

Tiempos de respuestas de la dinámica económica asociados a la inversión en ciencia, tecnología e innovación en México

Fernando Santiago
José Miguel Natera

Contenido

Resumen Ejecutivo	2
1 Introducción.....	4
2 La política de fomento e inversión en CTI en México	5
2.1 Institucionalización de la política de fomento e inversión en CTI.....	6
2.2 El periodo reciente	9
2.3 Exploración de los beneficios económicos y sociales de largo plazo asociados a la inversión en CTI.....	13
3 Metodología para analizar los tiempos de obtención de los beneficios de la inversión en CTI	14
3.1 Estudios econométricos de series temporales: una metodología válida.....	15
3.1.1 Análisis los tiempos de respuestas de la inversión en CTI	16
4 Resultados del análisis de los tiempos de respuestas asociados a la inversión de CTI en México	17
4.1 Efectos de los cambios en el GFCyT en la productividad y el PIB per cápita.....	18
4.2 Efectos de los cambios en el GFCyT sobre la inversión agregada en México	19
5 A manera de conclusión	21
6 Referencias	24
Anexo.....	27

Resumen Ejecutivo

La experiencia internacional demuestra que invertir en actividades de ciencia, tecnología e innovación (CTI) contribuye de manera importante a las dinámicas de crecimiento y desarrollo económico a largo plazo. Los beneficios potenciales en términos de actividad económica, integración a cadenas globales de comercio e inversión, así como de generación de empleo son bien conocidos.

Crear un sistema de CTI fuerte y productivo requiere tiempo y compromisos sostenidos de inversión de largo aliento. Desafortunadamente, una falla estructural del sistema de CTI en México es precisamente la inconsistencia y los bajos niveles de inversión pública y privada en la materia. Estudios recientes contribuyen al debate en torno a la necesidad de aumentar la inversión en CTI en México hasta alcanzar estándares mínimos aceptados internacionalmente.

Este trabajo llama a la reflexión respecto de una dimensión complementaria, a saber, la necesidad de dar mayor consistencia a los niveles de inversión en CTI a lo largo del tiempo. En particular, mediante el uso de funciones de Impulso-Respuesta, el estudio permite responder a preguntas tales como:

- ¿Cuántos años requeriría la economía mexicana retomar niveles de estabilidad ante cambios en la inversión en CTI, medida en función del Gasto Federal en Ciencia y Tecnología (GFCyT)?
- ¿Cuál es la magnitud aproximada del efecto asociado a un mayor GFCyT sobre variables tales como PIB e Inversión agregada?

En este trabajo los datos sobre PIB e Inversión se expresan en términos de la población económicamente activa y la población total. Los principales resultados del estudio se resumen a continuación:

- Existe evidencia de relaciones causales entre el GFCyT y la productividad (PIB por trabajador) y el PIB per cápita. Una relación similar se observa en relación con la inversión agregada.
- **Los efectos de los cambios en el GFCyT sobre las variables económicas agregadas son permanentes y tienen dos momentos diferenciados:**
 - a. Un primer momento de **crecimiento acelerado** en las variables, mismas que alcanzan su máximo en los **4 años** posteriores al cambio en el GFCyT.
 - b. Un segundo momento evidencia la **estabilización del sistema**. La estabilidad se alcanza en periodos de **31 años para la productividad, 11 años para el PIB per cápita, 42 años para la inversión por trabajador y 12 años para la inversión per cápita**. Los niveles de impacto correspondientes a cada variable son positivos y significativos aunque de menor magnitud en esta fase.

Las variables sobre productividad, el PIB y la inversión responden de forma directamente proporcional a los cambios en el GFCyT.

- a. En el primer momento de crecimiento acelerado, un incremento de 1% en el GFCyT puede generar un incremento de hasta 0.18% en la productividad, 0.14% en el PIB per cápita, 0.26% en la inversión por trabajador y 0.53% en la inversión per cápita. De manera equivalente, disminuciones en el GFCyT pueden llevar a reducciones en esos mismos porcentajes en las variables económicas.
- b. En el segundo momento, o de estabilización, un incremento de 1% en el GFCyT puede generar un incremento hasta de 0.14% en la productividad, 0.13% en el PIB per cápita, 0.03% en la inversión por trabajador y 0.43% en la inversión per cápita. Disminuciones en el GFCyT pueden llevar disminuciones en esos mismos porcentajes en las variables económicas.

Cabe destacar que los modelos de simulación suponen que los niveles reales del GFCyT se mantendrán constantes después del incremento inicial.

El análisis sugiere la necesidad de adecuar los lapsos de evaluación de programas de apoyo a la CTI atendiendo a los dos momentos observados en la dinámica de las variables en estudio. Ello permitiría establecer plazos temporales en los que es posible esperar un cierto nivel de maduración en los efectos potenciales del aumento en el GFCyT.

En general, los planes de desarrollo en CTI coinciden con la estructura sexenal de gobierno característica del sistema político mexicano. En sí misma, tal como lo demuestra la experiencia de otros países en desarrollo como Corea del Sur, China o India, esta periodización no debería ser problemática, en la medida en que cada periodo da continuidad a la instrumentación de la política, propicia procesos de aprendizaje en torno a la implementación de la misma y seguimiento a metas establecidas a largo plazo. Desafortunadamente, éste no ha sido el caso en México.

La adopción de un nuevo Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación con una visión de desarrollo de las actividades de CTI a largo plazo, incluyendo esfuerzo por establecer metas intermedias, conforme a características concretas que permitan medir la evolución del sistema de CTI mexicano son bienvenidas. El reto es generar mecanismos que permitan a la visión de largo plazo sobrevivir al eventual cambio de administración federal, lo cual requiere además de un ejercicio más profundo de reflexión respecto a la estrategia nacional de desarrollo.

Tiempos de respuestas de la dinámica económica asociados a la inversión en ciencia, tecnología e innovación en México

1 Introducción

Este proyecto de investigación se enmarca dentro de los diversos esfuerzos realizados recientemente para capturar, de manera empírica, la esperada contribución de la inversión en actividades de ciencia, tecnología e innovación (CTI) a la dinámica de crecimiento a largo plazo de la economía mexicana. En particular, el trabajo explora la dinámica temporal de la inversión en CTI y su relación con el ritmo de crecimiento de la economía, medida en términos de la expansión del Producto Interno Bruto (PIB) y la inversión agregada (Inversión). El análisis da continuidad, a la vez que expande el trabajo previo realizado por Capdevielle *et al.*, (2013) sobre los “Efectos económicos y sociales de la inversión en ciencia, tecnología e innovación”.

El análisis econométrico incorpora el análisis de series temporales mediante Funciones de Impulso-Respuesta, mismas que permiten observar el tiempo que se requiere para evidenciar un efecto de los cambios de la inversión en CTI sobre las variables económicas mexicanas. En particular, el estudio permite conocer cuántos años requeriría la economía mexicana para retomar niveles de estabilidad ante cambios en la inversión en CTI. Para ello utilizamos datos estadísticos sobre Gasto Federal en Ciencia y Tecnología (GFCT), PIB e Inversión para México en el periodo 1970-2011. PIB e Inversión se presentan normalizadas en términos de la Población Económicamente Activa (PEA) y de la población total. El objetivo es modelar la interacción entre la inversión en CTI y el conjunto de la economía.

Además de esta sección introductoria, este documento se integra como sigue: La Sección 2 presenta una breve discusión sobre los planes y políticas de fomento e inversión en CTI instrumentados por los diversos titulares del Gobierno mexicano desde el año 1970, fecha de creación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) como entidad responsable de conducir la política federal en la materia. Destaca en particular la dinámica del GFCyT a lo largo de los distintos sexenios transcurridos durante el periodo en estudio. La Sección 3 describe la metodología de funciones impulso-respuesta empleada para el análisis econométrico de los tiempos de respuesta asociados a la inversión agregada y el PIB ante cambios en los niveles de inversión en CTI. La Sección 4 discute los hallazgos principales del análisis econométrico. Además de corroborar la correspondencia en las tendencias de largo plazo existentes entre variables como el GFCyT, el PIB y la Inversión, se proponen una serie de escenarios que permite aproximar los efectos que aumentos en el GFCyT puede tener sobre las variables de PIB e Inversión. Finalmente, la Sección 5 discute los resultados empíricos y presenta las principales conclusiones de este estudio.

2 La política de fomento e inversión en CTI en México

La formalización de la política de CTI en México puede establecerse entre finales de los años 1960 y el año 1970 cuando se realiza una serie de trabajos diagnósticos y de consulta entre diversas comunidades con capacidad para incidir en la dinámica de las actividades científicas y tecnológicas del país.¹ Entre los resultados de dichos trabajos destaca el reconocimiento de los esfuerzos realizados en México en torno a la actividad científica y tecnológica, sobre la base de iniciativas y esfuerzos inconexos y sin la suficiente vinculación con estrategias nacionales de desarrollo. En particular, se hacía énfasis en *'la falta de comprensión y de apoyo hacia la investigación científica [y el consecuentemente] bajo monto de los recursos financieros destinados a la investigación respecto de lo que requiere el desenvolvimiento adecuado del país'* (PNPCyT: 27).

El reconocimiento, de manera formal y explícita por parte del Gobierno mexicano, del valor y la potencial contribución de la inversión en CTI para el éxito de las estrategias de desarrollo económico y social a largo plazo se tradujo en una serie de medidas encaminadas a subsanar algunas de las deficiencias observadas en el sistema de ciencia y tecnología (PNPCyT, 1970). En particular, destaca la intención de fortalecer el financiamiento disponible para las actividades científicas y tecnológicas, así como el generar estrategias que permitieran aprovechar la creciente base de recursos humanos altamente calificados en el país. En cuanto a la gobernanza y fortalecimiento institucional del sistema se propició la creación del CONACYT como entidad responsable de diseñar, dirigir y dar seguimiento a las políticas en la materia. El CONACYT tuvo en su origen un respaldo relativamente sistemático del Gobierno federal para llevar a cabo sus funciones (Corona *et al.*, 2013).

Diversos estudios recientes, además de los distintos planes de desarrollo aplicables al sector de ciencia y tecnología, documentan la creciente complejidad del sistema mexicano de ciencia y tecnología, así como diversos retos que enfrenta para su continuo desarrollo (Dutrenit *et al.*, 2013; Corona *et al.*, 2013). De acuerdo con el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018:

'La nación en su conjunto debe invertir en actividades y servicios que generen valor agregado de una forma sostenible. En este sentido, se debe incrementar el nivel de inversión –pública y privada– en ciencia y tecnología, así como su efectividad. El reto es hacer de México una dinámica y fortalecida Sociedad del Conocimiento.' (Presidencia 2012: 17)

Las aspiraciones de los diversos gobiernos mexicanos en materia de CTI tienen resonancia con la experiencia internacional. La historia reciente demuestra que el fomento a las actividades de CTI ha contribuido significativamente al positivo dinamismo económico de diversos países en desarrollo. Dichas experiencias demuestran que la creación de un sistema de CTI fuerte y productivo requiere tiempo, compromisos sostenidos de inversión de largo aliento, así como la

¹ Corona *et al.* (2013) proponen una periodización más formal de las diversas etapas transcurridas por la política de CTI en México, así como de la dinámica del GFCyT.

conjunción de esfuerzos e interacción entre diversos agentes en tareas educativas y de investigación, de aquellos que operan en el ámbito productivo y obviamente del sector público. Los beneficios potenciales en términos de actividad económica, integración a cadenas globales de comercio e inversión, así como de generación de empleo son también reconocidos.

Desafortunadamente la experiencia real mexicana muestra una estructural falta de correspondencia entre el discurso oficial en torno a la importancia otorgada a la CTI, y los esfuerzos y compromisos concretos que el Gobierno y la sociedad mexicanos destinan a dichas actividades. La coincidencia entre el diagnóstico general realizado en los años 1960 y 1970 y la motivación en el PND 2013-2018 es clara. Pese a los avances obtenidos, diversos indicadores de esfuerzo y de desempeño en CTI ubican a México muy por debajo de estándares observados para el conjunto de países de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), e incluso para países con similar nivel de desarrollo dentro y fuera de la región de la América Latina (Capdevielle *et al.*, 2013). Factores estructurales tales como la insuficiencia del financiamiento, tanto público como privado, se suman a una serie de deficiencias en torno a la gobernanza del sistema de CTI y su interacción con el resto de la economía.

2.1 Institucionalización de la política de fomento e inversión en CTI

A partir de 1970 la estrategia oficial para el fomento y desarrollo de las actividades de CTI se ha traducido en una serie de planes y programas específicos cuyos vigencia y alcance han sido variables y en general coincidentes con la duración de la administración del presidente de la República en turno (Cuadro 1). Con la adopción de la Política Nacional y Programas en Ciencia y Tecnología (PNPCyT) se contó, por primera vez en la historia reciente del país, con un diagnóstico nacional que informara el diseño de la primera generación de políticas explícitas de ciencia y tecnología.² Durante este primer periodo el esfuerzo financiero destinado a la ciencia y tecnología registró además cambios considerables.

Entre 1970 y 1982 se observa una expansión acelerada en el GFCyT, a ritmos promedio muy superiores respecto del crecimiento del PIB y de la inversión agregada total respectivamente. El dinamismo inyectado al GFCyT durante esta primera década llevó a un incremento significativo de su nivel con respecto al PIB, si bien desde una base considerablemente baja. El GFCyT pasó de 0.15% a 0.40% del PIB, con lo que se incrementó significativamente el financiamiento a las instituciones de educación superior y los centros públicos de investigación (Casas *et al.*, 2013). El CONACYT contó además con un incremento importante en su presupuesto de operación (Corona *et al.*, 2013).

² El componente de innovación estaba presente ya dentro de la PNPCyT; sin embargo, en consideración a una visión lineal de la misma, la innovación se encontraba subordinada a la actividad científica. Habría que esperar varios años, con el lanzamiento del Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (PECyTI), para que el fomento a la innovación fuera reconocido como una actividad con identidad propia y sujeta de apoyos específicos.

Si bien el impulso al GFCyT fue reduciendo paulatinamente su dinamismo entre 1970 y 1982, el punto de inflexión ocurre durante la década de los años 1980, periodo caracterizado por la crisis de los precios del petróleo y el subsecuente estancamiento de la actividad económica. La afectación a la actividad científica y tecnológica fue considerable, con una contracción promedio en el GFCyT de alrededor de 8.6% anual entre 1984 y 1988. En cuanto a la operación de la comunidad científica, es en este periodo que se crean algunos mecanismos, vigentes hasta ahora, cuyo objetivo primordial era contener la posible erosión de las capacidades de investigación en el país. Éste es el caso, por ejemplo, del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) cuya creación en 1984 buscaba paliar los efectos de la crisis económica sobre la planta de investigadores en el país.³

Cuadro 1: Periodización de la política de ciencia, tecnología e innovación en México de acuerdo con los planes y programas federales de apoyo en la materia

Plan/Programa	Vigencia	Administración Federal	Tasa de crecimiento promedio*			GFCyT / PIB
			PIB	Inversión	GFCT	
Política Nacional y Programas en Ciencia y Tecnología (PNPCyT)	1970	Luis Echeverría Álvarez	6.0	6.8	18.7	0.15
Plan Indicativo de Ciencia y Tecnología (PICyT)	1976	José López Portillo	6.1	3.7	15.2	0.29
Programa Nacional de Ciencia y Tecnología (PNCyT)	1978-1982	José López Portillo	6.7	3.1	11.9	0.40
Programa Nacional de Desarrollo Tecnológico y Científico (PNDTyC)	1984-1988	Miguel de la Madrid	0.5	1.5	-8.6	0.32
Programa Nacional de Ciencia y Modernización Tecnológica (PNDyMT)	1990-1994	Carlos Salinas de Gortari	3.6	8.1	14.0	0.34
Programa de Ciencia y Tecnología (PCyT)	1995-2000	Ernesto Zedillo	5.5	15.0	9.1	0.40
Programa Especial de Ciencia y Tecnología (PECyT)	2001-2006	Vicente Fox	2.9	1.1	-2.2	0.36
Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (PECiTI-I)	2008-2012	Felipe Calderón	0.9	-1.2	-0.9	0.36
Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (PECiTI-II)	2012-2010	Enrique Peña Nieto	--	--	0.11 ^e	1.00 ^e

Notas: *Los programas de 1970 y 1976 no especificaban periodicidad. Las tasas de crecimiento se calculan con base en su vigencia: 1970-1976 y 1976-1978; ^eEsperado a fin de periodo.

Fuente: autores con datos del INEGI, Capdeville *et al.* (2013) y el CONACYT.

La paulatina recuperación económica y los ambiciosos programas de reforma al modelo de desarrollo instrumentados desde finales de los años 1980 acompañaron a la notable recuperación en los niveles de GFCyT durante la década de los 1990, incluyendo un crecimiento de dos dígitos entre 1990-1994. La crisis económica y subsecuente contracción de la economía

³ Con el paso del tiempo, sin embargo, el SNI ha ampliado sus alcances para convertirse en un instrumento de promoción a la productividad científica, de reconocimiento a la carrera científica y tecnológica y como mecanismo para evaluar la calidad de la producción científica en México (FCCyT-AMC, 2005; Santiago, 2006; Jaso *et al.*, 2013).

mexicana posterior a la devaluación de 1994 afectaron significativamente los recursos disponibles para el fomento de las actividades de CTI; la dinámica del GFCyT rápidamente retomó su tendencia descendente. Mientras que la reducción en el ritmo de crecimiento de la economía mexicana a partir del año 2001 la llevó a alcanzar su segundo peor registro durante los 40 años que cubre este estudio aproximadamente –un crecimiento promedio de 0.9% en el periodo 2008-2012, cifra apenas superior a la observada durante la década de los 1980– la dinámica del GFCyT registró un virtual estancamiento. El GFCyT creció apenas 0.2% anual entre 2001 y 2011, cifra que contrasta enormemente con respecto a los ambiciosos planes de reforma al sistema de CTI instrumentados por el Gobierno federal a partir del año 2002.⁴

Desde una perspectiva de largo plazo existe consenso en cuanto a los bajos niveles que han caracterizado a la inversión tanto pública como privada en CTI en México. La errática dinámica del GFCyT ha sido insuficiente para producir cambios cualitativos importantes en la proporción de dicho gasto respecto del PIB y al total del gasto programable del Gobierno federal respectivamente (FCCyT, 2006). Tanto el GFCyT, como el Gasto en Investigación y Desarrollo Experimental (GIDE) se mantienen en niveles inferiores a 0.5% del PIB. De hecho, el gasto en CTI se ha ubicado sistemáticamente por debajo de los niveles mínimos de inversión recomendados por la Organización de las Naciones Unidas. A principios de la década de los 1970, mientras que la recomendación era de un gasto equivalente a 0.5% del PIB, en México el GFCyT se ubicaba apenas en 0.15% del PIB (Dutrénit *et al.*, 2010). Para el año 2013, mientras que la recomendación es de un nivel mínimo de gasto en CTI equivalente a 1% del PIB, el nivel observado en México es de apenas 0.34% para el GFCyT y de aproximadamente 0.45% para el GIDE. El apoyo real dirigido a la CTI desde la década de los 1970 ha sido francamente decepcionante (Gráfica 1).

Además de los extremadamente bajos niveles de gasto público y privado en actividades de CTI, destaca la limitada capacidad política y de gestión que el CONACYT ha enfrentado como instancia responsable del funcionamiento del sistema de CTI en México (Corona *et al.*, 2013). El CONACYT afronta serias restricciones para diseñar e implementar una política pública consistente con una visión de desarrollo a largo plazo en la que se identifique y de seguimiento de manera mucho más concreta, a la esperada contribución de la CTI al dinamismo productivo, social y cultural en México (Concheiro, 2010). Tres programas nacionales de ciencia y tecnología fueron implementados durante el periodo 1982-2000: el Programa Nacional para el Desarrollo Tecnológico y Científico (PNDTyC) (1984-1988); el Programa Nacional para la Modernización de la Ciencia y la Tecnología (PNMCyT) (1990-1994); y el Programa de Ciencia y Tecnología (PECyT) (1995-2000). Estos programas postulaban prácticamente los mismos objetivos y estrategias para desarrollar la CTI que aquellos elaborados a finales de los años

⁴ FCCyT (2006) y Dutrénit *et al.* (2010) documentan ampliamente las reformas al sistema de CTI instrumentadas por el Gobierno federal desde 2002, incluyendo la adopción de nuevas leyes en materia de CTI y en cuanto a la personalidad jurídica del CONACYT, además del reconocimiento de la innovación como una actividad prioritaria y la introducción de una serie de nuevos fondos para investigación y desarrollo, entre otros instrumentos dirigidos al sector productivo.

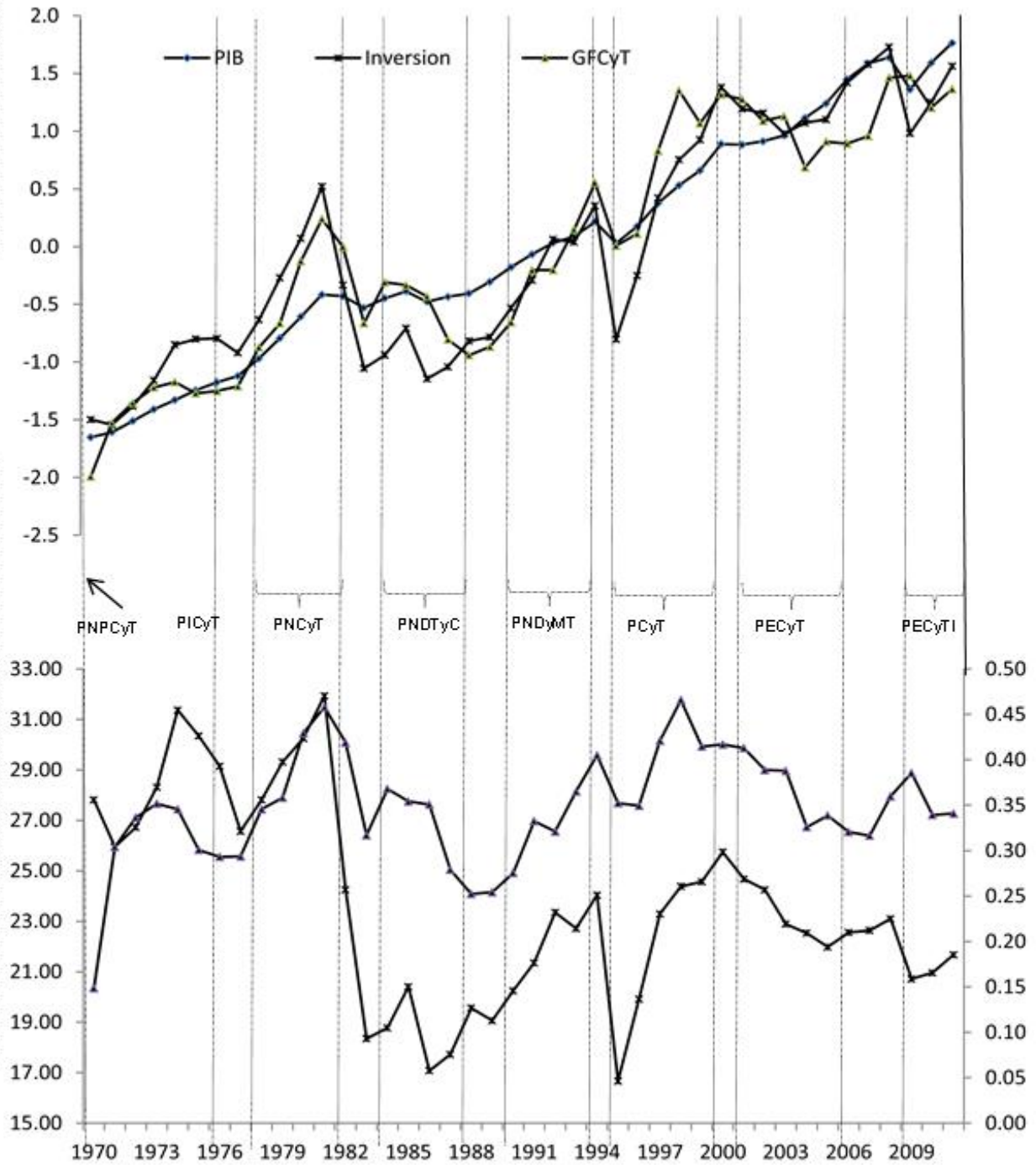
sesenta (Corona *et al.*, 2013). Contrario a lo que se podría esperar en términos de una progresión sostenida en los esfuerzos de desarrollo del sistema de CTI, en la práctica se observan procesos de intervención centrados en el corto plazo, sin la suficiente continuidad, consistencia y concatenación que permitan una paulatina construcción, consolidación y uso de las capacidades de CTI en el país. El monitoreo y evaluación de desempeño a corto, mediano y largo plazos han sido limitados; más aún, el proceso se dificulta cuando los objetivos carecen de correspondencia con los esfuerzos financieros realizados a lo largo del tiempo.

Una notable excepción en cuanto a la continuidad en el fomento de actividades específicas de CTI es la estrategia de desarrollo de recursos humanos mediante el programa de becas de posgrado, el SNI, los programas de posgrado de calidad, entre otros. Dichos programas registran transformaciones importantes en su operación, misma que a diferencia de otros instrumentos – por ejemplo, para el apoyo a la innovación empresarial–, se ha mantenido durante periodos de tiempo mucho más amplios. Las fortalezas y limitaciones de la estrategia de formación de recursos humanos están bien documentadas en diversos estudios. Ésta es un área que demuestra la importancia de mantener compromisos de largo plazo, a la vez que se tiene cierta flexibilidad para incluir o modificar intervenciones de política que den cuenta del progreso en la consecución de objetivos de política de CTI (FCCyT, 2006). Se observan también esfuerzos explícitos para generar sinergias entre los diversos programas e instrumentos destinados a la formación de recursos humanos (Jasso *et al.*, 2013).

2.2 El periodo reciente

La falta de continuidad y la inestabilidad del esfuerzo mexicano en CTI han sido materia de análisis en la literatura especializada. A partir de experiencias recientes en países del sudeste asiático, y en cierto sentido Brasil en América Latina, hay evidencia de países en desarrollo que mantienen la inversión en el tiempo e incrementan sostenidamente ese esfuerzo logrando niveles de productividad más cercanos a los países que están en la frontera tecnológica. En este mismo sentido se observan los efectos destructivos de las fases bajas de los ciclos: la disminución del presupuesto de CTI, o peor, la suspensión de financiamiento por un lapso determinado que va en detrimento de programas de investigación cuya afectación puede ser irreversible. Lo anterior sugiere la necesidad de mantener flexibilidad en la mezcla de instrumentos de CTI conforme se alcanzan metas, o cuando los procesos de evaluación y aprendizaje sugieren vías alternativas para la política de CTI. El reto radica en transformar esfuerzos e iniciativas en estrategias y acciones concretas que permitan el despegue, de manera más decidida, de las actividades de CTI, y en el caso particular de México, con horizontes de acción que trasciendan los periodos sexenales de gobierno.

Grafica 1: México: Comportamiento del PIB, Inversión total y GFCyT, 1970-2011



Notas: GFCyT: Gasto Federal en Ciencia y Tecnología; Panel superior, cifras normalizadas en miles de pesos constantes a precios de 2003; Panel inferior, cifras como proporción del PIB; eje principal: Inversión total; eje secundario: GFCT.

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, Capdeville et al (2013) y CONACYT.

Los avances alcanzados por la presente administración federal en torno a reformas estructurales en materia de educación, finanzas públicas y de los marcos regulatorios aplicables a sectores estratégicos como energía y telecomunicaciones generan expectativas positivas respecto del futuro desempeño económico del país (Crowley, 2004). La perspectiva es que la mejoría en el entorno económico y social alrededor de las actividades de CTI en México se traduzca en esfuerzos de inversión en dichas actividades también mucho más favorables, acordes con una dinámica de expansión sostenida de largo plazo. Si bien la intención de diseñar una estrategia de CTI con un horizonte de largo plazo se encontraba ya en el ideario de los encargados de elaborar la primera estrategia formal de CTI en 1970, dicha visión no se había traducido en una temporalidad concreta. Así, el amplio horizonte de planeación hacia el año 2038 que el reciente PECiTI 2014-2018 introduce a la política de CTI es sin precedente y por demás bienvenido.

Con base en la experiencia reciente internacional y nacional,⁵ este trabajo apunta a la necesidad de transformar dicho optimismo en una evaluación crítica de los esfuerzos y compromisos que conviene realizar a fin de lograr los objetivos en materia de CTI. El establecimiento de metas específicas a alcanzar y periodos ‘intermedios’ para la instrumentación, monitoreo y evaluación de las mismas es también un avance significativo respecto de ejercicios anteriores. Se requiere, sin embargo, generar mecanismos que permitan a la visión de largo plazo sobrevivir al eventual cambio de administración federal, lo cual requiere además de un ejercicio más profundo de reflexión respecto de la estrategia nacional de desarrollo. Finalmente, es pertinente considerar la brecha temporal que existe entre la adopción de reformas que afectan directamente al sistema de CTI –incluyendo la generación de nuevas organizaciones de apoyo, leyes, planes nacionales e intervenciones específicas en material de CTI– y el momento en que dichas reformas se traducen en cambios en los indicadores de desempeño del sistema nacional de CTI, primero, y en cambios de la actividad económica agregada, posteriormente. Dicha brecha temporal puede no necesariamente coincidir con los tiempos e intereses políticos de los gobiernos en turno.

Viendo hacia adelante, una rápida revisión de las cinco metas nacionales de desarrollo contenidas en el PND 2013-2018, y que sirven de base para el PECiTI 2014-2018, sugiere que la forma como se inserta la CTI dentro de la estrategia nacional de desarrollo mantiene la dualidad que le ha caracterizado durante los últimos años (Corona *et al.*, 2013). Predomina la visión lineal con énfasis en la formación de capacidades científicas y tecnológicas, por encima de la visión interactiva en la que la dinámica empresarial merece consideración particular como motor del sistema de innovación. Por ejemplo, la *meta nacional 3: Un México con Educación de Calidad*, destaca el fomento a la educación de calidad, particularmente en el nivel de posgrado, como la base para el desarrollo tecnológico, la innovación y el espíritu emprendedor (p. 65). Además de la reforma al sistema educativo, la recomendación es la de promover estrategias encaminadas a

⁵ Padilla-Pérez y Gaudín (2014) presentan un análisis de la experiencia reciente de países centroamericanos. En el caso de México diversos estudios documentan que no obstante los ambiciosos procesos de reforma instrumentados durante la última década en relación con la estructura y gobernanza de las actividades de CTI, los resultados siguen siendo insuficientes para revolucionar el funcionamiento del sistema de CTI (FCCyT, 2006; Corona *et al.*, 2013).

resolver la escasa vinculación, transferencia y aprovechamiento del conocimiento desde los actores relacionados con el desarrollo de la ciencia y la tecnología, hacia el sector empresarial. La meta es alinear las visiones de todos los actores del sistema de CTI con la intención de que las empresas aprovechen las capacidades existentes en las instituciones de educación superior y centros públicos de investigación (pp. 65 y 67). Al mismo tiempo, se menciona la necesidad de crear nuevos centros de investigación, incluyendo algunos con inversión privada.

Por otra parte, la *meta nacional 4: un México próspero*, reconoce la importancia de fomentar una mayor dinámica en el sector productivo a partir de la innovación y el apoyo al crecimiento en sectores estratégicos tales como el de la energía. Sin embargo, tal como lo reconoce el nuevo PECiTI 2014-2018, sigue sin resolverse el reto de apoyar a aquellas empresas que teniendo el potencial no logran desarrollar las capacidades necesarias para llevar a cabo de manera sistemática y sostenida actividades de innovación. Es pertinente una profunda revisión de las decisiones de política de sexenios anteriores, junto al estudio de la experiencia internacional en materia de fomento a la participación del sector privado en actividades de CTI. La intención es identificar los mecanismos de coordinación y gobernanza que hacen posible que el aumento en dicha participación sea congruente con las acciones de otros agentes en el sistema, y sobre la perspectiva de una política pública de largo plazo. Llama la atención la intención de *‘desarrollar una política de fomento industrial y de innovación que promueva un crecimiento equilibrado por sectores, regiones y empresas’*, lo que sugiere la necesaria coordinación entre el CONACYT y diversas instancias del Gobierno federal responsables de promover la dinámica económica nacional. Sin duda, ello conllevaría un cambio sustancial en la tradicional asimétrica relación entre el CONACYT y el resto de entidades del Gobierno federal (FCCyT, 2006; Dutrénit *et al.*, 2010).

Destaca también la posibilidad de desarrollar estrategias que permitan capitalizar sobre el creciente diálogo existente entre las diversas instancias con capacidad para incidir en el funcionamiento del sistema de CTI. Por ejemplo, pese a sus limitaciones en términos de recursos financieros y de gestión, el CONACYT cuenta con varios fondos de apoyo a la CTI que lo vinculan con diversas instancias del Gobierno federal, así como de los gobiernos estatales. Ello debería facilitar eventuales estrategias encaminadas a atender los llamados a racionalizar, transparentar y a hacer más eficientes los apoyos disponibles para CTI en los niveles federal y regional (OCDE, 2009). La apertura de espacios de consulta y de contacto con amplios sectores de la sociedad mexicana también es digna de señalarse, si bien ello conlleva el difícil reto de establecer consensos mínimos respecto de la dirección, prioridades y acciones que deben guiar la política y el comportamiento de los agentes de CTI (FCCT, 2006; Concheiro, 2010).

Son bienvenidos los esfuerzos plasmados en el PECiTI 2014-2018 para desarrollar una cultura de evaluación y de rendición de cuentas, junto a procesos de planeación y periodización de la política de CTI que atienden cada vez más a criterios y métricas concretas de desempeño, así como al análisis y aprendizaje derivados de la operación de programas de apoyo específicos. La visión de largo plazo introducida en el PECiTI 2014-2018 es congruente con la tradición sexenal

de los periodos de gobierno en México, además de que, tal como lo sugerían Dutrénit *et al.* (2006), el documento intenta caracterizar algunas etapas evolutivas por las que debería transcurrir el sistema de CTI. El periodo actual de gobierno tendría como objetivo sentar las bases para el desarrollo futuro del sistema de CTI, en particular al consolidar las capacidades de CTI existentes y fortalecer la interactividad entre los diversos agentes que conforman dicho sistema. Seguiría una etapa de *despegue* en la que la CTI se alinea con prioridades de desarrollo en sectores estratégicos y de atención a demandas sociales. Hacia el año 2025 debería lograrse la *consolidación competitiva* con un notable liderazgo en la dinámica del sector empresarial en cuanto al financiamiento y operación del sistema de CTI. Finalmente, hacia el año 2031 el sistema de CTI debería lograr su *madurez* y contar con una estructura completamente distinta a la actual. En particular, el gasto privado deberá aportar la mayor parte de los recursos destinados a la CTI, con una especialización del gasto público en proyectos de investigación básica y de formación de recursos humanos. Es de esperar que la naturaleza de los objetivos y contenido de la política de CTI vaya cambiando de acuerdo con las prioridades de desarrollo características de cada una de las etapas referidas anteriormente. En este sentido llama poderosamente la atención el esfuerzo explícito en el PECiTI 2014-2018 de involucrar de manera más activa a la Secretaría de Hacienda y Crédito Público no sólo en el financiamiento, sino en los procesos de gobernanza del sistema de CTI en México.

2.3 Exploración de los beneficios económicos y sociales de largo plazo asociados a la inversión en CTI

Recientemente se han hecho esfuerzos para capturar de manera empírica y, al mismo tiempo, proponer diversos escenarios de comportamiento para distintos indicadores relacionados con el gasto en CTI en México (Concheiro, 2010; Capdevielle *et al.*, 2013). Dichos estudios analizan el comportamiento tendencial histórico observado en indicadores de inversión en CTI tales como el GIDE proveniente de fondos públicos y privados o el GFCyT y su relación con la tasa de crecimiento del PIB. En general el punto de partida para el análisis es la creación del CONACYT en 1970 y con ello la formalización de la política de CTI en México. Bajo el supuesto de que el comportamiento tendencial observado en la inversión en CTI se mantiene sin cambios significativos en un horizonte de mediano a largo plazos –10 a 25 años–, los estudios recientes plantean escenarios de gasto en CTI y de crecimiento en los agregados macroeconómicos consistentes con la meta de invertir en CTI el equivalente a 1% del PIB.

En su estudio sobre “Futuros del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología. Prospectiva México Visión 2030” Concheiro (2010) concluye que de acuerdo con las tendencias observadas entre 1970 y 2005, el GIDE habría de aumentar de manera gradual y sostenida, impulsado principalmente por un aumento en el financiamiento por parte del sector privado para llegar a un nivel equivalente a 1% del PIB entre los años 2015 y 2020. Cualquier intento por acelerar y de hecho consolidar una tendencia creciente en la participación del GIDE respecto del PIB dependerá precisamente de la capacidad para lograr aumentos en el gasto privado. Dicho gasto debería pasar desde una participación equivalente actualmente a alrededor de 35% del GIDE

total, para llegar en el año 2030 a entre dos terceras y tres cuartas partes del total. Ello implicaría alcanzar niveles de gasto privado en CTI similares a los observados en países con mayor nivel de PIB per cápita y un mucho mejor desempeño en CTI, como Francia, Reino Unido, Estados Unidos o Corea del Sur –en este último caso, el gasto privado en CTI representa unas tres cuartas partes del GIDE total.

En su trabajo sobre “Efectos económicos y sociales de la inversión en ciencia, tecnología e innovación”, Capdevielle *et al.* (2013) analizan, mediante un modelo de vectores autorregresivos (VAR), el tamaño del impacto de la inversión en CTI sobre la productividad del trabajo y el PIB per cápita en México. Dicho estudio concluye que hay una asociación significativa y positiva entre las variables de inversión en CTI, la inversión total y el PIB. Los autores ilustran los efectos de retroalimentación entre ambos indicadores; asimismo, el estudio documenta que las intervenciones de política que afectan a la CTI y a la economía se refuerzan mutuamente. Las implicaciones son relevantes en cuanto a los niveles necesarios de GFCyT para lograr el efecto esperado en el GIDE y en el PIB. Considerando condiciones de estabilidad (las otras variables permanecen constantes), se requerirá un crecimiento de 11.6% anual del GFCyT para alcanzar un GIDE equivalente a 1% del PIB hacia el año 2018. Lo anterior redundará en un crecimiento de largo plazo de 3.4% anual en el PIB per cápita y de 1.72% en el producto por trabajador.

La información sobre el tamaño del efecto resultado de la inversión en CTI es clave para conocer los posibles beneficios y retornos sociales derivados de políticas públicas enfocadas al fomento de dicha inversión. Este primer paso abre la posibilidad de considerar de forma concreta qué hacer y qué esperar del esfuerzo en actividades científicas y tecnológicas, en particular en contextos de economías emergentes como es el caso mexicano. Más aun, es importante entender el efecto ya no sólo del tamaño sino también de la manera en la cual se realiza este esfuerzo. Las actividades de CTI son altamente dependientes de su propia historia y de cómo han evolucionado en el tiempo.

3 Metodología para analizar los tiempos de obtención de los beneficios de la inversión en CTI

Diversos estudios de investigación dan cuenta del valor que la inversión en actividades de CTI ha tenido y tienen, para el logro de mejores condiciones económicas de las sociedades.⁶ Destaca además el énfasis respecto a la necesidad de que el análisis de la dinámica de inversión considere las particularidades de cada economía; los beneficios potenciales pueden presentar variaciones importantes en función del país que se esté estudiando. En el caso mexicano, el estudio de Capdeville *et al.* (2013) permite conocer el tamaño del beneficio asociado a la inversión en CTI.

⁶ Haskel, Hughes and Bascavusoglu-Moreau (2014) ofrecen uno de los esfuerzos más recientes en este sentido para el caso del Reino Unido. En un estudio con una muestra más amplia, Castellacci y Naterra (2013) ofrecen evidencia, usando datos de series temporales desde 1980 hasta 2008 para 87 países, de la importancia de los esfuerzos en CTI para generar crecimiento económico.

Dicho estudio muestra la variación potencial en la tasa de crecimiento del PIB si se consigue aumentar la inversión en CTI en México. Sin embargo, existe otra dimensión que es complementaria al tamaño y que resulta fundamental para ver los efectos de la CTI en la calidad de vida de las personas: el tiempo.

El análisis de las dinámicas temporales propicia un mejor entendimiento sobre el proceso que media entre la inversión en CTI y la obtención de los beneficios esperados. Es crucial para el diseño de políticas públicas conocer no sólo el tamaño del efecto de la inversión en CTI, sino además contar con información sobre cuánto tiempo es necesario esperar para ver esos resultados. Las políticas de CTI en México se han adaptado normalmente al formato de sexenios, lapso en el que se han implementado y evaluado las distintas estrategias de fomento. Considerando que los procesos de CTI son dinámicos y que sus resultados pueden aparecer de manera distribuida en el tiempo, cabe preguntarse si la elección de este plazo ha sido suficientemente sopesada en función a la naturaleza del proceso o si más bien ha correspondido a factores externos. Lo anterior podría tener una repercusión muy importante en la evaluación de las acciones emprendidas: medir en un periodo muy corto o muy largo podría llevar a considerar puntos en los que los beneficios no son palpables bien por falta de tiempo para que se revelen, bien por haber pasado a formar parte de otros procesos.

La necesidad de conocer los tiempos de respuestas de este proceso dinámico también es importante para brindar información a los hacedores de políticas públicas en el diseño de planes de desarrollo de largo plazo, tal como el que en México se ha planteado para el horizonte 2012-2038. El estudio de los lapsos necesarios para ver los resultados puede ser una orientación más para planificar los periodos de retorno de la inversión de CTI, una herramienta adicional para saber cuándo cosechar resultados, y así poder emprender las nuevas acciones. Evidentemente la intención de este trabajo dista de ofrecer predicciones exactas sobre las dinámicas de inversión en CTI-crecimiento del PIB. La lógica es más bien la de estudiar y comprender, con base en la información empírica disponible, las dinámicas temporales de dichos agregados macroeconómicos.

3.1 Estudios econométricos de series temporales: una metodología válida

Los estudios econométricos de series temporales permiten describir las dinámicas de procesos que cambian en el tiempo. En particular, si estos procesos están estrechamente relacionados y muestran signos de co-evolución, es posible demostrar dicho vínculo en el tiempo. Tal como ha sido ya mostrado por el estudio de Capdeville *et al.* (2013), éste es el caso de México; la evidencia sugiere que variables socio-económicas tales como el PIB y la inversión agregada, se relacionan en el tiempo con variables científico-tecnológicas tales como el GFCyT. La metodología de cointegración permitió verificar la existencia de estas relaciones. Con este punto de partida es posible realizar una serie de ejercicios adicionales que ayuden a comprender mejor los mecanismos de respuesta de estas variables frente a cambios en alguna de ellas, así como observar cuál es el tiempo que requiere el sistema económico para retomar un nivel mínimo de

estabilidad. En particular, es posible estimar cuánto tiempo tomaría al PIB alcanzar los niveles deseados según la manera en la que se realice la inversión en CTI.

Los análisis de Funciones de Impulso-Respuestas permiten conocer los tiempos de estabilidad y los niveles que alcanzan las distintas variables que se relacionan en el tiempo. Considerando distintos niveles de variación (o choques, en el lenguaje econométrico), es posible observar cómo las variables se ajustan a una nueva posición. Este análisis permite describir el proceso de desarrollo de las actividades de CTI en México y su relación con la dinámica del resto del sistema económico.

El objetivo es observar cómo los cambios en los esfuerzos en CTI pueden llevar a tiempos de respuestas diferenciados en el sistema. Dos preguntas típicas que este proyecto ayuda a responder son las siguientes: ¿Cuáles son los tiempos respuestas del sistema económico frente a cambios en el GFCyT? ¿Cómo se comportan los niveles de las variables del sistema en el tiempo?

3.1.1 Análisis los tiempos de respuestas de la inversión en CTI

La aplicación de la metodología de Funciones de Impulso-Respuesta en sistema cointegrados tiene dos bondades. En primer lugar, la posibilidad de alterar los tamaños de los cambios en la política de inversión permite observar los efectos de las distintas decisiones de inversión en la evolución del sistema económico. En segundo lugar, es posible observar cuándo se llega a periodo de estabilidad, una vez que los cambios han sido implementados; ésta es una ventaja frente a otras propuestas como la de Crespi *et al.* (2011b),⁷ pues permite ver los efectos en el corto y en largo plazos.

La metodología comprende dos etapas. Primero se describen las relaciones dinámicas de las variables a partir del análisis de vectores autorregresivos (VAR). El objetivo de esta primera etapa es crear un modelo de base sobre el que se pueden hacer proyecciones del comportamiento de las variables, con la ventaja de poder describirlas de forma integrada. La segunda etapa es el análisis de la proyección del comportamiento de las variables frente a perturbaciones: es en esta etapa donde se pueden analizar distintos escenarios de inversión (Juselius, 2006; Lütkepohl, 2006). La metodología permite observar los periodos, en este caso número de años, en los que el sistema económico se encuentra en ajuste frente al cambio en los niveles de inversión, por ejemplo, en el periodo t_0 . Si durante el periodo de ajuste se hiciese una evaluación del efecto que ha tenido el cambio en la política, se estaría en una fase donde todos los beneficios no se han alcanzado completamente y se podría estar subestimando el efecto final de dicha acción. De ahí que sea crítico determinar cuál es el periodo de estabilidad, aquel en el que las variaciones

⁷ Utilizando datos de panel de empresas colombianas entre 1995 y 2007, Crespi *et al.* (2011a) aplican un modelo de efectos fijos con variables *dummies* en el tiempo, para estimar el tamaño del impacto que tiene COLCIENCIAS en el desempeño empresarial. Los resultados que ellos encuentran son similares a los nuestros en el corto plazo, como se podrá ver más adelante en este informe. Por los datos que ellos disponen, no es posible estimar los efectos en el largo plazo.

porcentuales en niveles no sean mayores a 0.01%, es decir, que tengan un nivel de 99.99% de estabilidad.⁸

El resultado final que este tipo de análisis ofrece es sencillo y poderoso: una referencia de cuánto tiempo es necesario esperar para que se muestren todos los beneficios derivados de cambios en la política de inversión en CTI, hecho que se deriva directamente del análisis gráfico de las Funciones de Impulso-Respuesta. En este trabajo se utilizan los datos sobre PIB, Inversión agregada y GFCyT en México (periodo 1970-2011) proporcionados por el estudio que realizaron Capdeville *et al.* (2013), el cual combina datos de fuentes oficiales con estimaciones económicas desarrolladas por el equipo de trabajo. Esta información se dispone en términos relativos a la población (per cápita) y a la población ocupada (por trabajador), lo que permite crear dos modelos alternativos para evaluar la interacción entre la CTI y el sistema económico mexicano.

4 Resultados del análisis de los tiempos de respuestas asociados a la inversión de CTI en México

Los resultados del análisis econométrico se organizan conforme a las dos fases de la metodología descrita anteriormente. La primera fase, en la que se construye un modelo de Vectores Autorregresivos (VAR), permitió verificar la existencia de cointegración, siendo una clara evidencia de que existe una relación permanente en el tiempo entre las variables estudiadas. El análisis de causalidad de Granger permitió corroborar esta información: existe un efecto causal del GFCyT sobre las variables del sistema. Los modelos cumplen con todos los supuestos de estabilidad y validez, como lo muestra la batería de pruebas estadísticas realizadas. Estos resultados se verificaron para ambos modelos: el de productividad y el per cápita. Los detalles de esta primera fases del análisis se presentan en el Anexo 1.

La segunda fase del análisis es la central de este trabajo. Los dos modelos ajustados son herramientas para proyectar el comportamiento del sistema. Realizando un ejercicio de simulación, y de acuerdo con las propiedades descritas por ambos modelos, se analiza cómo se adaptaría el resto del sistema frente a un cambio en algunas de sus variables. En particular, se simuló un incremento de 1% en el GFCyT y sus efectos en la productividad, el PIB per cápita y la inversión (por trabajador y per cápita). En esta etapa inicial del estudio y en parte debido a lo limitado de la información disponible, la decisión de introducir incrementos marginales de 1% en el GFCyT permite estandarizar los incrementos y reducir la necesidad de identificar factores externos con incidencia sobre los niveles de gasto. Este procedimiento es consistente con nuestro objetivo de establecer aproximaciones a los tiempos de respuesta y dar una señal de los niveles de cambio en las variables involucradas a lo largo del tiempo.

⁸ Éste es un criterio que los autores han decidido para este estudio, como un marco de referencia donde se puede observar el fenómeno de forma estable.

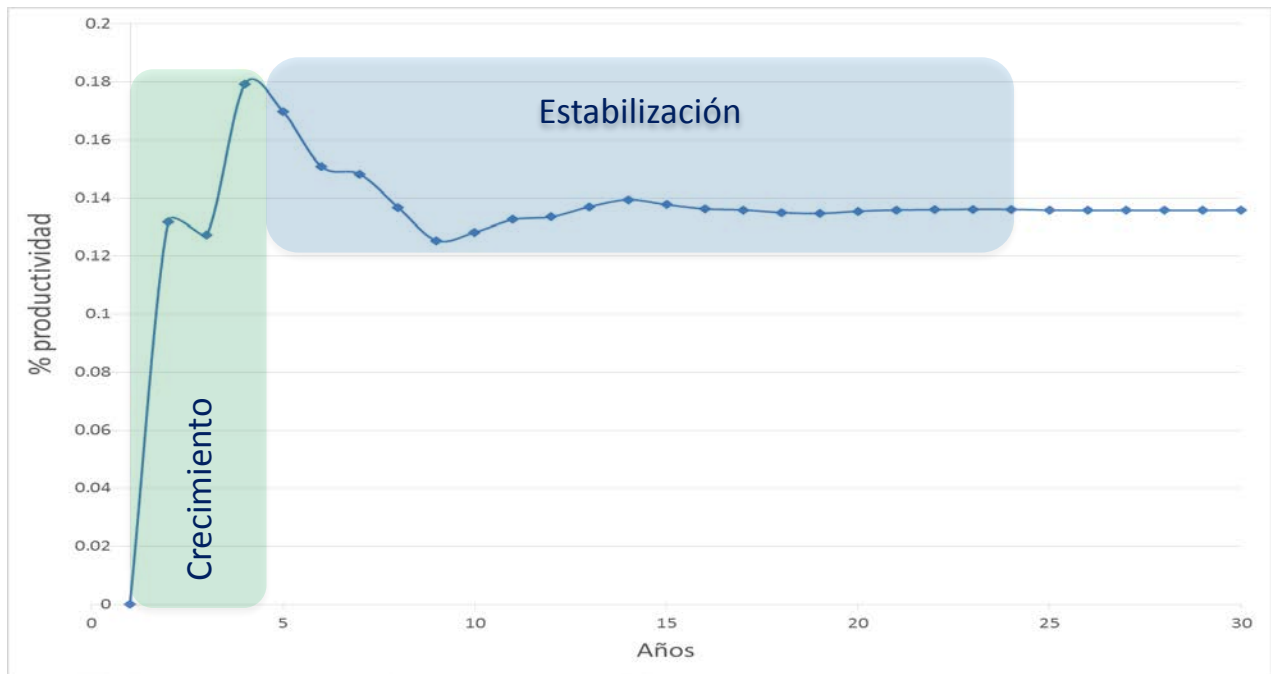
4.1 Efectos de los cambios en el GFCyT en la productividad y el PIB per cápita

El aumento de 1% en el GFCyT tiene un efecto permanente y positivo sobre la productividad y el PIB per cápita. La Gráfica 2 muestra los resultados para el modelo de productividad (panel a) y el modelo para el PIB per cápita (panel b). En ambos casos se observa cómo se estabiliza el sistema en un valor superior al inicial, indicando el carácter permanente del impacto.

Dos momentos se pueden diferenciar en el proceso de ajuste posterior al incremento en los niveles de GFCyT. En un primer momento, denominado de **crecimiento acelerado**, se alcanzan variaciones de mayor tamaño en las variables del sistema. Este periodo tiene una duración de **4 años**, tiempo en el que se alcanza su punto máximo. Tanto en el caso de la productividad como en el PIB per cápita, los incrementos observados son abruptos.

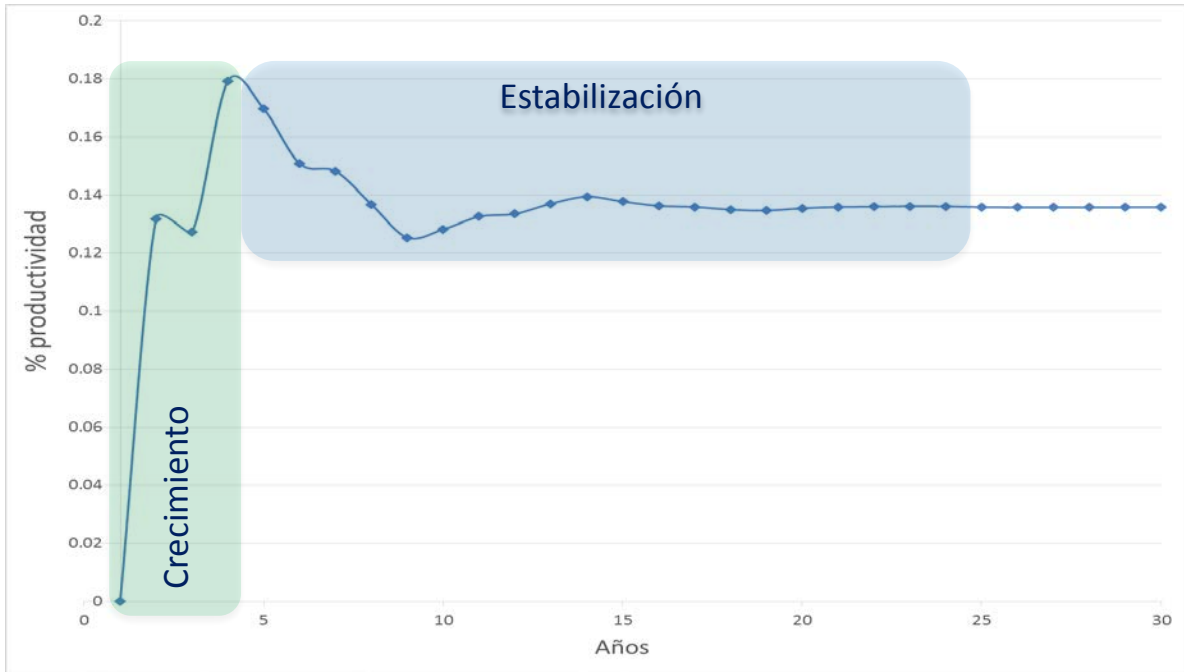
Un segundo momento, denominado de **estabilización**,⁹ empieza en el año 5 y se extiende **hasta el año 11 en el caso del modelo per cápita, y hasta el año 31 en el caso del modelo de productividad**. En ambos modelos se alcanza un valor inicial superior a 0.10% de variación del PIB per cápita o de la productividad. Este valor de estabilización es menor al que se alcanza en el momento de crecimiento acelerado, pero sigue siendo significativo y se mantiene por lapsos mucho más prolongados.

Gráfica 2. Efectos de incrementar en 1% el GFCyT sobre la productividad laboral y el PIB per cápita en México



⁹ El momento de estabilización fue calculado como el punto en el que las variaciones anuales de las respuestas del sistema es menor a 0.01% en un periodo de 50 años.

(a) Productividad



(b) PIB per cápita

Los valores específicos que definen a cada momento observado se reportan en el Cuadro 2. En el modelo de productividad el momento de crecimiento acelerado genera una variación de 0.18% en esa variable, mientras que la estabilización significa una variación de 0.14%. Para el caso del modelo per cápita, el periodo de crecimiento acelerado representa un incremento de 0.14% del PIB per cápita y de 0.13% en el momento de estabilización. Ambos modelos consideran incrementos de 1% en GFCyT durante un año.

Cuadro 2. Valores de los momentos observados en la productividad y el PIB per cápita como reacción a un cambio de 1% en el GFCyT

Modelo	Primer momento Crecimiento acelerado		Segundo momento Estabilización	
	Tiempo (Años)	Nivel (%)	Tiempo (Años)	Nivel (%)
Productividad	4	0.18	31	0.14
PIB per cápita	4	0.14	11	0.13

4.2 Efectos de los cambios en el GFCyT sobre la inversión agregada en México

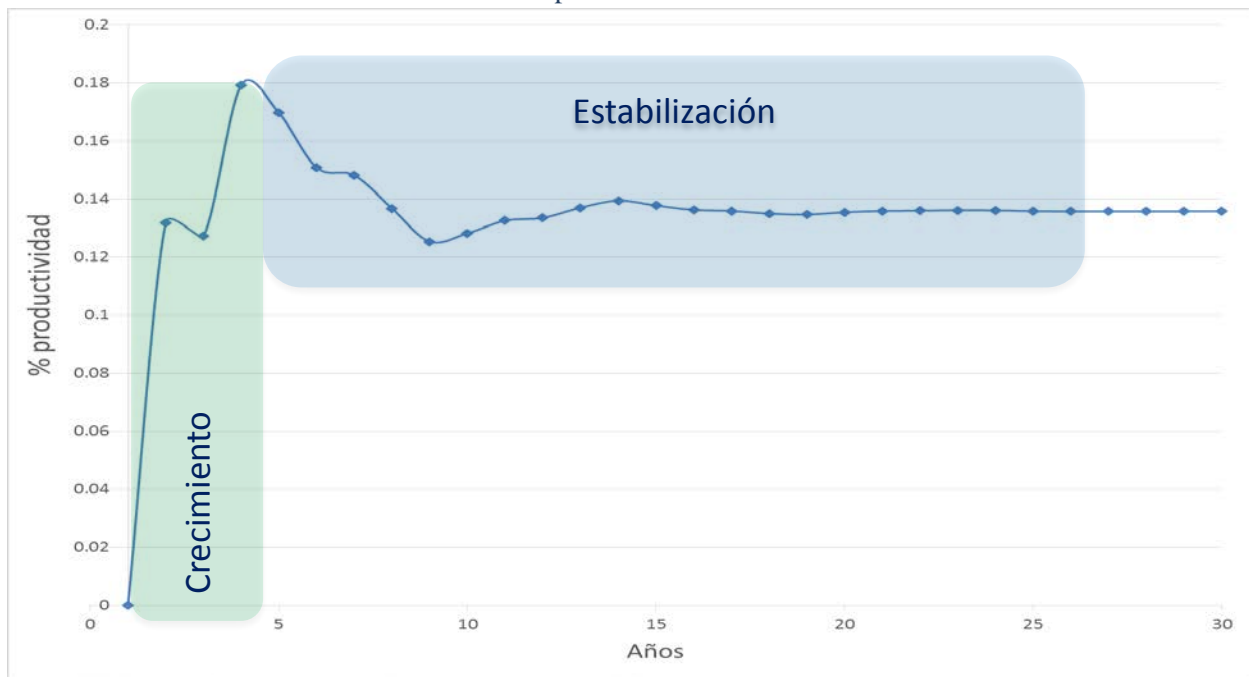
El aumento de 1% en el GFCyT tiene un efecto permanente en la inversión por trabajador y en la inversión per cápita. La Gráfica 3 muestra los resultados para el modelo de productividad (panel

a) y para el modelo per cápita (panel b). En ambos casos se observa que el sistema se estabiliza en un valor superior al inicial, indicando el carácter permanente del impacto.

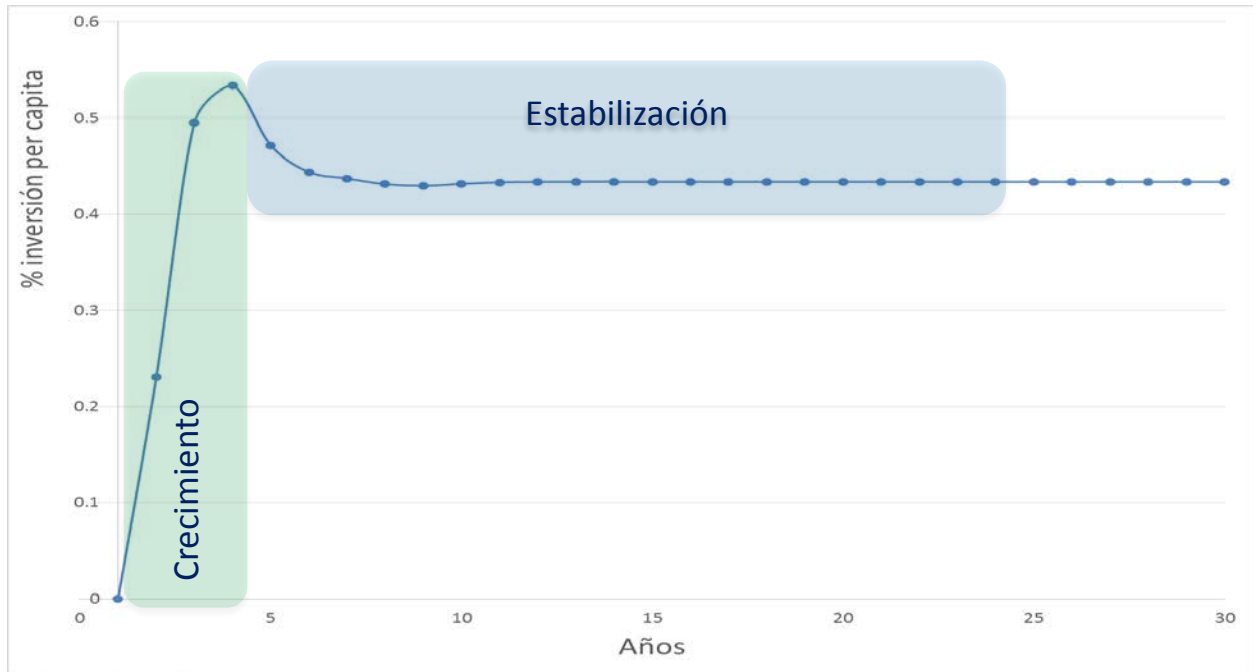
Nuevamente se pueden identificar **dos momentos** de la dinámica entre GFCyT y la inversión. El momento de **crecimiento acelerado** ocurre durante los primeros **4 años**. El momento de **estabilización** inicia en el año 5 y **se extiende hasta el año 42 en el caso del modelo de inversión por trabajador y hasta el año 12 en el modelo per cápita**. Los niveles alcanzados en el periodo de estabilización son menores que en la fase de crecimiento, aunque siguen siendo positivos, significativos y de mayor duración. La volatilidad asociada a la inversión por trabajador es mucho mayor que la observada para la inversión per cápita.

El Cuadro 3 muestra los valores puntuales que definen cada momento, considerando un incremento de 1% en el GFCyT durante un año. En el modelo de productividad, el momento de crecimiento acelerado genera una variación de 0.26% en la inversión por trabajador, mientras que la estabilización significa una variación de 0.03%. Para el caso del modelo per cápita, el crecimiento acelerado representa un incremento de 0.53% de la inversión per cápita y de 0.43% en el momento de estabilización.

Gráfica 3. Efectos de incrementar en 1% el GFCyT sobre la inversión por trabajador y la inversión per cápita en México



(a) Inversión por trabajador



(b) Inversión per cápita

Cuadro 3. Valores de los momentos observados en la inversión por trabajador y la inversión per cápita como reacción a cambios de 1% en el GFCyT

Modelo	Primer momento Crecimiento acelerado		Segundo momento Estabilización	
	Tiempo (Años)	Nivel (%)	Tiempo (Años)	Nivel (%)
Inversión por trabajador	4	0.26	42	0.03
Inversión per cápita	4	0.53	12	0.43

5 A manera de conclusión

Históricamente México se caracteriza por el predominio del sector público como factor determinante del desempeño y de la dinámica de largo plazo del sistema de CTI. El análisis de los compromisos de inversión en CTI realizados por el Gobierno mexicano es pertinente en la medida en que ello contribuye a entender algunos de los factores que inciden sobre la capacidad de las actividades de CTI para incidir sobre la dinámica económica agregada. Esto último como aproximación a los beneficios socio-económicos asociados a las actividades de CTI. Tomando como punto de partida el año de 1970, este trabajo documenta que al igual que otros países desarrollados y en desarrollo, las autoridades mexicanas reconocen el valor y la potencial contribución de la CTI a los objetivos de desarrollo económico y social a largo plazo. Dicho

reconocimiento se traduce en una serie de planes y programas que sirven de guía a la intervención pública en CTI.

Si bien el objetivo de este trabajo dista de analizar a profundidad los diversos planes que han guiado el desarrollo del sistema de CTI en México durante los últimos 40 años, la discusión apunta a algunas conclusiones importantes en cuanto a los necesarios procesos de aprendizaje que idealmente se esperaría guíen el proceso de desarrollo de la política de CTI. En general, los planes de desarrollo en CTI coinciden con la estructura sexenal de gobierno característica del sistema político mexicano. En sí misma, esta periodización de la planeación no debería ser problemática; tal como lo demuestra la experiencia de otros países en desarrollo como la República de Corea, la República Popular China o India, el desarrollo de los sistemas locales de CTI frecuentemente atiende a programas “escalonados” en el tiempo. Desafortunadamente, en el caso mexicano la periodización ha generado, con pocas excepciones, procesos de discontinuidad en la operación de los instrumentos de política, y en el seguimiento de metas establecidas en periodos precedentes de gobierno. Así, se observan rupturas en los procesos de aprendizaje en torno a la implementación de la política, y una escasa concatenación de esfuerzos hacia metas concretas de largo plazo.

Sin embargo, a medida que se avanza en el tiempo se observa una mejoría paulatina en la cultura de monitoreo, evaluación y de consulta entre diferentes grupos de la sociedad mexicana como base para el proceso de planeación. Si bien la concepción de las relaciones entre los diversos agentes que conforman el sistema de CTI mexicano mantiene aún cierta perspectiva lineal en la que la educación y la actividad científica se ubican al inicio del proceso, se observa de manera creciente el reconocimiento de procesos no lineales y de interactividad entre los diversos agentes del sistema. Más aun, se identifica a la actividad empresarial como motor fundamental para el desarrollo de la innovación. El énfasis en la dimensión empresarial conlleva además la necesidad de fortalecer los vínculos y la coordinación entre las instancias responsables de la política de CTI, en particular el CONACYT, y aquellas cuyo mandato atiende a aspectos de promoción económica, particularmente en el ámbito de la política industrial.

Muy importante será dar seguimiento a la contribución de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público al proceso de desarrollo del sistema de CTI en los próximos años. Como se sabe, una falla estructural característica del sistema de CTI en México durante las últimas cuatro décadas es precisamente la inconsistencia y los bajos niveles de inversión realizados por el Gobierno mexicano. El compromiso financiero ha sido insuficiente para lograr las ambiciosas metas establecidas por las diversas administraciones. El resultado, bien conocido, es la incapacidad de México para desarrollar y beneficiarse de un sistema de CTI robusto, que atienda a los grandes problemas nacionales, a la vez que contribuye de manera decisiva a la dinámica de CTI global. En resumen, el desempeño del sistema de CTI en México contrasta significativamente con el peso relativo que por su geografía, población y economía tiene el país en el concierto global de naciones (Crowley, 2013).

La Sección 2.3 en este trabajo da cuenta de algunos estudios recientes que contribuyen al debate en torno a la necesidad de aumentar la inversión en CTI en México hasta alcanzar estándares mínimos aceptados internacionalmente. Nuestro trabajo propone una dimensión complementaria, a saber, la necesidad de dar consistencia a los niveles de gasto en CTI. Si bien desde la teoría se argumenta que los efectos de la CTI son palpables en el largo plazo, la evidencia respecto a la duración de esos efectos es aún insuficiente. Así, se propone una metodología que permite cuantificar y describir el tiempo que se requeriría para observar los efectos de la inversión en CTI sobre variables tales como el PIB y la inversión agregada. El análisis permitió documentar cómo y cuánto tiempo tomaría a dichas variables responder a cambios en el GFCyT. El PIB y la Inversión fueron normalizados usando datos sobre población económicamente activa y la población total. Los resultados del estudio econométrico se resumen a continuación:

- Existe evidencia de relaciones causales entre la inversión en actividades de CTI, medida como el GFCyT, y la productividad (PIB por trabajador) y el PIB per cápita. Una relación similar se encuentra en relación con la Inversión medida en términos per cápita y por trabajador.
- **Los efectos de los cambios en el GFCyT sobre las variables económicas agregadas son permanentes y tienen dos momentos diferenciados:**
 - a. Un primer momento de **crecimiento acelerado** en las variables, mismas que alcanzan su máximo en los **4 años** posteriores al cambio en el GFCyT.
 - b. Un segundo momento evidencia la **estabilización del sistema**. La estabilidad se alcanza en periodos de **31 años para la productividad, 11 años para el PIB per cápita, 42 años para la inversión por trabajador y 12 años para la inversión per cápita**. Los niveles de impacto correspondientes a cada variable son positivos y significativos aunque de menor magnitud en esta fase.
- Las variables sobre productividad, el PIB y la inversión responden de forma directamente proporcional a los cambios en el GFCyT:
 - a. En el primer momento, un incremento de 1% en el GFCyT puede generar un incremento de hasta 0.18% en la productividad, 0.14% en el PIB per cápita, 0.26% en la inversión por trabajador y 0.53% en la inversión per cápita. De manera equivalente, disminuciones en el GFCyT pueden llevar a reducciones en esos mismos porcentajes en las variables económicas.
 - b. En el segundo momento, un incremento de 1% en el GFCyT puede generar un incremento hasta de 0.14% en la productividad, 0.13% en el PIB per cápita, 0.03% en la inversión por trabajador y 0.43% en la inversión per cápita. Disminuciones en el GFCyT pueden llevar disminuciones en esos mismos porcentajes en las variables económicas.
- El análisis sugiere también la necesidad de adecuar los lapsos de evaluación de programas de apoyo a la CTI atendiendo a los dos momentos observados en la dinámica de las variables en estudio. Ello permitiría establecer plazos temporales en los que es posible esperar un cierto nivel de maduración en los efectos potenciales del aumento en el GFCyT.

Dentro de este estudio econométrico hay varias consideraciones que se deben tener en mente; la más importante es que los modelos empleados incorporan información sobre sólo tres variables. Existe la posibilidad de que los resultados sobre el nivel de impacto en el PIB y la inversión asociados a cambios –incrementos– en el GFCyT estén sobreestimados, al no poder considerar los efectos de otras variables que también forman parte del sistema de innovación mexicano. Cualquier inferencia o recomendación de política debe atender a dicha limitante. Sin embargo, los resultados son suficientemente robustos en cuanto al tiempo estimado en que podrían observarse los efectos de cambios en el nivel del GFCyT.

Una política activa de CTI requiere entender el comportamiento de los diferentes instrumentos de política disponibles y cuya evolución a lo largo del tiempo puede alterar la dinámica tendencial de los agregados de inversión y producto. Desafortunadamente, en el contexto actual de continuidad limitada de los instrumentos de CTI en México, particularmente en cuanto a los planes, programas e instrumentos de apoyo directo a la innovación, un ejercicio de análisis de largo plazo es problemático ya que no se dispone de datos suficientes. Limitaciones similares impiden la realización de estudios sectoriales y detallados sobre los aportes diferenciados por tipos de industria. Este tipo de estudios adicionales se propone para una agenda de investigación futura.

6 Referencias

Capdevielle, M. *et al.* (2013). *Efectos económicos y sociales de la inversión en ciencia, tecnología e innovación*. México: Foro Consultivo Científico y Tecnológico, 121, http://www.foroconsultivo.org.mx/documentos/peciti_2012_2037/peciti_1.pdf. [Último acceso: abril 18, 2014]

Casas, R., J.M. Corona, M. Jaso y A.O. Vera-Cruz (2013). *Construyendo el diálogo entre los actores del sistema de ciencia, tecnología e innovación*. México: Foro Consultivo Científico y Tecnológico, 194 http://www.foroconsultivo.org.mx/libros_editados/libro_conmemorativo_foro.pdf [Último acceso: mayo 5, 2014]

Castellacci, F., & Natera, J.M. (2013). The dynamics of national innovation systems: A panel cointegration analysis of the coevolution between innovative capability and absorptive capacity, *Research Policy* 42 (3): 579–594. doi:10.1016/j.respol.2012.10.006

Concheiro (2010). *Futuros del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología. Prospectiva México Visión 2030*. México: Foro Consultivo Científico y Tecnológico, 246, http://www.foroconsultivo.org.mx/libros_editados/futuros_2030.pdf [Último acceso: abril 18, 2014].

Corona, J. M., Dutrénit, G., Puchet, M. y Santiago, F. (2013). La co-evolución de las políticas de CTI, el sistema de innovación y el entorno institucional en Crespi, G. y Dutrénit, G. *Políticas de*

ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo: La experiencia latinoamericana. México: Foro Consultivo Científico y Tecnológico-LALICS.

Crespi, G., Maffioli, A. y Meléndez Arjona, M. (2011a). *Public Support to Innovation: The Colombian COLCIENCIAS' Experience*. Inter-American Development Bank.

Crespi, G., Maffioli, A., Mohnen, P. y Vázquez, G. (2011b). *Evaluating the Impact of Science, Technology and Innovation Programs: a Methodological Toolkit*. Inter-American Development Bank.

Crowley, M. (2014). Mexico's New Mission. It's the hot new emerging market. But can President Peña Nieto and his team of reformers really turn their country around?, *Time Magazine*, February 24. Last access: March 1, 2014. <http://content.time.com/time/magazine/article/0,9171,2165465-1,00.html>

Dutrénit, G. *et al.* (2006). Invertir en conocimiento para el desarrollo y bienestar de México: Bases para una política de estado en ciencia, tecnología e innovación. Documento preparado para el Foro Consultivo Científico y Tecnológico. México.

FCCyT (2006). *Conocimiento e innovación en México: Hacia una Política de Estado. Elementos para el Plan Nacional de Desarrollo y el Programa de Gobierno 2006-2012*. México: Foro Consultivo Científico y Tecnológico, 80, <http://www.foroconsultivo.org.mx/home/index.php/libros-publicados/politicas-en-cti/951-conocimiento-e-innovacion-en-mexico-hacia-una-politica-de-estado>. [Último acceso: abril 18, 2014].

FCCyT (2006). *Diagnóstico de la Política Científica, Tecnológica y de Fomento a la Innovación en México (2000-2006)*. México: Foro Consultivo Científico y Tecnológico.

FCCyT-AMC (2005). [Foro Consultivo Científico y Tecnológico-Academia Mexicana de Ciencias] *Una Reflexión Sobre el Sistema Nacional de Investigadores a 20 Años de su Creación*. FCCyT, 146, http://www.foroconsultivo.org.mx/libros_editados/20_sni.pdf [Último acceso: agosto 7, 2014].

Haskel, J., Hughes, A. and Bascavusoglu-Moreau, E. (2014). *The Economic Significance of the UK Science Base. A Report for the Campaign for Science and Engineering*. UK-Innovation Research Centre, 58. <http://sciencecampaign.org.uk/UKScienceBase.pdf> [Último acceso: mayo 21, 2014]

Jaso, M.A. *et al.* (2013). Metaevaluación del Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (PECiTI 2008-2012), Documento de Trabajo 7, en FCCyT. Propuestas para contribuir al diseño del PECiTI 2012-2037, 199, http://www.foroconsultivo.org.mx/documentos/peciti_2012_2037/peciti_7.pdf [Último acceso: agosto 7, 2014].

Juselius, K. (2006). *The Cointegrated VAR Model: Methodology and Applications*. Oxford: Oxford University Press.

Lütkepohl, H. (2006). *New introduction to multiple time series analysis*. Berlin: Springer.

OCDE (2009). *OECD Reviews of Innovation Policy: Mexico*. Paris: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, 216.

Presidencia de la República (2012). Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018. México, Presidencia, 184, <http://pnd.gob.mx/> [Último acceso: abril 18, 2014].

Santiago, F. (2006). Valoración del Sistema Nacional de Investigadores, en Foro Consultivo Científico y Tecnológico, Diagnóstico de la Política Científica, Tecnológica y de Fomento a la Innovación en México (2000-2006), México, Estudio 2; 158-174.

Websites:

PNPCyT [Política Nacional y Programas en Ciencia y Tecnología] 1970. CONACYT, <http://www.siicyt.gob.mx/siicyt/cms/paginas/PolNacProgCyT70.jsp> [Último acceso: mayo 2, 2014]

PICyT [Plan Indicativo de Ciencia y Tecnología] 1976. CONACYT, <http://www.siicyt.gob.mx/siicyt/cms/paginas/PlnIndCyT76.jsp> [Último acceso: mayo 2, 2014]

PNCyT [Programa Nacional de Ciencia y Tecnología] 1978-1982. CONACYT, <http://www.siicyt.gob.mx/siicyt/cms/paginas/progNacCyT7882.jsp> [Último acceso: mayo 2, 2014]

PNDTyC [Programa Nacional de Desarrollo Tecnológico y Científico] 1984-1988. CONACYT, <http://www.siicyt.gob.mx/siicyt/cms/paginas/ProNaDesTyC8488.jsp> [Último acceso: mayo 2, 2014]

PNDyMT [Programa Nacional de Ciencia y Modernización Tecnológica] 1990-1994. CONACYT, <http://www.siicyt.gob.mx/siicyt/cms/paginas/progNaCyMTec9094.jsp> [Último acceso: mayo 2, 2014]

PECyT [Programa de Ciencia y Tecnología] 1995-2000. CONACYT, <http://www.siicyt.gob.mx/siicyt/cms/paginas/progCyT9500.jsp> [Último acceso: mayo 2, 2014]

PECyT [Programa Especial de Ciencia y Tecnología] 2001-2006. CONACYT, <http://www.siicyt.gob.mx/siicyt/docs/Programa Nacional de C y T 1970-2006/documentos/PECYT.pdf> [Último acceso: mayo 2, 2014]

PECiTI [Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación] 2008-2012. CONACYT, <http://www.siicyt.gob.mx/siicyt/docs/contenido/PECiTI.pdf> [Último acceso: mayo 2, 2014]

PECiTI-II [Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación] 2014-2018. CONACYT, http://www.conacyt.mx/images/conacyt/PECiTI_2014-2018.pdf [Último acceso: agosto 6, 2014].

Anexo¹⁰

A. Pruebas econométricas del modelo de productividad

6.1 Tabla A1. Definición de las variables de interés del modelo de productividad

Variable	Código	Definición	Transformación
Productividad	LY_PO	Producto Interno Bruto (medida en valores constantes del año 2000) por trabajador.	Logarítmica
Inversión por trabajador	LI_PO	Inversión total (medida en valores constantes del año 2000) por trabajador.	Logarítmica
Gasto Federal en Ciencia y Tecnología por trabajador	LGF_PO	Gasto Federal en Ciencia y Tecnología (GFCyT), medido en valores constantes del año 2000) por trabajador.	Logarítmica

6.2 Tabla A2. Variables *Dummies* incluidas en el análisis del modelo productividad

País	Nombre del Modelo	<i>Dummies Permanentes</i>	<i>Dummies Temporales</i>
México	Productividad	1980, 1988, 1998	1984, 1994

6.3 Tabla A3. Prueba de raíces unitarias Dickey-Fuller aumentada del modelo de productividad

País	Nivel	Productividad ⁺	Inversión por trabajador ⁺	Gasto Federal en CyT por trabajador ⁺
México	Nivel	-1.956	-2.308	-4.927***
	Primera diferencia	-5.719***	-5.994***	-6.823***
	Segunda diferencia	-7.069***	-7.071***	-6.463***

⁺Los niveles de significación para el rechazo de la hipótesis nula de encontrar raíz unitaria están codificados como sigue 1% ***, 5% **, 10% *.

¹⁰ Todo el material incluido en este documento ha sido producido por sus autores.

6.4 Tabla A4. Prueba de raíces unitarias Phillip-Perron del modelo de productividad

<i>País</i>	<i>Nivel</i>	<i>Productividad</i> ⁺	<i>Inversión por trabajador</i> ⁺	<i>Gasto Federal en CyT por trabajador</i> ⁺
México	Nivel	-2.059	-2.423	-4.773***
	Primera diferencia	-5.721***	-6.095***	-7.518***
	Segunda diferencia	-32.185***	-33.733***	-26.839***

⁺Los niveles de significación para el rechazo de la hipótesis nula de encontrar raíz unitaria están codificados como sigue 1% ***, 5% **, 10% *.

6.5 Tabla A5. Resultado de la prueba de cointegración del modelo de productividad

<i>País</i>	<i>Nombre del Modelo</i>	<i>Rango de Cointegración</i>	<i>Eigenvalor</i>	<i>Estadístico</i> ⁺
México	Productividad	2	0.393525	48.57856*

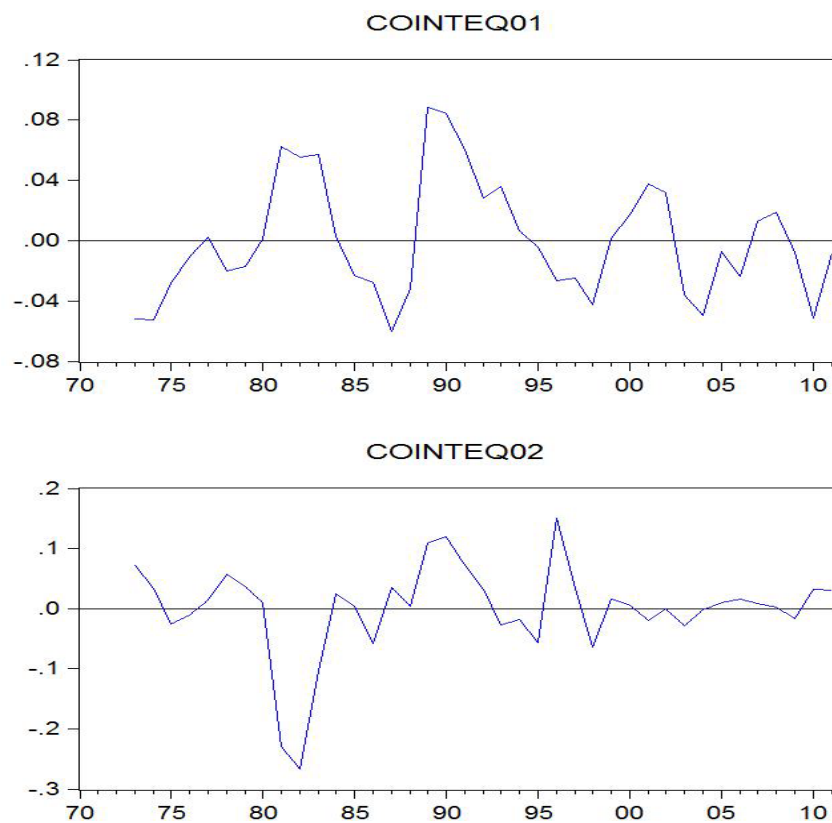
⁺Los niveles de significación para el rechazo de la hipótesis nula de encontrar una relación de cointegración adicional están codificados como sigue 1% ***, 5% **, 10% *.

6.6 Tabla A6. Ecuaciones de cointegración del modelo de productividad

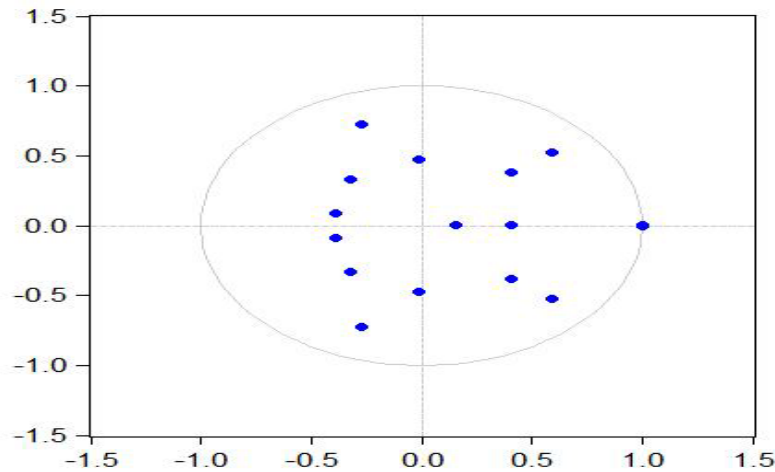
Variable	Valor	Ecuación de Cointegración	
		1	2
Productividad	Coeficiente	1	1
	Error estándar	-	-
	Estadístico	-	-
Inversión por trabajador	Coeficiente	-	-0.6287**
	Error estándar	-	(0.0371)
	Estadístico	-	[-16.9372]
GFCyT por trabajador	Coeficiente	-0.1521*	-
	Error estándar	(0.0467)	-
	Estadístico	[-3.25765]	-

*Los niveles de significación para el rechazo de la hipótesis nula de que el coeficiente es igual a cero están codificados como sigue 1% ***, 5% **, 10% *.

6.7 Gráfica A1. Relación de cointegración del modelo de productividad



6.8 Gráfica A2. Raíces inversas del modelo de productividad



6.9 Tabla A7. Correlación de los errores del modelo de productividad

<i>País</i>	<i>Periodo</i>	<i>Productividad</i>
México	4	41.33826
	5	31.72525
	6	30.20378

†Los niveles de significación para el rechazo de la hipótesis nula de que no existe correlación de los errores están codificados como sigue 1% ***, 5% **, 10% *.

6.10 Tabla A8. Análisis de causalidad de largo plazo del modelo productividad

Causalidad desde	Hacia	Estadístico
GFCyT por trabajador	Productividad	5.945366**
	Inversión por trabajador	7.321306***
Productividad	Inversión por trabajador	142.7262***
	GFCyT por trabajador	17.69427***
Inversión por trabajador	Productividad	18.80008***
	GFCyT por trabajador	17.50015***

†Los niveles de significación para el rechazo de la hipótesis nula de que no existe relación causal desde una variable hacia la otra están codificados como sigue 1% ***, 5% **, 10% *.

B. Pruebas econométricas del modelo per cápita

6.11 Tabla B1. Definición de las variables de interés del modelo per cápita

Variable	Código	Definición	Transformación
Producto Interno Bruto per cápita	LYPCT	Producto Interno Bruto (medida en valores constantes del año 2000) per cápita.	Logarítmica
Inversión per cápita	LIPCT	Inversión total (medida en valores constantes del año 2000) per cápita.	Logarítmica
Gasto Federal en Ciencia y Tecnología per cápita	LGFPCT	Gasto Federal en Ciencia y Tecnología (GFCyT), medido en valores constantes del año 2000) per cápita.	Logarítmica

6.12 Tabla B2. Variables *Dummies* incluidas en el análisis del modelo per cápita

<i>País</i>	<i>Nombre del Modelo</i>	<i>Dummies Permanentes</i>	<i>Dummies Temporales</i>
México	Per Cápita	1980, 1988, 1998	1984, 1994

6.13 Tabla B3. Prueba de raíces unitarias Dickey-Fuller aumentada del modelo per cápita

<i>País</i>	<i>Nivel</i>	<i>PIB per cápita⁺</i>	<i>Inversión per cápita⁺</i>	<i>Gasto Federal en CyT per cápita⁺</i>
México	Nivel	-2.363	-2.62	-4.848***
	Primera diferencia	-5.177***	-6.073***	-6.667***
	Segunda diferencia	-6.438***	-7.111***	-6.515***

⁺Los niveles de significación para el rechazo de la hipótesis nula de encontrar raíz unitaria están codificados como sigue 1% ***, 5% **, 10% *.

6.14 Tabla B4. Prueba de raíces unitarias Phillip-Perron aumentada del modelo per cápita

<i>País</i>	<i>Nivel</i>	<i>PIB per cápita⁺</i>	<i>Inversión per cápita⁺</i>	<i>Gasto Federal en CyT per cápita⁺</i>
México	Nivel	-2.459	-2.718	-4.708***
	Primera diferencia	-5.138***	-6.302***	-7.402***
	Segunda diferencia	-20.798***	-32.741***	-26.125***

⁺Los niveles de significación para el rechazo de la hipótesis nula de encontrar raíz unitaria están codificados como sigue 1% ***, 5% **, 10% *.

6.15 Tabla B5. Resultado de la prueba de cointegración del modelo de per cápita

<i>País</i>	<i>Nombre del Modelo</i>	<i>Rango de Cointegración</i>	<i>Eigenvalor</i>	<i>Estadístico⁺</i>	<i>Valor Crítico</i>
México	Per Cápita	1	0.567023	99.94871*	117.7082

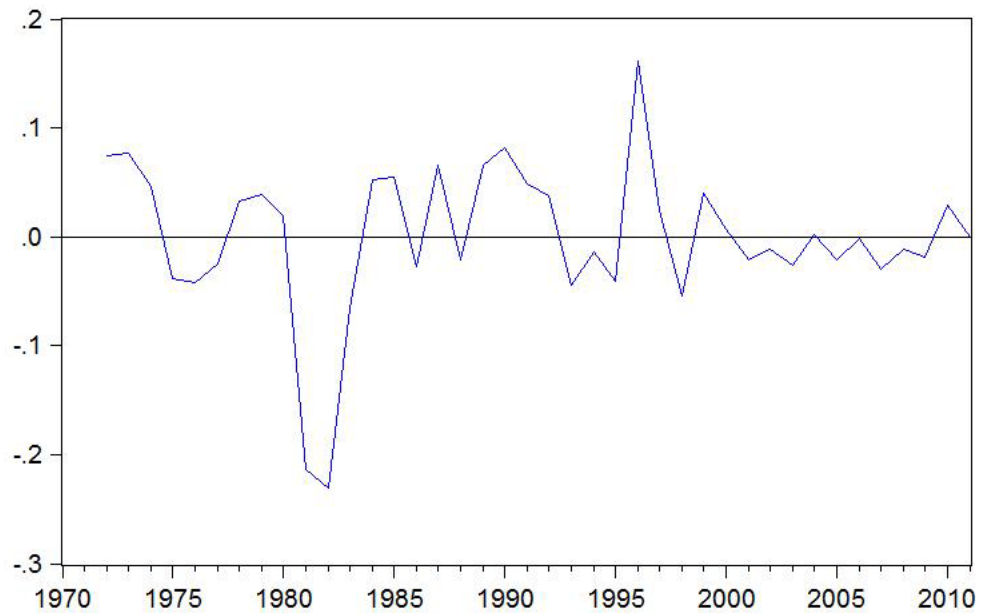
⁺Los niveles de significación para el rechazo de la hipótesis nula de encontrar una relación de cointegración adicional están codificados como sigue 1% ***, 5% **, 10% *.

6.16 Tabla B6. Ecuación de cointegración del modelo de per cápita

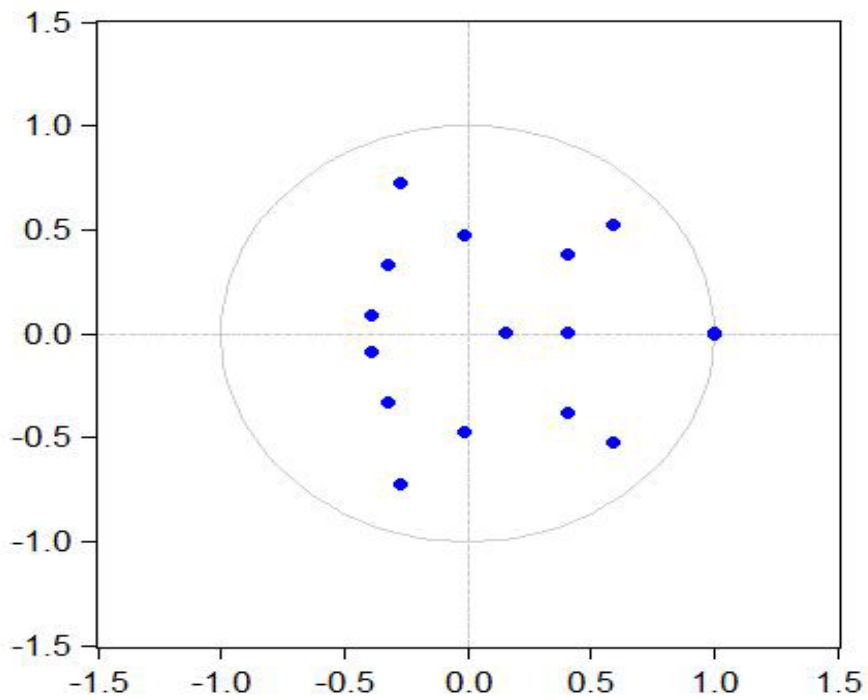
Variable	Valor	Ecuación de Cointegración 1
PIB per cápita	Coeficiente	1
	Error estándar	-
	Estadístico	-
Inversión per cápita	Coeficiente	-0.757702**
	Error estándar	(0.06758)
	Estadístico	[-11.2119]
GFCyT per cápita	Coeficiente	0.185293*
	Error estándar	(0.06017)
	Estadístico	[3.07954]

⁺Los niveles de significación para el rechazo de la hipótesis nula de que el coeficiente es igual a cero están codificados como sigue 1% ***, 5% **, 10% *.

6.17 Gráfica B1. Relación de cointegración del modelo de productividad



6.18 Gráfica A2. Raíces inversas del modelo de productividad



6.19 Tabla B7. Correlación de los errores del modelo per cápita

<i>País</i>	<i>Periodo</i>	<i>Per Cápita</i>
México	3	52.89618
	4	28.18763
	5	43.77616

[†]Los niveles de significación para el rechazo de la hipótesis nula de que no existe correlación de los errores están codificados como sigue 1% ***, 5% **, 10% *.

6.20 Tabla B8. Análisis de causalidad de largo plazo del modelo per cápita

Causalidad desde	Hacia	Estadístico[†]
GFCyT per cápita	PIB per cápita	23.29662***
	Inversión per cápita	79.71471***
PIB per cápita	Inversión per cápita	79.71471***
	GFCyT per cápita	25.52888***
Inversión per cápita	PIB per cápita	23.29662***
	GFCyT per cápita	25.52888***

[†]Los niveles de significación para el rechazo de la hipótesis nula de que no existe relación causal desde una variable hacia la otra están codificados como sigue 1% ***, 5% **, 10% *.