Hacia la creación de masas críticas de ciencia, tecnología e innovación: lecciones aprendidas de la experiencia mexicana en la elaboración de políticas

Gabriela Dutrénit

Gabriela Dutrénit es Investigadora del Posgrado en Economía y Gestión de la Innovación de la Universidad Autónoma Metropolitana, México.

dutrenit@correo.xoc.uam.mx

Un conjunto de países recién industrializados presentan un comportamiento ejemplar con respecto a los indicadores relacionados con sus capacidades en ciencia, tecnología e innovación (CTI). Esto sugiere de alguna forma que han alcanzado o están cerca de alcanzar el nivel de masas críticas en sus capacidades de CTI, lo que podría explicar la generación de procesos endógenos que contribuyen a los procesos de desarrollo. Este artículo se inserta dentro de esta discusión. A partir de información estadística sobre indicadores de insumos y resultados del Sistema Nacional de Innovación (SNI) se compara el desempeño relativo de México *vis a vis* un conjunto de países, buscando identificar niveles de masas críticas. El propósito central consiste en discutir si el diseño e implementación de la política de CTI en México ha contribuido al desarrollo de las masas críticas que permitan la consolidación del SNI. Con este objetivo en mente, este trabajo también discute algunos de los logros y áreas de oportunidad para la mejora de la política de CTI en México.

1. Introducción

Quisiera expresar mi agradecimiento al Licenciado Rodrigo Magaldi y al Ministro Carlos Ramos por su apoyo en la recolección, procesamiento y análisis de la información.

Un grupo de naciones recién industrializadas ha alcanzado un éxito considerable en términos del desarrollo económico y social, de hecho, estas economías están convergiendo hacia el mundo desarrollado; en cambio, la mayoría de las naciones del Sur todavía no han encontrado un camino propio para iniciar una trayectoria exitosa, mientras que algunas presentan distintos grados de avance.

Existe un consenso creciente acerca de la importancia que tiene el avance científico y tecnológico para conducir el progreso económico; el incremento de la inversión nacional en ciencia y tecnología aparece como un factor esencial para asegurar el crecimiento económico de una nación (Schumpeter 1942; Solow 1956; Abramovitz, 1956 y 1986). Hoy en día es bastante claro que la estructura de redes a nivel local, regional, nacional e internacional y la construcción de los sistemas nacionales de innovación (SNI) contribuyen a dicho éxito (Lundvall 1992; Nelson 1993; Kim 1997; Niosi 2000; Cimoli 2000; Cassiolato, Lastres y Maciel 2003). Sin embargo, no se ha alcanzado consenso sobre los procesos que vinculan innovación y crecimiento, y menos aún cuando se introduce la variable desarrollo al análisis.

Desde una perspectiva estructuralista y sistémico-evolutiva (Schumpeter 1934, 1939; Kuznets 1971, 1973; y más recientemente Saviotti y Pyka 2004), la innovación afecta al crecimiento económico y el desarrollo si desencadena un cambio estruc-

tural (Banco Mundial 2008; Haussman y Klinger 2007). Esto puede ser resultado del surgimiento de nuevos sectores, mercados, *clusters*, grandes empresas multinacionales y otras formas de estructuras multiagente (por ejemplo: redes, o sistemas de innovación regionales o sectoriales). Las experiencias de países de reciente industrialización sugieren que un desarrollo económico basado en la innovación y el cambio estructural tiene que ser analizado bajo el contexto de la construcción del SNI, dado que los agentes, las funciones y las estructuras son factores importantes en la dinámica del cambio.

Los países recién industrializados tienen un comportamiento destacado con respecto a los indicadores relacionados con sus capacidades locales en ciencia, tecnología e innovación (CTI), (*p.e.* Corea, Singapur y recientemente China), lo que sugiere de alguna forma que han alcanzado o están cerca de alcanzar el nivel de masas críticas/umbral en sus capacidades de CTI[1]. Esto podría explicar la generación de procesos endógenos en estas arenas que contribuyan a los procesos de desarrollo. En algunos casos, fue el gobierno quien inició estos procesos con un diseño adecuado de las políticas de CTI y con una correcta asignación de recursos para generar incentivos específicos para estos fines (*p.e.* Israel).

[1] Las masas críticas se refieren a los niveles de capacidades a los cuales el sistema es capaz de generar procesos endógenos y volverse autosostenible. Este concepto se asemeja a la idea del efecto umbral.

En este sentido, la política de CTI en conjunto con la política industrial pueden jugar un papel clave dentro del proceso de desarrollo, al fomentar el cambio en el comportamiento de los agentes, incrementar la oferta y demanda de conocimiento (y un equilibrio entre ambos), estimular el surgimiento de sectores estratégicos y nuevas áreas de competitividad, y promover la cooperación y equilibrio entre regiones dentro de una nación (Teubal y Zlotnick 2011). La coevolución de las diversas áreas de la CTI surge como un proceso relevante para la construcción de masas críticas que permitan acelerar trayectorias de innovación y el cambio estructural que conduzcan al desarrollo económico. Para entender este proceso se requiere de una aproximación sistémico/evolutiva al análisis de la política de CTI. (Smits, Kuhlmann y Teubal 2010).

Sin embargo, aún no conocemos suficiente sobre el significado de las masas críticas de CTI; cuáles son, cómo se construyen y el rol que desempeñan las políticas de CTI en dicho proceso. Este artículo se inserta dentro de esta discusión y su propósito central consiste en discutir si el diseño e implementación de la política de CTI en México ha contribuido al desarrollo de las masas críticas que permitan la consolidación del SNI. Este trabajo también discute algunos de los logros y áreas de oportunidad para la mejora de la política de CTI en México.

Luego de esta introducción, la *Sección 2* describe las características estructurales de México, *vis a vis* otros países emergentes; la *Sección 3* describe insumos y resultados del SNI mexicano; la *Sección 4* explora qué tan lejos se encuentra México de alcanzar masas críticas de CTI; la *Sección 5* discute algunas áreas de oportunidad en el diseño de la política, y finalmente la *Sección 6* concluye.

2. Características estructurales

Los países difieren en sus características estructurales, tales como la estructura económica, el tamaño del mercado, la composición de sus exportaciones (*commodities* frente a los productos manufacturados, los contenidos tecnológicos, etc.), la edad promedio de la población, el nivel de educación, el nivel de pobreza, etc. Algunas de estas características están asociadas con el tamaño del país y la dotación de recursos, mientras que otras se relacionan con el nivel de desarrollo. Estas características pueden condicionar las capacidades de CTI de los países y en consecuencia sus políticas de CTI.

Esta sección presenta una aproximación a las características estructurales de México. El análisis se realiza *vis a vis* un conjunto de países emergentes, y toma en consideración la evolución de los indicadores a través de tres períodos: 1990 (anterior al Consenso de Washington), 2000 (post Consenso de Washington) y 2008 (período actual). Para este análisis se emplean un conjunto de indicadores que reflejan los porcentajes o los niveles de diferentes aspectos económicos y sociales del país. La comparación de estos tres años muestra la evolución del perfil estructural a lo largo de los últimos 20 años.

Los gráficos estructurales permiten ilustrar la posición de México en relación a otros países emergentes que se comportan mejor en los indicadores utilizados para el análisis. En cada indicador, los valores están relacionados con el país que tiene un valor más alto en todo el período que se examina (1990, 2000 y 2008), los que en su mayoría se refieren a 2008.

Los indicadores y los países de referencia son los siguientes:

- Tamaño relativo de la economía, medido por el producto interno bruto (GDP PPP) (China).
- Bienestar de la población, medido por el producto interno bruto per cápita (GDP per cápita) (Corea).
- Condiciones de vida, medido por el Indice de Desarrollo Humano (HDI value) (Corea), el nivel de acceso a internet a través del porcentaje de usuarios de Internet *(internet users)* (Corea), los niveles de igualdad medidos por el inverso del Gini[2] (GINI) (Corea) y la cobertura de la educación superior (Coverage HEI) (Corea).
- Perfil productivo y exportador, medido por el porcentaje de exportaciones de alta tecnología en el total de exportaciones manufactureras (High-Tech X, %) (Corea).

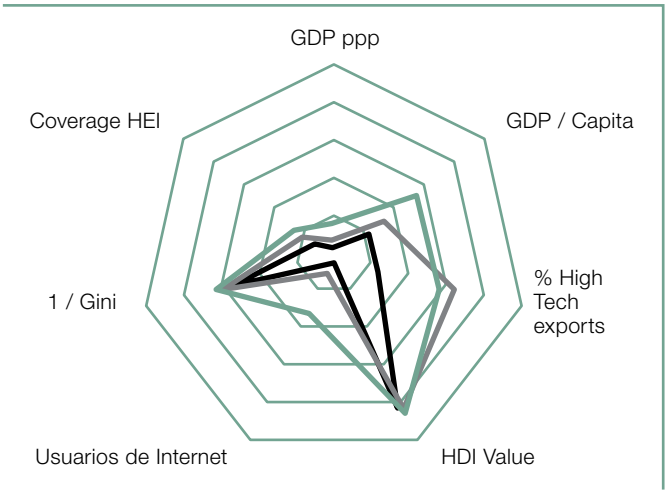
[2] Se decidió usar el inverso del GINI para reflejar un rasgo positivo respecto a la igualdad, ya que mayores niveles del GINI reflejan mayores niveles de desigualdad. Mayores valores del inverso del GINI reflejan mayor igualdad.

El *Gráfico 1* muestra las características estructurales de México comparadas con los otros países.

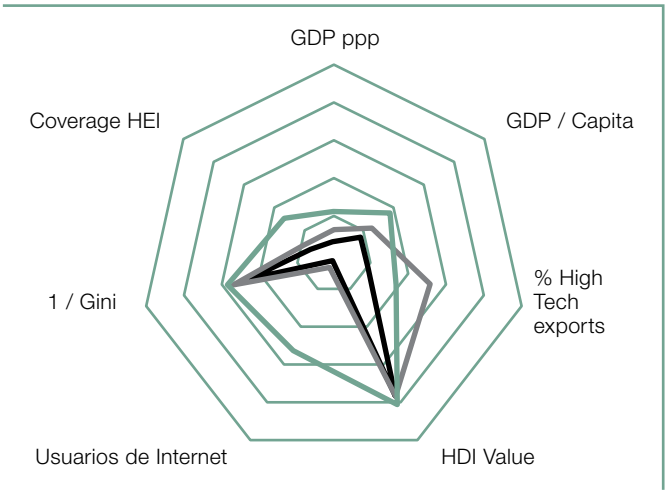
México al igual que los otros cuatro países ha avanzado a lo largo del período de análisis entre 1990 y 2008 en las dimensiones económicas y sociales analizadas. Los países presentan un perfil bastante balanceado hacia 2008, con excepción de la India que mantiene la misma estructura pero con mejor desempeño de las dimensiones analizadas. Corea es el país con mejor desempeño, ya que presenta los valores más altos en casi todas las variables, excepto en el tamaño de la economía. Si bien todas son economías relativamente grandes, con amplios mercados inter-

Gráfico 1. Características estructurales

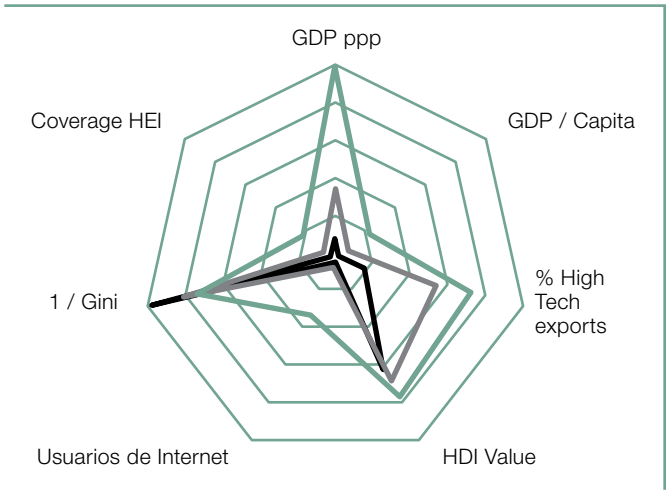
México



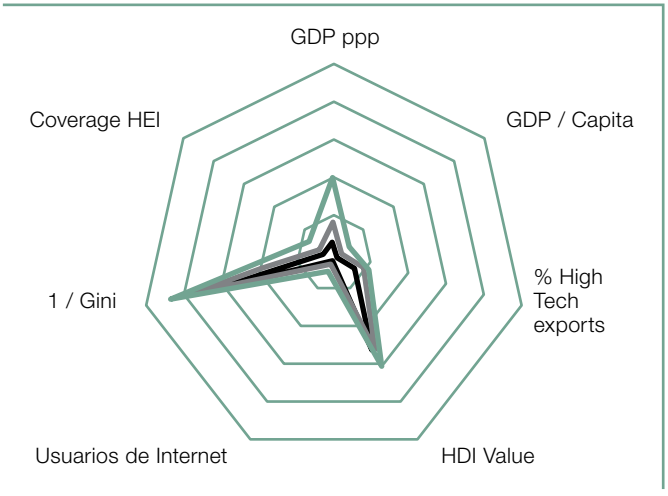
Brasil



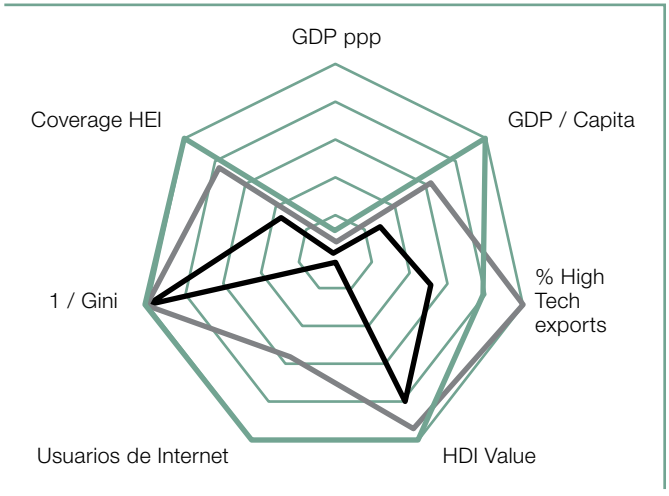
China



India



Corea



Fuente: Banco Mundial.

nos, China tiene un tamaño de economía que supera por lejos a los demás países. Se observa una fuerte especialización exportadora en productos de alto contenido tecnológico en Corea, China y México; hay cambios en el caso de Brasil hacia otros productos de menor contenido tecnológico, e incluso Corea está diversificando sus exportaciones.

Se observan diferencias importantes en los niveles de bienestar relativo y las condiciones de vida. Corea presenta los mayores valores en todos los indicadores. Se observan pocas diferencias en los niveles de HDI, tal parece que este índice de desarrollo humano no diferencia a los países.

Se verifican altos GDP/capita en Corea, Brasil y México, pero en Brasil y México persiste una fuerte desigualdad (el inverso del GINI es relativamente bajo)[3]. En los extremos, China muestra menores niveles de bienestar, aunque están incrementando, con un crecimiento de la desigualdad, mientras que India combina bajos niveles de bienestar pero con una mejor distribución del ingreso.

[3] Cepal (2010) describe los problemas de la desigualdad en América Latina.

En suma, se observa una relación entre desempeño económico y social, mayores desempeños económicos se asocian con mejoras en varios indicadores del bienestar y las condiciones de vida, pero persisten altos niveles de desigualdad a pesar de que las economías están creciendo. México se encuentra en esta situación.

3. Construyendo capacidades de CTI

Esta sección describe brevemente las principales características del SNI mexicano, y presenta algunos indicadores de insumos y resultados del sistema.

3.1 El Sistema Nacional de Innovación mexicano

El SNI mexicano es pequeño, de acuerdo al tamaño de sus principales agentes, en relación al tamaño de la población y ha sido resultado de un proceso de agregación de distintas organizaciones públicas y privadas que operan, aún, de forma poco articulada. Esto se debe a diversos factores, por un lado, históricamente, la valoración de las actividades relacionadas con la CTI por la sociedad, los partidos políticos y el gobierno ha sido limitada y raramente se ha identificado al cambio técnico basado en esfuerzos locales y sistemáticos en CTI como un factor importante para mejorar el desempeño de la economía mexicana. Por otro lado, los recursos financieros dedicados tanto por el sector público como el privado a la CTI han sido escasos, de hecho, tal parece que las actividades de mayor rentabilidad en el mercado mexicano (a nivel industrial o de servicios) no tienen relación con los esfuerzos en innovación, es decir, las señales de ganancia relativa a corto plazo parecen estar disociadas de la innovación (Dutrénit *et al,* 2010).

CONACyT, la agencia de CTI creada en 1970, juega un rol central en el SNI, coordinando el diseño e implementación de las políticas de CTI nacionales y actuando como mediador entre el gobierno y los científicos y entre el gobierno y las empresas (Braun 1993; Guston 1996; van der Meulen 1998).

El marco institucional alrededor de las actividades de CTI ha cambiado radicalmente durante la década de 2000. Las leyes de Ciencia y Tecnología (CyT) de 1999, 2002 y 2009, otras reformas relacionadas (e.g. un presupuesto integral para CTI y

una mayor autonomía en la toma de decisiones y autofinanciamiento de los centros públicos de investigación) y los cambios en la Ley de Propiedad Intelectual de acuerdo a patrones internacionales, han introducido cambios institucionales favorables para el fortalecimiento del SNI. La Ley de CyT puso al CONACyT en el centro del sistema. En 2009 se aprobó otra enmienda de la ley de CyT, que destaca que la política de CTI debe ser una política de estado y se creó el Comité Intersectorial de Innovación dirigido por la Secretaría de Economía. El Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2001-2006 (PECyT 2001-2006) introducido en 2002 y el nuevo Programa Especial en Ciencia, Tecnología e Innovación 2007-2012 (PECiTI) de 2007 se convirtieron en los principales instrumentos que han guiado y establecido las metas, diseño e implementación de políticas públicas en esta materia.

Adicionalmente, se pueden describir diversos logros, tales como el surgimiento de nuevos actores (*p.e.* el Foro Consultivo Científico y Tecnológico, los Consejos Estatales de Ciencia y Tecnología, el Consejo Nacional de CTI) y su impacto en la reconfiguración del SNI, el incremento en la cantidad de I+D financiada por el sector empresarial y el desempeño exitoso en áreas específicas, el incremento en la productividad de la investigación, entre otros factores. En general, existe una preocupación explícita creciente dentro de la comunidad dedicada a actividades de CTI por buscar los mecanismos para mejorar la interacción entre los agentes y lograr una mejor coordinación entre las instancias involucradas en la toma de decisiones.

3.2 Insumos del SNI

Los insumos del SNI incluyen recursos financieros y humanos dedicados a la CTI, entre otros factores. En relación a los recursos financieros existentes en México, la evolución del Gasto Federal en Ciencia y Tecnología (GFCyT) y del Gasto en Investigación y Desarrollo Experimental (GIDE) como porcentaje del Producto Interno Bruto (PIB) para el período de 1980 a 2010 muestran una tendencia al estancamiento. Ambos indicadores del esfuerzo se mantienen por debajo del 0,5% del PIB a lo largo del tiempo. Si bien los montos asignados han crecido, la trayectoria ha seguido el crecimiento de PIB. El GIDE se incrementó de 780,9 millones de dólares durante 1990 a 5.856 millones de dólares en 2008, mientras que el GFCyT creció de 717 hasta 4.311 millones de dólares en el mismo período. Estos incrementos fueron motivados por políticas específicas dirigidas a incrementar la inversión nacional en CyT del país; sin embargo, los esfuerzos con relación al PIB aún son muy bajos.

Considerando la inversión en I+D por sector de financiamiento, el gobierno aún posee la mayor proporción en el total de los recursos dedicados a la I+D (50,7%), pero el sector privado está aumentando su participación, ya que pasó de contribuir con un 14,3% en 1993 hasta un 44,6% para 2007. El sector de educación superior contribuye marginalmente (con un porcentaje muy pequeño del total) y sin cambios sustanciales a través del tiempo.

En relación al esfuerzo para incrementar los recursos humanos dedicados a actividades científicas y tecnológicas, se observa un crecimiento sostenido en la cantidad total de investigadores, los cuales llegaron a 38.000 en 2007. Los investigadores en el sector privado son los que reportan un mayor crecimiento. A pesar de esta tendencia, los investigadores trabajando en los centros públicos de investigación y en las universidades aún representan el 55% del volumen total.

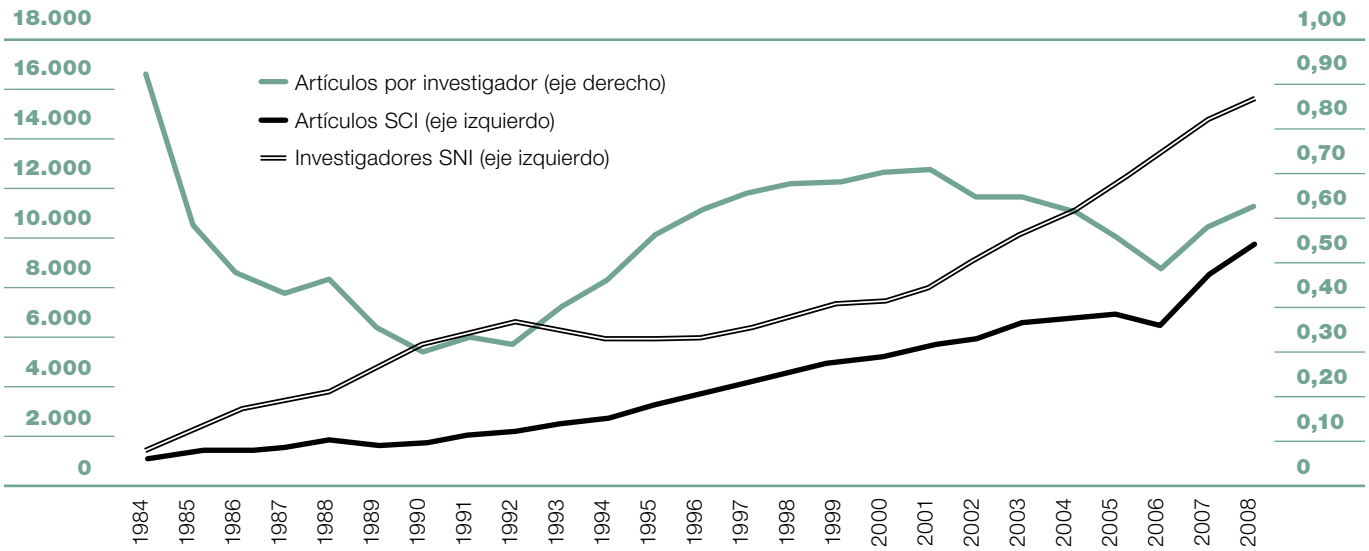
3.3 Resultados del SNI

Dos tipos de resultados ilustran el desempeño del SNI: la producción científica y las actividades relacionadas con la innovación. En cuanto a los resultados científicos, el *Gráfico 2* muestra la evolución del número de artículos publicados en revistas ISI y la productividad de los investigadores medida por el número de artículos per cápita. Se puede observar un crecimiento sustancial en el número de artículos publicados a partir de 1984, fenómeno asociado a la introducción del Sistema Nacional de Investigadores, el cual recompensa a los científicos considerando su producción de artículos[4]. Sin embargo, a pesar de existir un crecimiento acelerado en el número de investigadores, el número de artículos por investigador disminuyó, y se recuperó recién en 2006. Esto refleja que se han incorporado al Sistema investigadores de baja productividad.

[4] El Sistema Nacional de Investigadores fue creado en 1984 para promover la formación, desarrollo y consolidación de una masa crítica de investigadores al más alto nivel, principalmente al interior del sistema público de educación superior e investigación. Otorga estímulos pecuniarios (una compensación mensual) y no-pecuniarios (estatus y reconocimiento) a los investigadores con base en la productividad y calidad de su investigación.

La encuesta nacional de innovación provee evidencia sobre los resultados relacionados con la innovación. El *Cuadro 1* lista diversas variables de innovación para 2008. Como se puede observar, el 19,8% de las empresas se definen a sí mismas como innovadoras, ya que han realizado actividades de innovación durante el año anterior. Las empresas de menor tamaño (de 50 a 100 empleados) tienden a ser más innovadoras que las empresas de gran tamaño (aquellas con más de 751 empleados).

Gráfico 2. Producción científica y productividad en la investigación, 1984-2008



Fuente: CONACyT (2010).

Cuadro 1. Empresas Innovadoras, 2008 (%)

Tamaño de la empresa (número de empleados)	% de empresas innovadoras	Contribución de la ventas de los productos		
		Tecnológicamente nuevos	Tecnológicamente mejorados	Sin mejora
50-100	23,6	28,4	28,4	43,3
101-250	16,8	29,6	30,0	40,4
251-500	20,1	28,2	42,2	29,6
501 a 750	12,4	16,1	15,0	68,9
751 o más	20,7	13,5	42,6	43,9
% de la población total	19,8	17,5	39,7	42,9

Fuente: Elaboración propia basada en ESIDET (2008).

Considerando la contribución a las ventas, los productos tecnológicamente nuevos o mejorados generaron en promedio un 57,2% de las ventas. Sin embargo, aquí también surgen importantes diferencias cuando se considera el tamaño de la empresa. En las empresas pequeñas y medianas las ventas asociadas a productos tecnológicamente nuevos tienden a ser significativamente superiores que en las empresas de mayor tamaño. En otras palabras, las empresas grandes tienden a colocar en el mercado productos con mejoras menores o incluso sin mejoras, son adversas al riesgo de introducir productos no probados en el mercado.

Finalmente, en relación al patentamiento, un análisis de la intensidad de patentamiento basado en las familias triádicas de patentes muestra que México se mantiene en los niveles de desempeño más bajos entre los países de la OCDE y de algunas economías emergentes.

En resumen, el SNI mexicano, ha tenido un importante progreso en la construcción de capacidades de CTI, esto se puede observar en las tendencias observadas tanto de los insumos como de los resultados durante los últimos diez años. El sector público continúa siendo el más importante financiador de las actividades de CTI, aunque el sector privado ha incrementado significativamente su participación. Pero en general se puede decir que el esfuerzo financiero dedicado a estas actividades tanto por el sector público como por el sector privado aparece como el factor más débil del SNI. Como se discutirá en la *Sección 4*, el esfuerzo que el país ha realizado, aún se encuentra muy por detrás del realizado por otros países, al mismo tiempo que parecen existir dificultades para generar dinámicas endógenas para la construcción de masas críticas en CTI. Por lo tanto, las características mencionadas corresponden a un SNI emergente con capacidades de CTI reducidas y laxamente articuladas. La sección siguiente provee evidencia de este comportamiento al comparar México con otros países.

4. Una aproximación a las masas críticas de capacidades en CTI: ¿qué tan lejos está México?[5]

[5] Esta sección se basa en la metodología propuesta por Dutrénit y Puchet (2011).

A partir de enfoques coevolutivos de CTI y de ideas procedentes de la Economía del Desarrollo (Gerschenkron 1962; Rosenstein Rodan 1943; Myrdal 1957), Dutrénit, Puchet y Teubal (2011) argumentan que a fin de situar a la innovación en el centro de los procesos de cambio estructural, el SNI tiene que alcanzar un umbral de capacidades de CTI. En este umbral es posible que emerjan comportamientos que permitan desencadenar un proceso de desarrollo guiado por un cambio estructural. En otras palabras, se necesitan masas críticas para generar procesos endógenos.

A pesar de que el significado de *alcanzar masas críticas* en CTI puede ser ambiguo, las capacidades de CTI de aquellos países que están teniendo un desempeño notable parecen haber alcanzado un nivel que se asocia con procesos virtuosos, autosostenibles, en otros términos, estar cerca de lo que podemos llamar masas críticas en CTI. Siguiendo este argumento, esta sección compara los principales insumos y resultados del SNI en algunos países recientemente industrializados o que están mostrando un desempeño notable (Corea del Sur, China, India y Brasil) con aquellos observados en México. Tales países fueron seleccionados debido a sus similitudes con México, en términos de su tamaño, las condiciones iniciales en los años '60 y '70 o del modelo de desarrollo que siguieron. Esta comparación permite

evaluar el nivel de capacidades de CTI que México tiene y de alguna manera identificar qué tan lejos está de alcanzar masas críticas de CTI.

Los *Cuadros 2* y *3* resumen algunos indicadores de los insumos y resultados del SNI relacionados a las capacidades de ciencia y de innovación en 2008, que son usados aquí para identificar las masas críticas en estas áreas. El *Cuadro 2* muestra un conjunto de indicadores que ilustran diferentes aspectos de las capacidades de ciencia de los países seleccionados.

Respecto a los insumos:

- El indicador del esfuerzo nacional para fomentar la ciencia básica revela que México está haciendo un esfuerzo menor que Corea, pero duplica el esfuerzo desarrollado por China, India y Brasil. Cabe mencionar que aunque el esfuerzo desplegado por China como porcentaje del PIB es menor que el de México, la economía china es casi seis veces mayor que la mexicana, por lo tanto en términos de la cantidad de recursos destinados a financiar la ciencia, China tiene condiciones para alcanzar una escala mayor que la de México.
- El indicador relacionado a los investigadores académicos muestra que Corea tiene un comportamiento ejemplar en términos del porcentaje de investigadores en relación a su población; sin embargo, el número de investigadores académicos tiene relación con su pequeña población comparada con la de otros países. En contraste, la masa de investigadores académicos en China sugiere de nuevo que este país tiene el potencial para alcanzar escalas en la producción de conocimiento. Brasil se comporta bastante bien en ambos indicadores, mostrando fuerza en sus capacidades de ciencia, mientras que las capacidades de México medidas a través de sus recursos humanos son bastante bajas.

Respecto a los resultados:

- A pesar de que Corea supera a los otros países, incluyendo a China, en términos de artículos por población, China tiene un gran porcentaje de las publicaciones científicas en el mundo, lo que se relaciona con su cantidad de investigadores. De nuevo, México está por debajo de los niveles de los otros países, con excepción de los artículos por población en India.
- No hay diferencias significativas entre México, Brasil e India en términos de los doctorados otorgados, mientras que Corea y China tienen niveles mucho mayores.

Cuadro 2. Masa Crítica en Ciencia (2008)

País	Población en millones (2010)	Insumos			Resultados		
		Gasto en ciencia básica/ del PIB (%)	Investigadores/1000 empleo total	Investigadores en universidades y centros	PhD otorgados/ 100.000 población	Artículos científicos /millón población	% Publicaciones científicas/ mundo
México	112,3	0,09*	0,9*	20.891*	3,2*	73,3	0,8
Corea	49,0	0,50	10,0	53.274*	19,8	762,2	3,3
Brasil	190,7	0,06	1,5**	158.314	5,2*	141,4	2,7
India	1.210,2	NA	0,4	NA	NA	35,5	3,7
China	1.341,0	0,05*	2,1	478.901*	15,9**	156,2	10,6

Nota: *Los datos corresponden a 2007; **Los datos corresponden a 2006.

Fuente: Elaboración propia con información de la OCDE (2010c, d), CONACyT (2010) y UNESCO (2010).

El *Cuadro 3* muestra un conjunto de indicadores que dan cuenta de las capacidades de innovación de los países seleccionados.

Respecto a los insumos:

- Los datos relacionados al porcentaje del GIDE/PIB revelan que el esfuerzo público y privado hecho por México está muy por debajo de los otros países.
- La cantidad en millones de dólares destinada a la innovación también es importante para alcanzar escalas; el PIB mexicano es mayor que el de Corea pero el GIDE es ocho veces menor. Brasil duplica el gasto hecho por México, teniendo un esfuerzo nacional casi tres veces mayor. Una porción significativa de este gasto es generado por el sector empresarial en Corea y China, mientras que en México y Brasil el sector público es todavía el principal financiador del gasto en I+D.
- México se destaca en términos del porcentaje de investigadores trabajando en el sector empresarial, acercándose a los niveles de Corea y China. Brasil está todavía muy por debajo en este indicador.

Respecto a los resultados:

- Corea reporta el mayor porcentaje de empresas innovadoras. No se observan diferencias significativas entre los otros países.
- En cuanto a las patentes triádicas, Corea excede por lejos a todos los países, reporta 44 por cada millón de habitantes, mientras que los otros países no alcanzan ni siquiera 1 patente por cada millón de habitantes.

Corea destaca en todos los indicadores que indican participación de las capacidades de ciencia, tanto en insumos como en resultados. Corea también es líder en la construcción de capacidades de innovación entre estos países, pero China parece estar cerrando la brecha. El mayor esfuerzo en el GIDE/PIB de Corea respecto a China es compensado hasta cierto punto por la magnitud de la inversión de este país. Además, los procesos de variación y selección son más ricos en números más altos. Si consideramos que estos países han alcanzado o están cerca de alcanzar una masa crítica en innovación, los valores observados en el caso de México sugieren que el país está por debajo de estas capacidades. El limitado GIDE/PIB es un factor que contribuye a explicar el bajo nivel de las capacidades existentes y la distancia respecto a las masas críticas necesarias.

Cuadro 3. Masa Crítica en innovación (2008)

País	Posición mundial en cuanto al PIB**	Insumos				Resultados	
		GIDE/PIB (%)	GIDE (millones dólares)	BERD (%)	Investigadores en empresas (%)	% Empresas innovadoras	Patentes ***
México*	14 (1.004)	0,38	5.856	44,6	52,7	19,8	0,14
Corea	15 (986)	3,37	44.026	73,7	65,6	42,0	43,93
Brasil	8 (2.024)	1,13	11.269	47,5	19,8	33,3	0,34
India	11 (1.430)	0,88	29.021	NA	31,0	NA	0,14
China	2 (5.745)	1,44	114.142	70,4	65,7e	30,0	0,39

Notas: * 2007; ** 2010 Lista hecha por el Fondo Monetario Internacional, en miles de millones de dólares.
*** Patentes triádicas por cada millón de habitantes.

Fuente: OCDE (2010c), Bogliacino, et al. (2009), MEST (2011), MCT (2011) y MOST (2011).

5. Las políticas de CTI desde 2000

México al igual que otros países latinoamericanos ha diseñado sus políticas de CTI de acuerdo al marco analítico existente a nivel internacional. La racionalidad de este marco se asocia a las condiciones iniciales de los países desarrollados y de algunos países emergentes exitosos. Estos países se caracterizan por tener una base científica bastante consolidada, una base amplia de empresas que realizan I+D, y en muchos casos lo que Guston (2000) denomina un contrato social de CyT con la sociedad.

En esas condiciones de SNI más maduros, una prioridad de la política de innovación es incrementar el esfuerzo en I+D privada e incrementar la masa de empresas que realizan innovaciones significativas. Estos países parecen tener las masas críticas o al menos una masa importante de capacidades de CyT, y requieren incrementar aún más la innovación. Eso explica el énfasis que hacen en la política de innovación y particularmente en el incremento de la I+D, y no en la política de CyT o en una política de innovación que promueva el uso de conocimiento existente.

Sea cual sea la racionalidad que está detrás, la política de CTI contribuye a fomentar un cambio en el comportamiento de los agentes dirigido a incrementar la oferta y demanda de conocimiento y estimular el surgimiento de sectores estratégicos y nuevas áreas de competitividad. De esta forma juega un papel central para estimular el incremento de las capacidades de CTI existentes.

Esta sección describe los principales instrumentos de planeación de la CTI implementados en México en la última década, también presenta el conjunto de políticas empleadas *(policy mix)* y algunos problemas que enfrentan el diseño y la implementación de la política de CTI.

5.1 Los Programas Especiales de Ciencia y Tecnología e Innovación

Desde 1970 CONACyT ha sido responsable del diseño de una serie de programas nacionales dedicados a incrementar el financiamiento público a las actividades científicas y tecnológicas, y en años recientes, también a la innovación. Durante la última década, los principales programas gubernamentales diseñados e implementados fueron: el Programa Especial de Ciencia y Tecnología (PECyT), activo durante 2002-2006 y el nuevo Programa Especial en Ciencia, Tecnología e Innovación (PECiTI), para el período 2007-2012. Ambos programas incluyen objetivos y estrategias para incrementar las capacidades de CyT, identificar sectores estratégicos en donde el país debe concentrar sus inversiones, incrementar la inversión privada en I+D y establecer los lineamientos para alcanzar los objetivos que permitirían al país convertirse en una economía del conocimiento.

El principal objetivo del PECyT consistía en integrar y coordinar el esfuerzo nacional en las actividades de CyT, trabajando en alineación con el Plan Nacional de Desarrollo (2000-2006) y basado en la Ley de Fomento a la Ciencia y la Tecnología. Incluía tres objetivos principales: *(i)* establecer una política estatal en material de ciencia y tecnología, *(ii)* incrementar el gasto nacional en capacidades científicas y tecnológicas, *(iii)* impulsar la competitividad e innovación entre las empresas (FCCyT, 2006: 59). El PECiTI da continuidad a los esfuerzos contemplados en el plan anterior y en las leyes de CyT. No se hicieron cambios sustanciales a la estructura de las estrategias asociadas al cumplimiento de los objetivos, quizá

el mayor cambio fue la inclusión de la palabra innovación, lo que requirió de la adecuación del programa anterior para poder incluir procesos de innovación, y en especial para el fomento de redes entre agentes. Cinco en lugar de tres objetivos claves fueron definidos: *(i)* establecer políticas de Estado a corto, mediano y largo plazo que permitan fortalecer la cadena educación, ciencia básica y aplicada, tecnología e innovación, *(ii)* descentralizar las actividades científicas, tecnológicas y de innovación con el objeto de contribuir al desarrollo regional, *(iii)* fomentar un mayor financiamiento de la ciencia básica y aplicada, la tecnología y la inno-

Cuadro 4. Programas actuales para fomentar la CTI del CONACyT y la Secretaría de Economía, 2009

Programa	Características	Objetivo implícito	Monto total (Mill us$ corrientes)
Fondos Sectoriales	20 fondos operados en conjunto con otras secretarías y organizaciones gubernamentales para promover el desarrollo y consolidación de las capacidades de CTI de acuerdo a las necesidades estratégicas de cada sector participante (p.e., ciencia básica, innovación, energía, agricultura, etc.)	Ciencia básica, e investigación orientada a problemas	141,1*
Fondos Mixtos	34 fondos operados entre el gobierno federal o los estatales y el CONACyT, que intentan generar capacidades de CTI y desarrollar proyectos orientados a satisfacer la demanda local.	Investigación orientada a problemas y regionalización	93,2*
Fondo institucional de Fomento Regional (FORDECyT)	Busca promover acciones científicas, tecnológicas y de innovación y la formación de recursos humanos especializados que contribuyan al desarrollo regional, a la colaboración e integración de las regiones del país y al fortalecimiento de los sistemas locales de ciencia, tecnología e innovación.	Investigación orientada a problemas y regionalización	22,0
Programa de Estímulos Fiscales	Crédito fiscal del 30 por ciento de los gastos e inversiones comprobables en proyectos de I+D. Activo hasta 2008.	Innovación	350,0**
Programa para el Estímulo de la Innovación (PEI)	Fomenta la inversión de las empresas en distintas etapas de la innovación, incluyendo la I+D; opera bajo tres modalidades: INNOVAPYME (PYMES), PROINNOVA (tecnologías nuevas y potenciales) y INNOVATEC (empresas grandes).	Innovación	127,0
Sistema Nacional de Investigadores (SNInv)	Creado en 1984, tiene el objetivo de incrementar la producción y calidad de la investigación científica y tecnológica nacional, a través de la evaluación de la producción científica por pares.	Ciencia Básica	162,0
AVANCE	Busca apoyar a las empresas en la última milla de los proyectos de innovación. Incluye subprogramas: Nuevos Negocios, Fondo Emprendedores, Fondo de Garantías, Fondo de Capital Semilla, Paquetes Tecnológicos, etc.	Innovación	12,0
Becas para Estudios de Posgrado	Creado en 1971, otorga financiamiento para realizar estudios de posgrado a nivel de maestría y doctorado en México y el extranjero.	Recursos Humanos	279,0
PROSOFT	Desarrollado durante la década de 2000, es un Pprograma de política industrial orientado a proveer la creación y fortalecimiento de empresas que desarrollan software, coordinado por la Secretaría de Economía.	Competitividad Innovación	48,0
PRODIAT	Programa para el Desarrollo de las Industrias de Alta Tecnología, que apoya gastos relacionados con propiedad intelectual, capacitación de recursos humanos y consultoría especializada en gestión de la innovación y en el uso de la tecnología, coordinado por la Secretaría de Economía.	Innovación	37,0

Notas: * Este monto incluye las contribuciones del CONACyT y sus contrapartes, aproximadamente 50% de cada uno.
** Este monto corresponde a 2008 ya que el programa no operó durante 2009.

Fuente: CONACyT (2010) y Dutrénit et al. (2010 y 2011).

vación, *(iv)* aumentar la inversión en infraestructura científica, tecnológica y de innovación, y *(v)* evaluar la aplicación de los recursos públicos que se invertirán en la formación de recursos humanos de alta calidad, y en las tareas de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación. Ambos programas reconocen áreas estratégicas que deben convertirse en prioridades de inversión para la política nacional. Estas incluyen a los sectores de alta tecnología (farmacéutica, IT y computación, electrónica, aeronáutica, medicina y sector salud) y a los de mediana tecnología (química y procesos relacionados con el petróleo y el transporte).

Las metas de ambos programas no sufrieron modificaciones substanciales, aunque ambas fueron extremadamente ambiciosas. Se planteaba un incremento superior al doble del porcentaje del GIDE/PIB, de la cantidad de investigadores y de la cantidad de doctores graduados en el período. El cumplimiento de dichos objetivos se encontraba condicionado no sólo al incremento del presupuesto y a la capacidad de absorción del sistema, sino a otros indicadores. Se alcanzaron las metas en el caso del GIDE financiado por el sector empresarial, mientras que para otros indicadores los resultados se quedaron muy por debajo de las metas planteadas.

5.2 La combinación de políticas

El diseño de la política de CTI en México evolucionó a lo largo del tiempo, a partir de un enfoque esencialmente lineal utilizado en las primeras décadas. Los encargados del diseño de la política aprendieron sobre la necesidad de avanzar hacia un modelo más interactivo, y eso se plasmó en el PECyT y el PECiTI. Sin embargo, existen prioridades implícitas en la asignación de recursos (tal es el caso del gasto en formación de recursos humanos y en ciencia), que se originan en los primeros años de existencia del CONACyT, que aún hoy en día continúan moldeando el modelo de implementación de la política y afectan la efectividad de su diseño.

En línea con las metas del nuevo modelo de política de CTI establecido a principios de 2000, el CONACyT introdujo, reformó o continuó implementando diversos instrumentos de política y programas específicos para el apoyo de las actividades de CTI. Los instrumentos incluyen cerca de 60 fondos o programas diseñados de acuerdo con los objetivos del PECyT y el PECiTI. En este sentido, se orientan a fomentar la ciencia básica y la investigación orientada a la solución de problemas, a regionalizar las actividades, a fomentar la I+D del sector empresarial y a la formación de recursos humanos especializados. Los principales programas/instrumentos considerados de acuerdo por la importancia en la asignación de presupuesto durante 2009 se presentan en el *Cuadro 4.* Los montos representan la asignación de CONACyT y de sus contrapartes del sector público, en el caso de los fondos sectoriales y mixtos, lo cual ilustra el total del esfuerzo público realizado.

Contrario a los objetivos establecidos por el PECyT y el PECiTI, la expansión tanto del gasto federal como del presupuesto del CONACyT fue bastante lenta. Esto tuvo un impacto negativo en la implementación de la combinación de políticas, al limitar la asignación de recursos hacia algunos nuevos instrumentos; también afectó la ya limitada interacción entre los instrumentos.

En términos de la implementación del presupuesto del CONACyT, la persistencia de ciertas inercias es evidente, especialmente cuando se observa o considera el monto del presupuesto del Sistema Nacional de Investigadores y del programa de becas de posgrado. Estos programas son en realidad ingresos de investigadores y

becarios, que difícilmente pueden ser modificados. Esto hace que el presupuesto para otros objetivos clave haya sido casi un residuo respecto al total aprobado por la Cámara de Diputados, bajo las directrices de la Secretaría de Hacienda. El *Gráfico 3* presenta el presupuesto del CONACyT durante el 2009 distribuido entre los diversos programas del Consejo (por un total de 728 millones de dólares), los programas están agrupados de acuerdo a su principal objetivo (formación de recursos humanos, ciencia básica, investigación aplicada, proceso de innovación u otros objetivos de menor importancia) y se incluyen también los gastos de operación.

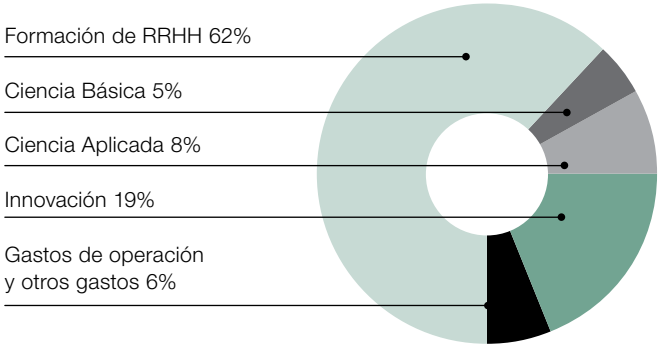
La asignación de recursos refleja las prioridades implícitas de la CTI, que difieren de lo establecido por los programas mencionados: *(i)* énfasis en la formación de recursos humanos, *(ii)* limitados recursos dedicados a la investigación orientada a la solución de problemas, y *(iii)* un pequeño porcentaje dedicado a patrocinar a la innovación y la I+D del sector empresarial. El monto de recursos dedicado a la formación de recursos humanos (principalmente al Sistema Nacional de Investigadores y a las Becas de posgrado) representa el 62% del total, si en este porcentaje se incluye el gasto de ciencia básica se alcanza el 67%. En contraste, los nuevos objetivos propuestos por los programas especiales como la ciencia aplicada (representada por los fondos mixtos y sectoriales) y la innovación solamente recibieron un 8% y 13% de apoyo, respectivamente. El esfuerzo dedicado al diseño de una variedad de instrumentos contrasta con la concentración de recursos en unos pocos.

Los limitados recursos asignados para fomentar la innovación sugieren que estos programas han operado bajo un esquema de programas piloto. Los beneficios fiscales para la I+D fueron un incentivo importante, pero operaron hasta 2008 porque los cambios en el sistema fiscal hicieron que este crédito fiscal se tornara inadecuado[6]. El PEI sustituyó al programa de Estímulos Fiscales pero recibió una asignación menor.

[6] Un nuevo diseño de los incentivos fiscales para los programas de I+D está en discusión, y ha sido promovido por el Foro Consultivo Científico y Tecnológico y la Secretaría de Economía.

Desde 2009 se ha hecho un mayor esfuerzo por asignar más recursos hacia sectores estratégicos. En este contexto el Fondo de Energía ha ampliado su cartera e incluye dos nuevos componentes, un fondo de Hidrocarburos y uno de Sustentabilidad Energética, que han recibido una asignación presupuestal superior tanto de parte de CONACyT como de su contraparte, la Secretaría de Energía. Esto refuerza el apoyo a la investigación aplicada en sectores estratégicos. Asimismo se han realizado mayores esfuerzos para incrementar la colaboración internacional, particularmente en ciencia básica, con España, Francia y la Unión Europea, lo que apalanca los recursos nacionales asignados al sector.

Gráfico 3. La combinación de políticas de CONACyT, 2009 (%)



Nota: La formación de recursos humanos incluye: Becas, SNInv y programas de intercambio, Ciencia Básica incluye: algunos fondos sectoriales, Ciencia Aplicada incluye: algunos fondos sectoriales y todos los fondos mixtos, Innovación incluye: AVANCE, Programas para el Estímulo de la Innovación y algunos fondos sectoriales de innovación.

Fuente: Elaboración propia basada en CONACyT. Presupuesto total: 728 millones de dólares.

5.3 Problemas confrontados por el diseño y la implementación de la política de CTI

Respecto al diseño, México ha seguido las recomendaciones de organismos internacionales basadas en países con un SNI más maduro o la experiencia de economías emergentes exitosas (tales como Corea, China, Singapur o incluso Brasil). Respecto a la implementación, la asignación de recursos muestra un conjunto diferente de prioridades implícitas y algunas rigideces, como se señaló anteriormente.

Tres problemas relacionados al diseño de las políticas de CTI resultan relevantes. Primero, el número de instrumentos y la forma en la que fueron concebidos, como fondos con socios, demandaron un enorme esfuerzo de negociación y coordinación. Segundo, se observa una limitada articulación entre los instrumentos, e.g. una gran cantidad de becas pero pocas nuevas plazas para que las universidades y centros públicos de investigación contraten a los nuevos doctores. En cierto modo, muchos de estos problemas fueron abordados en el PECiTI a través de becas de postdoctorado y estancias de egresados de posgrados en empresas, entre otros programas. Tercero, se observan algunos desbalances entre los programas que están orientados a atender a diferentes agentes del SNI.

En relación a la ciencia básica, los apoyos al mejoramiento de la infraestructura han sido insuficientes. El principal megaproyecto apoyado ha sido el Gran Telescopio Milimétrico. Se han diseñado e implementado otros programas como las Redes Temáticas, los Laboratorios nacionales y el Fondo internacional para la cooperación Unión Europea-México, pero en general los recursos han sido limitados. Ha habido pocos recursos y han estado distribuidos entre muchos beneficiarios, lo que difícilmente contribuye a alcanzar las masas críticas, dado que otros países se mueven más rápido y las masas críticas probablemente cambian de dimensión.

En relación a los instrumentos para fomentar la I+D y las actividades de innovación, la mayoría de éstos se enfocan en las etapas finales del proceso de I+D, que corresponden a las actividades post I+D (la última fase de desarrollo avanzado y el desarrollo para la comercialización), y a otras pocas actividades de innovación no basadas en I+D. En contraste, sólo los incentivos fiscales a la I+D están dirigidos hacia la etapa de desarrollo de tecnología. Además, los instrumentos benefician a las empresas que ya tienen algunas capacidades de I+D o de innovación; no hay instrumentos dirigidos a incrementar el número de empresas que despliegan tales actividades. Asimismo, no hay instrumentos para estimular la demanda de productos innovadores ni para estimular la transferencia, asimilación y mejoramiento de tecnologías existentes (Dutrénit *et al,* 2010). En otras palabras, el diseño se ha enfocado más al incremento y amoldamiento de capacidades existentes, sin mucho aprendizaje, que a la creación de una masa crítica para generar procesos endógenos.

También emergieron varios problemas en relación a la implementación de las políticas. Primero, han persistido ciertas inercias, principalmente respecto al pago de las nóminas del Sistema Nacional de Investigadores y de las becas de posgrado, como se señaló en la *Sección 4.* Segundo, el esfuerzo dedicado al diseño y la implementación de una variedad de instrumentos llevó a diversificar las asignaciones de recursos; como resultado se canalizaron pocos recursos para fomentar la innovación. Si sumamos todas las categorías del *Gráfico 3,* excluyendo la innovación, 89% del presupuesto de CONACyT fue dedicado a actividades no relacionadas a la innovación. Tercero, la ley de CTI de 1999, y su modificación en 2002 y 2009, incrementó el número de agentes e hizo que la gobernanza del sistema se convirtiera en una tarea compleja.

Adicionalmente, los nuevos instrumentos incluidos en el diseño, en condiciones de un estancamiento presupuestario, introdujeron más tensión en la coordinación del sistema. Cuarto, la articulación entre los niveles regionales y federales está todavía lejos de ser eficiente. El país estaba acostumbrado a un enfoque de arriba hacia abajo, y se habían desarrollado pocas capacidades regionales para asumir un enfoque de abajo hacia arriba. Hay diferencias en las capacidades para la formulación e implementación de políticas de CTI en los diferentes Estados del país, aunque todos tienen consejos estatales para CTI, pocos tienen políticas regionales. Quinto, han emergido comportamientos oportunistas que afectan la implementación de los instrumentos y la percepción de la comunidad sobre su validez. En el caso de los estímulos fiscales a la I+D y otros instrumentos de innovación, este comportamiento ha estado asociado con el poder de negociación de las grandes empresas, particularmente las subsidiarias de las empresas multinacionales y los grandes grupos nacionales, y con la aparición de empresas consultoras que asesoran a las empresas productoras para presentar proyectos que parecen ser proyectos de I+D/innovación pero que en algunos casos carecen de un verdadero contenido de generación de tecnología.

6. Espacios para las mejoras en la formulación de políticas

A partir de diversas evaluaciones del diseño e implementación de las políticas de CTI en México (FCCyT 2006; Sanz *et al* 2008; Dutrénit *et al* 2010) y del enfoque evolutivo y sistémico utilizado en este trabajo, emergen un conjunto de espacios para mejorar la formulación de políticas, que puedan conducir a que éstas estimulen la creación de masas críticas en CTI. El argumento es que se requiere un cierto nivel de masa crítica para detonar procesos endógenos.

1. La combinación de políticas incluye más programas para fomentar la I+D (e.g. PEI, AVANCE) que para fomentar otras actividades de innovación (e.g. fondos sectoriales de innovación). CONACyT ha seguido una estrategia para promover la generación de innovación radical basada en I+D. Es necesario ampliar el apoyo financiero a fin de incluir otras actividades de innovación que estimulen a las empresas a aprender y se puedan mover gradualmente a lo largo del proceso de innovación hacia actividades de mayor innovatividad.
2. El diseño de política en el PECyT introdujo un conjunto de programas bastante desarticulado. El PECiTI atendió este problema introduciendo algunos programas que conectaban a los programas existentes. Sin embargo, es necesario tener una mayor complementariedad entre los programas. Por ejemplo, México ha realizado un esfuerzo enorme para formar recursos humanos en el extranjero, particularmente doctores, pero la demanda nacional para contratar doctores es limitada, por lo tanto, difícilmente encuentran una posición en México una vez que se les otorga el título. Los programas de beca de postdoctorado y de financiamiento de posgraduados para estancias en la industria abordan este problema pero aún persiste un enorme desbalance.
3. Hasta el presente, los limitados recursos asignados a muchos programas y las pocas convocatorias emitidas no les permiten superar el nivel de programas piloto. Los agentes han aprendido y algunos de los costos de transacción se han reducido, por lo que es necesario tanto la continuidad de los programas (e.g. PEI) como la asignación de más recursos a los mismos (e.g. AVANCE) para cambiar el comportamiento de los agentes.
4. Aunque es ampliamente reconocido que la transversalidad puede ser una característica de la política de innovación (Kuhlmann 2001; Cooke 2011), se

observan dificultades para la coordinación entre las secretarías de estado y el CONACyT, lo que afecta negativamente la posibilidad de tomar ventaja de esta característica. Las dificultades para esta coordinación también se relacionan con las diferencias en la definición y entendimiento de lo que es la innovación entre diferentes órganos del gobierno a nivel federal y regional. Se requiere una definición, lenguaje y forma común de definir las partidas para integrar el presupuesto de CTI a todos los niveles. Adicionalmente, no hay un presupuesto regional de CTI, y sólo unos pocos Estados tienen políticas regionales de CTI. Esto dificulta la capacidad de moverse de un diseño de política de arriba hacia abajo a un enfoque de abajo hacia arriba. Se requiere un mayor empoderamiento de los Consejos Estatales de CTI, incluyendo la asignación de más recursos para los mismos, y el diseño de políticas regionales de CTI que generen las condiciones para incrementar las capacidades de CTI regionales.

5. La evidencia sugiere que la existencia de un nivel estratégico de política de innovación, que incluya una dimensión de aprendizaje de las políticas, podría contribuir a una mayor eficiencia para inducir cambios en las capacidades de CTI. Los formuladores de políticas deberían ajustar continuamente sus acciones para fomentar las capacidades de CTI, mientras que estas capacidades evolucionan. Esto requiere una visión a largo plazo de las políticas, que incluya cambios en los programas conforme los sectores/agentes evolucionan para atender nuevas necesidades, la definición de prioridades en áreas claves, y la focalización en nuevas industrias/sectores/agrupaciones (Avnimelech y Teubal 2008; Avnimelech, Rosielo y Teubal, 2010). Adicionalmente, en una relación agente-principal, como la que existe entre CONACyT-empresas y entre CONACyT-investigadores, los comportamientos oportunistas emergen. Por lo tanto, se requieren candados para evitar que estos comportamientos afecten negativamente los objetivos de los instrumentos y así del programa de CTI en su conjunto.

7. Comentarios finales

Este trabajo analizó el diseño y la implementación de la política de CTI en México y discutió en qué medida esta política está contribuyendo al desarrollo de una masa crítica de capacidades de CTI que conduzca a la consolidación del SNI. En la medida en que la CTI puede contribuir a la solución de grandes problemas nacionales, las políticas de CTI resultan relevantes para mejorar el perfil estructural y contribuir a un proceso de desarrollo incluyente.

Desde el año 2000 ha existido un esfuerzo para reorientar e incrementar las capacidades de CTI hacia la construcción del SNI; los cambios institucionales y legales y los programas de CTI se dirigieron hacia este objetivo. La combinación de políticas ha avanzado desde la identificación de programas exitosos hacia la introducción de nuevos programas piloto para llenar las brechas que emergieron. Sin embargo, el aprendizaje de políticas ha sido lento, tal como la mejora en los indicadores que miden los insumos y los resultados del SNI.

El magro esfuerzo público para incrementar las capacidades de CTI y el desempeño aún insatisfactorio del SNI se observa más claramente al comparar el valor de los indicadores de insumos y resultados de México con aquellos registrados en países que tienen similitudes, como Corea, China, India y Brasil. Parece que México no ha alcanzado el umbral de capacidades de CTI que pueda generar dinámicas endógenas permitiendo que el SNI se desarrolle, como parece ocurrir en algunos

de estos países. Si consideramos que estos países han alcanzado o están cerca de alcanzar una masa crítica tanto en ciencia como en innovación, los valores observados en el caso de México sugieren que el país está todavía por debajo de este umbral. El limitado GIDE/PIB y la combinación implícita de políticas son factores que contribuyen a explicar esta situación.

Se necesita una política de CTI para acelerar la construcción de esta masa crítica de capacidades de CTI, con un enfoque sistémico/evolutivo, que mire hacia el SNI, que se enfoque en la generación y absorción del conocimiento como modelos dinámicos no lineales, y en la solución de las fallas sistemáticas, no sólo en las fallas de mercado y de gobierno. Para este enfoque, el conocimiento, las capacidades acumuladas y el tiempo son importantes, las instituciones median entre los agentes, y hay una preocupación creciente tanto por el nivel regional como por la gobernanza del SNI (Metcalfe 1995; Teubal 2002; Woolthuis, Lankhuizen y Gilsing 2005; Smits, Kuhlmann y Teubal 2010).

Hoy en día a nivel internacional hay un fuerte énfasis en la innovación, pero a partir de un enfoque sistémico/evolutivo y siguiendo a Dutrénit, Puchet y Teubal (2011), este trabajo argumenta que en los países en desarrollo y aún en los países emergentes se debe atender a la construcción de las masas críticas de capacidades de CTI y no sólo de innovación. Un enfoque unilateral en la innovación es limitado ya que las capacidades científicas también están por debajo de las masas críticas, y estas capacidades son necesarias para la generación de conocimiento, la transferencia de tecnología y la formación de recursos humanos especializados.

Pero, uno de los principios para la construcción de masas críticas de capacidades de CTI es contar con presupuestos apropiados para las actividades de CTI y con una asignación más eficiente de recursos. Esto es necesario para alcanzar una amplia variedad de investigadores, empresas y proyectos dedicados a la CTI, lo que permitiría un mejor proceso de selección, y la generación de las condiciones para un proceso de retención eficiente. Se requieren recursos adicionales para atender a las nuevas demandas, sin que aparezcan problemas de gobernanza.

El caso mexicano enseña sobre otras dimensiones que mantienen al país atrapado a un nivel de esfuerzo y de capacidades de CTI limitados, uno es la falta de credibilidad de la Secretaría de Hacienda sobre las potencialidades del gasto en CTI como una inversión, y otro es la falta de cultura en CTI de los partidos políticos. Estos dos factores interactúan y dan como resultado un reducido presupuesto federal para la CTI. Sin un mayor esfuerzo financiero difícilmente se pasará de tener programas piloto a construir masas críticas.

Uno de los desafíos para la política de CTI es mirar hacia las condiciones iniciales del país, tanto en términos de las características estructurales como de las capacidades de CTI, y avanzar hacia un diseño que busque desarrollar las masas críticas que permitan contribuir al proceso de desarrollo.

Este trabajo abre preguntas, tales como ¿en qué medida el marco analítico utilizado para el diseño de las políticas de CTI, que fue concebido a partir de países con diferentes condiciones iniciales, es útil para ser aplicado a economías con diferentes condiciones iniciales, como los países en desarrollo? ¿cómo se pueden medir las masas críticas? Para responderlas se requiere más investigación.

Referencias

Abramovitz M. (1956), *Resource and Output Trends in the United States since 1870,* American Economic Review, Vol. 46 (2), pp.5-23.

Abramovitz M. (1986) *Catching Up, Forging Ahead and Falling Behind,* Journal of Economic History, Vol. 46, pp. 385-406.

Avnimelech G. y Teubal M. (2008), *Evolutionary targeting,* Journal of Evolutionary Economics, 18(2), pp. 151-66.

Avnimelech G., Rosiello A. y Teubal M. (2010), *Evolutionary interpretation of venture capital policy in Israel,* Germany, UK and Scotland, Science and Public Policy, 37 (2), pp.101-12.

Bogliacino F., Perani G., Pianta M. y Supino S. (2009), *Innovation in Developing Countries. The Evidence from Innovation Surveys,* paper prepared for the FIRB conference Research and Entrepreneurship in the Knowledge-based Economy, Milano: Universita L. Bocconi.

Braun (1993), *Who governs intermediary agencies? Principal–agent relations in research policy-making,* Journal of Public Policy, 13(2), p.p. 135–162.

Cassiolato J, Lastres H. y Maciel M. L. (eds.) (2003), *Systems of Innovation and Development Evidence from Brazil,* Cheltenham, UK: Edward Elgar.

Cepal (2010), *La hora de la igualdad: brechas por cerrar, caminos por abrir,* CEPAL: Santiago de Chile.

Cimoli M. (ed) (2000), *Developing Innovation Systems,* Mexico in the Global Context, London: Pinter.

CONACyT (2010), *Estado General de la Ciencia y la Tecnología 2009,* Mexico: CONACyT.

Cooke P. (2011), *Transversality and regional innovation platforms,* en Cooke P., Asheim B., Boschma R., Martin R., Schwartz D. & Tödtling F. (eds.) The Handbook of Regional Innovation & Growth, Cheltenham, Edward Elgar (forthcoming).

Dutrénit G., Capdeville M., Corona J., Puchet M., Santiago F. y Vera-Cruz A., (2010), *El Sistema Nacional de Innovación Mexicano: Instituciones, Políticas, Desempeño y Desafíos.* México, UAM-X/ Textual S.A.

Dutrénit G., Capdevielle M., Corona J. M., Hernández C., Ramos C., Rivera R., Rocha A., Sampedro J.L., Sánchez M. y Díaz J. (2011), *Estudio para determinar la inversión federal y estatal que se realiza en México en ciencia, tecnología e innovación,* Technical report, UAM-X, Mexico, March.

Dutrénit G., Puchet M. y Teubal M. (2011), *Building bridges between co-evolutionary approaches to science, technology and innovation and development economics: an interpretive model,* Innovation and Development, Vol. 1 (1), pp. 1–24 (forthcoming).

Dutrénit G. y Puchet M. (2011), *Approaching the measurement of the critical mass of science, technology and innovation: how far off is Mexico?,* Paper to be presented in Globelics Conference 2011, Buenos Aires, noviembre.

Foro Consultivo Científico y Tecnológico (2006), *Diagnóstico de la política científica, tecnológica y de fomento a la innovación en México (2000-2006).* FCCyT, México.

Gerschenkron A. (1962), *Economic Backwardness in Historical Perspective.* A Book of Essays, Harvard University Press, Cambridge.

Guston D.H. (1996), *Principal-agent theory and the structure of science policy,* Science and Public Policy, Vol. 23 (4), pp. 229–240.

Guston D.H. (2000), *Retiring the social contract for science,* Issues in Science and Technology, Summer, Dallas: University of Texas.

Haussman R. y Klinger R. (2007), *Structural Transformation in Chile,* typescript, June

Kim L. (1997), From Imitation to Innovation: *The Dynamics of Korea's Technological Learning,* Harvard Business School Press, Boston.

Kuhlmann S. (2001), *Future governance of innovation policy in Europe - three scenarios,* Research Policy, Vol. 30 (6), pp. 953-976.

Kuznets S. (1971), *Economic Growth of Nations: Total Output and Production Structure,* Harvard University Press, Cambridge, MA.

Kuznets S. (1973), *Modern Economic Growth: Findings and Reflections,* American Economic Review, 63, pp. 247-258.

Lundvall B.A. (1992), *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning,* London: Pinter.

Metcalfe J.S., (1995), *Technology Systems and Technology Policy in an Evolutionary Framework,* Cambridge Journal of Economics, vol. 19 (1), pp. 25-46, February.

Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) (2011), *Indicadores Nacionais de Ciência e Tecnologia,* available at: http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/740.html

Ministry of Education, Science and Technology *(MEST)* (2011), disponible en http://english.mest.go.kr/web/1716/site/contents/en/en_0218.jsp

MOST (2011), *S&T programmes,* disponible en http://www.most.gov.cn/eng/programmes1

Myrdal G. (1957), *Economic Theory and Undeveloped Regions,* Routledge and Kegan Paul, London.

Nelson R. R. (ed.) (1993), *National Innovation Systems: A Comparative Analysis,* New York: Oxford University Press.

Niosi J. (2000), *Canada's national system of innovation,* Montreal: McGill-Queen's University Press.

OCDE (2010c), *Science, Technology and Industry Outlook,* Paris: OCDE.

OCDE (2010d), *Main Science and Technology Indicators,* Volume 2009, Issue 2, Paris: OCDE.

RICYT (2011), http://www.ricyt.org/index.php?option=com_content&view=article&id=149&Itemid=3, 5/4/2011.

Rosenstein Rodan P. (1943), *Problems of Industrialization of Eastern and South- Eastern Europe,* Economic Journal.

Sanz-Menéndez L., Cruz-Castro L., Martínez C., Malkin D., Guinet J., Banda E., León G. y Mulet J. (2008), *Evaluación de la política de investigación, desarrollo e innovación de México (2001-2006),* en Estudio comparativo de los sistemas de innovación de México y España. México, D.F. ADIAT, A.C. (ADIAT), pp. 7-68.

Saviotti P. y Pyka A. (2004), *Economic Development by the Creation of New Sectors,* Journal of Evolutionary Economics 14, pp. 1-35

Schumpeter J. (1934), *The Theory of Economic Development,* Harvard Univ. Press. Cambridge. MA. (1st German edition: 1911).

Schumpeter J. (1939), *Business Cycles: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process,* McGraw Hill, New York.

Schumpeter J. (1942), *Capitalism, Socialism and Democracy,* London: George Allen & Unwin.

Smits R.E., Kuhlmann S. y Teubal M. (2010), *A System-Evolutionary Approach for Innovation Policy,* in Smits, R.E., S. Kuhlmann and P. Shapira (eds), The Theory and Practice of Innovation Policy, Edward Elgar Publishing.

Solow R. (1956), *A Contribution to the Theory of Economic Growth,* The Quarterly Journal of Economics, Vol. 70 (1), pp. 65-94.

Teubal M. (2002), *What is the Systems of Innovation (SI) Perspective to Innovation and Technology Policy (ITP) and how can we apply it to Developing and Industrialized Economies?,* Journal of Evolutionary Economics, 12, pp. 233-257.

Teubal M. y Zlotnick O. (2011), *Strategic innovation policy: a systems evolutionary perspective with examples,* Hebrew University, August, typescript.

UNESCO (2010), *UNESCO Science Report 2010,* Paris: UNESCO.

Van der Meulen B. (2003), *New roles and strategies of a research council: intermediation of the principal-agent relationship,* Science and Public Policy, Vol. 30 (5), pp. 323–336.

Woolthuis R., Lankhuizen, M. y Gilsing, V. (2005), *A system failure framework for innovation policy design,* Technovation 25, pp. 609-619.

World Bank (2008), *Commission on Growth and Development,* WB, Washington DC.