

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS POLÍTICAS CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS DE CANADÁ Y COLOMBIA

Edmundo Rodríguez

Profesor Asociado

Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional de Colombia

edmundoro@yahoo.com

1. Aspectos generales

Canadá tiene un extenso territorio y una población relativamente escasa. Estos dos han sido los más poderosos retos que el país ha tenido que superar desde sus inicios. Esta nación muy pronto se vio obligada a desarrollar redes de transporte y comunicaciones. Hace treinta años ese país ya disponía del sistema más grande de líneas férreas en el mundo y el más amplio circuito de televisión (DBS, 1970: 305). Hoy es considerado el país más interconectado en este planeta globalizado. Hace un siglo su economía estaba basada únicamente en recursos naturales. Canadá emergió de la Segunda Guerra Mundial con una industria manufacturera al mismo nivel de la que Estados Unidos o Inglaterra tenían luego de la Primera Guerra Mundial (DBS, 1967: 305). Ahora es miembro de la OCDE y del G-7. Ninguna nación ha intentado establecer un sistema industrial avanzado en un país tan vasto y de tan escasa población, la cual se ha concentrado en una franja de apenas 100 kilómetros del borde norte de los

Estados Unidos, desde el Océano Atlántico hasta la costa Pacífica.

En alguna forma, Canadá y Colombia han sufrido condiciones similares en cuanto a la geografía y otros aspectos físicos. Aun hoy día, estos dos países están bien posicionados en el ranking hidrológico internacional, en un mundo donde el agua será un elemento escaso en el siglo XXI. La geografía colombiana se caracteriza por sus enormes cadenas montañosas y cimas variados. También Colombia ha respondido al gran reto de conectar su territorio desde comienzos del siglo XX, con el desarrollo de la aviación y un sistema de transportes regular. Como Canadá, Colombia ha dispuesto de recursos naturales abundantes para construir las primeras etapas de su desarrollo. Pero la principal diferencia es que Canadá fue capaz de diversificar su PIB y sus exportaciones, mientras el ritmo de Colombia en este aspecto ha sido lento. ¿Cuáles han sido las causas de tales diferentes resultados?

■ Análisis comparativo de las políticas científicas y tecnológicas ■

Busquemos algunas respuestas preliminares a esta pregunta. Valdría la pena resaltar que la sociedad canadiense ha sido más democrática. Su sistema político es formalmente más complejo que el colombiano, pero ha funcionado mejor. La organización política en Canadá está basada en tradición histórica, tolerancia, consenso y mucho pragmatismo. El sistema colombiano, basado en bipartidismo y exclusión de otros partidos políticos durante largos periodos, nunca pudo lograr un amplio consenso social (Rodríguez, 1985).

Colombia tuvo una guerra de independencia que duró 20 años. La primera guerra civil ocurrió cuando la independencia no estaba todavía asegurada, en los años 1810-1816. La segunda, después de conseguir la independencia de España, fue en 1840. Desde ese momento hasta el fin del siglo XIX, muchas guerras civiles ocurrieron. Ese siglo terminó con la guerra civil conocida como la de los “mil días”. En el siglo XX, hubo un periodo de paz relativa hasta la década de 1930, cuando el odio entre liberales y conservadores, junto a otros factores sociales, rompió otra vez la paz. Desde el 9 de abril de 1948, hace seis décadas, esta nación nunca ha gozado de un periodo de paz permanente. Ahora Colombia es conocida en el mundo como una de las naciones más violentas. ¿Deberíamos pensar que esta historia tan diferente incidió para que estos dos países tengan hoy día niveles diferentes de desarrollo?

Una segunda diferencia está relacionada con la política de inmigración. Canadá, como los Estados Unidos en cierta forma, ha sido hecha por emigrantes. Aún hoy, al menos 200.000 inmigrantes llegan al Canadá cada año. Gente de todo el mundo se ha establecido en las diez provincias. Colombia nunca tuvo una política de inmigración y permaneció aislada de los grandes flujos poblacionales del siglo XIX y comienzos del XX. En Colombia, sus valores y la cultura nacional tuvieron origen en los valores de la conquista y colonización españolas, lo cual opuso resistencia fuerte a la implantación de una estructura democrática en la sociedad colombiana, con sus efectos negativos sobre el desarrollo económico.

2. Evolución de las instituciones científicas y tecnológicas

Aparentemente, Canadá llegó un poco tarde al mundo de la ciencia y la tecnología. Este país comenzó a invertir en estas áreas algunas décadas después que los países líderes de la industrialización lo hicieron, a comienzos del Siglo XX. Todavía hoy, Canadá tiene una relación de Gasto General en Investigación y Desarrollo, GGDI, a Producto Interno Bruto, PIB, más baja que la mayoría de naciones del G-8. El hecho fundamental que permitió a Canadá ponerse al día con el paso del progreso científico y tecnológico entre los países industrializados fue la evolución paralela

de su economía, a comienzos del siglo XX, con su desarrollo científico y tecnológico, aunque ambos fueron lentos. Así como la Primera Guerra Mundial impulsó la economía canadiense, en forma similar otros hechos importantes ocurrieron en aquellos años, considerados como los cimientos del futuro sistema científico y tecnológico del país. Como en la mayoría de países, esa evolución tuvo tres pilares fundamentales: la industria, el gobierno y las universidades.

En 1903, Canadá irrumpió como potencia agrícola debido a la investigación para el mejoramiento de algunas de sus variedades de trigo. Este trabajo fue realizado por el Departamento de Agricultura, apoyado por investigadores universitarios. Hubo trabajos de investigación similares, basados en la cooperación entre agencias federales y científicos de las universidades para lograr el aumento de la productividad en la explotación de los recursos naturales en minería, pesquería, industria forestal, etc. (BDS, 1967: 306). La investigación aeronáutica comenzó en la primera década del siglo XX. La investigación industrial comenzó en 1903 en las compañías productoras de acero, químicos, energía eléctrica y minería. El National Research Council, NCR, fue fundado en 1926. En ese tiempo, la investigación era escasa en las universidades canadienses y los estudiantes tenían que ir a tomar cursos de postgrado en el exterior, especialmente en Gran Bretaña y los Estados Unidos.

En 1930, había 51 empresas con actividades de investigación, 12 tenían investigación cooperativa y 16 adelantaban trabajos de desarrollo diferentes a investigación. Menos de 50 firmas contrataban investigación con las universidades o laboratorios gubernamentales o recibían tecnología de sus casas matrices extranjeras (Niosi, 2000: 32).

En Canadá, los gobiernos federal y provinciales no solo han financiado la investigación científica y el desarrollo tecnológico, también han sido importantes ejecutores. En 1939, el gobierno federal tenía 70 laboratorios que representaban 15% de los gastos del Canadá en Investigación y Desarrollo, I&D. Eran los más grandes, con un promedio de 7 investigadores (Niosi, 2000: 32). Durante la Segunda Guerra Mundial, el NCR creció de 300 a 500 investigadores. Después de 1945, los proyectos militares fueron utilizados para el desarrollo industrial. La colaboración entre industria y laboratorios federales se fortaleció aun más después de la guerra. El sistema nacional de innovación emergió en esos años. En 1961, los laboratorios federales tenían 800 investigadores. En 1969, los laboratorios de I&D eran 10 y empleaban 4500 científicos e ingenieros. Los laboratorios provinciales eran 47 y empleaban 839 investigadores (Niosi, 2000: 43).

En la década de 1970, el modelo lineal del desarrollo tecnológico fue abandonado. Es decir, la idea de que las universidades y los laboratorios estatales hicieran la investigación básica y las empresas asumieran la

■ Análisis comparativo de las políticas científicas y tecnológicas ■

tarea de la innovación tecnológica empezó a ser reemplazada por una visión sistémica y compleja del desarrollo científico y tecnológico. Por restricciones presupuestales, también se impuso la búsqueda de mayor eficiencia y dinamismo en el flujo de conocimiento entre los agentes económicos. Esto condujo a políticas de más cooperación entre gobierno, universidades y la industria, buscando siempre las sinergias y economías de escala en los trabajos investigativos y, sobretodo, la aplicación de sus resultados a la producción.

Desde 1968 el Science Council of Canada ya recomendaba que “las organizaciones federales deberían buscar la colaboración con la industria y los grupos universitarios y en grado creciente deberían ser los iniciadores y coordinadores, más que los ejecutores de I&D” (Canada, Science Council, 1968: 26 y Niosi, 2000: 68). En la década de 1960, cinco grandes programas fueron establecidos para aumentar los vínculos entre gobierno, laboratorios industriales y universidades: en 1961, el Defense Industrial Research Program (DIRP); en 1962, el Industrial Research Assistance Program (IRAP); en 1965, el Program for the Advancement of Industrial Research (PAIT); en 1967, el Industrial Research and Development Incentives Act (IRDIA); y en 1968, el Defense Industrial productivity Program (DIPP). Estos programas tenían como principal objetivo mejorar la competitividad de las empresas canadienses, la cual dependía de su capacidad de I&D.

En la década de 1960 fueron adoptadas políticas de incentivos fiscales como las reducciones tributarias por investigación industrial. En el lado académico, el gobierno federal creó en 1960 el Medical Research Council (MRC). En 1978, fue creado el Natural Sciences and Engineering Research Council (NSERC) y el Social and Humanities Research Council (SSHRC). Desde la década de 1980, se adoptaron políticas para suministrar capital de riesgo para firmas operando en áreas intensivas en tecnología tales como biotecnología, informática, equipos médicos y de comunicaciones, y medio ambiente.

Solo dos universidades canadienses tenían investigación doctoral en 1950, Toronto y McGill. La investigación universitaria se expandió en esta década, financiada en gran parte por donaciones del NCR. El financiamiento directo por el gobierno federal comenzó en los primeros años de la década de 1960. Con la ayuda de los organismos antes citados, las universidades aumentaron su participación como agentes ejecutores desde el 19% hasta alcanzar el 30% en la década de 1970. En la actualidad hay al menos 40 universidades de investigación que alojan alrededor de 200 centros de investigación con al menos 25 científicos por centro. En la universidades canadienses el personal total en I&D sobrepasa largamente los 45.000, incluyendo 31.000 científicos. “En los años noventas, los laboratorios universitarios han llegado a ser el segundo actor

institucional en el sistema nacional de I&D, relegando los laboratorios estatales a un tercer lugar” (Niosi, 2000: 58).

En Colombia, por su parte, los primeros institutos de investigación emergieron en los sectores económicos en los cuales había una tradición productiva desde la época colonial, como la agricultura y la ganadería, la minería y la ingeniería civil. La fundación de la Universidad Nacional en 1867 (Bogotá) y la Escuela de Minas en 1887 (Medellín) fueron importantes hechos precursores en el progreso educativo y técnico de este país.

La actividad industrial apareció en la escena colombiana al final del siglo XIX y comienzos del XX, principalmente en textiles, confecciones, alimentos y bebidas. Estas actividades se unieron a la incipiente producción de la fundición del hierro y la ingeniería, para producir partes y repuestos demandados por la agricultura y la minería. El café emergió como elemento acelerador de la economía después de 1920.

El desarrollo científico y tecnológico de Colombia, así como el de Canadá, también ha sido paralelo y sinérgico con el crecimiento económico, pero a un ritmo mucho más lento. En Colombia el proceso tecnológico en la industria puede ser caracterizado por tres fases que cubren un largo período de 1940 a 2000.

La primera fase transcurrió entre 1940 y 1970 y se distinguió por una política tecnológica defensiva. Los principales hechos de esta fase con los siguientes: la creación

del Instituto de Desarrollo Industrial, IDI, en 1940, para acelerar la industrialización y promover la inversión estatal en áreas complementarias a la inversión privada; el establecimiento, en 1947, de la primera compañía estatal de telecomunicaciones, TELECOM, y de la empresa estatal de petróleos, ECOPETROL, en 1950; la principal siderúrgica (Paz de Río) comenzó a operar en 1954; en la década de 1950 fue creado el ICA, Instituto de Investigación Agrícola, así como el SENA, instituto encargado de formar trabajadores en oficios técnicos, requeridos por las empresas; en 1958 se fundó el Instituto de Investigación Tecnológica, IIT, cuya función fue, hasta 1992, el desarrollo y adaptación de tecnologías para el sector industrial.

En la década de 1960 una reforma tributaria se convirtió en instrumento de desarrollo industrial. La industria textil, la química y la ingeniería se expandieron notablemente y comenzó el ensamble automotriz en el país. En esa época se fundó el ICONTEC, Instituto de Normalización Técnica y Control de Calidad, y otras instituciones que formaron una red estatal que cubría el desarrollo tecnológico, la promoción de exportaciones, la conservación de los recursos naturales y la preinversión.

En 1969 se firmó el Acuerdo de Cartagena que definió la política tecnológica para el Grupo Andino. Se fortaleció la infraestructura de investigación en agricultura y ganadería en este período con la creación del CIAT, Centro Internacional

■ Análisis comparativo de las políticas científicas y tecnológicas ■

de Investigación en Agricultura Tropical, en 1970. Colciencias fue fundado en 1969 como agencia financiadora para actividades científicas y tecnológicas.

Para esta primera fase, comprendida entre 1940 y 1970, la política tecnológica fue básicamente defensiva, es decir, alineada con la teoría proteccionista, y respondía a las necesidades de un modelo de desarrollo “hacia adentro”, centrado en sustitución de importaciones, con el Estado jugando un papel predominante en materia de selección, transferencia y desarrollo de tecnología. El principal resultado de esta etapa fue el aprendizaje institucional necesario para iniciar el proceso formal en ciencia y tecnología, y el establecimiento de nuevas instituciones y laboratorios de investigación indispensable para el futuro desarrollo de la innovación en el sector productivo. El sector público era responsable por el 80% de la I&D realizada en el país, y la inversión total en estas actividades no superaba el 0.4% del PIB. El sector empresarial no concedió una alta prioridad a la I&D como estrategia básica para el desarrollo industrial sostenible.

La segunda fase fue caracterizada por una política tecnológica diseñada para un período de ajuste y transición económica (1975-1989). La coordinación de las estrategias de Ciencia y Tecnología con los planes de desarrollo nacional muestra como preocupación directriz la integración de la investigación académica al desarrollo nacional y su contribución a la solución de

problemas básicos de la población. Colciencias comenzó a jugar como actor importante en los diversos niveles del gobierno y el sector productivo.

El tercer período fue simultáneo al proceso económico conocido como la “Apertura” (1990-2000). En este escenario, se procedió a una redefinición del marco legal e institucional y de la estrategia general de la política tecnológica. Esta nueva visión requirió una conceptualización avanzada para tratar de aprovechar las oportunidades de conocimiento e información en los mercados globalizados, moviéndose de una política defensiva en ciencia y tecnología a una más competitiva, basada en la búsqueda de la innovación.

La ley de ciencia y tecnología de 1990 puso los cimientos de una nueva estructura institucional para la planeación y coordinación de actividades científicas y tecnológicas en Colombia y condujo al establecimiento del sistema nacional vigente en esta materia, que consiste en programas nacionales y regionales de Investigación y Desarrollo, I&D. Durante este período un segundo crédito del Banco Interamericano de Desarrollo fue otorgado al programa de Colciencias, el cual incluye como nuevo elemento un programa de becas de maestría y doctorado en el exterior. La Red Caldas de científicos colombianos en el extranjero fue establecida e incluye alrededor de 1500 científicos que estudian o trabajan en las mejores universidades y centros tecnológicos en el mundo (UNCTAD, 1999).

3. Estructuras y políticas de ciencia y tecnología

“En 1995, el sistema canadiense de I&D estaba compuesto por lo menos de 6.600 firmas ejecutando I&D, mas 150 laboratorios federales y 10 provinciales, cada uno alojando mas de 25 investigadores (Statistics Canada, 1997) y algunas 30 universidades de investigación con más de 200 centros investigadores grandes, cada uno con más de 25 científicos e ingenieros” (Niosi, 2000: 52). En efecto, es una red extensa y compleja que actúa sobre múltiples dominios de la ciencia y la tecnología, con conexiones internas y externas al sistema y en las más variadas formas. A pesar de ese aparente “desorden”, existe una racionalidad que tiene origen en las políticas adoptadas por los organismos idóneos. La estructura científica y tecnológica ha sido construida durante casi un siglo, aunque su verdadero comportamiento sistémico haya comenzado apenas en la década de 1970. La I&D del sector industrial ha sido la más importante en términos de gasto y recursos humanos. A partir de la década de 1960, la cooperación entre los tres sectores ha progresado, dando resultados más y más positivos para la economía canadiense. En la década de 1990, esta asociación “gobierno-industria-universidad” ha sido más explícita en los documentos de política y en los hechos. El gobierno federal actúa sobre el sistema a través de dos clases de organismos, de acuerdo al grado de responsabilidad de cada uno en los objetivos de política.

El primer grupo corresponde a organizaciones que son directamente ejecutoras y/o financiadoras: National Research Council –NCR–, Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada –NSERC–, Medical Research Council of Canada –MRC–, Social Sciences and Humanities Research Council of Canada –SSHRC–, Canadian for Foundation Innovation –CFI–.

El segundo grupo es formado por organizaciones que deben resolver problemas económicos y sociales del país, utilizando la ciencia y la tecnología; por esta razón tienen que hacer y/o apoyar la I&D. Los principales organismos de este grupo serían: Industry Canada, Agricultural and Agri-food Canada –AAFC–, Atomic Energy of Canada Limited –AECL–, Canadian Space Agency –CSA–, Canadian International Development Agency –CIDA–, International Development Research Centre –IDRC–, Environment Canada, Ministry of National Defense –MDN–, Ministry of Fisheries and Oceans –MFO–, Natural Resources Canada –NRCan–, Ministry of Health. También pertenecen a este grupo de organismos los que tienen actividades relacionadas con las políticas científicas y tecnológicas, Statistics Canada, por ejemplo.

Dentro del grupo de organismos que ejecutan y/o financian entidades de ciencia y tecnología están las organizaciones asignadas a Industry Portfolio (Ministerio de Industria), principalmente el CNRC, CRSNG, CRSH y el CFI. En el marco del

■ Análisis comparativo de las políticas científicas y tecnológicas ■

sistema parlamentario canadiense, Industry Portfolio debe responder ante el órgano legislativo nacional por los programas y realizaciones de las entidades de su esfera institucional. Esto significa que la política federal en asuntos científicos y tecnológicos proviene del más alto nivel de poder político de la nación.

El NSRC es una agencia federal independiente que recibe asignaciones presupuestales votadas directamente por el Parlamento y responde de sus actividades a través del Ministerio de Industria. No adelanta investigación por sí misma. Sostiene la investigación en las universidades y apoya la cooperación entre éstas y las empresas, así como con otras entidades gubernamentales, sean federales o provinciales. El NSRC es el principal organismo financiador de la I&D en ciencias naturales e ingeniería en las universidades y escuelas canadienses.

El esfuerzo de los gobiernos provinciales es reconocido, especialmente los del Québec, Ontario, Colombia Británica y Alberta. En el sistema federal hay aproximadamente 200 laboratorios y 29.000 empleados directamente asignados a actividades científicas e I&D. El gasto total federal en ciencia y tecnología en 1999, el más alto hasta ese año, alcanzó 6.3 billones de dólares canadienses, lo que corresponde al 4.4% del presupuesto federal,

La contribución proporcional del gobierno federal al gasto en ciencia y tecnología bajó durante la década de 1990. En 1990,

cerca del 30% de toda la I&D ejecutada en Canadá fue financiada por el gobierno federal, pero este porcentaje disminuyó hasta menos del 20% al final de la década. Este lugar ha sido ocupado por las compañías privadas que pasaron del 41% en 1990 al 49% en 1999. En cuanto a la ejecución de I&D, alrededor de 2000, el gobierno federal ejecutaba el 11% de la I&D hecha en Canadá. Como en el caso del financiamiento, la pérdida de participación del gobierno federal ha sido compensada por el crecimiento de ejecución en I&D de la compañías.

En Colombia, la política nacional de ciencia y tecnología ha sido dictada por el CONPES, Consejo Nacional para la Política Económica y Social. Éste es el más alto nivel de toma de decisiones en asuntos económicos y fiscales. El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología es el órgano que maneja y coordina el sistema nacional de ciencia y tecnología. Esta formado por los ministros de Educación, Desarrollo Económico, y Agricultura, el director del DNP (Departamento Nacional de Planeación), el rector de la Universidad Nacional, el rector de una universidad privada, un representante de la comunidad científica, otro del sector privado, uno de los comités regionales de Ciencia y Tecnología (C y T), y el director de Colciencias.

El sistema está organizado en once programas de C y T, y vincula el Consejo Nacional de C y T y el CONPES, con otros sectores y áreas operativas tales como los consejos de programas nacionales, los

comités regionales de C y T y los secretariados técnicos de estos órganos, administrados por Colciencias y otras entidades. Cada programa nacional de C y T tiene un consejo nacional responsable para aprobar la investigación, la promoción y las políticas de financiamiento dentro de su sector, guiar y aprobar los planes y asignar los fondos entre los diversos proyectos. Los programas nacionales son: Ciencias Básicas, Ciencias Sociales, Ciencias de la Salud, Ciencias de la Educación, Medio Ambiente, Ciencias y Tecnologías agrícolas, Desarrollo Tecnológico Industrial, Minería y Energía, Computación y Electrónica, Biotecnología, y Telecomunicaciones.

Los comités regionales de C y T aprueban el plan regional, promueven actividades en la región, proponen y organizan programas regionales, consiguen fondos públicos y privados y supervisan la asignación de fondos para proyectos regionales. El sistema nacional de innovación es concebido como un modelo interactivo para la creación y aplicación de conocimiento y aprendizaje colectivo, en el cual los varios agentes envueltos en desarrollo tecnológico y en producción y mercadeos de bienes y servicios participan como parte del proceso de desarrollo continuo de la competitividad sostenible y el mejoramiento de la calidad de vida de la población.

El sistema nacional de innovación en Colombia está hecho de actores institucionales: empresas, centros de desarrollo

tecnológico, universidades, firmas de ingeniería, instituciones de capacitación, así como entidades de desarrollo sectorial (instituciones financieras, asociaciones industriales, etc). Se espera que el eje central del sistema sea el sector productivo, por su capacidad de coordinar tendencias del mercado (usuarios y consumidores), y como parte del enfoque sistémico de la cadena de producción. Este sistema también tiene una dimensión territorial, relacionada con el proceso de regionalización y centralización, y se espera que funcione dentro de un contexto internacional caracterizado por la globalización de la economías y que, teóricamente, tenga criterios de desarrollo sostenible.

La política de C y T contiene cinco estrategias: 1) Fortalecer la capacidad nacional en C y T 2) Innovación, competitividad y desarrollo tecnológico 3) Ciencia y desarrollo social 4) Medio Ambiente y hábitat 5) Integración de ciencia y tecnología en la sociedad colombiana (Colciencias, 1998).

Las actividades de investigación e innovación tecnológica en Colombia han crecido gradualmente a partir de los grupos básicos de investigación, especialmente en las principales universidades y centros de investigación. Existen ahora alrededor de 200 grupos de investigación localizados especialmente en las grandes ciudades como Bogotá, Cali y Medellín. Colciencias apoyó 152 establecimientos públicos y privados de educación con pro-

■ Análisis comparativo de las políticas científicas y tecnológicas ■

yectos de investigación durante el período 1991-1996.

La estrategia de incrementar la competitividad a través de la innovación y el desarrollo tecnológico en Colombia está basada en la Red de Centros de Desarrollo Tecnológico, CDTs, la cual tiene 29 instituciones. Estas suministran una variedad de apoyo tecnológico al sector productivo, cubriendo una amplia gama de actividades tales como investigación y desarrollo tecnológico, asistencia técnica, servicios tecnológicos, producción de insumos tecnológicos y capacitación. Estos centros cubren varios sectores de producción: 8 en la industria, 7 en el campo de nuevas tecnologías, 10 en agricultura y ganadería y 4 en el sector minero. Igualmente, empresas incubadoras de tecnología y centros regionales de productividad y desarrollo de negocios han estado emergiendo en la última década. Los centros de desarrollo tecnológico están proveyendo servicios a más de 1500 firmas en varios sectores y regiones del país, con un rango de servicios desde investigación aplicada a control de calidad, entrenamiento y asistencia técnica. Durante 1996, un portafolio de 123 proyectos fue generado en procesos y productos innovadores, los que constituyen la base del trabajo de los CDTs con las empresas.

Estos Centros han reforzado los vínculos y las interacciones entre capacidades tecnológicas sectoriales y regionales. Los elementos activos del Sistema nacional de Innovación han sido los siguientes:

los centros sectoriales tecnológicos (industria, agricultura, y minería y energía), los centros de nuevas tecnologías, centros y organizaciones que proveen servicios de soporte a la industria, los centros que proveen servicios de desarrollo sostenible, las incubadoras de tecnologías, los centros regionales, los centros de I&D de las empresas privadas, la integración a la Red de centros tecnológicos.

La instalación de los CDTs fue especialmente apoyada por aquellos sectores industriales donde se lograron los llamados Acuerdos Sectoriales de Competitividad, a raíz del diagnóstico de pérdida de mercados debido a la competencia externa y la necesidad de una reestructuración tecnológica. Dentro de esta política, apoyo especial fue asignado a los siguientes centros: Centro de tecnologías e ingenierías, Centro de investigación y desarrollo de textiles y confecciones, Centro para el desarrollo y capacitación en la industria del papel, Centro de desarrollo tecnológico y productividad de la industria gráfica, Centro para la industria del calzado, y Corporación Corrosión.

4. Cifras macroeconómicas e indicadores de gasto en C y T

Uno de los objetivos de este trabajo fue la búsqueda de un posible paralelismo entre el comportamiento de la economía fundamental de un país y el nivel del esfuerzo estatal y privado en I&D. Por el contrario, encontramos que las cifras muestran que

no existe tal paralelismo. La relación de los indicadores macroeconómicos entre Canadá y Colombia muestra una notable asimetría cuando se comparan estos datos con la relación de gasto en I&D. Lo mismo ocurre con otros indicadores del esfuerzo nacional en C y T. Comparemos los insumos de los sistemas científicos y tecnológicos de los dos países:

- a. En 1999, en Canadá el gasto global en I&D fue de 14.911 millones de dólares canadienses, lo que representa un costo per capita de 468 dólares y una relación de Gasto en I&D a PIB igual a 1,56 %. El Gasto global en I&D en Colombia en 1999 fue de 293.53 millones, el gasto en I&D por habitante de 7 dólares y la relación de gasto en I&D a PIB fue 0,23%.
- b. En cuanto a las macroeconomías nacionales, la relación de PIBs entre Canadá y Colombia fue de 7.46 veces en 1999. La relación entre el gasto en I&D de Canadá y Colombia es muy asimétrica, comparada con la relación de PIBs de estos dos países. En efecto, la relación de gasto en I&D es de 51 veces, la cual es muy alta cuando se compara con la relación de PIBs que, como vimos antes, es “solo” de 7.46 veces.

En forma similar, la relación de gasto en I&D per capita entre Canadá y Colombia es de 67 veces. Estas relaciones de gasto en actividades científicas y tecnológicas no mantienen ninguna simetría respecto a la

relación del principal indicador macroeconómico que es el PIB. Este hecho podría conducir a la hipótesis de que el esfuerzo estatal y privado en I&D, en los países comparados, depende más de decisiones de nivel macropolítico que de las mismas posibilidades macroeconómicas y que la principal causa de la enorme diferencia entre los niveles científicos y tecnológicos tiene origen político.

Esto también puede sugerir que el gasto en I&D es independiente de la situación económica del país y que la diferencia en los niveles de desarrollo económico entre los países es menor que la diferencia en sus niveles de desarrollo científico y tecnológico. En el contexto latinoamericano, similares conclusiones han sido logradas por algunos analistas sociales (Albornoz, 2000).

La estructura productiva de Canadá ha sido evidentemente más orientada que la colombiana hacia las exportaciones. Esto también demuestra que existe una estrecha relación entre comercio exterior y nivel de desarrollo económico. Además, la relación de gastos en I&D entre ambos países pone de relieve el efecto positivo que estos gastos tienen en la capacidad exportadora de productos de alto valor agregado. Este punto sugiere que la creciente brecha tecnológica entre estos países es mayor que la brecha económica entre ellos. Otra conclusión es que se hace necesario estudiar la estructura de la toma de decisiones sobre políticas de Gasto en I&D en los países de menor grado

de desarrollo y replantear sus mecanismos de planeación de políticas científicas y tecnológicas.

5. Comparando principales insumos y resultados

En la anterior sección hemos comparado la evolución de los sistemas científicos y tecnológicos del Canadá y Colombia con relación a los contextos económicos de cada país. Además, fue utilizado el método de los indicadores del Gasto de I&D con relación al PIB y el de Gasto en I&D per capita, dentro del marco de los principales números macroeconómicos en cada caso, para descubrir que existe asimetría en las relaciones de PIB y el Gasto en I&D. En esta sección completaremos el análisis buscando relaciones sistémicas que existen en cada país entre el sistema político y las políticas de C y T, las cuales se reflejan en las asignaciones presupuestales, los incentivos para científicos e inventores, las alternativas sociales de estas políticas y finalmente los resultados académicos y económicos de tales políticas.

La primera importante diferencia se encuentra en los procesos para definir y aprobar las políticas de ciencia y tecnología. En Canadá, las políticas científicas y tecnológicas son adoptadas por el Parlamento, la cual es la más alta instancia de decisión política en el país. La importancia otorgada a la ciencia y la tecnología en el destino nacional se condensa en frases como la siguiente: “para asegurar nuestro

continuo progreso en el siglo XXI, los canadienses deben estar entre los primeros en generar nuevo conocimiento y utilizarlo. Nuestro país debería ser reconocido como uno de los más innovadores en el mundo. Lograr esta aspiración requiere un enfoque comprensivo y el apoyo y la participación de todos los niveles del gobierno, instituciones educativas, y los canadienses” (Discurso del Trono, para instalar la trigésimo-séptima sesión del Parlamento canadiense).

En los programas de los partidos políticos colombianos no aparecen los temas de C y T. En el Parlamento colombiano los problemas del desarrollo científico y tecnológico nunca han sido estudiados seriamente. En los planes de desarrollo este tema es incluido desde 1990, pero las respectivas asignaciones no guardan proporción con la importancia teóricamente reconocida.

En Canadá, existe la posición de Secretario de Ciencia, Investigación y Desarrollo, con la cual el gobierno dirige y coordina el cumplimiento de las políticas adoptadas en estas materias. En adición, las principales organizaciones financiadoras y ejecutoras de actividades de C y T son asignadas al Ministerio de Industria (Industry Portfolio). Por el contrario, en Colombia las políticas de C y T son adoptadas por el CONPES, organismo de decisiones macroeconómicas, donde Colciencias no tiene representación. Finalmente, aunque Colciencias es el único organismo estatal que financia proyectos de ciencia y tecnología, su director nunca

ha tenido verdadero peso político dentro del Estado colombiano.

Las diferencias, antes señaladas, son reflejadas en la ejecución de las políticas adoptadas en cada país. En Canadá, el presupuesto de las organizaciones estatales dedicadas al desarrollo científico y tecnológico ha crecido en los últimos años, aunque no a la misma tasa de otras décadas. En efecto, en el periodo fiscal 1998-1999, el gasto federal en C y T fue de 5.843 millones de dólares canadienses y en el periodo 1999-2000, ascendió a 6.308 millones, un aumento del 8%, y para el periodo 2000-2001 se había proyectado incrementarlo en 5.9%. Las organizaciones mas favorecidas con aumentos presupuestales fueron CIDA, MRC, NSERC, SSHRS y el CFI.

En Colombia, diferente al caso canadiense, el gasto del gobierno, en realidad la única fuente de recursos financieros para C y T en este país, mostró, desde 1996 hasta 2000, un comportamiento negativo.

El gasto en I&D se redujo en promedio al 6.6% anual durante el periodo 1995-1999. Esto significa que el gasto estatal en C y T, en 1999, apenas fue el 60% del gasto en 1996 (OC y T, 2000).

En cuanto a la política de descentralización de la C y T, en el caso canadiense se ha logrado mayor avance que en el colombiano, quizá por la estructura federal del gobierno canadiense, que contrasta con la organización centralista del gobierno en Colombia. En este país, el escaso desarrollo de C y T está concentrado en algunas ciudades, no solo a causa de la concentración del desarrollo económico, sino además por la incapacidad fiscal de las regiones, las cuales dependen casi totalmente de las transferencias recibidas del gobierno central. En Canadá, algunas regiones (provincias) están muy desarrolladas, tienen gran autonomía fiscal y ejecutan políticas de C y T complementarias (CST, 1997), (MRST, 2001).

Tabla 1.
Gastos en ciencia y tecnología del gobierno central colombiano,
(En millones de dólares us de 1995)

Entidades	1995	1996	1997	1998	1999	TOTAL
Colciencias	47,7	63,0	50,4	30,3	24,1	215,5
Ministerio de						
Agricultura	36,4	45,8	42,9	14,2	13,5	152,8
Universidad Nacional	18,9	21,3	20,6	24,8	27,0	112,6
SENA	-	-	-	10,4	27,7	38,1
Otras	63,2	84,9	76,5	49,8	36,4	310,8
TOTAL	166,2	215,0	190,4	129,5	128,7	829,8

Fuente: OCyT, 2000.

■ Análisis comparativo de las políticas científicas y tecnológicas ■

El logro de los objetivos estratégicos es otro aspecto en el cual existe una diferencia notoria. En Canadá, el gobierno federal y algunos gobiernos provinciales establecieron hace algunas décadas la estrategia de convertir al sector privado en el principal ejecutor de I&D. Esta meta se alcanzó, de tal forma que entre 1990 y 1999, el gobierno federal, que representaba el 29% de las fuentes de financiamiento de I&D, descendió al 19%, y el sector empresarial creció del 41% al 49%. En cuanto a la ejecución, el gobierno federal bajó desde 17% al 11% en 1999, y el sector privado pasó del 52% al 63%. Esto confirma la tendencia que comenzó en la década de 1980 (Statistics Canada, 1999). Las universidades prácticamente mantuvieron el mismo porcentaje como fuentes de financiamiento (alrededor de 11%) y disminuyeron levemente como ejecutoras, bajando de 27% al 24%.

En Colombia la política de transformación de la estructura de financiamiento de la C y T ha sido casi un completo fracaso,

puesto que al final de la década de 1990 se observó un pobre financiamiento y ejecución de I&D por parte del sector privado, acompañado además por la caída del financiamiento estatal, para producir conjuntamente un resultado muy negativo para la C y la T. Para el caso colombiano, no hay información confiable sobre la inversión de las empresas en I&D, porque ellas incluyen dentro de este capítulo presupuestal los gastos de extensión y/o renovación de la capacidad instalada, la importación de equipos, la calificación de personal, el mercadeo de algunos productos (aunque éstos no impliquen realmente nuevos productos resultantes de I&D), la compra de patentes extranjeras. Por tales razones, no tendría validez realizar una comparación de la distribución de gasto en I&D según los tres grandes sectores: industria, gobierno y universidades (Colciencias, OCyT, 2000).

Sin embargo, basándonos en la información del recurso humano empleado en I&D

Tabla 2.
Participación por sectores en gasto canadiense de c y t, en 1999

Sectores	Como financiadores (1)	Como ejecutores (2)	RELACION: (2)/(1)
Gobierno federal	19.5%	10.8%	0.55
Industria	49.2 %	62.9 %	1.28
Universidades	9.8 %	23.6 %	2.41
Gobiernos provinciales y otros	7.7 %	2.7 %	0.35
Extranjero	13.8 %	_____	_____
TOTAL	100 %	100 %	_____

Fuente: Industry Portfolio, 1999.

en cada uno de los tres sectores, en Canadá y Colombia, es posible hacer una comparación de las estructuras de I&D. En 1995, Canadá tenía 82.240 investigadores (Chudnovsky *et al.*, 1999) y Colombia solamente 1.946, lo cual muestra un relación de 42 a 1. La industria canadiense ocupaba el 52.3% de los investigadores y la colombiana solo 12%, mientras las universidades colombianas (en realidad las cuatro principales universidades estatales) ocuparon 81%, cifra que muestra que el esfuerzo en I&D de la industria colombiana es apenas simbólico. Por otro lado, el número de investigadores empleados por la industria en Colombia demuestra que los datos financieros recogidos por una encuesta sobre I&D industrial no son confiables (OCyT, 2000).

Con relación al costo por investigador en 1996, la Red Latinoamericana de Indicadores de C y T, RICYT, halló que en Canadá se gastaron 124.100 dólares (US) por investigador; en Colombia el gasto fue 49.800 dólares (US), una relación de 2.49

veces a favor del Canadá. Este hallazgo indica que en Canadá se gastó más en infraestructura y en más altos salarios para los investigadores. Sin embargo, de acuerdo al mismo estudio, se encontró que el costo por investigador en Colombia fue superior al de países de mayor desarrollo tecnológico en el marco latinoamericano, como México (con 34.000 US\$) y Argentina (con 30.000 US\$).

En cuanto a los principales indicadores de resultados (outputs), los 82.240 investigadores del Canadá en 1995 produjeron 17.359 publicaciones (sin incluir las de ciencias sociales), (Chudnovsky *et al.*, 1999). Para el caso colombiano, el número de publicaciones fue estimado en 1.120 (también excluyendo las de ciencias sociales), según información del RICYT. Los datos anteriores muestran que el coeficiente de publicación de los investigadores en Canadá fue 21% ese año, y el de los colombianos fue 56%.

Tabla 3.

Participación de entidades del Gobierno Colombiano en el gasto en C y T

Entidades	1995	1996	1997	1998	1999	TOTAL
Colciencias	28.7 %	29.3 %	26.5 %	23,4 %	18,8 %	26,0 %
Ministerio de Agricultura	21.9 %	21.3 %	22.5 %	11.0 %	10.5%	18.4 %
Univers. Nacional	11.4 %	9.9 %	10.8 %	19.2 %	21.0 %	13.6 %
SENA	-	-	-	8.0 %	21.5 %	4.6 %
Otras	38.0 %	39.5 %	40.2 %	38.4 %	28.3 %	37.5 %
TOTAL	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Fuente: OCyT, 2000.

■ Análisis comparativo de las políticas científicas y tecnológicas ■

Tabla 4

Evolución del número de investigadores en Colombia, 1993-1998

Categoría	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Investigadores	1066	1224	1372	1567	1768	1436
Investigadores Asistentes	150	187	208	293	385	340
Investigadores en Formación.	198	265	366	561	918	969
Total	1414	1676	1946	2421	3071	2745

Fuente: OCyT, 2000; Colciencias, 1998.

Con relación a la producción de patentes, en 1996 en Canadá fueron otorgadas 9.139, mientras en Colombia solo 370 (RYCIT, 1999). El coeficiente de invención, que mide la relación de patentes demandadas por los residentes, por cada 100.000 habitantes, fue 8.3 en Canadá, y 0.2 para Colombia; esto es, 41.5 veces menor que en Canadá. La magnitud de las relaciones de estos indicadores cuantitativos de resultados científicos y tecnológicos de ambos países es similar a la de las relaciones entre Gasto total en I&D y Gasto en I&D per capita que fueron calculados en la sección 4, lo que puede sugerir que existe coherencia entre el esfuerzo financiero para la I&D de los países y los resultados obtenidos (medidos con los indicadores básicos).

En el dominio de la medida de resultados de políticas científicas y tecnológicas, y de la evaluación del progreso de I&D alcanzado en cada país, Canadá y Colombia han establecido instituciones especializadas que están haciendo un trabajo importante, necesario para la correcta planeación y coordinación de los esfuerzos

para impulsar la C y T. En Canadá aparece en sitio sobresaliente en este campo el Observatorio de Ciencia y Tecnología de Montreal (OST, 2000, 2001). En Colombia, el Observatorio de Ciencia y Tecnología de Bogotá ya era un instrumento valioso para el desarrollo de las políticas de C y T en el 2002 (oct, 2000).

Una diferencia notable entre los sistemas de I&D del Canadá y Colombia es la relativa a la inversión de las compañías extranjeras en esta materia. En Canadá, estas empresas contribuyen al 14% de las fuentes de financiamiento de I&D. En Colombia, casi no existe la I&D por parte de las empresas extranjeras.

El capital de riesgo para apoyar el establecimiento de compañías basadas en alta tecnología es relativamente abundante en Canadá, sea de fuentes de capital privado, sea de fuentes de financiamiento estatal (CST, 1998). En Colombia, el capital de riesgo es escaso y las compañías de base tecnológica tienen solo algunas posibilidades de financiamiento en el Banco de Comercio Exterior, Bancoldex. Con rela-

Tabla 5

**Distribución de investigadores por sectores (1995).
En Canadá y Colombia**

SECTORES	Canadá (1)	% (2)	Colombia (3)	% (4)	Relación: (1) / (3)
Industria	43012	52.3 %	234	12.0 %	183.8
Gobierno	7731	9.4 %	136	7.0 %	56.8
Universidades y ONG	31498	38.3 %	1576	81.0 %	20.0
TOTAL	82240	100 %	1946	100 %	42.3

Fuentes: Chudnosky *et al.*, 1999; OCyT, 2000.

ción a la política de incentivos fiscales para aumentar la inversión de las compañías en I&D, Canadá ha logrado muy importantes resultados para el desarrollo tecnológico y la economía, según estudios hechos por diferentes centros de investigación (CIRANO, 1996). En Colombia, aunque existen las normas legales sobre incentivos fiscales para la I&D, su uso es muy bajo (Colciencias, 1998).

Conclusiones

Ha existido una estrecha relación entre el nivel de desarrollo económico y la evolución de la estructura científica y tecnológica en los dos países comparados. Por razones políticas y sociales, el comienzo del desarrollo económico fue más sólido y promisorio en el Canadá que en Colombia, desde finales del siglo XIX e inicios del XX. También el origen del esfuerzo canadiense (sectores privado y estatal) en C y T fue anterior al colombiano. Canadá fundó instituciones para impulsar las actividades científicas y tecnológicas, tres o cuatro décadas antes que Colombia. En

forma similar, definió políticas y estrategias desde la década de 1960. Solo hasta finales de la década de 1980, Colombia empezó a preocuparse por establecer políticas. En Colombia, el retardo en definir políticas consecuentes en estos temas tuvo origen en su estructura política. Aún hoy día, aunque la Ciencia tiene mayor reconocimiento social que en el pasado, el esfuerzo colectivo (Estado y empresas) para invertir en C y T es menor que en los países desarrollados. Por ejemplo, la relación de gasto en I&D entre Canadá y Colombia es mucho mayor que la relación de PIBs. Por ese hecho, la brecha científica y tecnológica entre estos dos países es aun mayor que la brecha económica. Y debido a que el siglo XXI estará basado en el conocimiento, debemos suponer que la brecha económica entre estas naciones crecerá.

En Canadá, la estrategia de transferir al sector privado una mayor responsabilidad en los gastos y la ejecución de C y T obtuvo los objetivos señalados. Por el contrario, aunque en Colombia esta estrategia apa-

■ Análisis comparativo de las políticas científicas y tecnológicas ■

rece en los documentos de política desde la década de 1990, el resultado es completamente opuesto a la meta propuesta. En efecto, ahora la mayor ejecución en C y T está a cargo de las universidades y la cooperación industria-universidad avanza muy lentamente. La investigación adelantada en las universidades colombianas no está integrada a las necesidades industriales. El sector privado financia pocos proyectos de investigación universitaria y los proyectos conjuntos son escasos. Por el otro lado, la demanda de tecnología por parte de las compañías no es satisfactoria y, en general, los centros de desarrollo tecnológico son subutilizados. La mayoría de los proyectos están basados en tecnologías suaves, pero no hay muchos intentos para avanzar en las tecnologías más duras, y mucho menos en tecnologías avanzadas. Parece que la industria colombiana no considera la innovación tecnológica como una ventaja comparativa, y busca casi siempre el mejoramiento de la productividad, por la vía del ahorro de costos de producción, en primer lugar por la reducción de costos laborales, lo cual afecta negativamente la demanda agregada interna.

La política de C y T en la década de 1990 fue contradictoria con relación a la realidad económica del país. Al comienzo de esa década, la política definida fue

transferir las principales responsabilidades de I&D al sector privado. En la segunda parte, la recesión de la economía y los efectos negativos de la Apertura en sectores industriales importantes impidió que la industria asumiera el rol que le había sido asignado en las políticas de innovación tecnológica. Aun así el Estado mantuvo la política de reducir el gasto en C y T, parcialmente a causa del déficit fiscal. Pero también por la influencia de las teorías neoliberales. Todo sugiere que es hora de hacer algunos cambios en la política de C y T y que ahora, en Colombia, es recomendable convertir al Estado en líder del desarrollo científico y tecnológico, para lo cual debe aumentar el gasto en I&D en grado importante. El objetivo tendría que ser la obtención en cinco años de una relación de Gasto en I&D a PIB de al menos 1%. Además, para resolver los principales problemas, tales como la falta de demanda tecnológica por parte de la industria y la ausencia de cooperación Universidad-Industria, sería útil profundizar más en el análisis comparativo entre Colombia y países más desarrollados, como el Canadá, cuya exitosa experiencia en planeación y ejecución de políticas científicas y tecnológicas, podría ser tomada como modelo a seguir por Colombia.

Bibliografía

- Albornoz, M. et Fernández, E., , *El estado de la ciencia y la tecnología en América Latina y el Caribe*, Buenos Aires, RICYT, 2002.
- Canada, Dominion Bureau of Statistics (DBS), "Canada, One Hundred, 1867 - 1967", Ottawa, 1967.
- , Dominion Bureau of Statistics (DBS), "Canada, 1970", Ottawa, 1969.
- , Statistics Canada, "Science Statistics", vol. 23, núm. 6, Cat. No. 88-001-XIB, noviembre, 1999, Ottawa.
- , Industry Canada, *Forging Ahead, A Report on Federal Science and Technology-1999*, Ottawa, 2000.
- , National Research Council (NRC), "Performance Report; For the period ending march 31, 2000", Ottawa, 2000.
- , National Sciences and Engineering Research Council (NSERC), "Performance report; For the period ending March 31, 2000", Ottawa, 2000.
- Chudnovsky, D. Niosi, J. Bercovich, N., *National Systems of Innovation, Learning and Technology Policy. A Comparison of Canada and Argentina*, Montreal, s.e., 1999.
- CIRANO, "L'efficacité des mesures d'aide fiscale a la R-D des entreprises du Canada et du Québec", Conseil de la Science et de la Technologie, Montreal, 1996.
- Colciencias e Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología, *Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología: Conocimiento para el Desarrollo*, Bogotá, Colciencias, diciembre, 1998.
- Colciencias, *Sistema Nacional de Innovación: Nuevo escenario de la Competitividad*, Bogotá, Colciencias, septiembre, 1998.
- Colciencias, *Dinámica de los Indicadores de Inversión, 1994-1998*, Bogotá, 1998.
- Conseil de la Science et de la Technologie (CST), "L'entreprise innovante au Québec", Montreal, 1998.
- , *Pour une Politique Québécoise de la Innovation*, Montreal, 2001.
- Department of Foreign Affairs and International Trade (DFAIT), *Pocket facts: Canada - Economic Indicators*, núm. 56, marzo, 2001, Ottawa.
- Department of National Planning (DNP), *Background Report for the Science, Technology and Innovation Policy Review: Colombia*, Bogotá, 1996.
- Fry, E. H., , "Regional Economic Development Strategies In Canada and the United States: Linkages Between the Subnational, national and Global Settings", en *International Journal of Canadian Studies*, núm. 16, otoño, 1997, pp. 69-91.
- La Nota Económica, "Proyecciones 2002 - 2006", Bogotá, diciembre, 2001, pp.15-20.
- Ministere de la Recherche, de la Science et de la Technologie du Québec (MRST), *Savoir, Changer le Monde*, Montreal, 2001.
- Niosi, J. Manseau, A. et Godin, B., , *Canada's National System of Innovation*, Montreal, s.e., 2000.
- OCyT, Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, *Barómetro*, Vol. 1, núms. 1,2,3,4, Bogotá, agosto-noviembre, 2000.
- OCyT, Colciencias , *La Innovación tecnológica en Colombia, Características por sector industrial y región geográfica*, Bogotá, 2000.
- Observatoire des Sciences et des Technologies (OST), *L'Observateur*, núms. 1-14 , Montreal, 2000-2002.
- , *E-Veille*, núms. 1-11, 2000-2002.
- Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT), CYTED/OEA,



■ Análisis comparativo de las políticas
científicas y tecnológicas ■

Universidad Nacional de Quilmes, *Principales Indicadores de Ciencia y tecnología Iberoamericanos/Interamericanos 1990-1998*, Buenos Aires, junio, 1999.

Rodríguez, E., *Después del Populismo, Hacia el Cambio Estructural?*, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 1985.

United Nations Conference on Trade and Development and Comission on Science and Technology for Development (UNCTAD), *The Science, Technology and Innovation Review: Colombia*, New York and Geneve, 1999.

