1990).

En el corto plazo la producción nacional viene determinada por las variaciones de la demanda, en especial por el efecto de la inversión en el multiplicador como mecanismo para acelerar la producción. En el largo plazo el efecto de la inversión es diferente. En última instancia, la capacidad del sistema para generar crecimiento y los límites a la expansión potencial vienen regidos por las fuerzas dinámicas del progreso

técnico y la tasa de aumento del trabajo suministrado que supere las necesidades del crecimiento poblacional y la depreciación del capital (Kalecki, 1954; Solow, 1956).

El progreso técnico o la innovación se analizan generalmente bajo dos enfoques. En el enfoque microeconómico, un descubrimiento científico o una idea creativa es innovación en el momento en que se utiliza para resolver un problema concreto. En consecuencia, el desarrollo tecnológico consiste en su actualización permanente en el ámbito de la empresa (Autio *et al.*, 2014). En el enfoque macroeconómico, el cambio tecnológico está presente cuando las mejoras en una empresa logran convertirse en mejoras para un sector industrial o para la economía en general, lo que dependerá de la difusión del conocimiento tecnológico (Vázquez, 2005), la competencia industrial no extrema (Porter, 1990) y la capacidad del sistema para absorber y transformar el conocimiento de punta (Solo, 1966; Cohen y Levinthal, 1989 y 1990).

En la Teoría Neoclásica del crecimiento, un primer aspecto a destacar es el predominio de una visión del cambio técnico como un fenómeno exógeno, pese a las críticas de Arrow (1962) y Kaldor (1985), popularizándose la metodología de medición del cambio técnico propuesto por Solow (1957). La superación de esta visión exógena dio lugar a la consideración del problema del vehículo del cambio tecnológico.

En Romer (1990), Grossman y Helpman (1991) y Aghion y Howitts (1992), versiones de la teoría del crecimiento endógeno, el énfasis se desplaza de la formación de capital fijo a la de capital humano y conocimiento tecnológico: enfoque más actual que destaca el papel de los factores organizacionales y de aprendizaje en el crecimiento. Los autores mencionados consideran que el cambio técnico es la fuerza detrás de la inversión, en forma tal que parte del crecimiento atribuido a la acumulación de capital proviene de la innovación. Por ende, suponen que la acumulación de capital físico tiene lugar como respuesta a la acumulación de conocimiento.

201

En la visión endógena (Romer, 1990) el progreso tecnológico se presenta bajo la forma de un aumento constante del número de *inputs* intermedios  $A_t$  de la forma  $y_t = H_{yt}^\alpha L_{yt}^\beta (A_t x_t) A_t^{1-\alpha-\beta}$  (Sala-i-Martin, 2000), destacando la endogeneidad de  $A_t$  de la siguiente forma:

$$(\dot{A}_t) = \delta H_t A_t \quad (1)$$

Donde  $\dot{A}_t$  representa un nuevo flujo de *inputs* intermedios similar a un flujo de conocimientos nuevos, esto es, depende positivamente del personal dedicado a la I+D ( $H_t$ ) y del stock de conocimientos acumulados ( $A_t$ ), es decir, a generación de ideas depende del esfuerzo tecnológico, lo que a su vez depende directamente de los recursos destinados a la investigación, y  $\delta$  representa la productividad del capital en la producción de nuevas ideas. En este sentido el crecimiento de la economía depende del crecimiento de conocimiento.

Tanto la teoría exógena como la endógena del crecimiento vía cambio técnico conciben dicho proceso como lineal, dado que los efectos del cambio técnico se consideran directos y secuenciales, además de ser acumulativos en cualquier tipo de conocimiento. Ante las críticas de los modelos lineales surge la visión evolucionista del cambio técnico. En esta perspectiva, un primer paso es reconocer que las condiciones en que se desenvuelve el proceso de cambio técnico están signadas por la incertidumbre y la presencia de externalidades y rendimientos dinámicos (Nelson y Winter, 1982; Loasby, 2001; Metcalfe, 2002).

Si bien los teóricos del crecimiento endógeno coinciden con los evolucionistas en la ruptura con el marco del equilibrio competitivo y discuten la noción según la cual las mencionadas condiciones en que se desenvuelve el proceso de cambio técnico serían desviaciones de dicho equilibrio (Nelson, 2008). Al abordar esas desviaciones como centro de análisis, el evolucionismo resalta el proceso de aprendizaje y la formación de capacidades como fenómenos que limitan temporal y espacialmente los efectos tecnológicos (Krammer y Sorin, 2009; Fagerberg *et al.*, 2010; y Autio *et al.*, 2014).

La tecnología no es un bien disponible sin costo, ya que requiere de conocimiento específico a la firma, acumulado a través de un proceso de aprendizaje determinado por ese conocimiento y sus capacidades de absorción (Omidvar, 2013). Por esto, las firmas poseen habilidades tácitas de cómo producir y no todas harán lo mismo por tener acceso a la misma información (Nelson, 1991).

202

En la globalización, los patrones para producir conocimiento se han transformado a la par de los participantes en su producción (Lopez-Leyva *et al.*, 2014). Han surgido nuevos agentes económicos entre los que destacan las universidades y las instituciones de I+D. Bajo el esquema de la triple hélice, las instituciones públicas participan en los mercados tecnológicos al patentar sus resultados y comercializarlos o impulsar spin-offs desde las universidades (Etzkowitz y Leydesdorff, 1997). Esta nueva visión de vinculación significó la transición de un modelo de ciencia abierta hacia otro orientado a la industria y la comercialización (Slaughter y Rhoades, 2004).

La producción de conocimiento, particularmente en las economías industrializadas, genera transferencias de conocimiento tecnológico entre países, constituyéndose en términos generales dos tipos de economías: las industrializadas que son exportadoras netas de tecnología y las no industrializadas o en etapas iniciales como importadoras netas (Jaramillo *et al.*, 2001). Los países que adquieren el conocimiento desde el exterior, lo hacen en la medida en que son capaces de comprar o apropiarse del conocimiento para su implementación posterior en la actividad económica nacional (Nieto y Quevedo, 2005; Lopez-Leyva *et al.*, 2014).

Entre los países productores de conocimiento y los países receptores, la difusión no es homogénea ni mantiene los mismos patrones. Lall (1992) explica que esto se debe a que las capacidades tecnológicas para asimilar los flujos de conocimiento externo son diferentes entre los países. Las capacidades tecnológicas juegan un doble papel (Cohen y Levinthal, 1990) como mecanismos de asimilación, pero a la vez, dependiendo de sus fortalezas (capital humano, infraestructura tecnológica y

capacidad de aprendizaje, entre otras), pueden crear las condiciones para pasar de la etapa de asimiladores de conocimiento a la de productores de nuevo conocimiento.

Al analizar la evidencia internacional, especialmente en el caso de los países en desarrollo, el incremento en los recursos a la investigación no necesariamente se traduce en un mayor número de innovaciones (Dossi *et al.*, 2006). Asimismo, las innovaciones no están ligadas necesariamente a las regiones con mayores inversiones en investigación (Omidvar, 2013). En este sentido, independientemente de la cantidad de información y conocimiento que produzca o reciba externamente una sociedad, si no hay vinculación entre el conocimiento codificado y las diversas competencias que se materializan en las empresas y sectores productivos, los países no serán capaces de traducir esos conocimientos en innovación y en un sendero de crecimiento estable (Cimoli *et al.*, 2005; Fagerberg *et al.*, 2010).

La estructura productiva determina las relaciones que se establecen entre sectores y empresas, así como las rutinas prevaletentes en la producción, la distribución y el consumo. El aprendizaje, aspecto fundamental del proceso de innovación, se halla fuertemente relacionado con estas rutinas y relaciones (Becker *et al.*, 2005). En tanto el marco institucional abarca no sólo los centros públicos y privados dedicados a actividades de I+D, sino a todas las formas de organización y a las convenciones y los comportamientos prevaletentes en una comunidad (Lundvall, 2010). Si bien los países que destinan una mayor inversión al campo tecnológico no garantizan la innovación y el crecimiento, es indudable que éstos se encuentran con mayores capacidades de absorción del conocimiento entrante (Cohen y Levinthal, 1989).

203

En el tema del sistema nacional de innovación los evolucionistas rescatan dos aspectos de la tradición schumpeteriana. El primero es la unidad entre tecnología y firma, la cual surge de concebir el conocimiento tecnológico como idiosincrásico, a menudo tácito, y de adquisición costosa, demorada y dependiente de las capacidades anteriormente adquiridas, lo que se corresponde con la visión de la firma como organización de aprendizaje colectivo (Nelson, 1994). El segundo aspecto es la idea del agente económico central, la cual apunta tanto al papel protagónico del empresario como a la red de relaciones en la que tiene lugar el proceso de aprendizaje interactivo (Soete *et al.*, 2010).

En términos generales la innovación depende del conocimiento científico y su interacción social (López-Leyva *et al.*, 2014); su origen puede ser interno o externo y puede estar incluida en bienes de capital (Jaramillo *et al.*, 2001) o en el saber hacer de las empresas y sus trabajadores (Arrow, 1962). Parte importante de la actividad innovadora se encuentra en la estructura de las firmas (Barbosa *et al.*, 2014), las redes empresariales (Furman *et al.*, 2002) y una variedad de organizaciones e instituciones que delimitan la interacción económica (Nelson, 1994; Lundvall, 2010).

Tanto en el caso de la adquisición exterior como en los esfuerzos internos para la generación de nuevas tecnologías, las capacidades de absorción se tornan fundamentales. En las economías que son capaces de absorber los nuevos paradigmas tecnológicos, se modifica la composición sectorial de su industria y se difunde el cambio tecnológico iniciándose así el proceso de desarrollo.

## 2. Metodología

En las economías desarrolladas, el sistema institucional opera de manera relativamente eficiente, por lo que los indicadores tecnológicos reflejan de manera fehaciente las capacidades tecnológicas. Sin embargo, en el caso de los países en vías de desarrollo, la debilidad institucional genera desviaciones respecto a las decisiones económicas, por lo que los indicadores tecnológicos no son siempre reflejo de sus capacidades (Ríos y Castillo, 2015). En este sentido es pertinente la construcción de un indicador que capture una variedad de fenómenos asociados a las actividades tecnológicas realizadas al interior de un país.

Dado que los movimientos del entorno económico general crean movimiento en los indicadores en que son medidos, entonces, los movimientos de los indicadores es reflejo de los movimientos del entorno. En este sentido, con los movimientos conjuntos de los indicadores tecnológicos es posible capturar el movimiento general de la capacidad tecnológica del país donde se genera (Martínez y Baumert, 2003; Sánchez *et al.*, 2014).

Una herramienta comúnmente utilizada para capturar este tipo de movimientos conjuntos es el MF. El propósito es encontrar el número mínimo de variables que expliquen el máximo de información contenida en una muestra, simplificando las múltiples y complejas relaciones entre un conjunto de variables observables  $X_1, X_2, \dots, X_p$ , donde  $p$  puede ser cualquier número finito. En particular, se trata de encontrar  $K < P$  factores comunes  $F_1, F_2, \dots, F_K$  que expliquen de modo suficiente las variables originales observables (Pérez, 2006). Con la aplicación del MF es posible evitar los juicios a priori sobre el peso que debe tener cada variable y factor en el indicador de la CT.

204

La complejidad de la tecnología y la diversidad en su procedencia ha originado en la literatura económica el uso de diversas metodologías de análisis y bases de datos que consideran una selección de variables (Archibugui y Coco, 2004). Uno de los principales problemas en medir la actividad innovadora se encuentra en cómo cuantificar y ponderar los elementos intangibles del conocimiento acumulado en una organización. Hay que tener en cuenta que el cambio técnico depende del conocimiento científico, que su origen puede ser interno o externo y que las innovaciones pueden estar incluidas en bienes de capital, en los productos o en la habilidad organizacional de las empresas y sus trabajadores (Bittencourt y Giglio, 2013).

En la **Tabla 1** se presentan las variables que presentaron el mayor ajuste para la construcción de la CT. Tomando en cuenta la ecuación (1), se incluyen variables de recursos como el GIDE, variables de resultados como las patentes, las exportaciones en bienes tecnológicos, el ingreso por transferencia de conocimiento y los diseños industriales, así como variables de infraestructura de apoyo y soporte de la innovación como las cuestiones ligadas a la comunicación.

**Tabla 1. Variables sujetas al modelo factorial**

Variable	Medición	Fuente
PAT	Familia de patentes solicitadas por los residentes por cada 10.000 trabajadores	OMPI
EBAT	Exportación de bienes de alta tecnología reales por trabajador en dólares de 2005	Banco Mundial
IBPT	Ingreso por balanza de pagos tecnológica reales por trabajador en dólares de 2005, por concepto de regalías, asistencia técnica...	Banco Mundial
GIDE	Gasto en investigación y desarrollo por trabajador reales en dólares de 2005	Banco Mundial
DI	Número de diseños industriales concedidos por cada 10.000 trabajadores por oficina de patentes	OMPI
PUB	Número de publicaciones científicas por cada 10.000 trabajadores	Banco Mundial
INT	Usuarios de internet por cada 100 habitantes	Banco Mundial
TEL	Número de línea telefónicas fijas por cada 100 habitantes	Banco Mundial

Fuente: elaboración propia con datos de Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI); Heston, Summer y Aten (2012) y Banco Mundial

Sea  $X$  la matriz de variables originales, donde la varianza es una medida de la información que contiene cada variable, la combinación lineal de las variables originales puede expresarse como sigue:

$$F_{1i} = u_{11} X_{1i} + u_{21} X_{2i} + \dots + u_{1p} X_{pi} \quad (2)$$

De manera abreviada se puede expresar (2) como  $F_1 = Xu_1$ , donde  $u_1$  es el vector que permite obtener la combinación lineal. Dado que la primera componente es la combinación lineal de las variables originales de varianza máxima,  $u_1$  debe tener valor unitario para que la varianza del primer factor o componente  $F$  sea máxima.

Como la varianza de la componente  $C$  es:

$$V(C_i) = \frac{\sum_{i=1}^n C_{1i}^2}{n} = \frac{1}{n} C_i' C_i = \frac{1}{n} u_i' X' X u_i = u_i' \left[ \frac{1}{n} X' X \right] u_i = u_i' V u_i \quad (3)$$

Se puede resumir el problema de la componente de la manera siguiente:

$$\text{Max } V(C_i) = u_i' V u_i \quad (4)$$

$$\text{Sujeta a: } \sum_{i=1}^p u_i^2 = u_i' u_i = 1$$

Resolviendo el lagrangiano de la ecuación (4) se obtiene  $(V-\lambda I) u_i = 0$ , donde  $I$  es la matriz identidad y  $u_i$  es el vector propio de la matriz de varianza y covarianza de los datos originales. Como se busca la varianza máxima, se elige el vector propio con mayor valor asociado. La primera componente  $C_1$  se obtiene haciendo  $C_1 = V u_1$ , donde  $u_1$  es el vector propio de la matriz varianza-covarianza con mayor valor asociado. La segunda componente principal de acuerdo con (3) estará dada por  $V(C_h) = u_h' V u_h = \lambda_h$  (Pérez, 2006).

La aplicación del MF requiere desarrollar cuatro fases interdependientes. En primer lugar se realiza el cálculo de una matriz que indique la varianza de las variables estudiadas; en segundo lugar se lleva a cabo la extracción de las componentes que agrupan un conjunto de variables con características comunes; en tercer lugar se rota la matriz de componentes; y finalmente se estiman las puntuaciones de las variables en las componentes. Así, cada factor es ponderado por las puntuaciones de cada variable. Con esa ponderación se obtienen los valores de los factores. Mientras para el cálculo de la CT cada uno de los factores es re-ponderado por su carga factorial, similar a Ríos y Castillo (2015), de la forma siguiente:

206

$$CT_{it} = \sum_{k=1}^K F_{kit} \beta_k \quad (5)$$

Donde  $CT$  indica la capacidad innovadora del individuo  $i$  en el momento  $t$ .  $F$  es el factor  $k$  que representa los valores re-escalados de las variables originales y  $\beta$  es la carga de cada factor dada su varianza total explicada, la cual es re-escalada de forma que

$$\sum_{k=1}^K \beta_k = 1$$

Los modelos de crecimiento endógeno como Romer (1990), Grossman y Helpman (1991) y Aghion y Howitts (1992) teorizan los aspectos relacionadas con el crecimiento a largo plazo y la innovación. En la literatura empírica, Griliches (1979), Coe y Helpman (1995), Luintel y Khan (2009) y Khan *et al.* (2010) presentan evidencia para los países desarrollados de que las patentes y el GIDE se relacionan positivamente con el incremento en la productividad y el crecimiento, mientras Kramer y Sorin (2009) y Ríos y Castillo (2015) afirman que dichos efectos son diferenciados. La especificación empírica estándar de este tipo de modelos es la siguiente:

$$y_{it} = \beta_{1t} X_{it} + \beta_{2t} Z_{it} + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

Donde  $i$  indica la dimensión cruzada y  $t$  el tiempo, y representa cualquier indicador de ingreso,  $X$  es un vector de variables que reflejan alguna cuestión estructural y  $Z$  representa cualquier medida tecnológica. Las  $\beta$  representan las elasticidades de cada variable y  $\varepsilon$  un error estocástico. Con esta función, lo que se prueba es el efecto que la tecnología genera en el ingreso, bajo la premisa de que para crecer hay que ser innovador, pero no el hecho de que para ser innovador primero se tuvo que haber crecido. Si bien la innovación presenta componentes claramente aleatorios, es resultado de esfuerzos científicos basados en el marco general del sistema de innovación.

Ya que la capacidad del sistema para generar el crecimiento y los límites a la expansión potencial vienen regidos por las fuerzas dinámicas del progreso técnico y que éste a su vez se inyecta en el proceso económico a través de la inversión. En este tipo de marcos conceptuales suele establecerse el supuesto de que todo esfuerzo realizado en actividades tecnológicas se traduce en productos o servicios innovadores.

Si bien gran parte de las innovaciones que se realizan suelen ser fortuitas, normalmente provienen de algún esfuerzo tecnológico ponderado por la capacidad de absorción de la inversión y la tecnología (Omidvar, 2013). En este sentido, la función que mide el efecto tecnológico en el ingreso es de forma no lineal, dado que es posible que el efecto tecnológico no sea constante en el tiempo, bajo la forma:

$$\ln \text{PIB}_{it} = \beta_1 \ln \text{PIB}_{it-1} + \beta_2 \ln \text{GIDE}_{it-1} + \beta_3 \ln \text{GIDE}_{it-1}^2 + \varepsilon \quad (7) \quad 207$$

$$\ln \text{PIB}_{it} = \beta_1 \ln \text{PIB}_{it-1} + \beta_2 \ln(\text{GIDE} * \text{ca})_{it-1} + \beta_3 \ln(\text{GIDE} * \text{ca})_{it-1}^2 + \varepsilon \quad (8)$$

$$\ln \text{PIB}_{it} = \beta_1 \ln \text{PIB}_{it-1} + \beta_2 \ln \text{CT}_{it-1} + \beta_3 \ln \text{CT}_{it-1}^2 + \varepsilon \quad (9)$$

$$\ln \text{PIB}_{it} = \beta_1 \ln \text{PIB}_{it-1} + \beta_2 \ln(\text{CT} * \text{ca})_{it-1} + \beta_3 \ln(\text{CT} * \text{ca})_{it-1}^2 + \varepsilon \quad (10)$$

Donde  $i$  captura la dimensión sección cruzada y  $t$  el tiempo. Los estimadores  $\beta$  capturan las elasticidades y  $\varepsilon$  es el error de estimación. La variable  $PIB$  representa el producto interno bruto por trabajador,  $GIDE$  y  $CT$  representan el gasto en investigación y desarrollo y la capacidad tecnológica por trabajador respectivamente, mientras  $ca$  representa la capacidad de absorción.

La cuantificación de la función de crecimiento se estima mediante un modelo de datos de panel. Es decir, un conjunto de individuos son observados en distintos momentos del tiempo (Baum, 2006). Dentro de sus ventajas están la de controlar por la heterogeneidad inobservable, tanto transversal como temporal, y puede formularse generalmente como:

$$y_{it} = \sum_{k=1}^k X_{kit} \beta_{kit} + \varepsilon_{it}$$

$$i = (1, \dots, N) \quad t = (1, \dots, T)$$

Donde  $N$  es el número de individuos y  $T$  es el número de periodos. Una limitación de este tipo de análisis es que es difícil saber si los coeficientes estimados reflejan realmente el impacto de  $x_t$  o por el contrario se deben a diferencias inobservables entre los individuos que estén correlacionados con  $x_t$ . Este problema se asocia al término de perturbación, el cual puede ser un término compuesto en el cual puede existir correlación con las variables explicativas. El modelo general de datos de panel no presenta ninguna restricción con respecto a la heterogeneidad no observable, por lo que es necesario modelar cada uno de los diferentes efectos inobservables (Hsiao, 2003).

En la literatura sobre datos de panel se presentan dos modelos alternativos de control, el modelo de efectos fijos y el modelo de efectos aleatorios. En el modelo de efectos fijos, los  $\eta_i$  son tratados como un conjunto de  $N$  coeficientes adicionales que se pueden estimar con  $\beta$ , en la forma  $y_{it} = x_{it} \beta_k + z_i \delta + \varepsilon_{it} + \eta_i$ , donde  $x_{it}$  es un vector  $1 \times K$  de variables que oscilan individualmente en el tiempo  $t$ ,  $\beta$  es un vector de coeficientes  $K \times 1$  en  $x_t$ ,  $z_i$  es un vector  $1 \times P$  de variables invariantes en el tiempo y que varían sólo entre individuos,  $\delta$  es el  $P \times 1$  vectores de coeficientes  $z$  y  $\varepsilon_{it}$  es un término aleatorio.

208

Por su parte el modelo de efectos aleatorios supone que  $\eta_i$  es una variable aleatoria inobservable independiente de  $x_{it}$  que por tanto pasa a tomar parte de un término de perturbación compuesto, bajo la forma general  $y_{it} = x_{it} \beta + z_i \delta + (\varepsilon_{it} + \eta_i)$ , donde  $(\varepsilon_{it} + \eta_i)$  es un término de error compuesto y  $\eta_i$  es un efecto individual. La distinción crucial entre efectos fijos y aleatorios es si sus efectos de perturbación están o no correlacionados con las variables observables  $x_{it}$ . Si  $\eta_i$  esta correlacionada con  $x_{it}$  puede ser conveniente hacer inferencia condicional sobre las realizaciones de los  $\eta_i$  en la muestra (efecto fijos), mientras si los  $\eta_i$  no están correlacionados con  $x_{it}$  es natural hacer inferencia incondicional (efecto aleatorio) como ocurre en el modelo de error compuesto (Arellano y Bover, 1999).

Ante la disyuntiva de efectos fijos o aleatorios, Hausman (1978) propone un contraste de decisión basado en la comparación directa entre los estimadores intra-grupos ( $\hat{\beta}$ ) y el estimador de Balestra y Nerlove. El test de Hausman es un contraste clásico de robustez frente a eficiencia. Si una vez calculados la diferencia observada entre los estimadores es escasa, se toma a favor de la hipótesis nula de efectos fijos.

Para la operatividad de las ecuaciones (7), (8), (9) y (10) se presenta una muestra de 37 países en el periodo 2000-2010 con datos anuales. La muestra se compone por 17 países que pertenecen a un grupo de altos ingresos por trabajador (mayores a 40.000 dólares anuales en promedio) y 20 de medio-bajo (menores a 40.000 dólares). El grupo de altos ingresos está compuesto por Australia, Austria, Bélgica, Canadá,

Corea, España, Estados Unidos, Finlandia, Francia, Irlanda, Israel, Italia, Japón, Nueva Zelandia, Países Bajos, Reino Unido y Suecia. El grupo de ingreso medio-bajo por Argentina, Chile, Chipre, Costa Rica, Malasia, México, Portugal, Turquía, Bolivia, Brasil, China, Colombia, El Salvador, Filipinas, Guatemala, India, Marruecos, Perú, Sudáfrica y Uruguay.

En el grupo de ingresos altos se encuentran países de una amplia tradición innovadora como Estados Unidos, Japón y Alemania; otros, como Australia y Corea del Sur, han transitado en un periodo relativamente corto un nivel de ingreso alto, con una vocación productiva a las manufacturas de alta tecnología; Italia y España, aunque son de ingreso alto, no se colocan como líderes tecnológicos. En el caso de los países de ingreso medio-bajo, el criterio es similar. Por una parte se encuentran países con periodos largos de transición tecnológica como México y Chile, mientras Brasil, China e India presentan sendas de un mayor crecimiento y han exhibido una transición en su dinámica tecnológica y productiva. El objetivo de la muestra es la heterogeneidad productiva, pero con dinámicas tecnológicas crecientes y con esto fortalecer los resultados en cuanto al efecto de la tecnología en el crecimiento.

### 3. Análisis previo de datos

En la **Tabla 2** se presenta el resumen estadístico para la construcción de la CT. Para corroborar la pertinencia del MF, se llevó a cabo la prueba KMO y Bartlett. La adecuación muestral permite la aplicación del modelo, ya que el KMO es de 0.753 y la prueba de Bartlett arroja una probabilidad menor al 0.05. Por una parte, los resultados de la matriz de componentes rotados proporcionan información sobre la ubicación de las variables utilizadas para establecer la agrupación y pesos. Por otra parte, con la matriz de coeficientes es posible la ponderación y estandarización de las variables a los factores, como en la función (5) para determinar el indicador CT. Finalmente, con el MF se logra explicar el 83.84% de la varianza total de los indicadores, lo que habla de un indicador relativamente bueno.

**Tabla 2. Resumen estadístico para la construcción de la CT**

Características	Factores		
	1	2	3
Variables	IBPT (.803) GIDE (.905) PUB (.895) INT (.655) TEL (.759)	PAT (.848) DI (.875)	EBAT (.968)
Varianza total explicada	45.235	23.522	15.079
<i>Eigenvalue</i>	3619	1882	1206
Varianza total estandarizada	53.956	28.057	17.986
<b>Matriz para el cálculo de las puntuaciones</b>			
EBAT	-0.2427	0.05207	0.99513
IBPT	0.1932	-0.16152	0.22828
GIDE	0.27634	0.00568	-0.10492
PAT	-0.11766	0.53449	0.06341
DI	-0.11719	0.55378	0.00724
PUB	0.33665	-0.12554	-0.14728
INT	0.27571	0.00954	-0.22541
TEL	0.22545	0.02256	-0.03458

210

Fuente: elaboración propia. Entre paréntesis se presentan las extracciones de cada variable

En la **Tabla 3** se presentan las variables centrales para las ecuaciones (7), (8), (9) y (10) son tanto el PIB por trabajador como los indicadores tecnológicos como el GIDE y la variable denominada CT así como la capacidad de absorción. En el caso del PIB *per cápita*, los datos se toman de HSA (2012), en dólares reales de 2005 y ajustados por su paridad de poder de compra. El GIDE se construye mediante datos de Banco Mundial para expresarlos en dólares reales por trabajador, y la CT se construyó mediante un MF. En el caso de la capacidad de absorción no existe un indicador establecido que pueda capturar dicho efecto, pero suele contemplarse a la productividad como un indicador cercano que mide la capacidad para producir y que hasta cierto punto pudiera también representar la capacidad para adquirir y transformar, por lo que aquí se utiliza como *proxy* para ella. Para este caso se utilizan los datos de la Organización para el Desarrollo Industrial de la Organización de las Naciones Unidas, mediante la productividad total de los factores.

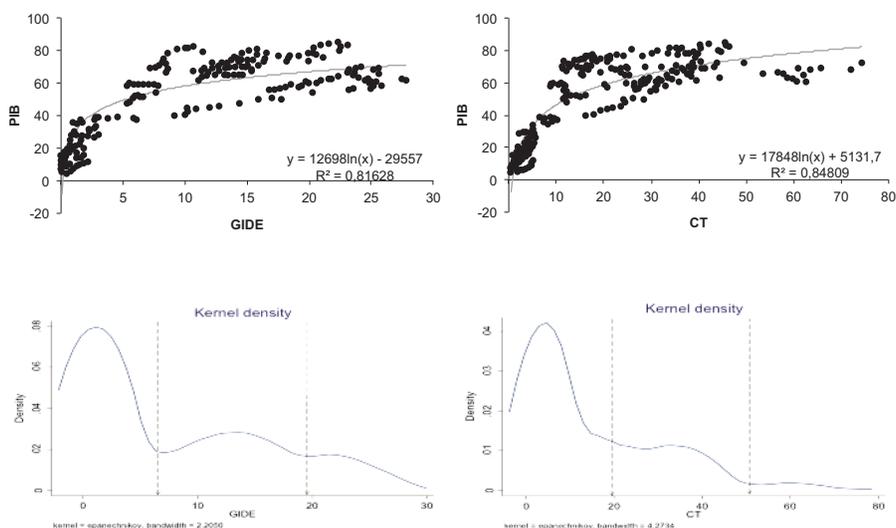
**Tabla 3. Resumen de indicadores económicos y tecnológicos  
(promedio 2000-2010)**

Países	PIB por trabajador	GIDE por trabajador	CT por trabajador	Capacidad de absorción
Australia	73598.79	1503.97	14.80	0.7502
Austria	73099.38	1744.95	18.62	0.7959
Bélgica	76805.21	1492.86	25.86	0.9724
Canadá	66957.16	1332.36	24.08	0.8044
Corea	46285.12	1366.71	23.02	0.6387
España	58240.86	667.67	10.47	0.7035
Estados Unidos	81235.17	2130.51	40.96	1.0000
Finlandia	63200.13	2237.69	33.25	0.7785
Francia	67270.96	1458.66	24.18	0.7748
Irlanda	78141.21	1011.65	42.50	1.2555
Israel	59241.31	2528.19	27.88	0.7371
Italia	69818.46	796.55	12.96	0.7763
Japón	59121.52	1923.49	32.23	0.6306
Nueva Zelanda	50759.32	595.14	13.16	0.6809
Países Bajos	69925.49	1310.61	39.34	0.8176
Reino Unido	66448.69	1163.36	36.96	0.7753
Suecia	65175.86	2421.60	61.84	0.7365
<b>Media ingreso alto</b>	66195.57	1510.94	28.36	0.8017
Argentina	22251.66	108.99	4.04	0.5497
Chile	26025.96	86.51	3.99	0.5908
Chipre	36119.85	138.21	8.12	0.7277
Costa Rica	22717.38	92.94	4.31	0.3824
Malasia	24983.18	174.06	4.74	0.5532
México	28583.32	109.84	2.93	0.5192
Portugal	38226.65	393.77	8.06	0.6001
Turquía	26673.24	171.78	4.50	0.3945
Bolivia	7631.18	17.27	0.96	0.2711
Brasil	14716.07	153.29	3.40	0.4825
China	7872.28	108.51	3.70	0.2570
Colombia	14426.80	21.42	2.50	0.3864
El Salvador	15022.37	13.30	1.97	0.3781
Filipinas	6809.18	8.12	0.83	0.2736
Guatemala	15356.79	6.81	1.29	0.4056
India	6443.79	50.17	0.60	0.2275
Marruecos	8592.85	55.43	1.14	0.2722
Perú	11806.51	16.52	1.29	0.2926
Sudáfrica	18601.98	155.63	2.06	0.5346
Uruguay	18725.02	58.56	4.38	0.5259
<b>Media ingreso medio bajo</b>	18579.30	97.06	3.24	0.4312
Media	40457.06	746.67	14.78	0.6014
Máximo	84946.00	2777.20	74.31	1.3100
Mínimo	4910.00	5.30	0.43	0.2342
Desviación estándar	25542.97	813.87	15.77	0.2340

En términos del ingreso medio por trabajador, los mayores son los de Estados Unidos, Irlanda y Bélgica, mientras que los menores son los de Filipinas, Bolivia y China. Los países de ingreso alto producen 40.000 dólares más en promedio que los de ingreso medio-bajo. En el caso del GIDE, las diferencias entre grupos es amplia, 1510 a 97 dólares; es decir, una proporción de 15 a 1. Para el caso de la CT la diferencia es menor: en promedio los de ingreso alto tienen 28 puntos y tres puntos los de ingreso medio-bajo, similar a la capacidad de absorción que sólo presenta una proporción de 2 a 1.

Dentro de las ventajas del cálculo de la CT está el hecho de disminuir las variaciones en los indicadores al considerar una diversidad de indicadores tecnológicos, representativos de un sistema de innovación. Una de las cosas que se pretenden contrastar en este trabajo es el efecto del GIDE y el indicador sintético de la CT con el ingreso.

**Figura 1. Capacidades tecnológicas y PIB por trabajador (2000-2010)**



212

Fuente: elaboración propia

En la **Figura 1** se presentan las relaciones entre las capacidades tecnológicas, así como los gráficos de densidad para cada indicador tecnológico. En ambos casos las relaciones entre las capacidades tecnológicas y el ingreso presentan un efecto no lineal en el sentido de que, a medida que se incrementan las magnitudes de las variables tecnológicas, el ingreso no presenta los mismos efectos para cada etapa,

presentando claramente un efecto decreciente. Para el caso de la CT, las disparidades conforme al ingreso disminuyen, sobre todo en las regiones de ingreso medio-bajo. Otra de las particularidades que se destacan en las gráficas es la no distribución normal para la muestra total.

Al menos en términos visuales es posible determinar la presencia de efectos no lineales entre las capacidades tecnológicas en el ingreso y que las diferencias estructurales de los países son marcadamente diferentes, por lo que las funciones (7), (8), (9) y (10) parecen ser acordes con esta evidencia, la cual se contrastará de forma empírica en la sección siguiente.

#### 4. Análisis de resultados

En la **Tabla 4** se presentan los resultados de las estimaciones en logaritmos, segmentando por nivel de ingreso y tipo de tecnología con ajustes para la capacidad de absorción. El panel se estimó con efectos fijos, resultando todos los estimadores tecnológicos no significativos en el PIB.

**Tabla 4. Estimaciones bajo una función lineal para las capacidades tecnológicas**

Todos los países N=37, T=11	EQ (7)	EQ (8)	EQ (9)	EQ (10)
PIB (-1) GIDE (-1) GIDEca (-1) CI (-1) Clca (-1)	.9553* (.0302) .0176 (.0129)	.9891* (.0234) -0.0029 (.0165)	.9893* (.0245) -0.0019 (.0115)	.9935* (.0209) -0.0017 (.0123)
Ingreso alto N=17, T=11				
PIB (-1) GIDE (-1) GIDEca (-1) CI (-1) Clca (-1)	.8764* (.0643) -.0046 (.0268)	.8827* (.0101) -.0101 (.0200)	.8706* (.0519) -0.0012 (.0149)	.8754* (.0487) -0.0043 (.0124)
Ingreso medio-bajo N=20, T=11				
PIB (-1) GIDE (-1) GIDEca (-1) CI (-1) Clca (-1)	.9704* (.0354) .0225 (.0151)	.9875* (.0290) .0369 (.0287)	1.003* (.0307) .0065 (.0177)	1.002* (.0282) .0222 (.0465)

Fuente: elaboración propia. \* representa la significancia al 5% y entre paréntesis se presentan los errores estándar

A diferencia de una gran cantidad de trabajos que encuentran efectos positivos en regresiones lineales para el PIB per cápita, en este caso no se encuentra ninguna significancia. Posiblemente el efecto no lineal es suficientemente fuerte en el caso del PIB por trabajador que rechaza la significancia para cada indicador tecnológico, tanto para el agregado de países como para los grupos, incluso con el ajuste de la capacidad de absorción.

En la literatura internacional existe suficiente evidencia con respecto al efecto positivo de la tecnología en los diferentes indicadores de desempeño económico, pero la mayoría de ellos considera muestras homogéneas de países, especialmente a los de la OECD con el PIB *per cápita*. En el caso de los estudios fuera de la OECD se han realizado una diversidad de estudios, considerando en la mayoría el efecto de indicadores agregados o *per cápita*. Con la presencia de muestras heterogéneas y con el PIB por trabajador, que presenta tendencias diferentes al PIB per cápita, sobre todo en los países en vías de desarrollo donde el ingreso por trabajador ha decrecido de manera progresiva desde los años 80, los resultados no son los compatibles.

En la **Tabla 5** se presentan las estimaciones en funciones no lineales bajo la misma estructura de la **Tabla 4**. En este caso, la mayoría de los indicadores tecnológicos resultaron significativos, excepto para los países de ingreso medio-bajo.

**Tabla 5. Estimaciones bajo una función no lineal para las capacidades tecnológicas**

Todos los países N=37, T=11	EQ (7)	EQ (8)	EQ (9)	EQ (10)
PIB (-1) GIDE (-1) GIDE <sup>2</sup> (-1) GIDEca (-1) GIDE <sup>2</sup> ca (-1) CI (-1) CI <sup>2</sup> (-1) Cica (-1) CI <sup>2</sup> ca (-1)	.9546* (.0300) .0183 (.0127) -.0076* (.0029)	.9476* (.0254)  .0715* (.0255) -.0228* (.0060)	.9478* (.0253)   .0301 (.0188) -.0080* (.0037)	.9613* (.0234)    .0889* (.0360) -.0175* (.0059)
<b>Ingreso alto N=17, T=11</b>				
PIB (-1) GIDE (-1) GIDE <sup>2</sup> (-1) GIDEca (-1) GIDE <sup>2</sup> ca (-1) CI (-1) CI <sup>2</sup> (-1) Cica (-1) CI <sup>2</sup> ca (-1)	.8432* (.0632) .1168* (.0452) -.0277* (.0084)	.7279* (.0594)  .3007* (.0691) -.0627* (.0134)	.7937* (.0507)   .1807* (.0471) -.0298* (.0073)	.8053* (.0530)    .3210* (.0887) -.0514* (.0139)
<b>Ingreso medio-bajo N=20, T=11</b>				
PIB (-1) GIDE (-1) GIDE <sup>2</sup> (-1) GIDEca (-1) GIDE <sup>2</sup> ca (-1) CI (-1) CI <sup>2</sup> (-1) Cica (-1) CI <sup>2</sup> ca (-1)	.9706* (.0356) .0218 (.0157) -.0006 (.0045)	.9815* (.0296)  .0418 (.0290) -.0239 (.0231)	1.003* (.0315)   .0073 (.0226) -.0007 (.0117)	1.001* (.0287)    .0358 (.0642) -.0145 (.071)

Fuente: elaboración propia. \* representa la significancia al 5% y entre paréntesis se presentan los errores estándar

Las estimaciones que contemplan el total de la muestra con el ajuste de la capacidad de absorción de cada indicador tecnológico resultó significativo y positivo pero con rendimiento decreciente. El efecto tecnológico se encuentra alrededor del 8% y el efecto decreciente alrededor del 2%, mientras que la dinámica productiva pasada representa alrededor del 95%.

Las especificaciones que contemplan únicamente a los países de ingreso alto muestran significancia en todas sus variables; mientras tanto, en las que incluyen sólo los países de ingreso medio-bajo, ninguna de las variables tecnológicas resulta significativa. En el caso de los países de ingreso medio-bajo, en promedio se encuentran estancados manteniéndose en la misma dinámica productiva pasada, lo que no permite materializar el efecto tecnológico en el ingreso. Para los países de ingreso alto el efecto tecnológico ajustado por su capacidad de absorción pasa de un 12%, y decreciendo al 3% en el GIDE, a un 30% con decrecimiento del 6%. En el caso de la CT, el efecto es de 18% con decrecimiento del 3%, a un 32% con decrecimiento

del 5%. En el comparativo entre indicadores tecnológicos, la CT es ligeramente superior en términos de rendimientos, pero cualitativamente su efecto es igual en los países de ingreso alto.

Una diferencia clara entre los países de ingreso alto, como líderes tecnológicos, es el de poseer industrias ligadas a la ciencia que permiten el desarrollo de los nuevos productos de base tecnológica, cuyo rendimiento es mayor, ya que poseen una mayor elasticidad de precios, lo que les permite apropiarse de rendimientos superiores. En el caso de los países de ingreso medio-bajo, la situación es diferente, ya que su sistema industrial es de intensidad tecnológica inferior, lo que limita la capacidad de absorción y transformación de las nuevas tecnologías, realizando la conversión en periodos posteriores, cuando la elasticidad de precios es menor debido a la estandarización internacional productiva y al ciclo de vida del producto.

El tipo de actividades que se realiza en una sociedad y el tipo de bienes que se produzcan determinan el desempeño económico. Esto se favorece cuando se expanden las empresas que enfrentan demandas dinámicas, las de mayor productividad, mayor efecto multiplicador, y las que generen empleos de mayor calidad.

Con la contrastación de la **Figura 1** y la **Tabla 5** se argumenta, de forma similar a lo planteado por Nelson y Winter (1982), Loasby (2001) y Metcalfe (2002), y en el plano empírico con Kramer y Sorin (2009) y Ríos y Castillo (2015), la no linealidad de la innovación y el crecimiento a favor de modelos interactivos no lineales. Las etapas iniciales de acumulación tecnológica no parecen tener efectos significativos en el ingreso, pero, con la maduración de dichas tecnologías, el impacto de éstas tiende a incrementarse hasta un punto crítico donde la competencia en nuevo conocimiento se intensifica y deprecia de manera acelerada las nuevas tecnologías y el respectivo impacto en el crecimiento.

En términos del sistema nacional de innovación, y de forma similar a lo propuesto por Solo (1966), Lundvall (2010) y en general la corriente evolucionista, las particularidades productivas y tecnológicas de una región son las que determinan las ventajas económicas de la innovación.

## Conclusiones

Los resultados muestran que el efecto de la CT en el PIB por trabajador es no lineal. En las primeras etapas de desarrollo tecnológico no se encuentran efectos significativos en el ingreso; los efectos significativos sólo se encuentran en los países con etapas avanzadas de desarrollo tecnológico. En este grupo de países avanzados, la capacidad tecnológica presenta efectos positivos y decrecientes, con impactos mayores una vez que se ajusta por su capacidad de absorción.

Las capacidades tecnológicas son de amplia relevancia en el tema del crecimiento económico, ya que permiten el desarrollo de productos nuevos permitiendo ser más competitivos a los agentes económicos. Si bien la CT es importante la capacidad de

absorción de esas tecnologías es la que delimita sus efectos en la economía y la sociedad. En las sociedades modernas, el desarrollo de tecnologías se encuentra fragmentado ya que existen centros de investigación, públicos y privados, que se encargan del desarrollo tecnológico pero no de su implementación productiva, así como un gran número de empresas e instituciones que su implementación tecnológica depende centralmente de la adquisición de tecnologías externas. En ambos casos la capacidad de absorción se torna fundamental, ya que cualquier tecnología no asimilada o utilizada adecuadamente no genera los resultados económicos o sociales para impulsar la competitividad y el crecimiento.

Cuando existen fortalezas tecnológicas y condiciones institucionales, por ejemplo, estímulos y subsidios gubernamentales, se desencadena un proceso de aplicación-producción de conocimiento. El conocimiento generado y almacenado debe ser utilizado para crear valor a través de su aplicación productiva. La aplicación implica un proceso de experimentación para buscar soluciones efectivas a los problemas, apoyada en recursos humanos, factores organizativos y culturales, y una visión amplia del desarrollo tecnológico como un sistema social y evolutivo.

Los resultados generados en términos de países pueden ser generalizados para los entornos regionales hacia el interior de los países, donde las diferencias regionales pueden ser amplias, así como para el análisis sectorial. Adicionalmente los efectos decrecientes apuntan a una desvalorización del conocimiento tecnológico particular, por lo que sería interesante profundizar en los estudios que amparen el análisis tecnológico y su efecto en el crecimiento según el tipo de conocimiento creado y aplicado, ya que las tecnologías convencionales pueden no generar las tasas de crecimiento suficientes como para salir del estado estacionario, incrementándose aún más las brechas tecnológicas y de ingresos.

217

## Bibliografía

AGHION, P. y HOWITTS, P. (1992): "A model of growth through creative destruction", *Econometrica*, vol. 2, no 60, pp. 323-351.

ALBORNOZ, M. (2009): "Indicadores de innovación: las dificultades de un concepto en evolución", *Revista Iberoamericana de Ciencia, tecnología y Sociedad -CTS*, vol. 5, no 13, pp. 9-25.

ANDREONI, A. (2014): "Structural learning: embedding discoveries and the dynamics of production", *Structural Change and Economics Dynamics*, no 29, pp. 58-74.

ARCHIBUGUI, D. y COCO, A. (2004): "A new indicator of technological capabilities for developed and developing countries (ArCo)", *World Development*, vol. 4, no 32, pp. 629-654.

ARRELLANO, M. y BOVER, O. (1990): "La econometría de datos de panel", *Investigaciones Económicas*, vol. 1, no 14, pp. 47-62.

ARROW, K. (1962): "The economic implications of learning by doing", *Review of Economics Studies*, no 29, pp. 155-173.

AUTIO, E., KENNEY, M., MUSTAR, P., SIEGEL, D. y WRIGTH, M. (2014): "Entrepreneurial innovation: the importance of context", *Research Policy*, no 43, pp. 1097-1108.

BANCO MUNDIAL (2012): *Índice de Datos*. Disponible en: <http://datos.bancomundial.org/tema/ciencia-y-tecnologia>. Consultado el 18 de octubre de 2013.

BARBOSA, N., FARRA, A. y ERRIZ, B. (2014): "Industry –and firm– specific factors of innovation novelty", *Industrial and Corporate Change*, vol. 23, no 4, pp. 865-902.

BAUM, C. (2006): *An introduction to modern econometrics using STATA*, Texas, STATA Press.

BECKER, M., LAZARIC, N., NELSON, R.R. y WINTER, S. (2005): "Applying organizational routines in understanding organizational change", *Industrial and Corporate Change*, vol. 14, no 5, pp. 775-791.

BITTENCOURT, P. y GIGLIO, R. (2013): "Un análisis empírico sobre la capacidad de absorción tecnológica en la industria brasileña", *Revista CEPAL*, no 111, pp. 183-199.

218 CIMOLI, M., PORCILI, G., PRIMI, A. y VERGARA, S. (2005): "Cambio estructural, heterogeneidad productiva y tecnología en América Latina", en M. Cimoli (ed.): *Heterogeneidad Estructural, asimetrías tecnológicas y crecimiento en América Latina*, Chile, CEPAL-BID, pp. 9-39.

COE, D. y HELPMAN, E. (1995): "International R&D spillovers", *European Economic Review*, vol. 5, no 39, pp. 859-887.

COHEN, W. y LEVINTHAL, D. (1989): "Innovation and Learning: the two faces of R&D", *The Economic Journal*, vol. 397, no 99, pp. 569-596.

COHEN, W. y LEVINTHAL, D. (1990): "Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation", *Administrative Science Quarterly*, vol. 35, no 1, pp. 128-152.

CONFEDERACIÓN EMPRESARIAL DE MADRID (2001): *La Innovación: un Factor Clave para la Competitividad de las Empresas*, España, Datagrafic, S.L.

DOSSI, G., LLERENA, P. y SYLOS LABINI, M. (2006): "The relationship between science, technologies and their industrial exploitation: an illustration through the myths and realities on the so called 'European Paradox', *Research Policy*, vol. 35, pp. 1450-1464.

ETZKOWITZ, H. y LEYDESDORFF, L. (1997): *Universities and the global knowledge economy. A Triple Helix of university-industry government relations*, Londres, Pinter Publishers.

FAGERBERG, J. (1987): "A technology gap approach to why growth rates differ", *Research Policy*, vol. 16, pp. 87-89.

FAGERBERG, J., SRHOLEC, M. y VERSPAGEN, B. (2010): "Innovation and economic development", en B. H. Hall y N. Rosenberg (eds.): *Handbook of economics of innovation*, Vol. 2, Amsterdam, Elsevier, pp. 833-872.

FURMAN, J., PORTER, M. y STERN, S. (2002): "The determinants of national innovative capacity", *Research Policy*, no 31, pp. 899-933.

GRILICHES, Z. (1979): *R&D and Productivity: The Econometric Evidence*, University of Chicago Press.

GROSSMAN, G. y HELPMAN, E. (1991): *Innovation and Growth in the Global Economy*, Cambridge, MIT Press.

HAUSMAN, J. (1978): "Specification tests in econometrics", *Econometrica*, no 46, pp. 1251-1271.

HESTON A., SUMMERS, R. y ATEN, B. (2012): *Penn World Table Version 7.1, Center for International Comparisons of Production, Income and Prices*, University of Pennsylvania.

HSIAO, C. (2003): *Analysis of Panel Data*, Cambridge University Press.

219

JARAMILLO, H., LUGONES, G. y SALAZAR, M. (2001): *Manual de Bogotá: normalización de indicadores de innovación tecnológica en América Latina y el Caribe*, RICYT.

KALDOR, N. (1985): *Economics without equilibrium*, Cardiff, University College of Cardiff Press.

KALECKI, M. (1954): *Theory of economics dynamics. An essay on cyclical and long-run changes in capitalist economy*, Nueva York, Rinehart and Co.

KHAN, M, LUINTEL, K. y THEODORIDIS, K. (2010): "How robust is the R&D-productivity relationship? Evidence from OECD countries", *OMPI Working Paper*, no 1, pp. 1-31.

KRAEMER-MBULA, E. y WAMAE, W. (2010): *Innovation and the development agenda*, París, OECD.

KRAMMER, M. y SORIN, S. (2009): "Drivers of national innovation in transition: evidence from a panel of Eastern European countries", *Research Policy*, no 31, pp. 899-933.

LALL, S. (1992): "Technological Capabilities and Industrialization", *World Development*, vol. 2, no 20, pp. 165-186.

LALL, S. (2001): *Competitiveness, technology and skills*, Londres, Edward Elgar.

LOASBY, B. (2001): "Time knowledge and evolutionary dynamics: why connections matter", *Journal of Evolutionary Economics*, vol. 4, no 2, pp. 393-412.

LÓPEZ-LEYVA, S., CASTILLO-ARCE, M, LEDEZMA-TORRES, J. y RÍOS-FLORES, J. (2014): "Economic growth from a theoretical perspective of knowledge economy: an empirical analysis for Mexico", *Management Dynamics in the Knowledge Economy*, vol. 2, no 2, pp. 217-239.

LUINTEL, K. y KHAN, K. (2009): "Heterogeneous ideas production and endogenous growth: an empirical investigation", *Canadian Journal of Economics*, vol. 3, no 42, pp. 1176-1205.

LUNDVALL, B-A. (2010): *National systems of innovation: toward a theory of innovation and interactive learning*, Reino Unido, Anthem Press.

MARTÍNEZ, M. y BAUMERT, T. (2003): "Medida de la capacidad innovadora de las comunidades autónomas españolas: construcción de un índice regional de la innovación", *Instituto de Análisis Industrial y Financiero. Documento de trabajo, no 35*, pp. 1-63.

METCALFE, J. (2002): "Knowledge of growth and the growth of knowledge", *Journal of Evolutionary Economics*, vol. 1, no 12, pp. 3-15.

220

MUNGARAY, A. (1994): "Paradigmas de organización industrial y posibilidades de innovación en las pequeñas empresas: análisis de enfoques y experiencias", *Investigación Económica*, vol. 54, no 209, pp. 249-284.

NELSON, R. R. (1991): "Why do firms differ, and how does it matter?", *Strategic Management Journal*, vol. 12, pp. 61-74.

NELSON, R. R. (1994): "The co-evolution of technology, industrial structure and supporting institutions", *Journal Industrial and Corporate Change*, vol. 1, no 3, pp. 47-63.

NELSON, R. R. (2008): "Economic development from the perspective of evolutionary economic theory", *Oxford Development Studies*, vol. 36, no 1, pp. 9-21.

NELSON, R. R. y WINTER, S. (1982): *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge: Belknap Press-Harvard University Press.

NIETO, M. y QUEVEDO, P. (2005): "Absorptive capacity, technological opportunity, knowledge spillovers, and innovative effort", *Technovation*, vol. 25, pp. 1141-1157.

OMIDVAR, O. (2013): "Revisiting absorptive capacity: literatura review and a practice-based extension of the concept", *DRUID*. Disponible en: [http://druid8.sit.aau.dk/acc\\_papers/ticbv43b3s856q09059tnbrv726.pdf](http://druid8.sit.aau.dk/acc_papers/ticbv43b3s856q09059tnbrv726.pdf). Consultado el 20 de febrero de 2015.

OECD y EUROSTAT (2005): *Oslo manual: guidelines for collecting and interpreting innovation data*, 3rd edition, París, OECD.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL (2012): "WIPO Statistics Database". Disponible en: <http://ipstatsdb.wipo.org/ipstats/patentsSearch>. Consultado el 16 de octubre de 2013.

PÉREZ, C. (2006): *Análisis Multivariante con Aplicaciones para SPSS 15*, España, Prentice Hall.

PORTER, M. (1990): *The competitive advantage of nations*, Nueva York, Free Press

RÍOS, J. y CASTILLO, M. (2015): "Efectos de la capacidad innovadora en el crecimiento económico. Análisis comparativo entre países desarrollados y en desarrollo", *Región y Sociedad*, vol. 27, no 64.

ROMER, P. (1990): "Endogenous technological change", *Journal of Political Economy*, vol. 5/2, no 98, pp. 71-102.

ROSENBERG, N. (1999): *Inside the black box: technology and economics*, Nueva York, Cambridge University Press.

SALA-I-MARTIN, X. (2000): *Apuntes de crecimiento económico*, España, Antoni Bosch.

SÁNCHEZ, Y., GARCÍA, F. y MENDOZA, E. (2014): "Determinantes de la capacidad innovadora regional en México. Una tipología de las regiones", *Región y Sociedad*, vol. 26, no 61, pp. 119-160.

SENER, S. y SARIDOGAN, E. (2011): "The effects of science-technology-innovation an competitiveness and economic growth", *Procedia Social An Behavioral Sciences*, no 24, pp. 815-825.

SHULTZ, T. (1961): "Investment in human capital", *American Economic Review*, vol. 61, no 1, pp. 1-17.

SLAUGHTER, S. y RHOADES, G. (2004): *Academic capitalism. Politics, policies and the entrepreneurial university*, Baltimore, The Johns Hopkins University Press.

SOETE, L., VERSPAGEN, B. y BASTER, W. (2010): "Systems of innovation", en B. H. Hall y N. Rosenberg (eds.): *Handbook of economics of innovation*, Vol. 2, Amsterdam, Elsevier, pp. 1159-1180.

SOLO, R. (1966): "The capacity to assimilate an advanced technology", *American Economic Review*, vol. 1/2, no 56, pp. 91-97.

SOLOW, R. (1956): "A contribution to the theory of economic growth", *Quarterly Journal of Economic*, vol. 1, no 70, pp. 66-94.

SOLOW, R. (1957): "Technical change and the aggregate production function", *The Review and Economics and Statistics*, vol. 3, no 39, pp. 312-320.

VÁZQUEZ, A. (2005): *Las nuevas fuerzas del desarrollo*, Barcelona, Antoni Bosch.

VERNON, R. (1966): "International investment and international trade in the product cycle", *Quarterly Journal of Economics*, vol. 2, no 80, pp. 190-207.