



Universidad Autónoma de Querétaro  
 Facultad de Ingeniería  
 Doctorado en Ingeniería



**“DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INDICADORES DE IMPACTO  
 CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO Y PROPUESTA DE UN MODELO DE  
 INNOVACIÓN PARA EL  
 CRECIMIENTO SOCIOECONÓMICO DE QUERÉTARO”**

**TESIS**

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de  
 Doctorado en Ingeniería

**Presenta:**  
 Edna Karina Alcázar Farías

**Dirigido por:**  
 Dr. Alejandro Alfredo Lozano Guzmán

**SINODALES**

Dr. Alejandro Alfredo Lozano Guzmán  
 Presidente

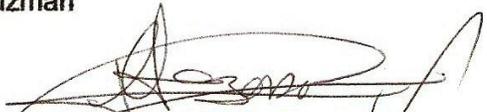
Dr. Gilberto Herrera Ruiz  
 Secretario

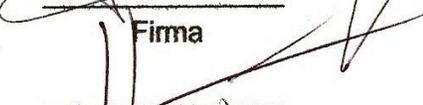
Dra. Rebeca del Rocío Peniche Vera  
 Vocal

Dra. Martha Gloria Morales Garza  
 Suplente

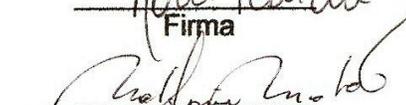
Dra. María del Carmen Espino Gudiño  
 Suplente

  
 \_\_\_\_\_  
 Dr. Aurelio Domínguez González  
 Director de la Facultad de Ingeniería

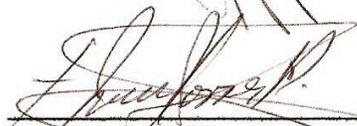
  
 \_\_\_\_\_  
 Firma

  
 \_\_\_\_\_  
 Firma

  
 \_\_\_\_\_  
 Firma

  
 \_\_\_\_\_  
 Firma

  
 \_\_\_\_\_  
 Firma

  
 \_\_\_\_\_  
 Dr. Irineo Torres Pacheco  
 Director de Investigación y Posgrado

Centro Universitario  
 Querétaro, Qro.  
 Noviembre del 2012.  
 México

## RESUMEN

Los países que reconocen el valor de la educación superior y de las actividades científicas y tecnológicas son las que han desempeñado un papel protagonista en el desarrollo global. Estos países han invertido importantes recursos económicos en aras de convertirse en participantes activos en la nueva "era del conocimiento", la cual se caracteriza esencialmente por un uso intensivo del conocimiento, así como del comercio de productos, procesos y servicios de alto valor agregado. En este sentido, se ha comprobado que la mejor manera de reducir la brecha entre las regiones desarrolladas y las subdesarrolladas es aumentando la inversión que promueve la educación, la investigación, el desarrollo tecnológico, la innovación y la competitividad industrial.

Las decisiones de asignación de apoyo financiero para las políticas de educación, ciencia y tecnología se han basado en varios indicadores. Sin embargo, no existe la seguridad de que el dinero va a las personas adecuadas en los lugares adecuados. A fin de justificar la inversión en los tres rubros antes mencionados, es de suma importancia que el gasto de recursos en actividades científicas y tecnológicas se sirva de indicadores certeros y confiables, así como en modelos que permitan simular posibles escenarios y sus consecuencias.

La presente tesis inicia con la introducción del tema en el capítulo 1, donde se incluye una breve revisión de los esfuerzos que México ha realizado en esta dirección. En el capítulo 2, se mencionan las investigaciones más importantes realizadas a nivel mundial sobre indicadores de ciencia y tecnología y las metodologías utilizadas para medir el impacto de la ciencia y la tecnología. A continuación, en el capítulo 3, se ofrece una descripción de criterios y consideraciones realizadas en la presente investigación para el desarrollo del modelo de innovación de Querétaro. El capítulo 4 se enfoca en los resultados obtenidos en diferentes escenarios y simulaciones con base en el modelo de innovación de Querétaro propuesto y se presentan los indicadores de impacto científico y tecnológico. Finalmente, en el capítulo 5 se presentan algunas consideraciones, recomendaciones y conclusiones sobre el impacto académico, social y económico de las actividades científicas y tecnológicas desarrolladas en Querétaro.

**Palabras clave:** Ciencia, Impacto, Modelos de Innovación, Tecnología, Querétaro.

## SUMMARY

Countries and regions which recognize the value of higher education and the value of S&T are the ones playing a leading role in global development. These countries have been investing important economic resources for the sake of becoming active participants in the new “Knowledge Age.” This Age is essentially characterized by an intensive use of knowledge as well as trade in goods, processes, and services of high added value. The best way to reduce the gap between under-developed and developed regions would be to increase investment which promotes education, research, technological development, innovation, and industrial competitiveness. Of course, S&T decision making will be more meaningful if it is based on reliable information based on indicators of social and economic impact. Decisions for allocating financial support for Educational and S&T policies are based on several indicators, but it can not be provided if that money does not go to the right people in the right places. In order to justify investment in S&T, it is especially important for institutions spending resources on scientific and technological activities to have reliable indicators and models which help to simulate possible actions and consequences.

In Chapter 1, this thesis begins with the introduction of development of S&T Indicators and models, including a brief revision of the efforts Mexico has carried out in this direction. In chapter 2, a description of the most important research related with S&T indicators and methodologies for measuring its impact is presented. A description of criteria and considerations related to the Queretaro innovation model proposed, are presented in chapter 3. Chapter 4 presents numerical simulation results of different S&T impact scenarios. Finally, considerations, recommendations, and conclusions about S&T indicators, and S&T activities and their academic, social and economic impact in Queretaro are discussed, in chapter 5.

**Keywords:** Impact, Innovation System, Science, Technology, Queretaro.

Con amor, admiración y respeto

A mi padre

Luis David Alcázar Sánchez

A mi madre

Audelina Farías Mendoza

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dr. Gilberto Herrera Ruiz (Rector de la Universidad Autónoma de Querétaro), al Dr. Aurelio Domínguez González (Director de la Facultad de ingeniería) y al Dr. Irineo Torres Pacheco (Director de Investigación y Posgrado) por impulsar la educación de calidad en el estado de Querétaro.

Al Dr. Alejandro Lozano Guzmán por el tema de tesis, por su dirección durante el desarrollo del proyecto y por sus conocimientos transmitidos durante este trabajo.

A mis profesores por sus valiosos conocimientos y experiencias transmitidas.

A todo el personal de la Universidad Autónoma de Querétaro que con su trabajo, colaboraron durante estos tres años a la realización de esta tesis.

Agradezco a todos los que de alguna forma hicieron posibles la culminación de este logro profesional.

# ÍNDICE

Contenido	Página
Resumen.....	ii
Summary.....	iii
Dedicatorias .....	iv
Agradecimientos.....	v
Índice.....	vi
Índice de cuadros.....	viii
Índice de figuras.....	ix
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	
I.1 Antecedentes.....	1
I.2 Justificación.....	2
I.3 Planteamiento del problema .....	3
I.4 Planteamiento teórico.....	4
I.5 Alcances.....	5
I.6 Hipótesis.....	5
I.7 Objetivos.....	6
I.8 Estructura de la Tesis.....	6
<b>II. REVISIÓN DE LA LITERATURA</b>	
2.1 Indicadores de Ciencia y Tecnología.....	8
2.2 El Modelo de los Sistemas de Innovación.....	10
2.2.1 El Sistema de Innovación en México.....	12
2.3 Técnicas de evaluación del impacto de la Ciencia y la Tecnología.....	15
<b>III. METODOLOGÍA</b>	
3.1 Desarrollo del Sistema de Innovación Regional de Querétaro.....	23
3.2 Descripción de las características que presentan las variables del Modelo SIRQ .....	26
3.3 Alcances del Modelo SIRQ.....	32
3.4 Descripción del Modelo SIRQ.....	32
3.4.1 Suposiciones del modelo.....	32
3.4.2 Representación del Modelo SIRQ.....	35

3.4.3 Variables y Ecuaciones.....	45
<b>4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
4.1 Propuesta de un sistema de indicadores de impacto científico y tecnológico .....	54
4.2 Resultados del modelo de innovación para el crecimiento socioeconómico de Querétaro (modelo SIRQ).....	61
4.3 Discusión de los resultados .....	74
<b>5 NOTAS FINALES.....</b>	<b>79</b>
LITERATURA CITADA.....	x
ANEXO 1. Querétaro en cifras .....	xvii
ANEXO 2. Valores de los indicadores para cada escenario considerado .....	xxi
ANEXO 3. Desarrollo histórico de los indicadores de ciencia y tecnología, avances en América Latina y México.....	xxiii
ANEXO 4. La investigación científica y la educación superior: factores relevantes de los sistemas de innovación.....	xxxii

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
2.1	Desde los resultados de la investigación hasta su impacto	20
2.2	Tasa de retorno de los proyectos de investigación y desarrollo privados	22
3.1	Indicadores del flujo del conocimiento	24
3.2	Indicadores de innovación	25
3.3	Variables del modelo SIRQ	51
4.1	Comparación de seis escenarios para el SIRQ	62
4.2	Influencia del factor reinversión privada	64
4.3	Influencia del factor reinversión pública	65
4.4	Influencia del factor básica a aplicada	65
4.5	Influencia del factor impacto doctorado y del factor doctorado	66
4.6	Influencia del factor posgrado	67
4.7	Influencia del factor impacto social	68
4.8	Sensibilidad de la variable generación de recursos económicos	69
4.9	Impacto de los factores académicos en la generación de recursos académicos	70
4.10	Impacto de los factores globales IES, CI e IES+CI	71
4.11	Impacto del factor global conectividad intersecretarial	72
4.12	Impacto del factor global industria	73

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
2.1	Marco para la medición de la innovación	12
2.2	Marco de los tipos de organismos que participan en la C y T	14
2.3	Estructura para analizar el efecto de la investigación en el bienestar	21
3.1	La ciencia como un proceso de insumo-producto	24
3.2	Modelo lineal del vínculo entre el conocimiento y el desempeño económico	25
3.3	Modelo de relación en cadena	26
3.4	Propósito de un SIR	43
3.5	Modelo: El Sistema de Innovación Regional en Querétaro	44
4.1	Resultados de las principales variables de salida del modelo SIRQ (6 escenarios)	63
4.2	Influencia del factor reinversión privada	64
4.3	Influencia del factor reinversión pública	65
4.4	Influencia del factor básica a aplicada	66
4.5	Influencia del factor impacto doctorado y del factor doctorado	67
4.6	Influencia del factor posgrado	68
4.7	Influencia del factor impacto social	69
4.8	Sensibilidad de la variable generación de recursos económicos	70
4.9	Impacto de los factores académicos en la generación de recursos académicos	70
4.10	Impacto de los factores globales IES, CI e IES+CI	72
4.11	Impacto del factor global conectividad intersecretarial	73
4.12	Impacto del factor global industria	74

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

### **1.1 ANTECEDENTES**

Como precursores de la presente investigación se tienen los estudios realizados por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y por el Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro (CONCYTEQ), sobre la dinámica científica, tecnológica e industrial de Querétaro.

Alänge et al. (2001), presenta de manera general el Sistema de Innovación en Querétaro, puntualizando patrones de innovación, las fortalezas y debilidades dentro del proceso. El estudio menciona que el sistema de innovación actual presenta una amplia variación de acuerdo con los tipos de actores estudiados, y que pese a que no se han concretado los lazos entre cada actor, se han empezado a sentar las bases necesarias para desarrollar un modelo de innovación para la zona.

En las publicaciones del CONACYT (2006, 2007, 2008), se señala que Querétaro cuenta con un marco institucional favorable para la canalización de recursos a los diferentes sectores, asimismo, se hace evidente que algunos sectores específicos son capaces de utilizar el conocimiento y las tecnologías generadas para crear innovación, y por lo tanto, prosperidad. Sin embargo, se señala que existe poca participación de los sectores económicos en relación con la capacidad e infraestructura científica y tecnológica que existe en el Estado.

En 2008, el CONCYTEQ publicó un estudio que hace referencia a la problemática existente para establecer la relación Academia-Industria en Querétaro. No obstante, también reconoce que existen signos claros que reflejan que la región es una fuente rica en investigación y desarrollo industrial, los cuales se ven reflejados en las innovaciones de productos, y en las mejorías que se realizan a los procesos de producción, lo que también ha sido reconocido por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2009).

En contraparte, pese a lo anterior, el estudio detectó falta de confianza y un limitado conocimiento y entendimiento entre los diferentes actores que forman parte del sistema de innovación queretano. En este mismo sentido, el CONCYTEQ (2009) presentó un panorama del desarrollo de la Ciencia y la Tecnología con un horizonte a 25 años, en donde se comenta que no basta con establecer más universidades o centros de investigación, tener más investigadores o más recursos, sino que es necesario que exista una coordinación interinstitucional, que fomente, de manera armónica, un alto nivel de desarrollo en todas las instituciones participantes en el sistema de innovación regional, de manera que se logre tener liderazgo y mejores oportunidades para todos los habitantes de la región.

Con base en los estudios y análisis anteriores, se puede afirmar que la región de Querétaro se caracteriza por contar con dinamismo científico, tecnológico e industrial, lo que fundamenta las bases para construir un modelo de simulación basado en el Sistema de Innovación que se ha venido construyendo en la zona.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

La ciencia, la tecnología, y la innovación, tienen el papel protagónico en el crecimiento económico, en la productividad, en la competitividad, en el desarrollo sostenible y en el mejoramiento de la calidad de vida en una sociedad. Desde esta perspectiva, es fundamental la elaboración de políticas científicas y tecnológicas, que orienten la dirección que ha de tener la investigación, acorde con las necesidades y capacidades propias de cada región, de tal manera que se desarrollen, fortalezcan y mantengan las capacidades científicas adquiridas. En la construcción de estas políticas debe contarse con datos precisos que reflejen el impacto y los alcances de las actividades científicas y tecnológicas. Es necesario elaborar metodologías que consideren la relación entre los recursos invertidos en ciencia y tecnología y sus productos, en términos de los efectos reales registrados sobre la competitividad industrial, el crecimiento de la economía, la calidad de

vida, el empleo, la educación, la cultura y el medio ambiente, por mencionar algunas.

El modelo de simulación del Sistema de Innovación de Querétaro, se convierte en una metodología de evaluación sobre el impacto de las actividades educativas, científicas y tecnológicas, más acorde con las condiciones internas prevalecientes, aportando una base sobre la que es posible definir los propósitos generales y particulares, los objetivos y metas, así como evaluar el comportamiento y las repercusiones. Aún más, esta metodología es de utilidad para evaluar los efectos, en sus diferentes dimensiones, de la investigación desarrollada en el pasado, y por supuesto para determinar los alcances de la ciencia y la tecnología que se desarrollen en el presente, o en posibles escenarios futuros. Lo anterior será de utilidad para definir el tipo de actividades académicas, científicas y tecnológicas más apropiadas con visión hacia el futuro. Cabe mencionar que una de las principales limitaciones de la presente investigación radica en el hecho de que los modelos desarrollados están basados en la información publicada por las Instituciones calificadas para ello. Sin embargo, esto no altera los resultados encontrados, pues se trabajó más con las interrelaciones existentes entre ellos que con su magnitud numérica.

### **1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El enfoque actual en el sentido de la presente investigación giró alrededor del impacto que genera la educación, la ciencia y la tecnología en la sociedad. Basándose en el hecho de que tanto para enseñar como para investigar, se invierten recursos humanos, monetarios, materiales y otros; es fundamental conocer la forma en qué éstos son invertidos y los beneficios académicos, económicos y sociales que se obtienen. Basado en la premisa de que a mayor inversión en educación, ciencia y tecnología mayor desarrollo, como se ha comprobado en los países de primer mundo, es sin duda de utilidad contar con un diagnóstico de la zona de Querétaro que pueda dar pistas, por una parte, sobre los resultados, tanto positivos como negativos, y por la otra, al comprobar el

impacto positivo de las actividades científicas y tecnológicas, se podrá obtener una mayor cantidad de recursos que permita alcanzar una excelencia académica en la investigación. En este mismo sentido, al conocer los errores, problemas u omisiones, se tendrán las bases para buscar soluciones y realizar las correcciones necesarias a fin de entrar en un proceso de mejora continua hasta contar con un sistema que esté a la par de cualquier otro a nivel mundial.

#### **1.4 PLANTEAMIENTO TEÓRICO**

Es a partir de la llamada economía de la innovación que comienzan a surgir respuestas teóricas (o buenas prácticas) sobre cómo enfrentar la competencia en un mundo tan abierto como el actual. Entre estas teorías y modelos se encuentran el Modelo de caja negra (Desai, 2006) de transferencia de tecnología que trata de explicar la adquisición de conocimiento y tecnología a partir de las interacciones de la empresa con los clientes y proveedores, donde la transferencia va desde la propiedad intelectual hasta la transferencia entre equipos de trabajo. De igual manera está el Modelo de Triple Hélice (Universidad-Industria-Gobierno), en donde la universidad adquiere un papel protagónico como generadora de conocimiento y tecnología (Etzkowitz y Leydesdorff, 2000), los sistemas regionales de innovación (Lundvall, 2002), y la generación de empresas con base tecnológica como los *Spin-Off* universitarios, como los modelos más destacados en esta área del conocimiento.

La otra concepción teórica en la que se enmarcan los trabajos en el área de indicadores de ciencia, tecnología e innovación, es el Modelo de relación en cadena de la innovación, el cual se describe como un modelo interactivo de relación en cadena del proceso de innovación. En este modelo, el proceso de innovación se caracteriza por interacciones y efectos de ida y vuelta, y sobre numerosas interacciones que ligan la ciencia, la tecnología y la innovación. Por otra parte, existen otros métodos para evaluar los efectos de las inversiones en investigación y desarrollo, ejemplo de ello son los indicadores económicos, productivos, sociales y ecológicos, que varían desde una simple lista o modelos

de ponderación hasta los modelos complejos de programación matemática y de simulación (Horstkotte et al., 2000).

### **1.5 ALCANCES**

El modelo desarrollado será de utilidad para generar escenarios de interacción entre la academia, el sector económico, la sociedad y el gobierno. Asimismo, ofrece la posibilidad de desarrollar indicadores que ayuden a medir el impacto de la educación y la investigación desarrollada en la región de Querétaro. Con la información obtenida, se pueden proponer perspectivas de acercamiento academia-industria y academia-sociedad en aras de incrementar los beneficios de la ciencia y la tecnología que se desarrolla en la región.

En otro aspecto, con base en los datos obtenidos se generó información que es de utilidad para el desarrollo de políticas públicas de ciencia y tecnología. Tanto los resultados obtenidos de la presente investigación como las aplicaciones que se den de los mismos, podrán ser de utilidad para las Instituciones de Educación del Estado, los Centros de Investigación, el CONCYTEQ, CONACYT, y en general por cualquier tomador de decisiones en el ámbito de políticas científicas y tecnológicas.

### **1.6 HIPÓTESIS**

El desarrollo de la ciencia y la tecnología en México se ha dado de manera desordenada y sin una visión a largo plazo. Lo anterior es palpable al observar que la ciencia y la tecnología en nuestro país es prácticamente la misma desde hace 25 años. Esto es, el sector académico se encuentra inmerso en su propio espacio, el sector industrial es dependiente de tecnología adquirida en el extranjero, el sector gubernamental se mantiene ajeno y no ve a la ciencia y la tecnología como un motor para el desarrollo socioeconómico, y, finalmente, el sector financiero no ve a los proyectos de ciencia y tecnología como una fuente de inversión productiva. La diferencia de hace 25 años y la actualidad estriba en que en el pasado eran pocos centros de investigación y pocos investigadores. En la

actualidad, bajo las mismas condiciones ya descritas se cuenta con una mayor cantidad de docentes, de investigadores y más empresas, pero en general, siguen estando aislados, sin expectativas reales de vinculación y generación de riqueza. Los casos exitosos aislados como los que se tienen en Querétaro con las empresas *Mabe* y *Condumex*, no hacen sino confirmar la desvinculación de la generalidad de la situación descrita.

En el marco anterior se establece como hipótesis para esta tesis que el trabajo conjunto interinstitucional (academia-empresas) bajo la rectoría informada del estado, producirá la riqueza económica y social que requiere, en el caso de estudio, la región de Querétaro.

## **1.7 OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Determinar la influencia de los diversos factores que inciden en el proceso de transferencia de conocimiento científico y tecnológico y su impacto a la sociedad en su conjunto.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Identificar los factores que tienen influencia en el proceso de transferencia de conocimiento de la academia a los sectores productivos y a la sociedad en Querétaro.
2. Crear posibles escenarios del sistema de innovación de Querétaro a fin de conocer por un lado la influencia de cada factor estudiado, y por el otro, el resultado final para combinaciones específicas de los mismos.

## **1.8 ESTRUCTURA DE LA TESIS**

El proyecto incluyó la realización de actividades organizativas, formativas, documentales, de campo y de difusión. Como estrategia general, se contempló el involucramiento de académicos de las diferentes instituciones y la difusión de los productos en reuniones académicas, congresos y publicaciones, además se

buscó difundir el conocimiento adquirido a los diferentes actores sociales y económicos de la ciudad de Querétaro.

En el capítulo 1 se incluyen los antecedentes, la hipótesis y los objetivos que dan vida a este proyecto de investigación. Asimismo, se discuten brevemente los conceptos y teorías sobre los que se basa el modelo construido. En el capítulo 2 se hace una descripción completa acerca de las investigaciones más relevantes realizadas a nivel internacional sobre el tema de indicadores de ciencia y tecnología, así como del tema de modelos de innovación; los que son los dos pilares que fundamentan el desarrollo de este proyecto. Por otra parte, se trata sobre las principales variables que forman parte de la mayoría de los modelos de innovación desarrollados. A continuación, en el capítulo 3, se inicia con el estudio de caso y se ofrece una descripción de la metodología, las variables, los criterios y consideraciones realizadas en la presente investigación para el desarrollo del modelo de innovación de Querétaro. Los resultados obtenidos se presentan en el capítulo 4. Dicho capítulo presenta una amplia discusión de las distintas simulaciones que se corrieron considerando diversos escenarios supuestos, así como los resultados obtenidos basados en datos históricos. También se presentan los indicadores propuestos con base en el modelo desarrollado para medir el impacto de la ciencia y la tecnología. Finalmente, en el capítulo 5 se presentan algunas consideraciones, recomendaciones y conclusiones.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LA LITERATURA

#### 2.1 INDICADORES DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

En 1930 la Unión Soviética fue el primer país que utilizó información estadística sobre ciencia y tecnología. Posteriormente, en 1940, Estados Unidos comenzó a recopilar los primeros datos estadísticos sobre esta actividad. Sin embargo, después de la II Guerra Mundial se reconoce el impacto que la ciencia tiene en el desarrollo económico de las naciones, y a iniciativa de algunas instituciones internacionales, como la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), la *National Science Foundation* (NSF) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), el tema de los indicadores de evaluación toma gran fuerza. En este sentido destaca el trabajo de instituciones norteamericanas privadas como el *Institute for Scientific Information* (ISI) y el *Computer Horizon Incorporation* que han desarrollado técnicas y métodos de análisis de la ciencia.

En 1963 la OCDE edita el primer manual de lo que después se conocería como la *Familia Frascati*, destinado a describir el método a seguir para realizar encuestas y obtener datos sobre el personal dedicado a la investigación y al desarrollo experimental (OCDE, 1963). En 1972 el *National Science Board* (NSB) de la *National Science Foundation* (NSF) escribió la primera edición de *Science and Engineering Indicators*, publicación que se ha convertido en una de las referencias más comunes del análisis cuantitativo de la ciencia (NSB, 1989).

Es en la década de los años 80 que en la mayoría de los países europeos se generaliza la tendencia a evaluar el impacto de la ciencia y la tecnología. En Reino Unido, Holanda y Francia, por ejemplo, se desarrollan técnicas de medición cuantitativa, destacando autores como Martin e Irvine (1984), Callon (1987), Rip (1987), Leydesdorff (1990a, 1990b) y Van Raan (1993), quienes se han centrado

en el análisis de indicadores de salida. Asimismo, la OCDE publica un suplemento del Manual de Frascati, destinado a medir los resultados en la enseñanza superior y a la preparación de estadísticas de investigación y desarrollo.

Más tarde, en 1990 la OCDE publica el *Manual de la Balanza de Pagos Tecnológicos (BPT)* para proporcionar pautas que analicen las transacciones comerciales relacionadas con el conocimiento científico y tecnológico de un país con el resto del mundo, y en 1992 presenta el *Manual de Oslo* que sistematiza las mediciones sobre innovación tecnológica, destacando el papel que los gobiernos pueden representar para promover la innovación a través del tejido económico. En 1994 el *Manual de Patentes* mide las transferencias de tecnología a los sectores productivos mediante el registro de patentes. Finalmente se publica el *Manual de Canberra*, que define un marco teórico que sirve de guía para recopilar datos estadísticos comparables internacionalmente en relación con la existencia y demanda de personal dedicado a ciencia y tecnología, se publica en 1995 como un trabajo conjunto entre la OCDE y Eurostat.

América Latina se incorpora en la década de los 90 al proceso de desarrollo de indicadores de evaluación. En 1995 se crea la Red Iberoamericana e Interamericana de Ciencia y Tecnología (RICYT), organismo que ha trabajado para el logro de una Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología que considere la perspectiva de Latinoamérica. Es en esta misma década que en México toma importancia la construcción de indicadores de Ciencia y Tecnología. Desde 1991, el CONACYT ha presentado su Informe General del Estado de la Ciencia y la Tecnología en México, y desde 1996 ha dado a conocer la información referente a indicadores y estadísticas del país, así como su ubicación con respecto a otras naciones, en una publicación anual titulada *Indicadores de Actividades Científicas y Tecnológicas*.

En esta misma época, a nivel internacional surgen autores como Kostoff (1995), Oszlak y O'Donnell (1995), quienes desarrollaron indicadores que

permitieron obtener mayor conocimiento acerca de los distintos impactos de la ciencia y tecnología.

En la presente década, unos de los autores más reconocidos en el tema es Godin (2005a), quien afirma que los indicadores de ciencia y tecnología se han vuelto una medida de la modernidad y del progreso de las sociedades y los países. En su investigación admite que la ciencia se ha convertido en una especie de empresa, que cuenta con importantes recursos financieros e intelectuales, que influye directamente sobre las acciones de la sociedad, lo que da importancia a la medida de la ciencia, y justifica que desde hace décadas expertos universitarios y organismos estadísticos nacionales midan a los científicos y sus actividades, con la esperanza de optimizar y orientar a las políticas y a las actividades científicas. Asimismo, Godin (2005b) destaca la importancia que está adquiriendo la demanda de estadísticas del impacto social y económico de la ciencia, la tecnología y la innovación.

Actualmente, se tiene el reto de desarrollar un sistema de Indicadores de Ciencia y Tecnología comparable al sistema de indicadores financieros existentes (Gault, 2007). De acuerdo con la OCDE, los indicadores que probablemente tomarán mayor importancia serán los indicadores de actividades, los indicadores de enlace, los indicadores de resultados y los indicadores de impacto (forma en que la ciencia y la tecnología han cambiado las condiciones de la sociedad).

## **2.2 EL MODELO DE LOS SISTEMAS DE INNOVACIÓN**

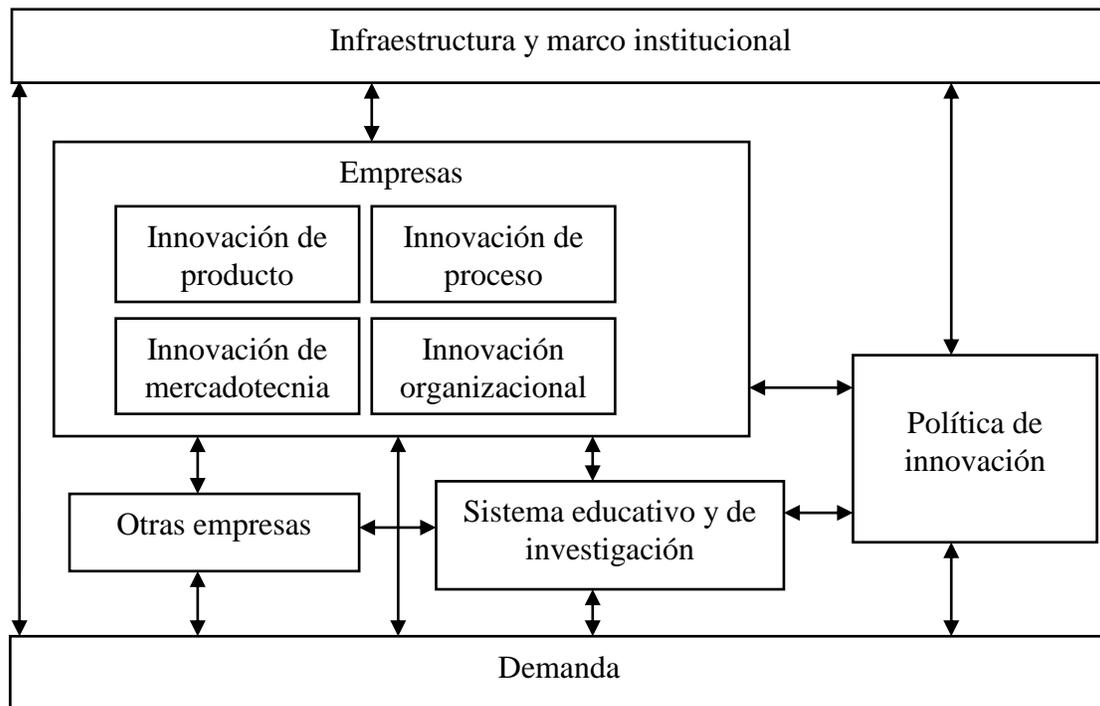
Una definición teórica de sistema de innovación debe cumplir con estos tres aspectos: se trata de un sistema donde actúan e interactúan distintos agentes; las actividades analizadas están ligadas a la innovación; implica un enfoque geográfico, generalmente nacional o regional. Es decir, todo sistema se caracteriza por: sus componentes y las relaciones entre ellos; las razones para formar un todo, en este caso, la producción, difusión y uso de innovaciones; sus fronteras y su entorno.

El uso del enfoque de Sistemas de Innovación (SI) se extendió rápidamente desde finales de los años ochenta, tanto en el entorno académico como en el de políticas públicas. El concepto de “Sistema de Innovación” fue introducido por Lundvall (1985) pero sin el adjetivo de nacional; el término de Sistema Nacional de Innovación fue utilizado por Freeman (1987) al referirse a la innovación en Japón. Durante los años noventa aparecieron muchos trabajos tales como Lundvall (1992b), Nelson (1993), Edquist (1997b), y organizaciones como la OCDE, Comisión Europea, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD), e incluso el Fondo Monetario Internacional (FMI) y el Banco Mundial comenzaron a utilizarlo como concepto fundamental en sus análisis. Más recientemente, vale la pena mencionar la compilación de Edquist y Mckelvey (2001). Autores como Braczyk y otros (1996), Cooke y otros (1997), comenzaron a enfocarse en los Sistemas Regionales de Innovación, mientras que, Bresci y Malerba (1997), Carlson (1995), Dordrecht y otros (1999), extendieron este marco de análisis a sistemas tecnológicos y sectoriales, donde los límites del sistema no son geográficos, sino sectores tecnológicos y económicos.

De acuerdo a la OCDE (1999), en el análisis sistémico del desarrollo tecnológico y de la innovación se observan fundamentos conceptuales eclécticos derivados de varias teorías o corrientes del pensamiento económico, tales como la economía evolucionista, la economía de la industria, la nueva teoría del crecimiento y la economía institucional. Edquist (1997a y 2001) precisa que el enfoque de los sistemas de innovación tiene sus raíces e influencias básicas en la teoría evolutiva y las teorías del aprendizaje interactivo, considera que el enfoque de los SI y el de la nueva teoría del crecimiento son suplementarios porque el primero se centra fundamentalmente en los determinantes de las innovaciones, mientras que el segundo se ocupa de los efectos de las innovaciones y del conocimiento.

La 3ª edición del Manual de Oslo, publicado por OCDE y EUROSTAT (2005) propone el esquema de la figura 2.1 sobre los componentes de un SI.

Figura 2.1 Marco para la medición de la innovación



Fuente: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD), 2005.

### 2.2.1 EL SISTEMA DE INNOVACIÓN EN MÉXICO

El presente apartado, no pretende ser un repaso histórico de la innovación en México, ni tampoco describir el estado actual de los sistemas de innovación en el país. Se trata, únicamente, de retomar algunos elementos importantes para centrar el análisis de la innovación en Querétaro.

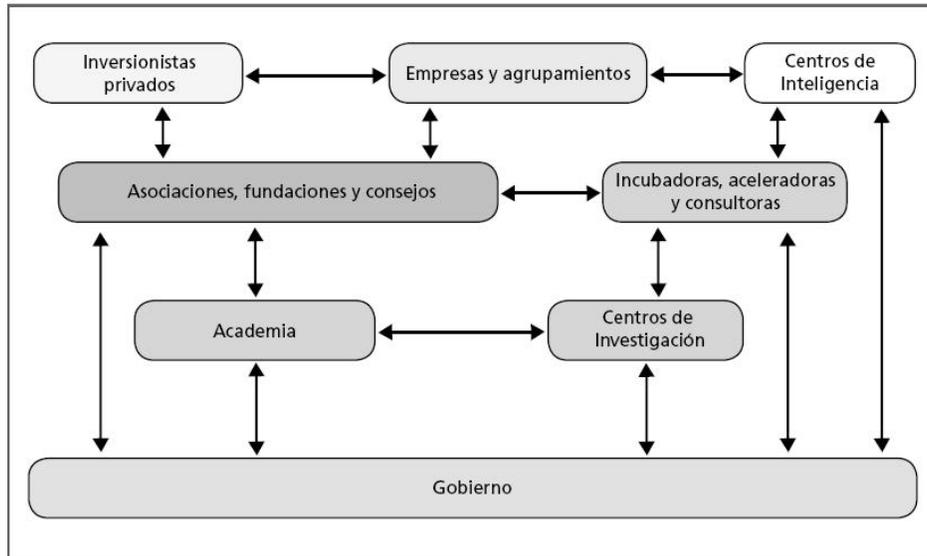
Hasta finales de los años noventa las políticas de ciencia y desarrollo tecnológico en México se gestionaban solamente a nivel nacional. Es a partir del Programa Especial de Ciencia y Tecnología (PECyT) 2001-2006, en que el objetivo rector 1, se enfoca hacia la disposición de una Política de Estado en Ciencia y Tecnología, donde una de las líneas de acción de la estrategia de descentralización de las actividades científicas y tecnológicas fue evolucionar los Sistemas de Investigación Regionales a Sistemas de Innovación Regional, con el fin de promover el desarrollo regional y la descentralización de la Ciencia y la Tecnología. Sin embargo, se puede afirmar que la innovación en México no ha

sido punto central de la política científica y que, por tanto, a pesar de la referencia a los sistemas de innovación regionales en el PECyT 2000-2006, y de los esfuerzos de algunos estados (destacan los avances en la construcción y consolidación de sistemas de innovación regional en los estados de Baja California, Guanajuato, Jalisco, Nuevo León), los procesos de desarrollo han sido desiguales en las diferentes regiones del país. En este sentido, se reconoce que el Programa Especial Ciencia, Tecnología e Innovación (PECiTI) 2007-2012, es más preciso en cómo impactar en la innovación de las empresas mexicanas a través de estrategias regionales.

Actualmente, existe una iniciativa planteada por algunas de las instituciones que conforman el Foro Consultivo de Ciencia y Tecnología A.C., las cuales se han constituido por la alianza ARCO (Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y el Desarrollo Tecnológico A.C. - ADIAT), la Red Nacional de Consejos y Organismos Estatales de Ciencia y Tecnología (REDNACECYT) y la Coordinadora Nacional de Fundaciones Produce (COFUPRO). El objetivo de este foro es impulsar el desarrollo regional basado en innovación como motor para lograr competitividad y bienestar social en México. ARCO define un sistema de innovación regional (SIR) como “una estructura que genera, desarrolla, transfiere y comercializa innovaciones que mejoran la capacidad competitiva de una región” (Raúl Carvajal, ARCO (2007), pp. 34).

En la figura 2.2, se presenta el marco de referencia que ARCO plantea para identificar los actores del sistema; las diferencias con el esquema propuesto por la OCDE no son sustanciales pero sí existen. El modelo de la OCDE incluye la infraestructura y la demanda, que no aparecen en el modelo de ARCO. Además, la OCDE evidencia explícitamente la importancia del marco institucional general y de la política de innovación en específico, mientras que ARCO generaliza incluyendo al agente gobierno. Por otro lado, el modelo de ARCO considera a los inversionistas privados mientras que el de la OCDE no, en el entendido de que obtener la inversión necesaria es parte de las funciones de la empresa u organizaciones en general involucradas en el proceso de innovación.

Figura 2.2 Marco de los tipos de organismos que participan en Ciencia y Tecnología



Fuente: Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y el Desarrollo Tecnológico (ADIAT), modelo ARCO, 2007.

Como principal instrumento para alcanzar su objetivo ARCO ha desarrollado una propuesta de implantación de un sistema de innovación, que se divide en tres etapas: definición, análisis (diseño de procesos medulares), e implantación (estableciendo procesos habilitadores). Estas tres etapas deben apoyarse en un programa de cambio mayor constante durante el proceso.

En la etapa de definición, es fundamental la manifestación de interés por parte de los actores y que existan algunas relaciones que puedan dar lugar a liderazgos en el proceso de implantación del sistema, adicionalmente se requieren condiciones de estabilidad económica, social y política; una definición del ámbito geográfico y los alcances que delimitará el sistema de innovación, y una evaluación preliminar de la innovación en el ámbito geográfico definido.

La etapa de análisis es dividida en procesos medulares, entre los que aparece el mapeo estratégico. Éste tiene como objetivos identificar y elaborar perfiles relevantes, los actores del sistema, su visibilidad y acceso, tipo y

profundidad de sus interacciones, mapearlos con objeto de mostrar nodos centrales de cada red, y extraer conclusiones sobre su disposición a asociarse y a cooperar, elaborar hipótesis acerca de nichos de oportunidad, redes ya existentes, vocaciones competitivas, estrategias regionales, identificar brechas intelectuales, institucionales, administrativas, políticas, y de infraestructura.

### **2.3 TÉCNICAS DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA**

A nivel mundial se ha planteado la necesidad de evaluar el impacto de los productos generados con los recursos destinados a la investigación científica y tecnológica. Lo anterior se fundamenta en el supuesto de que los recursos destinados para la investigación son inversiones que generan productos evaluables, que pueden ser una tecnología, un conocimiento, una publicación, un evento de difusión y que su impacto se materializa en la medida en que esos productos son aplicados por beneficiarios de los mismos (Benner and Sandström, 2000, Pavitt, 2001, Geuna, 2001, Espinosa et al., 2005, OCDE, 2008).

Se han utilizado indicadores económicos, productivos, sociales y ecológicos, que varían desde una simple lista o modelos de ponderación hasta los modelos complejos de programación matemática y de simulación (Horstkotte et al., 2000). La mayoría se ha enfocado a analizar los impactos económicos, aún cuando una parte sustancial de los resultados van más allá de las ganancias económicas y buscan aumentar el bienestar de la sociedad.

En 1950 los economistas comenzaron a integrar a la ciencia y a la tecnología en sus modelos, enfocándose en el impacto que éstas tenían en el crecimiento económico y en la productividad. La metodología dominante que une a la investigación y al desarrollo con la productividad fue desarrollada por Solow (1957). Posteriormente, dicha metodología fue mejorada por Jorgenson y Griliches (1958), y Denison (1962).

Posteriormente, Fisher y Pry (1971) propusieron un modelo estadístico bajo la hipótesis de que la evolución tecnológica se puede considerar como la sustitución de nuevas formas para satisfacer una necesidad. Dicha sustitución tiende a ser de tipo exponencial en los primeros años, y la curva está caracterizada por dos constantes: la tasa de crecimiento inicial y el tiempo en el que la sustitución ha sido completada en un 50 por ciento.

El impacto de la ciencia en sí misma es probablemente el más estudiado. La contabilidad de las citas ha sido usada por más de 30 años para medir el impacto de las publicaciones científicas en otros investigadores. El impacto de la innovación tecnológica también ha recibido atención (Gibbons y Johnston, 1974; Mansfield, 1991, 1998; Rosenberg y Nelson, 1996). En este sentido, varios autores argumentan que una gran cantidad de firmas no hubieran desarrollado productos o procesos sin la investigación realizada por la academia.

Existe una diferencia entre el retorno de la investigación y el desarrollo a nivel firma que a nivel sector industrial. Como lo remarca Griliches (1979), el conocimiento de una firma se escapa rápidamente por lo que éste se deprecia de inmediato. Por otra parte, mucho de este conocimiento es ganado por otra firma y en general por el sector industrial, incluso una tecnología nueva es conocida por las firmas rivales en uno o dos años (Mansfield, 1985; Caballero and Jaffe, 1993). De esta manera, el impacto social se deprecia más lentamente que el impacto económico.

Tewksbury, Crandall y Crane (1980), Nathan Associates (1978) y Mansfield, Rapoport y Romeo (1977) examinaron el impacto de innovaciones individuales. Los tres estudios juntos consideran 57 innovaciones, en las que la media de retorno de la inversión privada es de 28%, mientras que la media de impacto social es de 71%.

El modelo de relación en cadena desarrollado por Kline y Rosenberg (1986) considera las interrelaciones entre la ciencia, la tecnología y el mercado, y provee un modelo conceptual inicial para estudiar las interrelaciones entre la universidad y las empresas. Se deben destacar dos ideas importantes del modelo, en primer lugar la ciencia no es vista como la iniciadora del cambio pero es visualizada a la par con los procesos de desarrollo y mercadotecnia, para ser usada cuando sea necesario. En segundo lugar, considera que hay varios caminos e interrelaciones entre la ciencia, la tecnología, el mercado, el diseño y la producción.

De acuerdo a la investigación de Lichtenber y Siegel (1989), existe un retorno positivo de la inversión que se hace en investigación y desarrollo, teniéndose resultados más prominentes cuando la investigación es financiada por el sector privado que por el sector público. De acuerdo con los estudios de Sveikauskas (2007), la tasa de retorno es de aproximadamente el 25% para la firma y un 65% se considera como retorno social.

La teoría de la información provee métodos tanto para el análisis estático como el análisis dinámico de los datos de una red. Debido a que los modelos se derivan de una misma estructura, los resultados del análisis multivariado y del análisis de las series de tiempo pueden complementar los resultados obtenidos (Leydesdorff, 1991). Sin embargo, usando el modelo estático, se puede crear un dendograma, y representar el número exacto de agrupaciones; y con el uso del modelo dinámico, se pueden encontrar desarrollos y relaciones que no son obvias al utilizar el análisis multivariado.

De acuerdo con Coe and Helpman (1994), existe una relación directa entre la productividad, el inventario de investigación y desarrollo. La productividad total de un país no sólo depende de su propia investigación y desarrollo, también depende de la investigación y desarrollo realizada por los países con los que tiene intercambios comerciales.

Ed Diener (1995) desarrolló un índice de calidad de vida (QOL) basado en valores humanos universales. Para ello construyó el índice QOL básico, que es relevante para los países en vías de desarrollo, y el índice QOL avanzado para países desarrollados. En sus estudios ha estimado los índices para 77 países.

En la literatura también existen varias evaluaciones sobre programas específicos públicos que tienen impactos socioeconómicos, pero la mayoría de la literatura se enfoca a definir aproximaciones al ser usadas para evaluar el impacto o a describir los métodos disponibles que existen para evaluar el impacto (Garrett-Jones, 2000; Van der Meulen y Rip, 2000; Roessner, 2000; Caulil et al., 1996; Kostoff, 1994). Para muchos autores, el problema al medir el impacto no económico depende de un entendimiento completo de los mecanismos por los cuales la investigación se transfiere. Por ello, se han desarrollado varios modelos que proponen marcos analíticos de mecanismos de transferencia (Hanney, Davies, Buxton, 1999; Caulil et al., 1996; Cozzens, 1996).

Estes (1997) desarrolló el índice de progreso social (ISP) con el propósito de identificar cambios significativos en la adecuación social y para medir el progreso en proveer las necesidades básicas de la sociedad. McGrath y MacMillan (2000) describen un procedimiento llamado STAR (Strategic Technology Assessment Review) para medir el riesgo que tienen los proyectos de tecnología al entrar en el mercado.

Salter y Martin (2001), han reconocido al menos seis categorías de beneficios derivados de la inversión pública en investigación: incremento en el *stock* de conocimiento útil, graduados mejor preparados, creación de nuevos instrumentos y metodologías, formación de redes e interacciones sociales, incremento de la capacidad de resolución de problemas científicos y tecnológicos, y creación de nuevas firmas. En la metodología del Índice de Prescott-Allen para el bienestar de las naciones (2001) se integran indicadores de desarrollo sostenible con indicadores económicos y sociales.

En el estudio realizado por Guellec y Van Pottelsberghe de la Potterie (2001), se investiga el efecto de largo plazo que tienen varios tipos de investigación y desarrollo en el crecimiento del factor total de productividad (TFP), que se puede traducir como el efecto de difusión que se tiene en sí de las actividades de investigación.

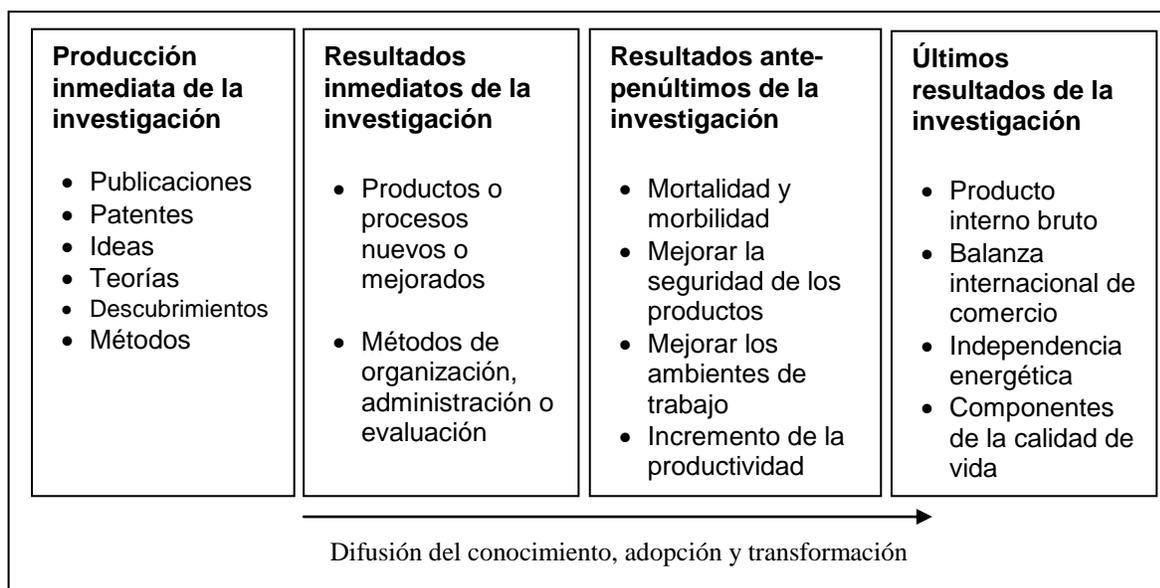
Para entender el impacto de la investigación y el desarrollo, también se debe estudiar la inversión complementaria que se debe hacer para que una nueva tecnología funcione. Brynjolfsson, Hitt and Yang (2002) argumentan que dicha inversión complementaria puede llegar a ser cuantiosa, pues se deben considerar los gastos en software, rediseño organizacional, entrenamiento y capacitación, entre otros; lo cual hace más complicado medir el impacto puro de una determinada tecnología. Wellstead (2002) habla del proceso de innovación y su relación con los métodos de sistemas de control. De acuerdo con la historia de la innovación se requieren que algunos factores clave coincidan: la oportunidad económica, la demanda social, la factibilidad tecnológica y el factor X. Este último está asociado con la dimensión humana que mueve el proceso completo, en el pasado podría tratarse de un emprendedor o un científico con alto impacto, pero en la actualidad el proceso se ha vuelto mucho más complejo y es un grupo de la sociedad quien puede dirigirlo.

En otro sentido, se puede decir que el proceso de innovación es un proceso sistemático que puede ser entendido, aprendido y replicado. De lo que se concluye que el proceso en sí mismo puede ser descrito por un modelo matemático que explique las interacciones y la dinámica que existe. Las aproximaciones científicas para modelar la innovación incluye modelos estadísticos (Fisher y Pry, 1971), modelos determinísticos (Forester, 1961) y la teoría económica (Solow, R., 1956; Aghion, *et al.*, 2000). Se puede encontrar en la literatura diferentes tipos de modelos del proceso de innovación de productos que tratan de describir el proceso con una lógica lineal, pero dicha lógica se ha puesto en discusión recientemente. Los modelos más recientes tratan de mostrar

el carácter caótico de la innovación en la vida real. Dichos modelos reflejan más fielmente el proceso de innovación en la práctica, sin embargo los modelos lógicos son más útiles para propósitos de enseñanza. En este sentido, Buijs (2003) propone el uso de ambos modelos para comprender más profunda y completamente el proceso de innovación.

Geisler (2004) ha propuesto un flujo que muestra la relación entre los resultados de la investigación, que puede ser evaluado en términos de su calidad académica, hasta los impactos finales de la investigación (cuadro 2.1). Sharpe y Smith (2005) realizan una recopilación de los distintos tipos de indicadores sociales utilizados. En su reporte desarrollan una estructura para analizar el efecto de la investigación en el bienestar humano (figura 2.3).

Cuadro 2.1 Desde los resultados de la investigación hasta su impacto final



Fuente: Geisler (2004)

Una de las investigaciones más reconocidas es la de Godin (2006), que a partir de sus investigaciones ha encontrado 11 dimensiones de impacto de la ciencia y la tecnología:

1. Impacto en la ciencia: conocimiento, actividades de investigación, entrenamiento de personal capacitado.

2. Impacto en la tecnología: productos y procesos, servicios y *know-how*.
3. Impacto en la economía: producción, financiamiento, inversión, comercialización y presupuestos.
4. Impacto en la cultura: conocimiento, actitudes y valores.
5. Impacto en lo social: bienestar y acciones en grupos.
6. Impacto en la política: programas públicos, seguridad nacional, tomadores de decisión y ciudadanos.
7. Impacto en el aspecto organizacional: planeación, organización del trabajo, administración y recursos humanos.
8. Impacto en la salud: salud pública y sistemas de salud.
9. Impacto en el ambiente: manejo de los recursos naturales y del medio ambiente, y en el clima y la meteorología.
10. Impacto simbólico: legitimidad, credibilidad, visibilidad y notoriedad.
11. Impacto en la formación: currículo, herramientas pedagógicas, habilidades, graduados, inserción en el mercado de trabajo, carrera y uso de conocimiento adecuado.

Figura 2.3 Estructura para analizar el efecto de la investigación en el bienestar.



Fuente: Sharpe y Smith (2005), pp. 69.

Khan y Luintel (2006) han identificado diez determinantes que influyen en la productividad. En su modelo empírico incluyen el *stock* de conocimiento de las empresas, el conocimiento público y el extranjero, adicionalmente incluyen el capital humano, la infraestructura física, el acceso a mercados tanto de importación como de exportación, inversión directa extranjera interna y externa, así como una variable que mide los efectos del ciclo de negocio. A partir de estas variables se construye un modelo de dinámica heterogéneo para medir el factor doméstico de productividad, que incluye las determinantes de la productividad postulados por la teoría económica, y al mismo tiempo permite medir la heterogeneidad de los parámetros para cada país.

De acuerdo con Sveikauskas (2007), si se opera en una red de crecimiento, sólo el 25% de la investigación y desarrollo conducido en las universidades y en sector gobierno puede tener un impacto comercial e influir indirectamente en el crecimiento económico. Dicho porcentaje es menor al propuesto por Fraumeni y Okubo (2005), quienes propusieron un retorno de dos terceras partes a partir de un análisis que practicaron de nueve estudios realizados por otros autores (cuadro 2.2).

Cuadro 2.2 Tasa de retorno de los proyectos de investigación y desarrollo privados

Autor (año)	Tasa de retorno privado (%)	Tasa de retorno social (%)
Sveikauskas (1981)	7 a 25	50
Bernstein-Nadiri (1988)	10 a 27	11 a 111
Bernstein-Nadiri (1991)	15 a 28	20 a 110
Nadiri (1993)	20 a 30	50
Mansfield (1977)	25 (media)	56 (media)
Goto-Suzuki (1989)	26	80
Terleckyj (1974)	29	48 a 78
Scherer (1982, 1984)	29 a 43	64 a 147

Fuente: Fraumeni y Okubo (2005, Tabla 1)

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 DESARROLLO DEL SISTEMA DE INNOVACIÓN REGIONAL DE QUERÉTARO.**

El presente proyecto de investigación enfatiza el tema de la transferencia de la ciencia, la tecnología y la innovación dentro del llamado Sistema de Innovación Regional de Querétaro (SIRQ), pues se reconoce que la región cuenta con la capacidad y la infraestructura necesaria para impulsar el desarrollo económico y la competitividad con base en actividades científicas y tecnológicas y su difusión, tal y como se me menciona en el primer capítulo de este trabajo. La selección de la localidad se basa en que Querétaro es una ciudad con un gran dinamismo industrial, con empresas mexicanas y transnacionales de clase mundial, MIPyMEs, centros públicos de investigación y desarrollo tecnológico, universidades, instituciones financieras, y dependencias gubernamentales.

En el desarrollo del tema fue importante considerar varios aspectos como lo son el sistema de educación superior, los centros de investigación y los sectores económicos, por lo que se inició con el estudio y mapeo de estas variables en Querétaro. De igual manera se realizó una extensa búsqueda y análisis de los conceptos y teorías relacionadas con los diferentes modelos de innovación tipificados en la literatura.

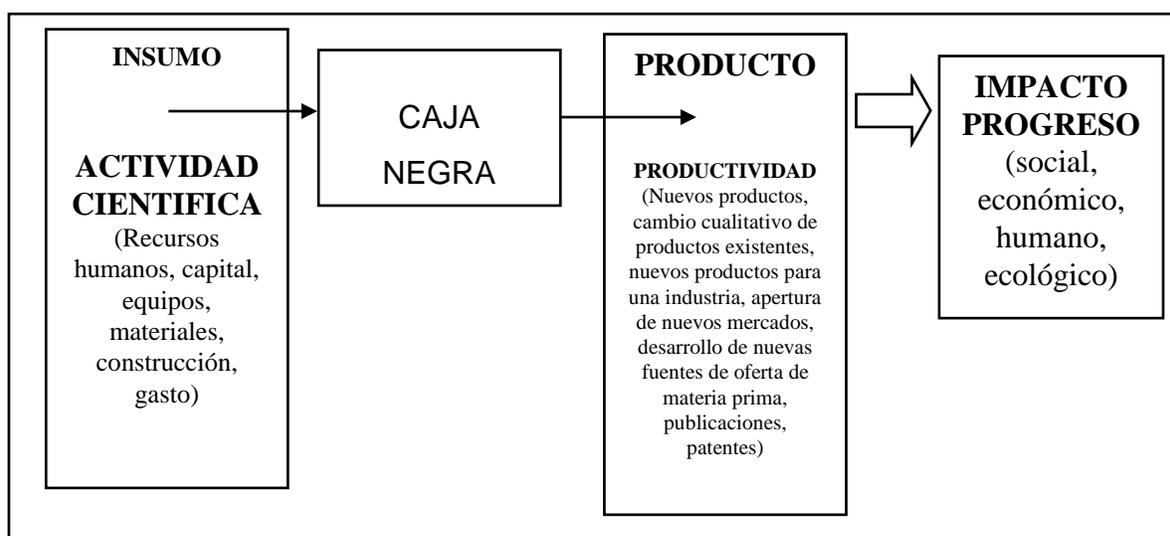
Para el desarrollo del modelo matemático fue necesario contar con información sobre el flujo del conocimiento en el sistema local (cuadro 3.1), así como de los indicadores de innovación (cuadro 3.2). Asimismo, se vislumbró a la ciencia como un proceso de insumo-producto, tal y como se muestra en la figura 3.1 (habitualmente los trabajos de indicadores de ciencia y tecnología así lo hacen), según este modelo el vínculo entre el conocimiento y el desempeño económico está representado en la figura 3.2, que representa una teoría que es aceptada conceptualmente en el Manual de Frascati.

Cuadro 3.1 Indicadores del flujo del conocimiento

TIPO DE FLUJO DE CONOCIMIENTO	FUENTE PRINCIPAL DE INDICADORES
1. Alianzas industriales <ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigación cooperativa entre empresas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Encuestas sobre empresas</li> <li>• Datos bibliométricos</li> </ul>
2. Interacción Industria-Universidad e Industria/Institutos de investigación <ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigación y desarrollo cooperativo</li> <li>• Co-patentes</li> <li>• Co-publicaciones</li> <li>• Intercambio de información</li> <li>• Uso industrial de patentes universitarias</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reportes oficiales</li> <li>• Reporte anual de Universidades</li> <li>• Análisis de registros de patentes</li> <li>• Análisis de publicaciones</li> <li>• Encuesta de empresas</li> <li>• Análisis de citaciones</li> </ul>
3. Difusión de Tecnología <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de tecnología por la industria</li> <li>• Difusión de tecnología</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Encuesta de empresas</li> <li>• Análisis <i>input-output</i></li> </ul>
4. Movilidad del personal <ul style="list-style-type: none"> <li>• Movimiento de personal técnico entre industria, Universidades e institutos de investigación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estadísticas de mercado laboral</li> <li>• Reporte de Universidades</li> <li>• Institutos</li> </ul>

Fuente: Red Iberoamericana de indicadores de ciencia y tecnología (RICYT), 2000.

Figura 3.1. La ciencia como un proceso de insumo-producto



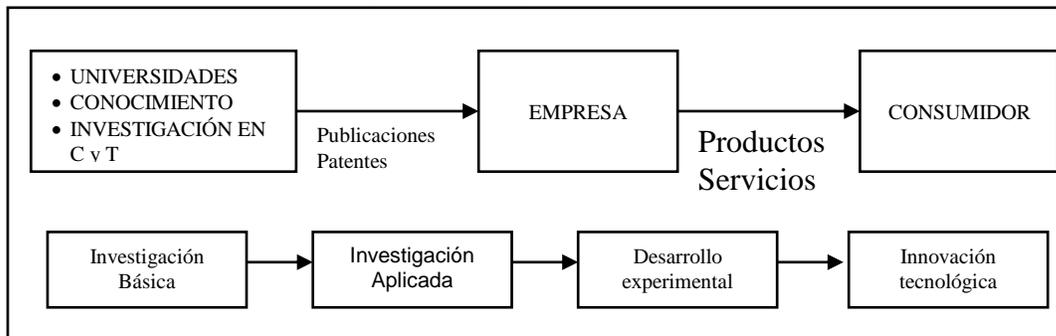
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3.2. Indicadores de innovación

INDICADORES	FUENTE PRINCIPAL
1. Indicadores de Impacto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporción de ventas y exportaciones por tecnologías de nuevos productos introducidos en el mercado (productos nuevos, productos tecnológicamente mejorados o productos sin cambio pero que su proceso de producción a cambiado)</li> <li>• Evaluación de ganancias, acceso a nuevos mercados y participación en los mercados tradicionales</li> <li>• Uso de factores productivos (uso de mano de obra, consumo de materia prima, materiales y energía, y la utilización de capital fijo)</li> </ul>
2. Indicadores referentes a la difusión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Por sectores de usuarios (el sector de la principal actividad económica del productor, el grupo tecnológico al que pertenece la innovación o el sector en que probablemente se utilizará la innovación)</li> <li>• Relevamiento del uso de tecnologías avanzadas en los procesos manufactureros</li> </ul>
3. Indicadores de gasto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Por tipo de gasto (gasto corriente, gasto de capital)</li> <li>• Por tipo de innovación (gastos en I+D, gastos de adquisición de tecnología, gastos en equipo, diseño, entrenamiento, etc.)</li> <li>• Por fuente de financiamiento</li> </ul>

Fuente: Red Iberoamericana de indicadores de ciencia y tecnología (RICYT), 2001.

Figura 3.2. Modelo lineal del vínculo entre el conocimiento y el desempeño económico

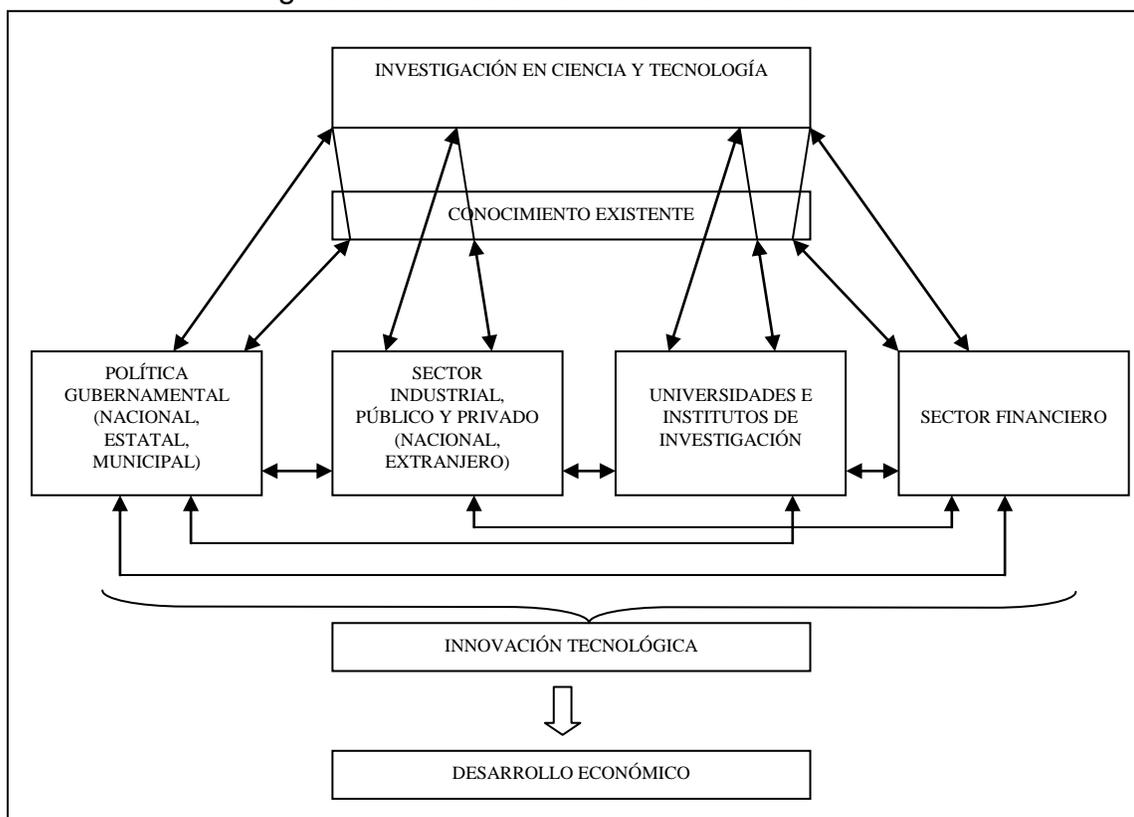


Fuente: Adaptación propia del modelo lineal

La otra concepción teórica en la que se enmarcan los trabajos en el área de indicadores de ciencia, tecnología e innovación, es el modelo de relación en cadena de la innovación, que se describe como un modelo interactivo de relación en cadena del proceso de innovación. Éste fue adoptado por la OCDE y es utilizado como marco conceptual en el Manual de Oslo para la medición de innovación tecnológica. Con base en la aceptación por parte del Programa de Tecnología-Economía (TEP, OCDE, 1996), de que el proceso de innovación se

caracteriza por interacciones y efectos de ida y vuelta, y sobre las numerosas interacciones que ligan la ciencia, la tecnología y la innovación; se tiene que para realizar la presente investigación se desarrolló un modelo que sienta sus bases sobre el mostrado en la figura 3.3. Para encontrar las funciones que rigen el comportamiento de cada una de las variables involucradas en el modelo del impacto científico y tecnológico en la ciudad de Querétaro y simular el proceso se hace uso del programa Vensim.

Figura 3.3. Modelo de relación en cadena



Fuente: Adaptación propia del modelo de relación en cadena de OCDE.

### 3.2 DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS QUE PRESENTAN LAS VARIABLES DEL MODELO SIRQ

Las variables representadas en el modelo mostrado en la figura 3.3 se describen a continuación:

1. A partir del conocimiento existente se procede a desarrollar investigación de carácter científico y/o tecnológico. Esto es aplicable a nivel mundial y para el caso particular de México, el conocimiento científico existente se encuentra en libros y revistas. El conocimiento tecnológico representa un reto mayor. El tener acceso a este conocimiento es más difícil pues es propiedad de “alguien”. Este alguien son empresas o individuos. De esta manera el tener acceso en México al conocimiento tecnológico es limitado, de donde surge la necesidad de desarrollar y de conocer la tecnología “propia”. Precisamente el no tener tecnología propia hace que la sociedad en nuestro país sea considerada como atrasada.
2. Para poder hacer investigación científica y tecnológica se necesita del apoyo del Gobierno. Este apoyo tiene dos vertientes, es de carácter financiero, pero también debe ser de carácter político. Esto es, se requiere un lineamiento y una visión de largo plazo de que invertir en el desarrollo científico y tecnológico debe reeditar en desarrollo socioeconómico. En este sentido, abundan los ejemplos, países como Singapur, Taiwán, Hong Kong, Corea del Sur, Brasil, China, India, y otros, han podido pasar en los últimos 50 años de ser sociedades tecnológicamente muy atrasadas a sociedades que tienen tecnología propia y que en muchos sectores han logrado que esos conocimientos tecnológicos, debidamente soportados por su infraestructura científica se conviertan en productos exitosos, tanto tangibles como intangibles. En este punto no se omite mencionar que al comentar sobre productos exitosos se considera que son productos que han generado ganancias económicas y sociales.
3. El sector industrial requiere invertir para que la investigación científica y tecnológica se convierta en un fortaleza que beneficie a las propias empresas, tanto industriales como de otra índole, esta situación queda demostrada claramente en el caso de empresas ubicadas en países industrialmente avanzados. Sin embargo, en México el nivel tecnológico de las empresas es relativamente bajo, lo que las hace poco productivas y esto lleva al círculo vicioso de que no se puede invertir en “investigación y desarrollo tecnológico”,

porque apenas alcanza para pagar la nómina y los impuestos. El particular en Querétaro, ejemplo de esta situación se está manifestando en la medida de que la llegada de la industria aeronáutica a la región, no se ha reflejado en un incremento de la actividad industrial ya establecida en la entidad, sino que las propias empresas extranjeras traen sus proveedores externos.

4. Ha sido tradicional que el académico es prácticamente el único sector que ha invertido en investigación científica y tecnológica, en este sector se ha avanzado y México cuenta con una infraestructura relativamente sólida porque precisamente una de las razones de ser de este sector es la investigación. Por esto, en México se ha ido incrementando paulatinamente el número de publicaciones en revistas científicas, ha aumentado el número de doctores en las diversas disciplinas, pero no se ha podido impactar la generación de empleos ajenos a este sector. Esto es, el sector académico produce sus propios empleados para sus propios fines. En Querétaro, el sector académico es amplio, de alto nivel científico y de gran potencial para generar desarrollo tecnológico. No obstante, la relación horizontal del gobierno, la industria, la academia y el sector financiero es, a la fecha, incipiente.

5. El sector financiero como tal, en muchos de los modelos que se han publicado a nivel internacional no se considera de manera explícita. No obstante para el caso de México consideramos que esto es fundamental. Se requiere capital de riesgo en grandes cantidades. Tradicionalmente, se ha seguido la premisa de que el gobierno debe suministrar todos los recursos para llevar a cabo la investigación científica y tecnológica para llevar el desarrollo del país. A partir de ahí se pretende impulsar la investigación científica y tecnológica. Se estima que la única forma de emular los niveles de inversión que se tienen en los países tecnológicamente desarrollados es que del sector financiero mexicano participe de ésta en la inyección de recursos para el desarrollo de la ciencia y la tecnología. Ciertamente esta dimensión parece más complicada en México, ya que el sector financiero de nuestro país está prácticamente en manos del capital extranjero. No obstante, si el desarrollo se refleja en productos que generen oportunidades de negocios, se tendrá la posibilidad de que este dinero

se disponga de las cantidades adecuadas para el alcance del nivel requerido. Como ejemplo de estos niveles se mencionarán la iniciativa de la agencia aeroespacial mexicana que con una raquílica inversión de 10 millones de pesos pretende ser contraparte de la NASA en Estados Unidos (20 mil millones de dólares anuales), o contra los 3,745 millones de euros en la ESA.

6. A partir de la investigación tanto básica como aplicada, se puede contar con propuestas de solución a problemas que afectan a la sociedad. La retribución de la investigación a la inversión que el sector gubernamental hace se dará por un lado con el uso del conocimiento que genere la investigación para la toma de decisiones en las diferentes instancias y niveles de gobierno. Por otro lado, la inversión que el gobierno hace en investigación también busca incentivar la búsqueda de conocimientos y soluciones que sean de utilidad para los otros sectores, a saber, el industrial, el académico y el financiero.

7. La retribución que la industria espera de su inversión en investigación científica y tecnológica es ver que la productividad y competitividad de esta industria, aumenta. De esta manera, el sistema de investigación científico y tecnológico, respecto al sector industrial enfrenta los siguientes dos retos, por un lado, la industria nacional espera de la investigación mejorar su posición tecnológica, que no acepta más medición de éxito que el crecimiento de sus ganancias. Para responder a este reto, el sistema de ciencia y tecnología debe estar a la altura (tanto para arriba, como para abajo) del nivel que requiere la industria local a la que sirva. El otro reto del sistema local de ciencia y tecnología, es el que enfrenta ante la industria transnacional que se asienta localmente. Si bien la globalización pretende borrar las nacionalidades, es claro que las empresas transnacionales tienen su fuente de conocimiento en sus países de origen y recurren al sistema de ciencia y tecnología local en la medida que éste está a la altura del nivel científico y tecnológico que requiere la empresa transnacional y al cual tiene acceso en su país de origen. Esto es, si el sistema de ciencia y tecnología local no está al nivel equiparable al del país de la empresa, está condenado a jugar un papel secundario por debajo del nivel que influya en la toma de decisiones y desarrollo y mejora de productos. Por ejemplo,

reiteradamente se ha indicado que la industria aeronáutica asentada en Querétaro no requiere de la investigación local sino sólo de algunos servicios, lo que refuerza la idea de que se necesita que el sistema de ciencia y tecnología local esté a la altura de las ciudades de origen de las empresas aeronáuticas asentadas en Querétaro. En este caso se observa una falta de sensibilidad y de visión al sólo incentivar en Querétaro las acciones que en el corto plazo hagan atractivo la llegada de la industria aeronáutica, descuidando la asimilación y crecimiento de la investigación que desemboque en la adquisición y desarrollo de tecnología propia, que en mediano y largo plazo realmente permitan que se hable de una industria aeronáutica con un fuerte componente de base tecnológica local.

8. La retribución que esperaría el sector académico de su inversión en investigación científica y tecnológica es muy sencilla y se estima poco polémica. De hecho, es la única retribución ampliamente difundida tanto por el gobierno como por la propia academia en el que sólo se exigen la publicación de artículos científicos, la graduación de estudiantes de maestría y doctorado. En este sentido es necesario resaltar que se han tomado medidas para que la investigación cada vez más tenga usuarios finales, como puede ser la industria o el gobierno y que las publicaciones sean de nivel internacional, pero sin una estrategia global a nivel nacional. Esto ha traído también como consecuencia que el impacto local no sea apreciado, por lo que nuestros competidores internacionales están felices porque de cuando en cuando se hacen publicaciones de mayor interés científico y tecnológico que se aprovechan en el extranjero y se pierden localmente al carecerse de un plan coordinado de desarrollo científico y tecnológico.

9. Respecto a la aportación que el sistema financiero hace para incentivar la investigación y el desarrollo tecnológico, realmente no se tienen programas, pues es claro que mientras no haya negocio de por medio no va a haber ganancias. En este sentido es claro que falta ese plan coordinado para que se cuente con inversiones importantes. Por ejemplo, se requeriría una inversión multimillonaria para que con tecnología propia se formen consorcios

empresariales que produzcan todo el equipamiento que requeriría el sector de comunicaciones y transportes. Imaginemos por ejemplo, que localmente, con tecnología propia se produjeran todos los vehículos que requiere el transporte de personas y mercancías, automóviles, autobuses, vehículos de carga, trenes, aviones, barcos, helicópteros, así como la maquinaria para construir dicho transporte. En el ámbito de las telecomunicaciones, se requiere de la construcción de satélites, sistemas de telefonía, transmisores y receptores de estas señales del espectro electromagnético. Y para nada de esto se domina la tecnología en México. Es más, todo este sector está atendido con productos comprados en el extranjero. Esto es, solo se requiere una chequera con saldo positivo para resolver la problemática de equipamiento del sector transporte.

10. Como conseguir que el proceso de descapitalización que vive nuestro país se revierta. Es tesis de este trabajo que mientras no se tenga un plan coordinado entre el gobierno, entendiendo esto a los tres niveles, industria, la academia y el sistema financiero, estaremos condenados a seguir exportando la riqueza local y a seguir ofreciendo mano de obra barata. Ciertamente ha habido un cambio en este concepto de mano de obra, pues ahora el obrero del siglo XXI requiere conocer el uso de la computadora, de máquinas y herramientas sofisticadas, hablar en *broken english* pero al fin y al cabo desempeñando solo una labor operativa acorde al bajo salario que percibe. En suma, se requiere de un Plan Coordinado que se forme por un conjunto de planteamientos sectoriales coordinados.
11. Se estima que si y solo si se tiene el plan coordinado mencionado en el punto anterior se podrá llegar a la innovación en el ámbito local. Esto es, desembocar en productos, procesos y servicios que realmente representen una mejora en la vida diaria de las personas.
12. En este trabajo, el modelo desarrollado permite variar los diversos factores que pueden influir para aquilatar si el sistema de ciencia y tecnología local en su formato actual está ayudando a incrementar el nivel de vida de la población local.

### **3.3 ALCANCES DEL MODELO SIRQ**

El desarrollo del modelo de transferencia de ciencia y tecnología SIRQ servirá de apoyo para evaluar el impacto global de las entidades que desarrollan actividades de educación, ciencia, tecnología e innovación en Querétaro. Por otra parte, el modelo es de utilidad para medir el impacto que tienen tanto en lo individual como en conjunto, los factores involucrados en el proceso de transferencia de ciencia y tecnología así como su impacto en la región de Querétaro.

Asimismo, la propuesta del modelo SIRQ ofrece la posibilidad de trazar estrategias adecuadas para mejorar la implementación de políticas científicas y tecnológicas que puedan llegar a contribuir al crecimiento de la economía de la región. Lo anterior mediante el desarrollo de diferentes condiciones para cada factor, de tal forma que se construyan diferentes escenarios hipotéticos, se estudie los resultados obtenidos de los mismos y se tomen las decisiones con las que se obtengan mayores beneficios para la región en su conjunto.

### **3.4 DESCRIPCIÓN DEL MODELO SIRQ**

#### **3.4.1 Suposiciones del modelo**

1. Los recursos humanos, monetarios y materiales invertidos por la academia, generan beneficios académicos, económicos y sociales tangibles para la sociedad.
2. Como se ha comprobado en los países de primer mundo, a mayor inversión en Educación, Ciencia y Tecnología mayor desarrollo.
3. La ciencia genera datos, los datos información y la información conocimiento. Pero este no es un proceso lineal, sino que sigue un modelo de relación en cadena. No se puede asegurar que los datos derivados de la ciencia se conviertan en conocimiento útil. El conocimiento por sí mismo no transforma las

economías ni las sociedades. Tal capacidad se da sólo cuando la generación de conocimiento se desarrolla en el marco de un sistema de ciencia, tecnología e innovación, que incluya por su incorporación efectiva, tanto al sector productivo, como a la formulación e implementación de políticas e iniciativas que contribuyan al desarrollo social.

4. Crecimiento y desarrollo son dos conceptos diferentes. El crecimiento alude al aumento de los agregados económicos tales como el PIB, mientras que el desarrollo es la mejora del nivel de vida de la mayoría de la población, por ello se asocia más a la distribución del ingreso, de la riqueza y de los beneficios del progreso económico material. Ciertamente el crecimiento da soporte al desarrollo, pero no lo sustituye ni es sinónimo de él.
5. Desde distintas perspectivas, se sostiene que la investigación realizada en organizaciones como las universidades y los centros de investigación, ha adquirido un nuevo nivel de significación, debido a las contribuciones potenciales que pueden realizar, básicamente a través de tres formas: 1) la creación de riqueza, 2) la elevación de la calidad de vida y, 3) mejorando la efectividad de las políticas públicas. Estos tres beneficios sociales de la investigación, se identifican como las principales razones para justificar el financiamiento y apoyo público a la ciencia y la tecnología.
6. La empresa juega un papel central en la creación y captura de valor, aunque no es automática la transferencia de este valor al territorio, y menos aún en forma de rentas económicas. El monto del valor transferido a la región está en función de factores muy diversos tales como el modelo de desarrollo, las políticas públicas, el tejido institucional, y la estructura de las relaciones laborales entre otros. La captura regional de valor es un proceso que se da en dos tiempos: 1) al interior de la empresa con cadenas globales de producción y, 2) en la vinculación de la empresa con la región, tanto a través de relaciones institucionales como de redes informales.
7. Los mecanismos de innovación y transferencia tecnológica a lo largo de las cadenas productivas, se hallan determinados por el tipo de producto y el grado de madurez de la tecnología que lo soporta.

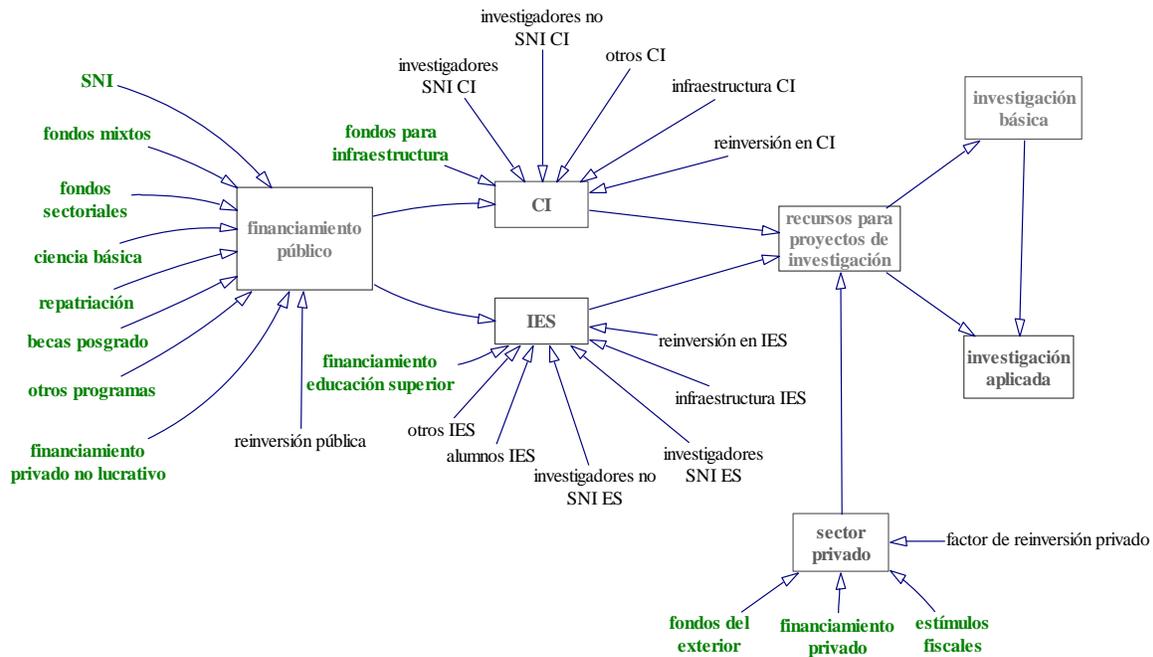
8. Los incentivos por parte del gobierno en sus tres niveles, para la vinculación entre las universidades y la industria, se consideran como estables y comprometidos.
9. La sociedad conoce una nueva cultura y se involucra en ella, en la que está inmersa, para que pueda comprender la dimensión del proyecto social, contenido no solamente en las políticas públicas, sino en procesos de socialización en los que sus miembros se verán inmersos.
10. El concepto de SIRQ incluye a todos los actores y actividades del sector industrial de la zona de Querétaro en los procesos de producción y absorción de conocimientos existentes, nuevos y necesarios para que tenga lugar la innovación y de gestión que conduzca al desarrollo económico sustentable.
11. El SIRQ es un sistema artificial construido intencionalmente, con componentes, dinámicas y funciones preestablecidas de manera que conduzca al logro de objetivos específicos. Como todo sistema “artificial”, integra el funcionamiento de las partes al logro de un objetivo del todo.
12. La totalidad del sistema no se refiere a la sociedad en general, sino al logro de un objetivo específico que se remite directamente a uno o varios componentes de ella.
13. En la creación del modelo SIRQ ideal, se tiene la premisa de que las acciones aisladas no tienen éxito y que es necesario establecer alianzas y estrategias acertadas, en un ambiente rico de infraestructura física y técnica, así como de financiamiento acertado con base en metas y objetivos bien definidos.
14. Al inicio, para establecer las interrelaciones, se supuso que cada uno de los actores realiza las siguientes tareas:
  - a. Gobierno: crea leyes, reglamentos y política de estado en ciencia y tecnología, instrumenta un sistema de incentivos que promueve la innovación, y además, debe ser rector y normar al desarrollo científico y tecnológico. Además crea el medio favorable para vincular a todos los agentes para permitir el desarrollo y el fortalecimiento del SIRQ.

- b. Empresas: apoyan el desarrollo tecnológico y la innovación para realizar actividades innovadoras. Son depositarias del conocimiento y realizan aprendizaje.
  - c. IES y CI: apoyan la formación de recursos humanos altamente calificados y desarrollan ciencia y proyectos de vanguardia que generen riqueza regional.
  - d. Sociedad: comprometida en crear empresas que generen productos de alto valor agregado.
  - e. Sistema Financiero: proporcionan los recursos que permitan llevar a cabo la innovación.
  - f. Redes interinstitucionales: existen mecanismos que contribuyen a generar y mantener las relaciones entre los diferentes elementos del sistema y deben ser facilitadores de la transmisión del conocimiento.
15. Los sectores económicos se dividen en: transnacionales, grandes, mediana, pequeña y micro empresa; y las relaciones cambian de acuerdo al tamaño de empresa.
  16. Las IES son públicas.
  17. El dinero que entra al sistema se gasta por completo.
  18. Al principio el SIRQ corresponde a ciertas élites, no se genera mejor distribución de la riqueza, sino hasta después de varios ciclos.
  19. El SIRQ después de varios ciclos empieza a influir en la sociedad en su conjunto.
  20. El gobierno participa como agente impulsor y regulador.

### **3.4.2 Representación del modelo SIRQ**

En este apartado se describe el modelo SIRQ. Para ello se dividió el modelo original en cinco partes. En la figura 3.5 se presenta el modelo SIRQ completo, en el que se puede observar las interrelaciones consideradas entre los actores que participan en el desarrollo de la región de Querétaro.

## PARTE 1



El modelo es alimentado por trece variables, que son datos conocidos que se publican anualmente. El financiamiento público está compuesto por la inversión que se hace en los siguientes programas: fondos para infraestructura, financiamiento para investigación en las IES, SNI, fondos mixtos, fondos sectoriales, ciencia básica, retención y repatriación, becas de posgrado y en otros programas que han surgido para atender necesidades específicas de la región. Se eligieron estas variables debido a que durante la última década se ha visto que el financiamiento de la ciencia y la tecnología en México, y por ende en Querétaro, se ha realizado principalmente a través de los programas de financiamiento que han sido creados por el CONACYT.

En lo que respecta al financiamiento privado, se consideró que está compuesto por los fondos que llegan de otros países, por los estímulos que el gobierno ofrece al sector privado y por el dinero que aportan para investigación las propias empresas. Se hace énfasis en que estas aportaciones económicas están directamente relacionadas con los proyectos de investigación y su pertinencia en la solución de situaciones que interesan al sector privado.

Se considera la cantidad total de fondos públicos que entran al sistema en su conjunto, pero a fin de conocer la eficiencia que se tiene en su uso, se dividen en dos partes: el dinero que va a las IES y el que es usado en los CI. Se realiza dicha diferenciación porque se considera que aunque en ambos tipos de institución se realiza investigación, los objetivos y las relaciones son diferentes en cada caso. Posteriormente se tiene una cantidad de recursos, que puede ser mayor o inferior a la inicial, dependiendo de la eficiencia y eficacia en las IES y en los CI. Finalmente dicha cantidad es dividida en investigación básica y en investigación aplicada.

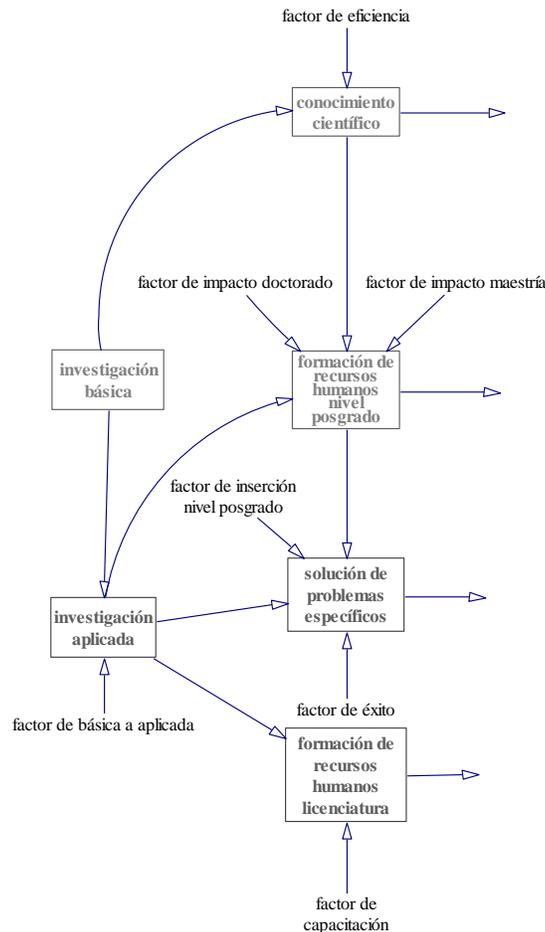
Las otras variables que se encuentran en esta primera parte del modelo son los indicadores o factores que cuantifican la eficiencia de la variable que afectan. Dichos valores van de 0 a 1, donde 0 significa total ineficiencia y 1 eficiencia total. Lo anterior aplica para todos los indicadores utilizados en el modelo.

El modelo tiene la ventaja de que pueden usarse series de tiempo o datos precisos para cualquiera de las variables de entrada. Pero se tiene la limitante de que, aunque los datos de las variables son contabilizados anualmente, se tiene un retraso de uno a dos años en su publicación.

## **PARTE 2**

A partir de que los recursos son divididos en investigación básica o aplicada se consideran dos ramas para los resultados obtenidos: académicos y económicos. Aunque ambos son diferentes y algunas veces divergentes, se reconoce que entre ellos existe una interrelación que varía de acuerdo a las condiciones económicas, políticas y cognoscitivas de cada institución, así como de las directrices que fije el gobierno en sus tres formas: federal, estatal y municipal.

Uno de los indicadores que tiene una influencia importante en el modelo es el factor de básica a aplicada, el cual indica la medida en que los conocimientos desarrollados en la región son usados para beneficio de la región, ya sea solucionando problemas o creando productos y procesos innovadores.



El primer resultado que se obtiene de la investigación básica es el conocimiento científico, el cual por su naturaleza, tiene un valor que no puede cuantificarse por completo, por lo que cabe aclarar que en el modelo no se le da un valor monetario, sino que se considera la eficiencia con la que este conocimiento es utilizado, ya sea en el mismo aspecto académico o por los diversos sectores industriales de la región.

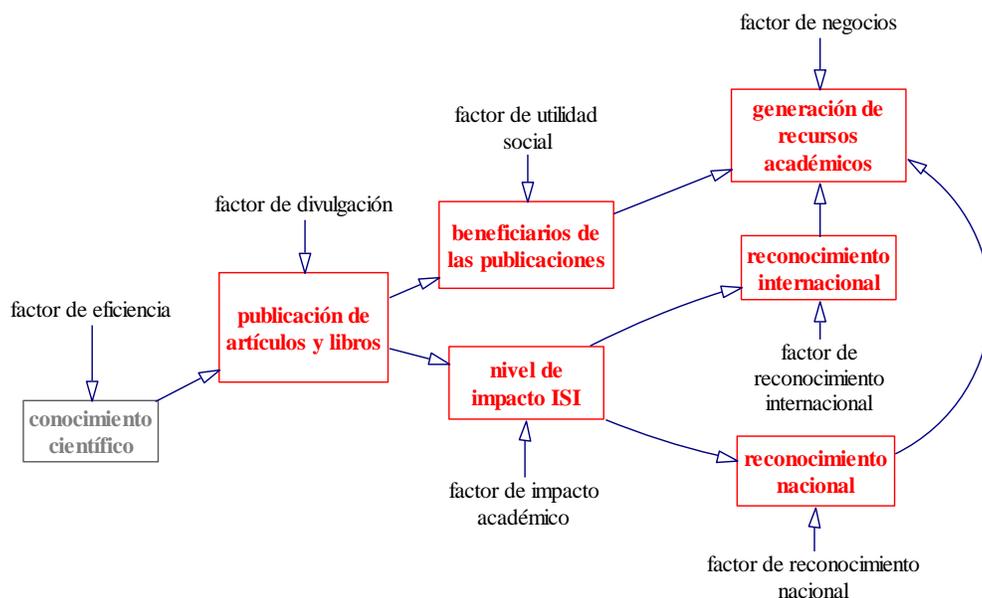
De la investigación aplicada se obtiene como resultado principalmente la solución a problemas específicos de la región y la implementación de nuevos

productos o procesos. Lo anterior se ve impulsado por la inserción de los egresados de los posgrados en la vida económica de la región, lo cual se refleja en el factor de inserción nivel posgrado.

En la variable de formación de recursos humanos nivel posgrado, se involucra tanto a los programas de maestría como a los de doctorado, así como tanto a los que hacen investigación básica como aplicada. Pues se considera que los recursos humanos al entrar en contacto con el sector privado le transfieren valor agregado.

Para el nivel de la formación de recursos humanos de nivel licenciatura, se considera que si los alumnos participan en proyectos de investigación aplicada y ello les implica estar en contacto con la industria, tendrán mayor apreciación en el mercado laboral y a la vez tendrán mayor capacidad de llevar el conocimiento a la práctica.

### PARTE 3



En esta parte del modelo se presenta una síntesis del proceso de movimiento y evolución que tiene el dinero invertido en el desarrollo de conocimiento científico, considerando sólo resultados obtenidos desde el aspecto

académico. Se considera que uno de los aspectos más importantes y reconocidos, tanto a nivel internacional como a nivel nacional, y que tiene o puede llegar a tener influencia más allá del sector académico es la publicación de artículos y libros, en dicha variable se consideran a su vez las actividades involucradas con el proceso, como pueden ser, la difusión a través de congresos y las citas en revistas indizadas. Aunque en este proyecto, se reconoce la importancia de éstas últimas, no se consideraron como variables independientes, pues se considera que benefician a los autores e instituciones de forma más bien individual que a la región como un todo. Pero sí se toma en cuenta el reconocimiento tanto nacional como internacional, pues ambos son fuente de recursos financieros para realizar investigación dentro de las IES y los CI.

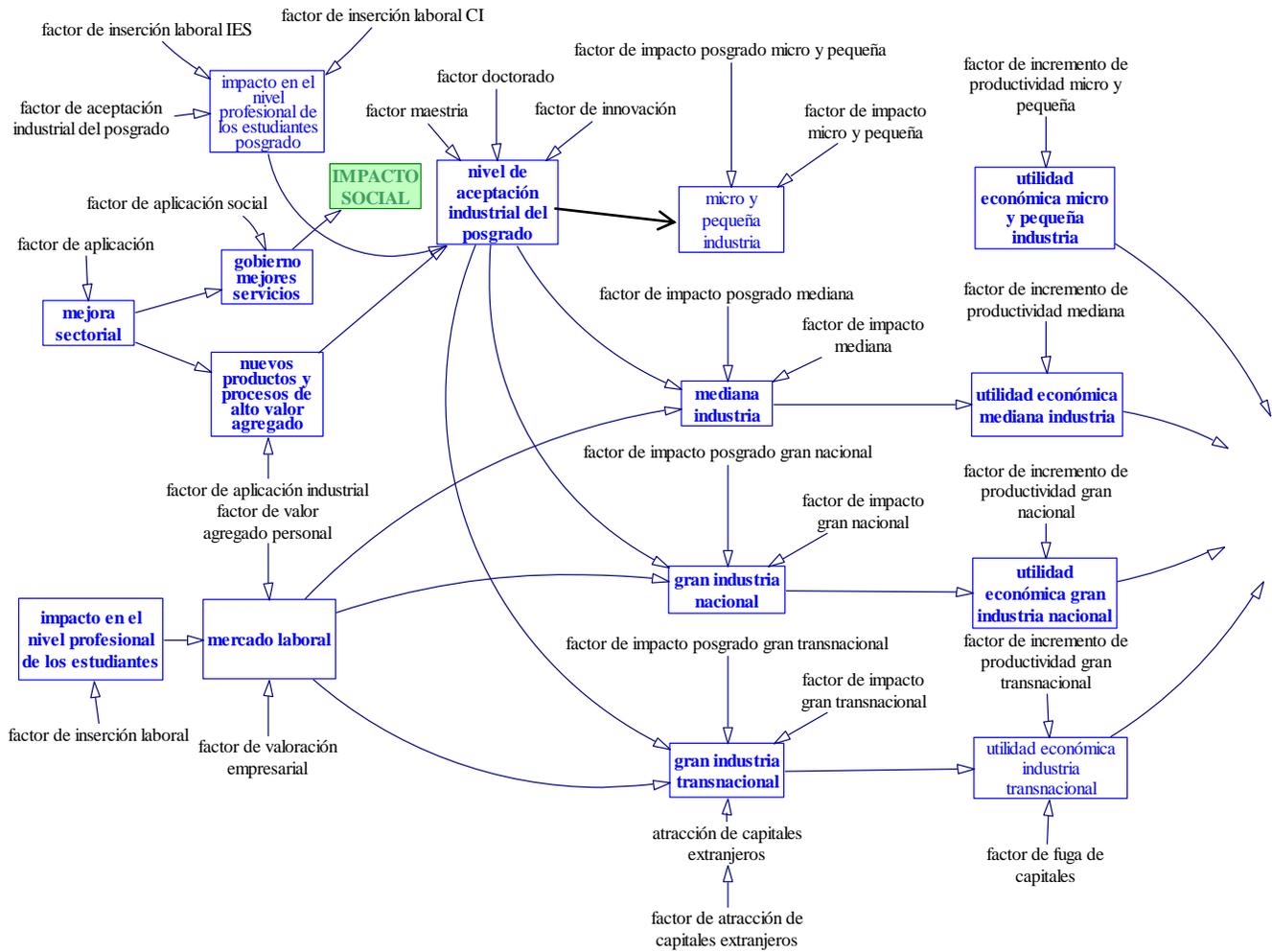
Por otra parte, se considera la influencia económica que puede tener en la región la difusión de los conocimientos en revistas y libros, pero desde el punto de vista de la utilidad social, especialmente para la región, que dicho conocimiento tenga así la factibilidad con que éste pueda ser utilizado por alguna empresa para generar riqueza.

#### **PARTE 4**

En esta parte del modelo, primero consideraremos la variable impacto en el nivel profesional de los estudiantes, que hace referencia a los egresados de nivel licenciatura que tienen una valoración empresarial más alta si tienen experiencia en investigación aplicada, pues el sector industrial considera que tienen experiencia en utilizar el conocimiento que aprenden en las IES de forma práctica para resolver situaciones laborales. Lo anterior agrega valor en mayor o menor medida a los diferentes sectores industriales.

En la variable impacto en el nivel profesional de los estudiantes de posgrado, se muestra el valor que tiene para la región, para los sectores industriales y económicos, así como para la sociedad, tanto la existencia de estos programas como el conocimiento adquirido por sus egresados. Dicho valor es

medido por el nivel de inserción que tienen en el mercado laboral, por la pertinencia de sus áreas de estudio y por su experiencia en investigación.

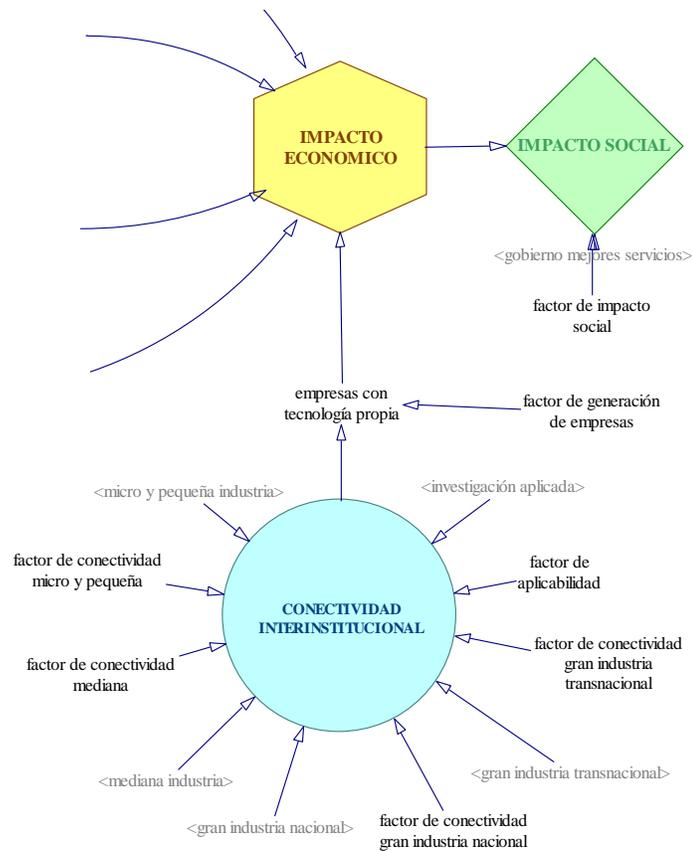


El modelo desarrollado en esta investigación considera la especialización de la región en ciertas áreas del conocimiento y ciertas tecnologías, pues se ha comprobado que después de varias generaciones, se tiene un mayor crecimiento y desarrollo para las regiones. En la variable mejora sectorial se representa esta situación a través, ya sea en nuevos productos y procesos de alto valor agregado y/o en atender situaciones sociales como salud, educación, y transporte, entre otros.

Por una parte, la solución de problemas específicos, la creación de productos y procesos, y en general un enfoque de innovación, generan un mayor

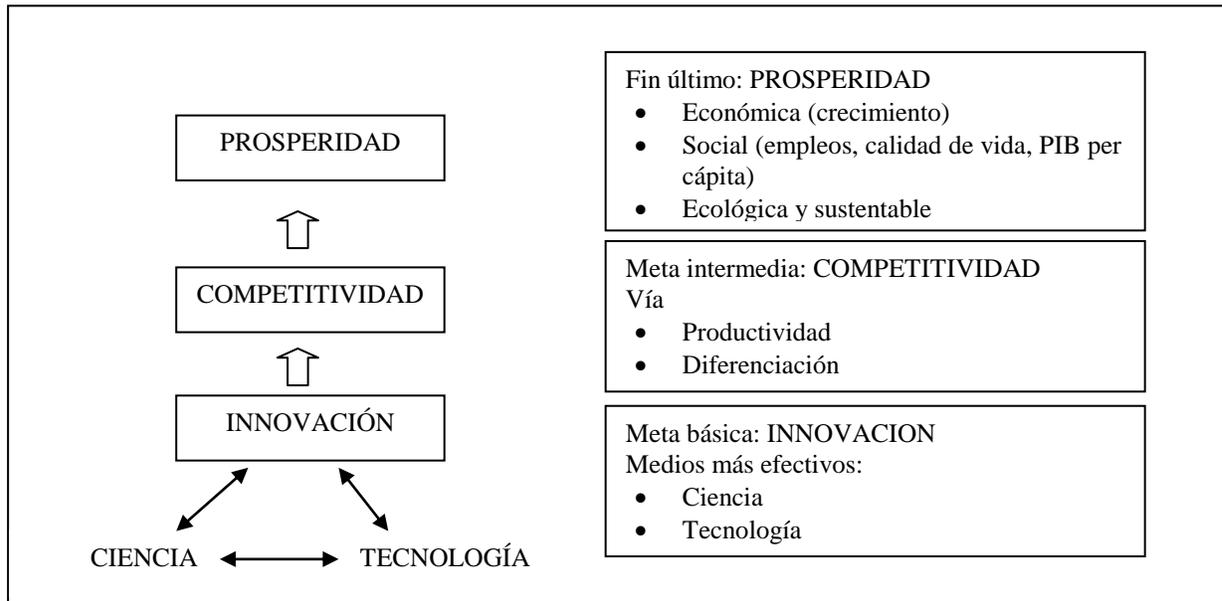
interés por parte de los sectores industriales tanto en los programas de posgrado como en sus egresados. Lo que trae como consecuencia una mayor inversión en proyectos de investigación. En el otro sentido, entrar en este proceso de innovación, se traduce en un impacto positivo directo sobre los sectores económicos y su utilidad económica.

## PARTE 5



Para que el modelo fuera operativo se consideró pertinente basarse en los elementos fundamentales de un espacio innovador con base en un esquema que consta de variables independientes y variables dependientes, así como de una o varias dimensiones por variable con sus factores. Además, se consideró que se vinculan los sectores de la academia, la empresa y el gobierno como los ejes estructurales del sistema y alrededor de éstos otro tipo de organizaciones que aportan en diferentes tareas con el fin de hacer efectivo el modelo. El modelo da importancia al impacto final de la ciencia y la tecnología con base en la figura 3.4.

Figura 3.4 Propósito de un SIR



Fuente: Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y el Desarrollo Tecnológico (ADIAT), modelo ARCO, 2007.

En este sentido, cuando las empresas se ven impactadas positivamente como resultado de desarrollos científicos y tecnológicos, directamente sus utilidades se ven beneficiadas, pero indirectamente se beneficia la sociedad al crearse más empleos y mejor pagados. Asimismo, la región se convierte en un polo de atracción que atrae al mejor personal, a mejores empresas, a mejores servicios y a un mayor compromiso por parte del gobierno. Quien por su parte, puede verse beneficiado, con proyectos de investigación que realmente ayuden en la solución de los problemas sociales que afectan a la población de la región.

Finalmente, después de algunos ciclos, se forman redes que conectan a todos los actores que participan en la vida económica, política y social de la región de Querétaro. Dicha conectividad interinstitucional en cada ciclo, trabajando con metas y objetivos comunes, genera desarrollo y crecimiento para los diferentes extractos sociales, para crear una mejor distribución de la riqueza.



### 3.4.3 Variables y ecuaciones

Los valores de todas las variables son expresados de forma anual, y en ellas se considera la generalidad de las condiciones de la región de Querétaro. Aunque el modelo, puede aplicarse (con algunas variaciones mínimas) a una sola organización o institución, o a un conjunto específico de ellas, para el caso del presente estudio, se toman en consideración a todos los CI, las IES, a las diferentes secretarías, el sector financiero, al gobierno y a la sociedad como un conjunto en el que se toman valores promedio para diferentes escenarios de comportamiento regional.

En el cuadro 3.3 se enlistan las 111 variables incluidas en el modelo de innovación SIRQ. Las variables de estado y las variables de relación se describen a continuación. Los factores son descritos en el capítulo 4.

1. **Atracción de capitales extranjeros:** se refiere a la capacidad que tiene la región de Querétaro para atraer a la inversión extranjera.
2. **Becas posgrado:** se refiere a la cantidad de dinero anual que el sector público invierte para la preparación de alumnos de alto nivel, ya sea maestría o doctorado.
3. **Beneficiarios de las publicaciones:** en esta variable se representa el beneficio que trae consigo el conocimiento científico y su divulgación para solucionar problemas de la sociedad. Este valor se mide de forma monetaria por año.
4. **Centros de Investigación (CI):** son los recursos monetarios por año con que cuentan los centros de investigación de la región de Querétaro para realizar proyectos de investigación.
5. **Ciencia básica:** se refiere a la cantidad de dinero anual que el sector público invierte en proyectos de investigación de ciencia básica.
6. **Conectividad intersecretarial:** se refiere al valor económico anual que aporta la existencia de una red armónica donde haya cooperación interinstitucional,

leyes y acuerdos, donde el fin sea la mejoría de la región en conjunto. Se considera que debe existir un organismo rector de dicha red, el cual debe ser formado por miembros que pertenezcan a cada uno de los nodos de la red de innovación.

7. **Conocimiento científico:** el conocimiento científico generado por año es expresado en un valor monetario equivalente, de acuerdo al nivel de eficiencia entre los recursos invertidos y los diversos productos, tanto tangibles como intangibles, obtenidos.
8. **Empresas con tecnología propia:** esta variable refleja los beneficios económicos derivados de la creación de tecnología propia para la región.
9. **Estímulos fiscales:** se refiere a la cantidad de dinero anual que el sector público invierte en el sector privado, con la finalidad de que éste invierta en proyectos de innovación, ciencia y tecnología.
10. **Financiamiento educación superior:** se refiere a la cantidad de dinero anual que el sector público invierte en proyectos de investigación en las Instituciones de Educación Superior IES.
11. **Financiamiento privado:** se refiere a la cantidad de dinero anual que el sector privado invierte en proyectos de investigación, ya sea en IES o en CI. Dichos fondos son diferentes a los invertidos en los fondos sectoriales, mixtos o cualquier otro en el que intervenga el sector público.
12. **Financiamiento privado no lucrativo:** se refiere a la cantidad de dinero anual que el sector privado no lucrativo invierte en proyectos de investigación, ya sea en IES o en CI.
13. **Financiamiento público:** esta variable contabiliza el financiamiento público total de todas las partidas considerando a todos los rubros de ciencia y tecnología.
14. **Fondos del exterior:** se refiere a la cantidad de dinero anual proveniente de programas del extranjero que se invierten en proyectos de investigación, ya sea en IES o en CI.

15. **Fondos mixtos:** se refiere a la cantidad de dinero anual que el sector público invierte para financiar proyectos de interés y necesidades de la región bajo las convocatorias de fondos mixtos.
16. **Fondos para infraestructura:** se refiere a la cantidad de dinero anual que el sector público invierte para proveer de materiales, equipos, laboratorios, y en general, de la infraestructura que requieren los centros de investigación de la región de Querétaro.
17. **Fondos sectoriales:** se refiere a la cantidad de dinero anual que el sector público invierte para financiar proyectos de interés y necesidades de la región bajo las convocatorias de fondos sectoriales.
18. **Formación de recursos humanos nivel licenciatura:** es el valor agregado que adquieren los alumnos de nivel licenciatura que han participado en proyectos de investigación. Dicho valor es expresado en cantidad monetaria por año.
19. **Formación de recursos humanos nivel posgrado:** es el valor monetario agregado por año, que adquieren los alumnos de nivel posgrado, por el hecho de realizar proyectos de investigación.
20. **Generación de recursos académicos:** se refiere a los recursos económicos generados por las actividades de ciencia y tecnología, que son susceptibles de volver a invertirse en otros proyectos de investigación.
21. **Gobierno mejores servicios:** es la solución generada por proyectos de investigación a problemas sociales como salud, educación, energía, y otros. En este caso se contabilizan los posibles ahorros que el Gobierno puede hacer en este sentido, y se supone que dicho dinero será reinvertido en más proyectos de ciencia y tecnología.
22. **Gran industria nacional:** refleja el impacto económico que la investigación científica puede tener en la gran industria nacional debido a la capacidad que ésta tenga para absorber y utilizar el conocimiento.
23. **Gran industria transnacional:** refleja el impacto económico que la investigación científica puede tener en la gran industria transnacional debido a la capacidad que ésta tenga para absorber y utilizar el conocimiento.

24. **Impacto económico:** se refiere al impacto anual económico de la región en su conjunto, considerando a los actores del sistema de innovación de Querétaro.
25. **Impacto en el nivel profesional de los estudiantes de licenciatura:** es el valor que los egresados de licenciatura pueden transferir para los diferentes sectores económicos de la región por ser egresados de una IES que hace investigación.
26. **Impacto en el nivel profesional de los estudiantes de posgrado:** es el valor que los egresados del posgrado pueden transferir para los diferentes sectores económicos de la región por ser egresados de una IES o un CI queretanos.
27. **Impacto social:** se refiere al valor que realmente la sociedad puede llegar a tener o percibir como producto de un sistema de innovación.
28. **Instituciones de Educación Superior (IES):** son los recursos monetarios por año con que cuentan las IES públicas de la región de Querétaro para realizar proyectos de investigación.
29. **Investigación aplicada:** es la cantidad de dinero que se invierte en proyectos de investigación aplicada en la región de Querétaro por año.
30. **Investigación básica:** es la cantidad de dinero que se invierte en proyectos de investigación básica en la región de Querétaro por año.
31. **Mediana industria:** refleja el impacto económico que la investigación científica puede tener en la mediana industria debido a la capacidad que ésta tenga para absorber y utilizar el conocimiento.
32. **Mejora sectorial:** es la ganancia económica anual que tiene el sector privado (puede ser un sector específico o un conjunto de ellos) debido al conocimiento y soluciones generados a partir de proyectos de investigación.
33. **Mercado laboral:** se refiere a la transferencia de conocimientos y técnicas que los profesionistas, tanto de nivel licenciatura como posgrado, transfieren a los diferentes sectores económicos, en los que se desenvuelven. En esta variable interviene tanto la apreciación de las empresas, como la autovaloración del individuo.

34. **Micro y pequeña industria:** refleja el impacto económico que la investigación científica puede tener en la micro y pequeña industria debido a la capacidad que ésta tenga para absorber y utilizar el conocimiento.
35. **Nivel de aceptación industrial del posgrado:** es el valor que es dado por los sectores económicos a los diferentes programas de posgrado de la región de Querétaro. Dicho valor depende de la pertinencia de cada programa de estudio y de la utilidad de los productos de investigación para la región.
36. **Nivel de impacto ISI:** esta variable refleja el valor económico que puede llegar a tener la publicación de artículos en revistas indizadas.
37. **Nuevos productos y procesos de alto valor agregado:** es el beneficio económico anual obtenido de la solución exitosa, basada en innovación, ciencia y tecnología, de problemas específicos de la región, con lo cual se generan productos y procesos de alto valor.
38. **Otros programas:** se refiere a la cantidad de dinero anual que el sector público invierte en programas especiales que impulsan proyectos de investigación.
39. **Publicación de artículos y libros:** en esta variable se realiza un cálculo del valor monetario anual que tienen los artículos y libros publicados como producto de un proyecto de investigación. Dicho valor monetario está influido por la divulgación que se haga del conocimiento científico adquirido.
40. **Reconocimiento internacional:** se refiere al reconocimiento que hacen los investigadores de otros países acerca de la investigación realizada en la región, esto expresado en cantidad monetaria por año.
41. **Reconocimiento nacional:** se refiere al reconocimiento que hacen los investigadores del país acerca de la investigación realizada en la región, esto expresado en cantidad monetaria por año.
42. **Recursos para proyectos de investigación:** es la cantidad total de recursos monetarios anuales que se destinan a los proyectos de investigación en la región de Querétaro. Éstos incluyen los recursos provenientes del sector público y del sector privado invertidos tanto en IES como en CI.

43. **Repatriación:** se refiere a la cantidad de dinero anual que el sector público invierte en programas de retención y repatriación de recursos humanos altamente calificados.
44. **Sector privado:** hace referencia a los diversos sectores económicos ubicados en la región de Querétaro.
45. **Sistema Nacional de Investigadores (SNI):** se refiere a la cantidad de dinero anual que el sector público invierte en los investigadores que pertenecen al SNI.
46. **Solución de problemas específicos:** es el valor agregado, reflejado ya sea como productos o procesos nuevos y mejorados, que ofrecen una solución satisfactoria a los problemas y requerimientos que tiene la región de Querétaro.
47. **Utilidad económica gran industria nacional:** esta variable expresa la utilidad económica que puede llegar a tener por año este tipo de industria gracias a las soluciones, productos y procesos que son productos de la investigación por parte de las CI y las IES.
48. **Utilidad económica industria transnacional:** esta variable expresa la utilidad económica que puede llegar a tener por año este tipo de industria gracias a las soluciones, productos y procesos que son productos de la investigación por parte de las CI y las IES.
49. **Utilidad económica mediana industria:** esta variable expresa la utilidad económica que puede llegar a tener por año este tipo de industria gracias a las soluciones, productos y procesos que son productos de la investigación por parte de las CI y las IES.
50. **Utilidad económica micro y pequeña industria:** esta variable expresa la utilidad económica que puede llegar a tener por año este tipo de industria gracias a las soluciones, productos y procesos que son productos de la investigación por parte de las CI y las IES.

Cuadro 3.3 Variables del modelo SIRQ

VARIABLE	CÓDIGO	VARIABLE	CÓDIGO
ACE	Atracción de capitales extranjeros	ILIES	Inserción laboral en IES
Ad	Aplicabilidad	IM	Impacto mediana
AI	Aplicación industrial	ImA	Impacto académico
AIES	Alumnos IES	IMa	Impacto maestría
AIP	Aceptación industrial del posgrado	IMP	Impacto micro y pequeña
An	Aplicación	InA	Investigación aplicada
AS	Aplicación social	Inn	Innovación
BA	Básica a Aplicada	INP	Inserción nivel posgrado
BPo	Becas posgrado	INPL	Impacto en el nivel profesional de los estudiantes licenciatura
BPu	Beneficiarios de las publicaciones	INPP	Impacto en el nivel profesional de los estudiantes posgrado
C	Capacitación	InSNICI	Investigadores no SNI CI
CB	Ciencia básica	InSNIIES	Investigadores no SNI IES
CC	Conocimiento científico	IPGN	Impacto posgrado gran nacional
CGIN	Conectividad con la gran industria nacional	IPGT	Impacto posgrado gran trasnacional
CGIT	Conectividad con la gran industria trasnacional	IPIGN	Incremento de productividad por investigación gran nacional
CI	Centros de investigación	IPIGT	Incremento de productividad por investigación gran trasnacional
CIES	Capacitación en IES	IPIM	Incremento de productividad por investigación mediana
CII	Conectividad intersecretarial	IPIMP	Incremento de productividad por investigación micro y pequeña
CMI	Conectividad con la mediana industria	IPM	Impacto posgrado mediana
CMPI	Conectividad con la micro y pequeña industria	IPMP	Impacto posgrado micro y pequeña
D	Divulgación	IS	Impacto social
Doc	Doctorado	ISNICI	Investigadores SNI CI
E	Eficiencia	ISNIIES	Investigadores SNI IES
EF	Estímulos fiscales	M	Maestría
ETPs	Eficiencia terminal posgrado	MI	Mediana industria
ETP	Empresas con tecnología propia	ML	Mercado laboral
Ex	Éxito	MPI	Micro y pequeña industria
FC	Fuga de capital	MS	Mejora sectorial

Continuación tabla

VARIABLE	CÓDIGO	VARIABLE	CÓDIGO
FE	Fondos del exterior	N	Negocios
FES	Financiamiento educación superior	NAIP	Nivel de aceptación industrial del posgrado
FI	Fondos para infraestructura	NIISI	Nivel de impacto ISI
FM	Fondos mixtos	NPPAV	Nuevos productos y procesos de alto valor agregado
FPNL	Financiamiento privado no lucrativo	OCI	Otros CI
FPr	Financiamiento privado	OIES	Otros IES
FPu	Financiamiento público	OP	Otros programas
FRHL	Formación de recursos humanos licenciatura	PAL	Publicación de artículos y libros
FRHP	Formación de recursos humanos nivel posgrado	R	Repatriación
FS	Fondos sectoriales	RCI	Reinversión en CI
GE	Generación de empresas	RI	Reconocimiento internacional
GIN	Gran industria nacional	RIES	Reinversión en IES
GIT	Gran industria transnacional	RN	Reconocimiento nacional
GMS	Gobierno mejores servicios	RPI	Recursos para proyectos de investigación
GRA	Generación de recursos académicos	RPr	Reinversión privada
IB	Investigación básica	RPu	Reinversión pública
ICI	Infraestructura CI	SNI	Sistema Nacional de Investigadores
ID	Impacto doctorado	SP	Sector privado
IE	Impacto económico	SPE	Solución de problemas específicos
IES	Instituciones de Educación Superior	UEGIN	Utilidad económica gran industria nacional
IGN	Impacto gran nacional	UEGIT	Utilidad económica gran industria transnacional
IGT	Impacto gran trasnacional	UEMI	Utilidad económica mediana industria
IIES	Infraestructura IES	UEMPI	Utilidad económica micro y pequeña industria
IL	Inserción laboral	US	Utilidad social
ILCI	Inserción laboral en CI	VAP	Valor agregado personal
		VE	Valoración empresarial

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se presentan las ecuaciones del modelo SIRQ:

1.  $FRHP=(\ln A+CC)(fID)(fIMa)$
2.  $ACE=10 (fACE)$
3.  $UEGIT=(GIT)(fFC)(fIPIGT)$
4.  $FRHL=(\ln A)(fC)$
5.  $GRA=(BPu)(fN+RI+RN)$
6.  $RI=(fRI)(NIISI)$
7.  $IE=UEGIN+UEGIT+UEMI+UEMPI+ETP$
8.  $FPu=SNI+FM+FS+CB+R+BPo+OP+FPNL+RPu(SNI+FM+FS+CB+R+BPo+OP+FPNL)$
9.  $INPP=(FRHP)(fAIP)(fILCI)(fILIES)$
10.  $CI=[FPu+FI][fICI](\ln SNI)(OCI)(RCI)$
11.  $MS=(SPE)(fAn)$
12.  $ML=(INPL)(fVAP)(fVE)$
13.  $SP=(EF+FP+FE)(fRPr)$
14.  $IS=(IE+GMS)(fIS)$
15.  $GIT=(fIGT)(ML)+(NAIP)(fIPGT)+ACE$
16.  $IES=(FPu+FES)(AIES)(IIES)(\ln SNIIES)(ISNIIES)(OIES)(RIES)$
17.  $CII=(fCGIN)(GIN)+(fCGIT)(GIT)+(fCM)(MI)+(fCMPI)(MPI)+(\ln A)(fAd)$
18.  $ETP=(CII)(fGE)$
19.  $GIN=(fIGN)(ML)+(NAIP)(fIPGN)$
20.  $MPI=(fIMP)(ML)+(NAIP)(fIPMP)$
21.  $SPE=(IAp)(fEx)+fINP$
22.  $MI=(fIM)(ML)+(NAIP)(fIPM)$
23.  $INPL=(FRHL)(fIL)$
24.  $NAIP=(fDoc)(fM)(INPP)+(NPAV)(fInn)$
25.  $UEMPI=(fIPIMP)(MPI)$
26.  $GMS=(MS)(fAS)$
27.  $UEGIN=(fIPIGN)(GIN)$
28.  $UEMI=(fIPIM)(MI)$
29.  $NPAV=(MS)(fAI)$
30.  $BPu=(PAL)(fUS)$
31.  $NIISI=(PAL)(fImA)$
32.  $RN=(NIISI)(fRN)$
33.  $PAL=(CC)(fD)$
34.  $CC=(\ln A)(fE)$
35.  $\ln A=RPI+(IB)(fBA)$
36.  $IB=(fRPI)(RPI)$
37.  $RPI=CI+IES+SP$

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 PROPUESTA DE UN SISTEMA DE INDICADORES DE IMPACTO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO

A continuación se presenta una descripción de cada uno de los factores o indicadores que forman parte del modelo SIRQ. La elección de cada uno se basa en las interrelaciones observadas entre los actores del modelo de innovación.

1. **Aceptación industrial del posgrado:** se refiere a la pertinencia que el posgrado nacional tiene respecto a la industria nacional, en este sentido, se requiere realizar un estudio de pertinencia del posgrado con las necesidades actuales y futuras de la industria. Este factor es dinámico ya que en el presente la industria reportaría que no requiere mayormente del posgrado, pero en la medida que la situación se modifique la industria requerirá del apoyo del posgrado nacional.
2. **Alumnos de Instituciones de Educación Superior:** es el valor que tiene una IES de acuerdo a la calidad, pertinencia y profundidad de los conocimientos que tienen sus alumnos.
3. **Aplicabilidad:** se refiere a la aplicación real que tengan los resultados de la investigación aplicada en los diversos sectores de la sociedad, especialmente en la industria y en el sector gubernamental. Esto es, que los resultados de investigaciones sean tomados con toda seriedad por las diferentes dependencias gubernamentales en donde se toman decisiones que afecta el devenir socioeconómico de nuestro país. En este factor, se contempla plasmar la falta de aplicación de investigación que llegan al sector gubernamental y que terminan archivadas en un cajón. Esto por una falta real de interés de los funcionarios gubernamentales en las investigaciones realizadas y la tendencia de los investigadores a quedarse sólo con sus resultados enmarcados en el ámbito académico.

4. **Aplicación:** se refiere a la posibilidad real de aplicación en el ámbito, ya sea gubernamental, industrial, o en general en la sociedad, de las soluciones propuestas a problemas específicos, producto de investigaciones.
5. **Aplicación industrial:** se refiere a la transferencia real de conocimientos producto de proyectos de investigación que contribuyan a la mejora sectorial y que desemboquen en nuevos productos y procesos de alto valor agregado.
6. **Aplicación social:** se refiere a la transferencia real de conocimientos producto de proyectos de investigación que contribuyan a la mejora social y que desemboquen en mejores servicios públicos. Tal es el caso de estudios de calidad y disponibilidad del agua, transporte, entre otros.
7. **Atracción de capitales extranjeros:** se refiere a la evaluación de condiciones nacionales para que llegue a la región la inversión de procedencia extranjera.
8. **Básica a Aplicada:** este factor hace referencia al uso del conocimiento resultante de la investigación Básica en la solución de problemas específicos o en la creación de productos y procesos innovadores.
9. **Capacitación:** se refiere al valor agregado que recibe el egresado de IES por haber participado en proyectos de investigación aplicada.
10. **Capacitación en IES:** se refiere al valor agregado que tienen los recursos humanos de nivel licenciatura egresados de las IES.
11. **Conectividad con la gran industria nacional:** se refiere a la relación que existe entre la gran industria nacional y las diferentes instancias de gobierno relacionadas con el quehacer de esta industria, tomando en cuenta que existen diferentes instancias gubernamentales para tratar con los diversos sectores industriales. Este factor reflejará el trato diferencial y los diferentes programas aplicables a los diferentes tamaños de las industrias. Esta última nota es aplicable a todos los factores de conectividad para los diferentes tamaños de industrias.
12. **Conectividad con la gran industria transnacional:** se refiere a la relación que existe entre la gran industria transnacional y las diferentes instancias de gobierno relacionadas con el quehacer de esta industria.

13. **Conectividad con la mediana industria:** se refiere a la relación que existe entre la industria mediana y las diferentes instancias de gobierno relacionadas con el quehacer de esta industria.
14. **Conectividad con la micro y pequeña industria:** se refiere a la relación que existe entre la industria micro y pequeña y las diferentes instancias de gobierno relacionadas con el quehacer de esta industria.
15. **Divulgación:** se refiere a la cantidad de conocimientos producto del conocimiento científico, que se plasman en la publicación de artículos y libros de carácter científico.
16. **Doctorado:** se refiere al nivel de aceptación industrial del doctorado, bajo la premisa de que los egresados del doctorado tengan aceptación y pertinencia en la industria.
17. **Eficiencia:** se refiere a la relevancia real que tengan los resultados de la investigación básica en el conocimiento científico a nivel mundial.
18. **Eficiencia terminal posgrado:** se refiere al énfasis que han puesto las diferentes instancias que apoyan económicamente al posgrado nacional para que los estudiantes reciban sus grados según los planes de estudio establecidos, en tiempo y forma.
19. **Estudiantes de licenciatura IES:** se refiere al valor que se le asigna a un estudiante de licenciatura enrolado en una IES.
20. **Éxito:** se refiere al nivel de éxito que tenga la investigación aplicada en la solución de problemas específicos para los diversos sectores de la sociedad.
21. **Fuga de capital:** se refiere a las ganancias que tienen las empresas trasnacionales que no reinvierten en México. Para este factor se parte del hecho de que las industrias trasnacionales obtienen ganancias por estar establecidas en México y que no todo lo que ganan lo reinvierten localmente.
22. **Generación de empresas:** se refiere a la posibilidad de que a partir de una adecuada conectividad intergubernamental, con bancos, sectores industriales y la academia se generen empresas que tengan tecnología propia. Esto es, que haya una adecuada coordinación de programas de incentivos que permitan reunir fortalezas de la academia, la propia industria, el sector financiero y el

gobierno. Se estima que esta actividad corresponde primordialmente a las instancias gubernamentales.

23. **Impacto académico:** se refiere al nivel de impacto que tengan las revistas en las que se publiquen los resultados del conocimiento científico que generen los proyectos de investigación aplicada. De esta manera, en este factor se considera si la publicación de resultados se hace en revistas catalogadas en el sistema ISI o en algún otro que permitan aquilatar el valor académico de lo que se esté publicando.
24. **Impacto doctorado:** se refiere a la relación que se establezca entre la generación de conocimiento científico y la formación de recursos humanos a nivel doctorado.
25. **Impacto gran nacional:** se refiere al grado de aceptación que tengan los egresados de licenciatura por haber participado en proyectos de investigación aplicada en la gran industria nacional.
26. **Impacto gran trasnacional:** se refiere al grado de aceptación que tengan los egresados de licenciatura por haber participado en proyectos de investigación aplicada en la gran industria trasnacional.
27. **Impacto maestría:** se refiere a la relación que se establezca entre la generación de conocimiento científico y la formación de recursos humanos a nivel maestría.
28. **Impacto mediana:** se refiere al grado de aceptación que tengan los egresados de licenciatura por haber participado en proyectos de investigación aplicada en la industria mediana nacional.
29. **Impacto micro y pequeña:** se refiere al grado de aceptación que tengan los egresados de licenciatura por haber participado en proyectos de investigación aplicada en la micro y pequeña industria nacional.
30. **Impacto posgrado gran nacional:** se refiere al grado de pertinencia que tenga el posgrado, tanto maestría como doctorado en la gran industria nacional.
31. **Impacto posgrado gran trasnacional:** se refiere al grado de pertinencia que tenga el posgrado, tanto maestría como doctorado en la gran industria trasnacional.

32. **Impacto posgrado mediana:** se refiere al grado de pertinencia que tenga el posgrado, tanto maestría como doctorado en la industria mediana nacional.
33. **Impacto posgrado micro y pequeña:** se refiere al grado de pertinencia que tenga el posgrado, tanto maestría como doctorado en la industria micro y pequeña nacional.
34. **Impacto social:** se refiere al grado en el que el impacto económico beneficia a la sociedad en su conjunto.
35. **Incremento de productividad por investigación gran nacional:** se refiere al incremento real de productividad que reporten las empresas de la gran industria nacional al aplicar resultados de proyectos de investigación.
36. **Incremento de productividad por investigación gran trasnacional:** se refiere al incremento real de productividad que reporten las empresas de la gran industria trasnacional al aplicar resultados de proyectos de investigación.
37. **Incremento de productividad por investigación mediana:** se refiere al incremento real de productividad que reporten la industria mediana nacional al aplicar resultados de proyectos de investigación.
38. **Incremento de productividad por investigación micro y pequeña:** se refiere al incremento real de productividad que reporten la micro y pequeña industria nacional al aplicar resultados de proyectos de investigación.
39. **Infraestructura CI:** se refiere a todos los recursos materiales con que cuentan los CI para realizar actividades de investigación.
40. **Infraestructura IES:** se refiere a todos los recursos materiales con que cuentan las IES para realizar actividades de investigación.
41. **Innovación:** se refiere al potencial que tengan nuevos productos y procesos de alto valor agregado, resultado de proyectos de investigación en la industria. Este impacto se reflejaría en el nivel de innovación de esos productos y procesos que lleguen a la industria a través del posgrado de pertinencia industrial.
42. **Inserción laboral:** se refiere a la aceptación que tienen los alumnos de licenciatura por haber participado en proyectos de investigación aplicada.

43. **Inserción laboral en CI:** se refiere a la realimentación que se da de los estudiantes de maestría y principalmente de doctorado, que una vez graduados, regresan o se quedan a trabajar en los centros de investigación.
44. **Inserción laboral en IES:** se refiere a la realimentación que se da de los estudiantes de maestría y principalmente de doctorado, que una vez graduados, regresan o se quedan a trabajar a las IES.
45. **Inserción nivel posgrado:** se refiere al grado de aportación que tienen los estudiantes de posgrado en la solución de problemas específicos de interés para la industria.
46. **Investigadores SNI:** es el valor monetario que representa el número de investigadores trabajando ya sea, en CI o en IES. Esto se tasaré por persona en el SNI asignándosele una cantidad que le dará valor agregado al centro de investigación o a la institución de educación superior.
47. **Investigadores no SNI:** como investigadores que no pertenecen al SNI, se le asigna un valor económico potencial a este tipo de investigadores, pues se supone que laboran como investigadores en un CI o en una IES, por su experiencia práctica en la industria.
48. **Maestría:** se refiere al nivel de aceptación industrial de la maestría, bajo la premisa de que los egresados de la maestría tengan aceptación y pertinencia en la industria.
49. **Negocios:** se refiere a la medida en que las publicaciones técnico-científicas contribuyen a que se generen recursos financieros en el ámbito académico para el mismo CI o IES.
50. **Otras CI:** se refiere al grado de interacción que existe entre los CI de la región.
51. **Otras IES:** se refiere al grado de interacción que existe entre las IES de la región.
52. **Reconocimiento internacional:** se refiere a la medida que tienen en el ámbito internacional los artículos que se publiquen con resultados generados por proyectos de investigación básica.

53. **Reconocimiento nacional:** se refiere a la medida que tienen en el ámbito nacional los artículos que se publiquen con resultados generados por proyectos de investigación básica.
54. **Reinversión en CI:** es la medida en que los CI reinvierten para financiar proyectos de investigación, tomando en cuenta el grado de éxito que tienen las soluciones a problemas específicos que resultaron de proyectos de investigación.
55. **Reinversión en IES:** es la medida en que las IES reinvierten para financiar proyectos de investigación, tomando en cuenta el grado de éxito que tienen las soluciones a problemas específicos que resultaron de proyectos de investigación.
56. **Reinversión privada:** es la medida en que el sector privado reinvierte para financiar proyectos de investigación, tomando en cuenta el grado de éxito que tienen las soluciones a problemas específicos que resultaron de proyectos de investigación.
57. **Reinversión pública:** es el grado en que el Gobierno incrementa el financiamiento público para las actividades de investigación, tomando en cuenta el grado de éxito que tienen las soluciones derivadas de la investigación aplicada a problemas de orden público.
58. **Utilidad social:** es el nivel de utilidad que tienen las publicaciones tanto técnicas como científicas en el ámbito social local. Esto es ¿se beneficia a persona o instituciones con la información que se publica?
59. **Valor agregado personal:** se refiere a la medida en que un egresado de licenciatura es mejor profesionalista por haber participado en proyectos de investigación aplicada.
60. **Valoración empresarial:** se refiere a la medida en que el sector empresarial aprecia a los estudiantes de nivel licenciatura que participaron en proyectos de investigación aplicada.

## 4.2 RESULTADOS DEL MODELO DE INNOVACIÓN PARA EL CRECIMIENTO SOCIOECONÓMICO DE QUERÉTARO (MODELO SIRQ)

Primeramente, se prepararon seis escenarios distintos donde se varía el valor de los factores o indicadores con la finalidad de conocer el comportamiento del modelo y las diferencias existentes en las variables de salida. Los escenarios se explican a continuación, y en el anexo 2 se enlistan los valores de cada indicador:

1. **Escenario optimista A:** este escenario se caracteriza por tener una eficiencia total, es decir, los valores de cada uno de los indicadores es 1. Asimismo, existe una conectividad interinstitucional bien definida y funcional. Este escenario sería el ideal, porque como se verá más adelante, es el que trae más beneficios a la región.
2. **Escenario optimista B:** este escenario se caracteriza por tener una eficiencia total, al igual que el escenario anterior, pero en este caso no existe conectividad interinstitucional, lo cual ocasiona que los beneficios aunque muy evidentes y satisfactorios, son mucho menores que en escenario optimista A.
3. **Escenario real:** en este escenario se busca reflejar el caso de una realidad óptima, es decir, se considera que el sistema trabaje con cada indicador en una eficiencia máxima posible, considerando las limitaciones inherentes a cada una de las instituciones y actores participantes. Sin embargo, cada actor tiene una mentalidad de cooperación mutua, se trabaja de forma colectiva, dejando a un lado los intereses individuales. Se tienen objetivos y metas específicas que impulsan el crecimiento y desarrollo de la región en conjunto.
4. **Escenario realista:** considera que los indicadores toman un valor más realista desde el punto de vista actual del sistema de ciencia y tecnología que se ha estado desarrollando en la región de Querétaro. En este escenario, se observa que mientras algunas instituciones o actores y sus interrelaciones trabajan con cierta eficiencia, otras lo hacen con un grado peligroso de ineficiencia. Lo anterior se ve reflejado en los resultado obtenidos en las variables de salida del SIRQ.

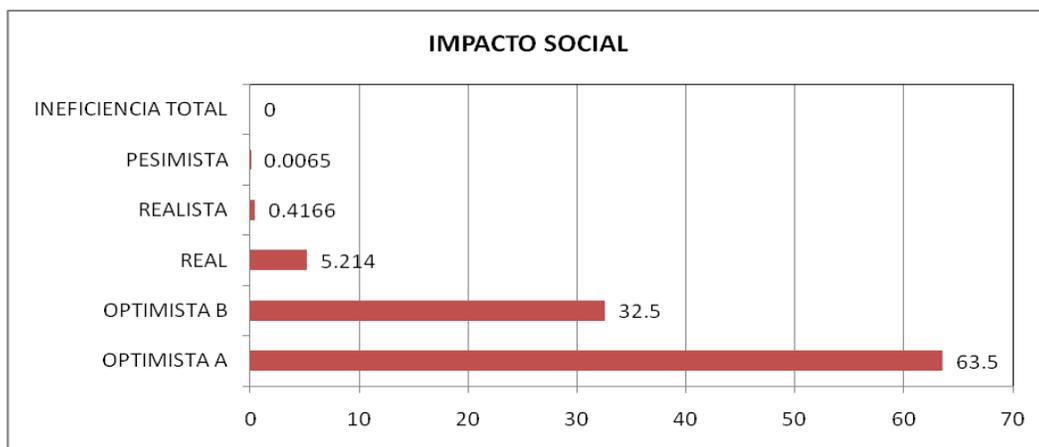
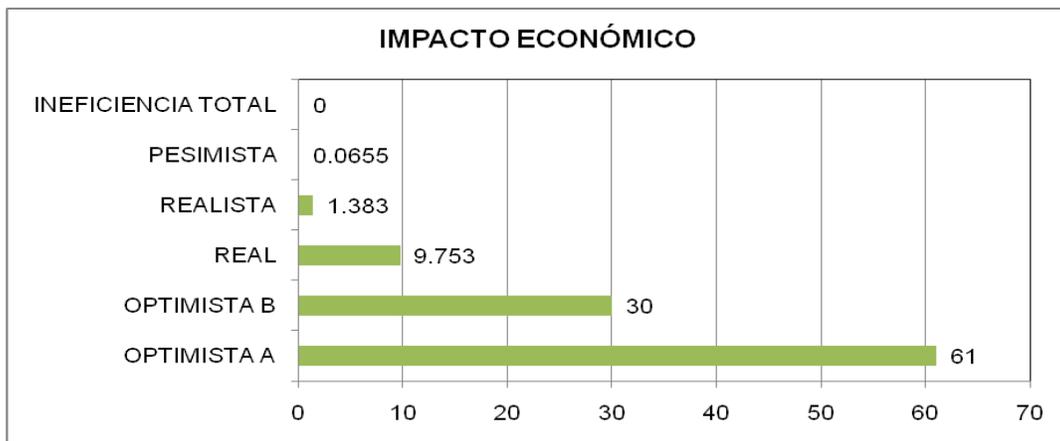
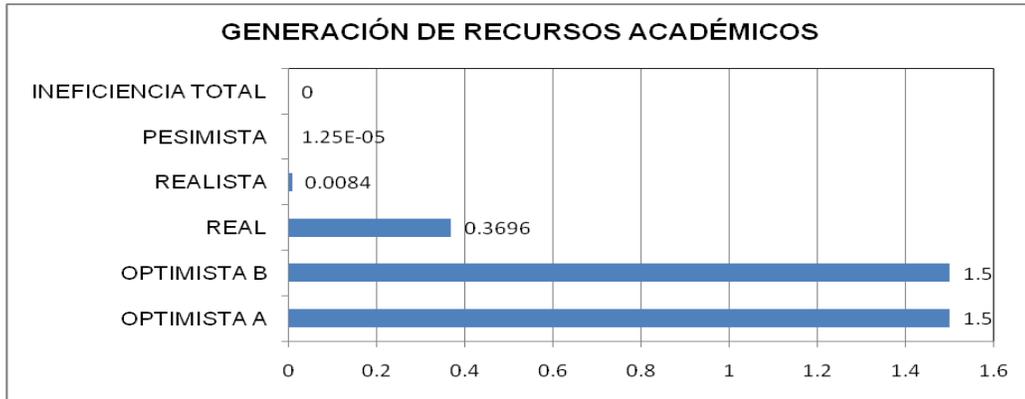
5. **Escenario pesimista:** este escenario tiene como característica la falta de objetivos y metas comunes para la región en conjunto. Lo que ocasiona que la interacción entre los diferentes actores sea, en algunos casos, prácticamente nula. Por lo tanto, se tiene ineficiencia tanto al interior como al exterior de cada actor, por la falta de coordinación y de una visión común de innovación. Este escenario es individualista y se buscan soluciones de corto plazo. Lo que perjudica el crecimiento de la región.
6. **Escenario de completa ineficiencia:** este es el peor caso, pero se aclara que se trata de un escenario supuesto, pues considera que se trabaja bajo total ineficiencia, es decir, cada indicador toma un valor de cero, lo que ocasiona que se pierda toda la inversión y no se tenga beneficio alguno.

En el cuadro 4.1 se presentan los resultados obtenidos en los seis escenarios mencionados anteriormente para una variable de acumulación y tres de las variables de salida. En cada caso, entra una unidad monetaria de financiamiento para ciencia y tecnología, la cual tiene como dimensiones pesos por año (\$/año). En la figura 1 se puede observar el comportamiento de cada variable por separado.

Cuadro 4.1 Comparación de seis escenarios para el SIRQ

ESCENARIOS	RECURSOS PARA PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN (\$/año)	GENERACIÓN DE RECURSOS ACADÉMICOS (\$/año)	IMPACTO ECONÓMICO (\$/año)	IMPACTO SOCIAL (\$/año)
OPTIMISTA A	1.000	1.500	61.00	63.50
OPTIMISTA B	1.000	1.500	30.00	32.50
REAL	0.918	0.369	9.753	5.214
REALISTA	0.312	0.008	1.383	0.417
PESIMISTA	0.100	$1.25 \times 10^{-5}$	0.066	0.007
INEFICIENCIA TOTAL	1.000	0	0	0

Figura 4.1 Resultados de las principales variables de salida del modelo SIRQ (6 escenarios)



En segundo término, se realizó un análisis de sensibilidad de algunos de los factores más representativos del modelo. Para ello se utilizó el escenario realista

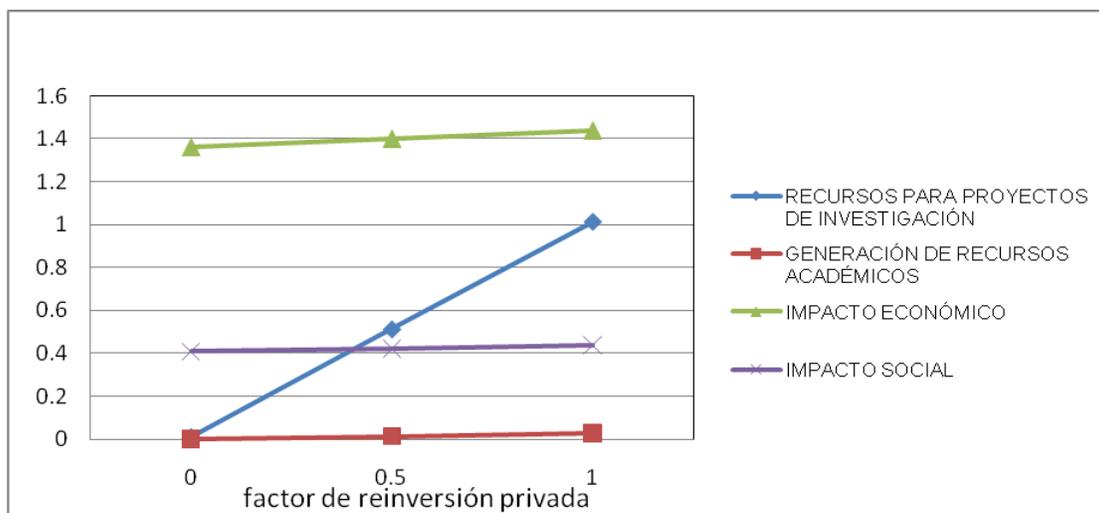
por considerarse el más adecuado. Se midieron los resultados obtenidos en las siguientes variables: recursos para proyectos de investigación, generación de recursos académicos, impacto económico e impacto social.

En el cuadro 4.2 y en la figura 4.2 se presenta la influencia que tiene el factor reinversión privada en las variables recursos para proyectos de investigación, generación de recursos académicos, impacto económico e impacto social. Se dieron valores arbitrarios para el factor reinversión privada de 0, 0.5 y de 1. Todos los demás indicadores se mantuvieron constantes.

Cuadro 4.2 Influencia del factor reinversión privada

<b>Reinversión privada</b>	<b>0</b>	<b>0.5</b>	<b>1</b>
Recursos para proyectos de investigación	0.012	0.512	1.012
Generación de recursos académicos	0.00036	0.0138	0.0273
Impacto económico	1.36	1.399	1.437
Impacto social	0.4083	0.4222	0.4361

Figura 4.2 Influencia del factor reinversión privada



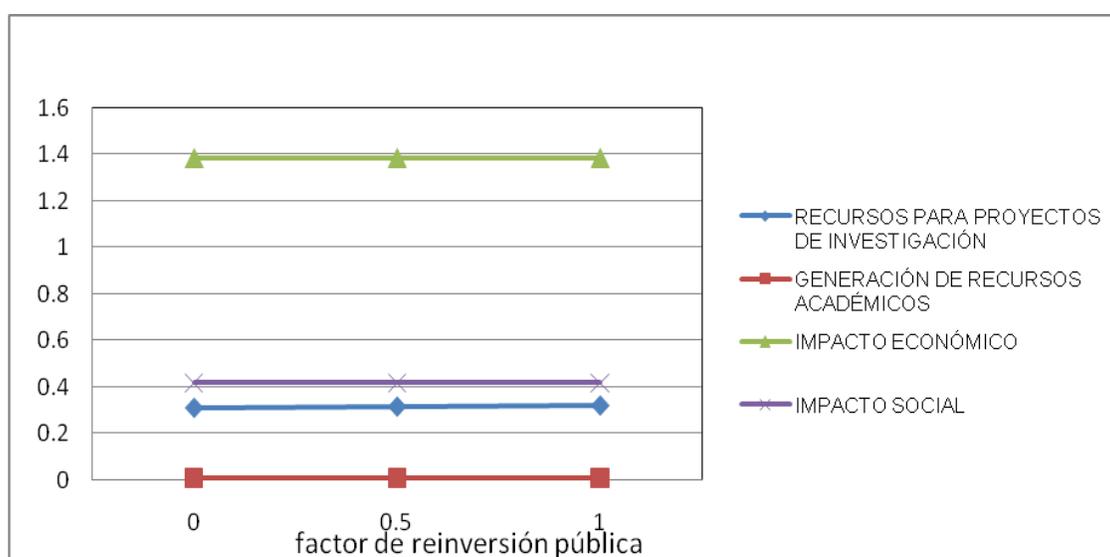
A continuación se presentan las variaciones que tienen las variables recursos para proyectos de investigación, generación de recursos académicos, impacto económico e impacto social debido al factor reinversión pública (cuadro 4.3 y figura 4.3). Al igual que en el caso anterior, se dieron valores arbitrarios de 0,

0.5 y 1 al factor reinversión pública, manteniéndose constantes todos los otros indicadores.

Cuadro 4.3 Influencia del factor reinversión pública

<b>Reinversión pública</b>	<b>0</b>	<b>0.5</b>	<b>1</b>
Recursos para proyectos de investigación	0.3092	0.3139	0.3185
Generación de recursos académicos	0.0083	0.0084	0.0086
Impacto económico	1.383	1.384	1.384
Impacto social	0.4165	0.4167	0.4167

Figura 4.3 Influencia del factor reinversión pública

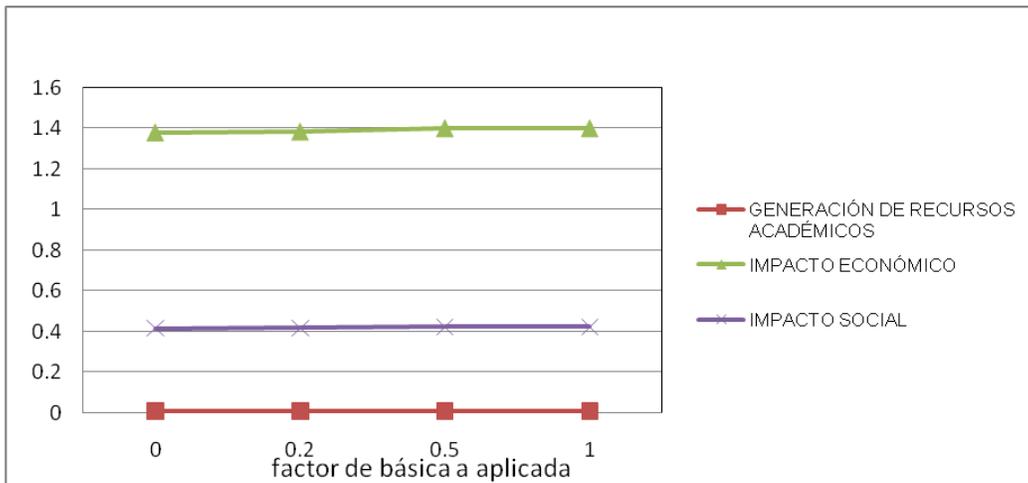


La influencia que tiene el factor de básica a aplicada sobre las variables generación de recursos académicos, impacto económico e impacto social se muestran en el cuadro 4.4 y en la figura 4.4. En este caso el indicador de básica a aplicada tomó los valores de 0, 0.2, 0.5 y 1, y los valores de los otros indicadores se mantuvieron constantes.

Cuadro 4.4 Influencia del factor básica a aplicada

<b>Factor básica a aplicada</b>	<b>0</b>	<b>0.2</b>	<b>0.5</b>	<b>1</b>
Generación de recursos académicos	0.0084	0.0084	0.0084	0.0084
Impacto económico	1.379	1.383	1.399	1.399
Impacto social	0.4152	0.4166	0.4224	0.4224

Figura 4.4 Influencia del factor básica a aplicada



En el cuadro 4.5 se observa la influencia del factor impacto doctorado y del factor doctorado sobre el impacto económico y social (Ver también figura 4.5). Para ambos casos se utilizó como valores 0, 0.2, 0.5 y 1, manteniéndose constantes los valores de los otros indicadores.

Cuadro 4.5 Influencia del factor impacto doctorado y del factor doctorado

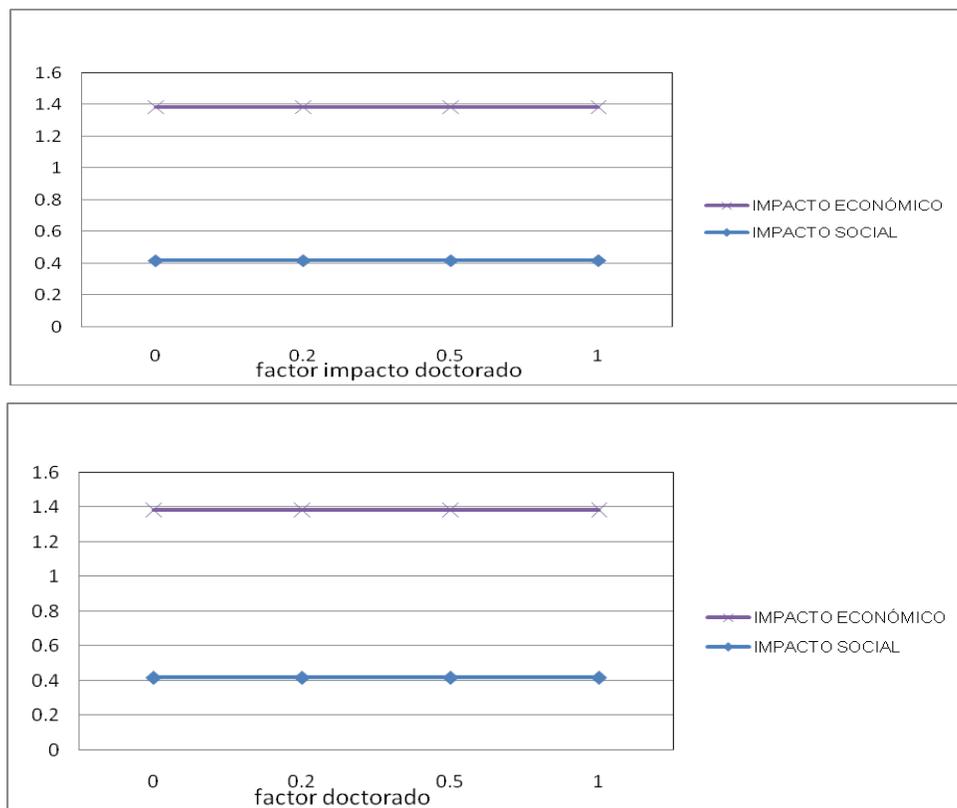
<b>Factor impacto doctorado</b>	<b>0</b>	<b>0.2</b>	<b>0.5</b>	<b>1</b>
Impacto económico	1.383	1.383	1.383	1.383
Impacto social	0.4161	0.4166	0.4165	0.4169

<b>Factor doctorado</b>	<b>0</b>	<b>0.2</b>	<b>0.5</b>	<b>1</b>
Impacto económico	1.383	1.383	1.384	1.384
Impacto social	0.4166	0.4166	0.4167	0.4167

Debido a los valores observados en la influencia de los indicadores impacto doctorado y doctorado, se realizó el mismo cálculo, pero ahora modificando a los indicadores involucrados con el posgrado: Aceptación industrial del posgrado, Doctorado, Eficiencia terminal posgrado, Impacto doctorado, Impacto maestría, Impacto posgrado gran nacional, Impacto posgrado gran trasnacional, Impacto posgrado mediana, Impacto posgrado micro y pequeña, y Maestría. Se utilizaron los siguientes valores, para cada uno: 0, los valores del escenario realista, 0.5, 0.75, 0.9, y 1. Todos los otros indicadores se mantuvieron constantes con los

valores que tienen para el caso del escenario realista. Los resultados se presentan en el cuadro 4.6 y en la figura 4.6.

Figura 4.5 Influencia del factor impacto doctorado y del factor doctorado



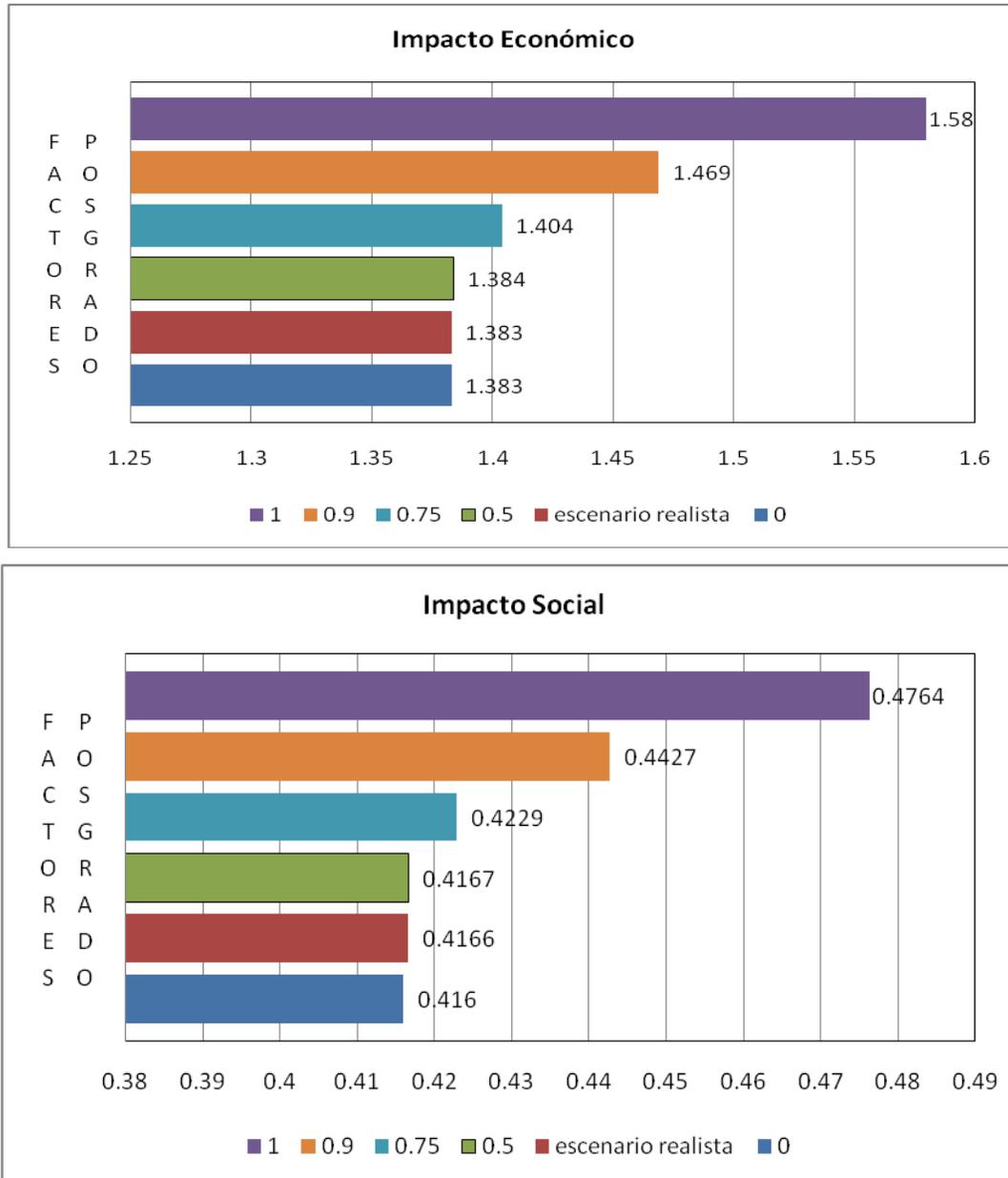
Cuadro 4.6 Influencia del factor posgrado

<b>Factores posgrado</b>	<b>0</b>	<b>escenario realista</b>	<b>0.5</b>	<b>0.75</b>	<b>0.9</b>	<b>1</b>
Impacto económico	1.383	1.383	1.384	1.404	1.469	1.58
Impacto social	0.416	0.4166	0.4167	0.4229	0.4427	0.4764

Otro factor que se considera como importante es la influencia que tiene el factor impacto social sobre la variable impacto social. Se observa que se tiene una relación positiva directa entre ambas, de tal forma que entre mayor sea el factor mayores beneficios para la sociedad, lo cual resulta muy lógico (cuadro 4.7 y figura 4.7). En este sentido, el verdadero reto es encontrar la mejor manera de incrementar este factor, de tal forma que se genere mayor crecimiento y desarrollo

sustentable considerando a todas las clases sociales. Lo anterior sería tema para futuras investigaciones.

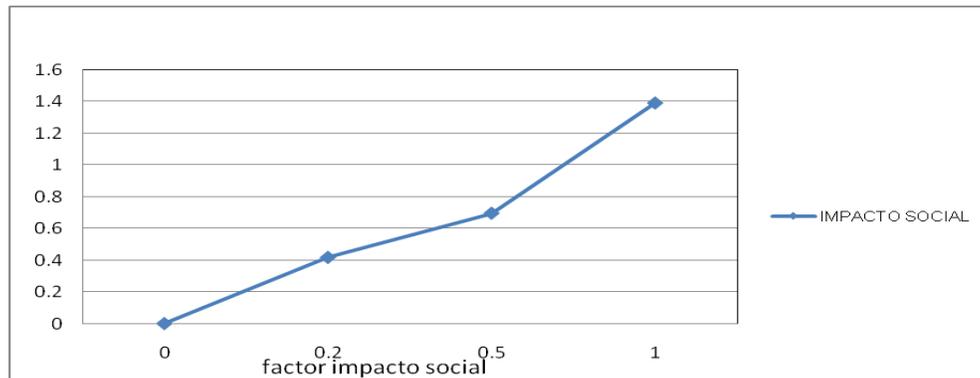
Figura 4.6 Influencia del factor posgrado



Cuadro 4.7 Influencia del factor impacto social

Factor impacto social	0	0.2	0.5	1
Impacto social	0	0.4166	0.6944	1.388

Figura 4.7 Influencia del factor impacto social



Se realizó un estudio sobre la variable generación de recursos académicos. El interés era determinar cuál de los factores involucrados en esta parte del modelo tenía mayor influencia sobre la misma. Para ello se consideraron cuatro posibilidades para cada uno de los factores: 0, 0.2, 0.5 y 1, cabe destacar que se hizo variar uno a uno, manteniendo a los demás constantes en sus valores para el escenario realista. Los resultados encontrados se muestran en el cuadro 4.8 y en la figura 4.8.

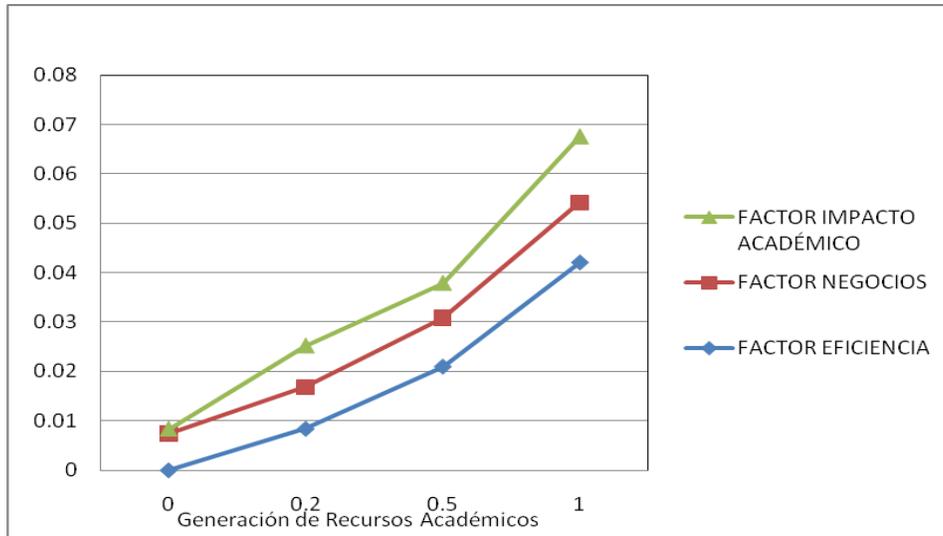
Cuadro 4.8 Sensibilidad de la variable en la generación de recursos económicos

<b>Factor eficiencia</b>	<b>0</b>	<b>0.2</b>	<b>0.5</b>	<b>1</b>
Generación de recursos académicos	0	0.0084	0.021	0.0421
<b>Factor negocios</b>	<b>0</b>	<b>0.2</b>	<b>0.5</b>	<b>1</b>
Generación de recursos académicos	0.0074	0.0084	0.0098	0.0121
<b>Factor impacto académico</b>	<b>0</b>	<b>0.2</b>	<b>0.5</b>	<b>1</b>
Generación de recursos académicos	0.000936	0.0084	0.0071	0.0134

Posteriormente se realizó un análisis para determinar la influencia en conjunto que tienen los factores académicos sobre la variable generación de recursos académicos. Los factores modificados fueron: Eficiencia, Divulgación, Utilidad social, Impacto académico, Negocios, Reconocimiento internacional, y Reconocimiento nacional. Se utilizaron los siguientes valores para cada uno: 0, 0.25, 0.3, 0.4, los valores del escenario realista, 0.5, 0.75, 0.9, y 1. Los demás

factores se mantuvieron constantes. Los resultados se presentan en el cuadro 4.9 y en la figura 4.9.

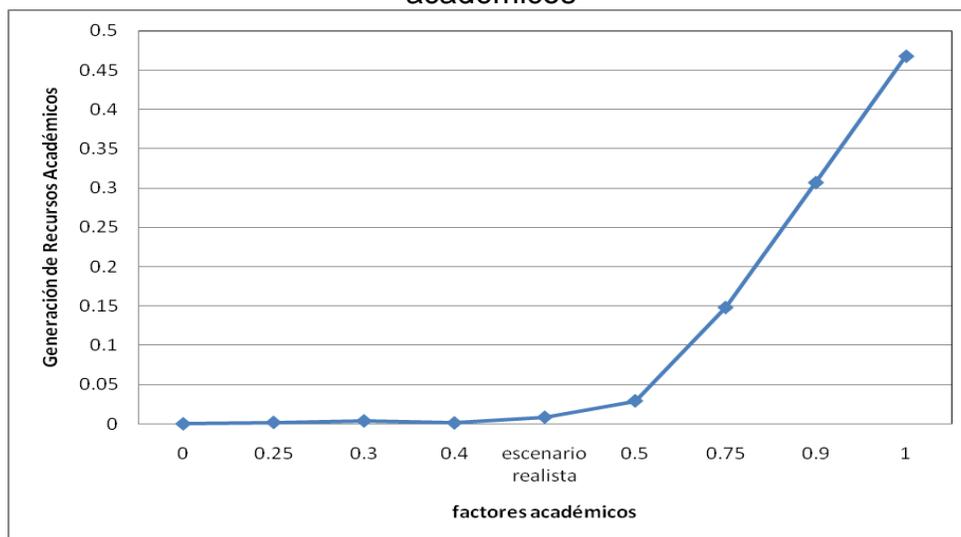
Figura 4.8 Sensibilidad de la variable en la generación de recursos económicos



Cuadro 4.9 Impacto de los factores académicos en la generación de recursos académicos

Factores académicos	0	0.25	0.3	0.4	escenario realista	0.5	0.75	0.9	1
Generación de recursos académicos	0	0.0018	0.0037	0.00119	0.0084	0.029	0.1481	0.3071	0.468

Figura 4.9 Impacto de los factores académicos en la generación de recursos académicos



Siguiendo con la evaluación del impacto de la investigación científica y tecnológica, se estudiaron los cambios ocurridos sobre el impacto económico, el impacto social y la generación de recursos académicos, para diferentes valores de los indicadores englobados de la siguiente forma (cuadro 4.10 y figura 4.10): factores IES y factores CI. Los factores IES están compuestos por los factores: Alumnos IES, Reinversión en IES, Investigadores en el SNI (IES), Investigadores no SNI (IES), Otras instituciones (IES), e Infraestructura (IES). A su vez, factores CI están formados por: Reinversión en CI, Investigadores en el SNI (CI), Investigadores no SNI (CI), Otras instituciones (CI), e Infraestructura (CI). En ambos casos se utilizaron como valores globales 0, 0.25, los valores del escenario realista, 0.5, 0.75 y 1; los otros indicadores se mantuvieron constantes.

Cuadro 4.10 Impacto de los factores globales IES, CI e IES+CI

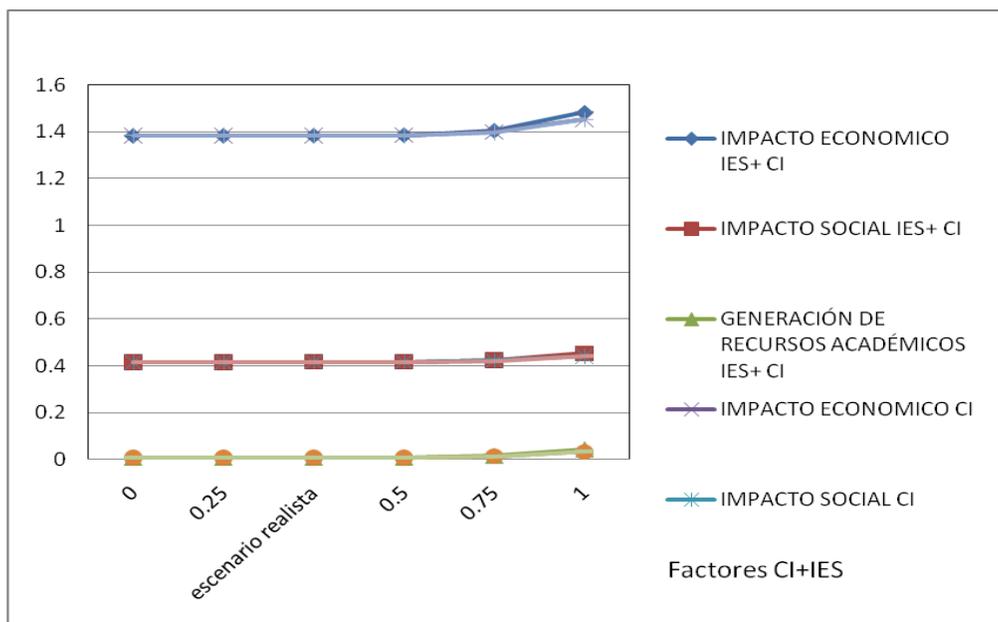
<b>Factores IES</b>	<b>0</b>	<b>0.25</b>	<b>escenario realista</b>	<b>0.5</b>	<b>0.75</b>	<b>1</b>
Impacto económico	1.38	1.383	1.383	1.384	1.395	1.451
Impacto social	0.42	0.4166	0.4166	0.417	0.421	0.4413
Generación de recursos académicos	0.01	0.0083	0.0084	0.0087	0.0126	0.0324

<b>Factores CI</b>	<b>0</b>	<b>0.25</b>	<b>escenario realista</b>	<b>0.5</b>	<b>0.75</b>	<b>1</b>
Impacto económico	1.38	1.383	1.383	1.385	1.399	1.452
Impacto social	0.42	0.4164	0.4166	0.4171	0.4223	0.4416
Generación de recursos académicos	0.01	0.0081	0.0084	0.0089	0.0139	0.0327

<b>Factores IES+CI</b>	<b>0</b>	<b>0.25</b>	<b>escenario realista</b>	<b>0.5</b>	<b>0.75</b>	<b>1</b>
Impacto económico	1.38	1.383	1.383	1.385	1.404	1.482
Impacto social	0.42	0.4163	0.4166	0.4172	0.4242	0.4524
Generación de recursos académicos	0.01	0.0081	0.0084	0.009	0.0158	0.0432

Debido a los resultados encontrados en los factores IES y factores CI globales, se realizó una combinación donde se incluyeran a ambos. En la figura 4.10 se presentan los resultados obtenidos.

Figura 4.10 Impacto de los factores globales IES, CI e IES+CI

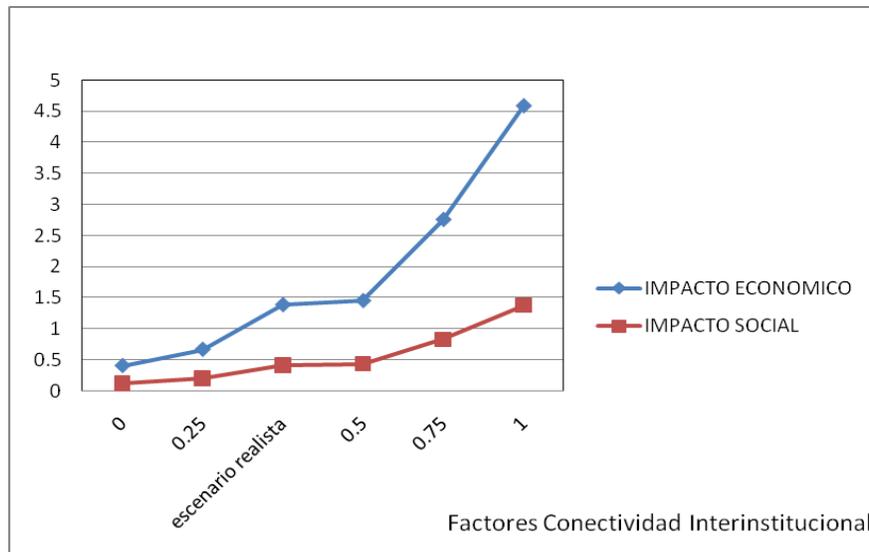


En el cuadro 4.11 y en la figura 4.11, se muestran el impacto que tiene el factor global conectividad intersecretarial sobre el impacto económico y el impacto social. Este factor global está incluido por los factores individuales: Conectividad con la gran industria nacional, Conectividad con la gran industria trasnacional, Conectividad con la mediana industria, Conectividad con la micro y pequeña industria, Aplicabilidad, Investigación Aplicada y Generación de empresas, los que toman como valores globales 0, 0.25, los valores del escenario realista, 0.5, 0.75 y 1.

Cuadro 4.11 Impacto del factor global conectividad intersecretarial

<b>Factores conectividad intersecretarial</b>	<b>0</b>	<b>0.25</b>	<b>escenario realista</b>	<b>0.5</b>	<b>0.75</b>	<b>1</b>
Impacto económico	0.4	0.6627	1.383	1.448	2.757	4.591
Impacto social	0.12	0.2003	0.4166	0.436	0.8288	1.378

Figura 4.11 Impacto del factor global conectividad intersecretarial

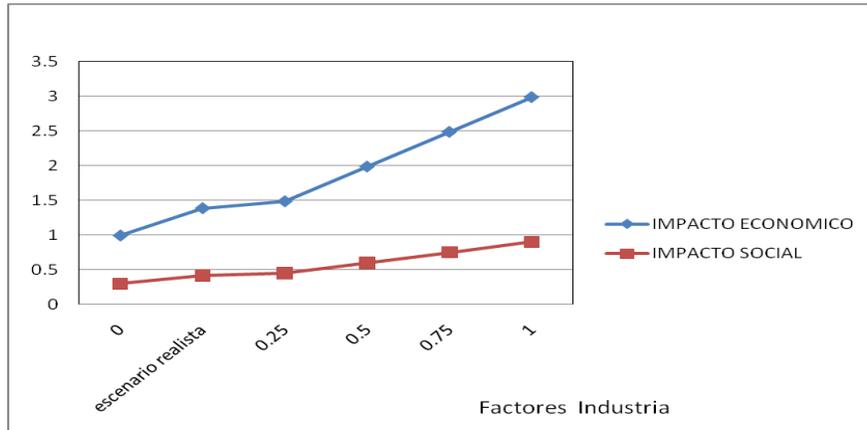


Finalmente, en el cuadro 4.12 y figura 4.12, se puede observar el efecto del factor industria, que está compuesto por: Incremento de productividad por investigación gran nacional, Incremento de productividad por investigación gran trasnacional, Incremento de productividad por investigación mediana, Incremento de productividad por investigación micro y pequeña, Impacto gran nacional, Impacto gran trasnacional, Impacto mediana, e Impacto micro y pequeña, los que toman como valores globales 0, 0.25, los valores del escenario realista, 0.5, 0.75 y 1. En este caso se estudia el efecto de dos variables: impacto económico e impacto social. La generación de recursos académicos no fue considerada porque no se ve afectada por el factor global industria.

Cuadro 4.12 Impacto del factor global industria

Factores industria	0	escenario realista	0.25	0.5	0.75	1
Impacto económico	0.99	1.383	1.483	1.984	2.485	2.987
Impacto social	0.3	0.4166	0.4464	0.5967	0.7472	0.8977

Figura 4.12 Impacto del factor global industria



### 4.3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En esta sección se presenta una discusión sobre los principales resultados encontrados en el modelo SIRQ.

1. Al realizar la comparación de los seis escenarios propuestos en la sección 4.2, se observa lo siguiente (cuadro 4.1 y figura 4.1):
  - a. Por mucho el escenario optimista A resultaría ser el óptimo pues por cada 1 \$/año invertido en investigación científica y tecnológica, se tiene como beneficio económico 61 \$/año y como beneficio social 63.5 \$/año.
  - b. La única diferencia entre el escenario optimista A y B, es que en el A se tiene una interconectividad interinstitucional que trabaja con eficiencia. Tal y como se observa, la existencia de instituciones organizadas con objetivos y metas comunes, trae como consecuencia una duplicación de los beneficios obtenidos, tal y como se señala en el cuadro 4.1, el escenario A tiene de impacto económico 61 \$/año y de impacto social 63.5 \$/año, frente al escenario B que tiene 30 \$/año y 32.5 \$/año, respectivamente.
  - c. Ambos escenarios optimista A y B generan recursos académicos por 1.5 \$/año por cada 1 \$/año invertido en ciencia y tecnología, el

resultado es el mismo para ambos casos. Aunque podría esperarse que el resultado fuera el doble para el escenario A. Esto no sucede debido a que la interconectividad de la región se enfocaría más en la solución de problemas específicos, los que muchas veces no tienen demanda académica fuera de la región, y por otra parte, se buscaría crear nuevo conocimiento de productos y procesos, que tendrían más un interés económico que académico, por lo cual se buscaría la patente o el secreto industrial, lo que por la constitución del modelo SIRQ presentado en este trabajo, no se hace evidente en la parte académica del mismo.

- d. Tanto el escenario optimista A como el B, son escenarios ideales a los que difícilmente se tendrá acceso de forma inmediata.
- e. De acuerdo a las consideraciones realizadas, el objetivo a fijarse es el modelo real, el cual podría llegar a alcanzarse bajo ciertas situaciones y compromisos por parte de los actores del SIRQ.
- f. En el escenario real, aunque se invierte 1 \$/año, éste tiene un rendimiento de 0.918 \$/año, lo cual da por resultado 0.369 \$/año en generación de recursos académicos, 9.753 \$/año en impacto económico y 5.214 \$/año en impacto social, lo que comparado con los escenarios A y B es pobre, sin embargo, es plausible y factible, observándose buenos beneficios para la región.
- g. Se puede considerar que el escenario realista es el que vive la región de Querétaro actualmente, donde por cada 1 \$/año invertido, se tiene 0.008 \$/año en generación de recursos académicos, 1.383 \$/año en impacto económico y 0.417 \$/año en impacto social, lo que se ve reflejado en la región: academia activa, pero económicamente improductiva, economía industrial activa desvinculada de la academia y escaso impacto social. Lo anterior, refleja el concepto de que bajo las condiciones actuales de funcionamiento del SIRQ, la investigación a nivel posgrado, es un “lujo académico”. Al observar la figura 4.1, es más que evidente que bien valdría la pena que cada actor e institución

involucrada en la región de Querétaro, realizaran el esfuerzo de trabajar con mayor eficiencia, cada uno haciendo la parte que le corresponde, porque los frutos obtenidos pueden llegar a ser muy sustanciosos para todos.

2. El factor reinversión privada, aunque si tiene influencia positiva en las variables recursos para proyectos de investigación, generación de recursos académicos, impacto económico e impacto social, por sí mismo, no genera un cambio abrupto, sino una mejoría más bien disimulada.
3. La influencia del factor reinversión pública es la misma, independientemente del valor que éste tome. Esto significa que si todo lo demás se mantiene constante, la inversión pública que hace el gobierno en ciencia y tecnología, tiene prácticamente los mismos resultados sin importar la cantidad monetaria usada. Lo cual coincide con la idea, que da origen a este trabajo, el modelo SIRQ espera que el gobierno sirva como organismo rector, más que como organismo de financiamiento para las actividades científicas y tecnológicas.
4. Contrariamente a lo que se esperaba, se observa una influencia nula del factor básica a aplicada. Lo anterior se explica por el hecho de que, aunque se esté creando conocimiento y soluciones, si no existen instituciones que lo tomen y lo usen, el conocimiento se queda guardado dentro de la academia. Por otra parte, también tiene que ver con el hecho de que la academia podría estar desarrollando conocimiento que el mercado de la región no requiere, ya sea porque el nivel de ambas partes es diferente o por falta de comunicación o confianza entre los actores.
5. Por sí solos, los posgrados de la región con programas de doctorado no tienen mayor influencia sobre los impactos económicos y sociales de la región de Querétaro.
6. Se creó un factor compuesto posgrado que incluye a los siguientes indicadores: Aceptación industrial del posgrado, Doctorado, Eficiencia terminal posgrado, Impacto doctorado, Impacto maestría, Impacto posgrado gran nacional, Impacto posgrado gran trasnacional, Impacto posgrado mediana, Impacto posgrado micro y pequeña, y Maestría. Este indicador compuesto,

puede tener una mayor influencia en la región, tal y como se observa en el cuadro 4.6. En conjunto, se puede decir que en la actualidad, el sistema académico referente a los distintos posgrados, en promedio trabajan con una eficiencia menor a 0.5, es decir, se observa una falta de compromiso para con la región en la que están ubicados.

7. Se tiene una relación positiva directa entre el factor impacto social y la variable impacto social, de tal manera que entre mayor sea el factor mayores beneficios para la sociedad, lo que resulta muy lógico (figura 4.7). En este sentido, el verdadero reto es encontrar la manera de incrementar este factor, de tal forma que genera mayor crecimiento y desarrollo sustentable y considerando a todas las clases sociales. Lo anterior sería tema para otra investigación. Aquí se presentó el factor impacto social de forma global, sin lugar a dudas será necesario desglosarlo en sus diferentes componentes.
8. La variable generación de recursos académicos se ve influida por un conjunto de factores, y de acuerdo a los resultados encontrados, aunque todos los factores involucrados son de importancia, en aras de tener mayores beneficios, se debe comenzar por mejorar la eficiencia con la que los recursos son usados (factor eficiencia), mientras esto no suceda, no importa qué tan bueno sea el trabajo de los otros factores, los resultados obtenidos siempre serán pobres.
9. El indicador compuesto académicos está integrado por los siguientes factores: Eficiencia, Divulgación, Utilidad social, Impacto académico, Negocios, Reconocimiento internacional, y Reconocimiento nacional. Se observa que al mejorar todos los factores en conjunto se pueden tener resultados cada vez más satisfactorios, sobre todo trabajando con una eficiencia promedio mayor a 0.5 (ver figura 4.9). Bajo las condiciones actuales, se está trabajando con una eficiencia global entre 0.4 y 0.5, lo cual, resulta insatisfactorio.
10. Con la finalidad de que el dinero invertido en IES y CI tenga mayor rendimiento, es importante que, las actividades de investigación realizadas por cada institución académica tengan no sólo objetivos académicos, sino también objetivos económicos. Lo anterior no quiere decir que sólo se busque

lo que el mercado solicita, sino más bien que el dinero sea utilizado con eficiencia en tiempo y forma, y que no se pierda por burocracias internas. Se observa que el conjunto de las instituciones académicas, utiliza sus recursos con una eficiencia global menor a 0.5.

11. El factor global conectividad intersecretarial está incluido por los factores individuales: Conectividad con la gran industria nacional, Conectividad con la gran industria trasnacional, Conectividad con la mediana industria, Conectividad con la micro y pequeña industria, Aplicabilidad, Investigación Aplicada, y Generación de empresas.

Tal y como se menciona en el punto 1, la existencia de una interconexión institucional es muy benéfica para el modelo SIRQ, pues este factor global es uno de los que más influencia positiva tiene sobre el impacto económico y sobre el impacto social (ver figura 4.11). En gran medida el impacto de cada uno de los factores individuales del factor global conectividad interinstitucional, será un resultado directo de la eficiencia de los factores que los anteceden para cada actor o institución.

12. En el factor global industria, no se considera que exista una conectividad interinstitucional, y a pesar de que se encontró que este factor trabaja con una eficiencia global inferior a 0.25, se observan resultados sobre el impacto económico y social, como es lógico esperar.

Se puede observar, que si las empresas realizaran mayor investigación, ya sea dentro de ellas mismas o en conjunto con la academia, los beneficios obtenidos pueden llegar casi a triplicarse. Y se esperaría que bajo un modelo de conectividad interinstitucional, el beneficio fuera seis veces mayor.

## **CAPITULO V.**

### **NOTAS FINALES**

La innovación y el conocimiento científico y tecnológico como generadores de progreso no es algo nuevo para la sociedad, sin su uso no hubiera sido posible alcanzar el estado socioeconómico actual. Sin embargo, la supervivencia del sector productivo no puede continuar basándose en las ventajas comparativas que en el pasado la dotaron de fuerza. Es necesario pasar de la ventaja comparativa a la ventaja competitiva, en donde se busque la calidad en la innovación científica y tecnológica. Se debe buscar integrar la oferta y la demanda de conocimientos alentado por estrategias que van desde la transformación de su marco legal y la creación de diversos mecanismos financieros descentralizados, hasta la explotación de nuevos enfoques para la vinculación entre el sector productivo y las instituciones de investigación científica y tecnológica mediante formas avanzadas de cooperación.

La identificación de la situación científica y tecnológica es de suma importancia con la finalidad de dar dirección e impulso a las actividades científicas y tecnológicas, y a una mayor interacción entre las instituciones de nivel superior, la industria, el gobierno, la sociedad y el sector financiero. Esta condición lleva a la búsqueda de nuevos incentivos para poder lograr una mayor transferencia científica, tecnológica y de cultura organizacional. Es necesario perfeccionar el sistema de ciencia y tecnología, en la región de Querétaro, orientándolo hacia la necesidad de lograr una innovación tecnológica, capaz de corregir las deficiencias presentes y la generación de impactos económicos, sociales y medioambientales, para contribuir al desarrollo competitivo del Estado.

Con la finalidad de crear un Sistema de Innovación en Querétaro se requieren estructuras de interfaz que realicen las presentaciones entre los diferentes actores, que negocien los contratos, que faciliten la interacción, que organicen y establezcan reglas claras de negociación y que balanceen los

beneficios para cada una de las partes. Los integrantes de estas interfaces, deben ser representante de cada uno de los actores del modelo SIRQ, para garantizar una correcta interacción y equilibrio en la relación. Estas estructuras, además de coordinar y sincronizar las actividades con objetivos comunes, deberán garantizar la autonomía de los integrantes del modelo.

El crecimiento económico de las regiones, está asociado a la dinámica de la estructura productiva y de su entorno interinstitucional. Si bien esa estructura es el resultado de su propia evolución histórica, existen grados de libertad para favorecer un proceso de cambio en el perfil de especialización que promueva la difusión de conocimientos y tecnologías entre agentes. Por ello, modelos similares al SIRQ gozan de una amplia aceptación y están siendo aplicados en varias situaciones alrededor del mundo donde se requiera transferencia de conocimiento y aplicaciones en innovación.

Bajo las consideraciones realizadas para el desarrollo del SIRQ, se puede decir que la micro, pequeñas y mediana industria puede jugar un papel importante, por su gran potencialidad como agentes de cambio, siempre que cuenten con un marco institucional propicio que contemple políticas públicas de apoyo y fomente las asociaciones estratégicas. Pero, para que exista la difusión de conocimientos, se debe contar con un fuerte desarrollo científico y tecnológico que desarrolle interfaces de articulación y transferencia.

En este mismo sentido, la gran industria nacional y la trasnacional deben reconocer su talento humano y diseñar nuevas formas de desarrollo del mismo sin reducirlo a recurso desechable. Esta concepción implica un respeto por la dignidad humana y el desarrollo de nuevos mecanismos de creación de capacidades de los empleados, así como nuevas formas de medición del capital intelectual. Debe disponer de recursos y personal para llevar a cabo una relación estrecha con el mundo académico, respetando sus tiempos y estilo.

El sector académico, debe transformarse ampliando su misión hacia el desarrollo económico y la investigación pertinente con la realidad social, destinando recursos y personal para llevar a cabo su función de extensión exitosa, sin olvidar sus anteriores misiones, su autonomía y criterios históricos, teniendo claridad que el mundo académico no puede ni debe ser nunca una empresa, y no debe regirse por las reglas del mercado. Se recomienda que las iniciativas locales de formación y capacitación de los recursos humanos, deben buscar la polivalencia no sólo con la ampliación de nuevas especialidades profesionales o el dominio de campos fundamentales del conocimiento científico y técnico, sino también con el desarrollo de las capacidades de empresa y de gestión que incluyan la evaluación económica, técnica, medioambiental y organizativa de cualquier emprendimiento productivo. De esta manera, junto al dominio de campos tecnológicos, se debe intentar estimular y reforzar las habilidades para la transformación productiva y empresarial.

Finalmente, el gobierno debe asumir un rol diferente al de proveedor y controlador para ser un facilitador y un impulsor de las interrelaciones con objetivos conjuntos, garantizando mediante políticas e infraestructura, que los desarrollos y beneficios no solo sean destinados a desarrollos tecnológicos y beneficios económicos para el sector empresarial sino al desarrollo sostenible de la sociedad y hacia la distribución equitativa de la riqueza. Se requiere un mayor involucramiento de las instituciones gubernamentales, no sólo en los resultados, sino también de las aportaciones en equipamiento e investigación aplicada que se vea reflejada en una mayor competitividad, desarrollo, creación de nuevos empleos y por ende una mejor calidad de vida, sino también, y por encima de todo, de su constante injerencia como arquitecto evaluador, primero de la pertinencia y adecuación situacional de los programas educativos, y segundo de la conformación de un plan integral a largo plazo por objetivos, donde se sienten las bases de participación en la asignación de recursos como función de las demandas reales sociales.

El modelo SIRQ no busca homogeneizar, sino organizar la heterogeneidad, permitiendo autonomía relativa entre sus niveles. Por el contrario, es un proceso de planeación en el que se analizan la capacidad científica y tecnológica y los sistemas productivos, así como la articulación sistemática entre los agentes. El modelo insiste en la importancia que tienen la política científica y tecnológica y la relación Ciencia-Sociedad, para garantizar que la sociedad obtenga las ganancias lo más amplias posibles de los recursos que invierte en las actividades de ciencia y tecnología. Así como es esencial el esfuerzo en la producción del conocimiento, es igualmente crucial la diseminación y utilización del mismo en beneficio de la sociedad.

Quedan pendientes para investigaciones futuras la corroboración de los valores reales actuales de cada uno de los factores propuestos en el modelo. Por otra parte, bien valdría la pena tomar cada actor del modelo y realizar un análisis exhaustivo de cada uno y desarrollar un modelo individual que muestre más a fondo las variables interrelacionadas tanto hacia adentro como hacia afuera del sistema, de tal forma que salgan a la luz otros actores e instituciones que también forman parte del Sistema de Innovación de Querétaro.

## LITERATURA CITADA

- Alänge, S., Ardila, A., Lozano, A., Muñoz, G. 2001. El Sistema de Innovación en Querétaro. CONCYTEQ. Reporte 1. Diciembre. 20 p.
- Aghion, P., Harris, C., Howitt, P., Vickers, J. 2000. Competition, Imitation and Growth with Step-by Step Innovation. *Review of Economic Studies*. 68, 3. pp. 467-492.
- Allen Consulting Group. 2003. A Wealth of Knowledge: The Return on Investment from ARC-funded Research. Report from the Australian research Council. Canberra. pp. 110.
- ANUIES. 2008. Anuario Estadístico 2005-2008. Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior.
- Benner, M. and Sandström, U. 2000. Inertia and Change in Scandinavian public-sector research system: the case of biotechnology. *Science and Public Policy*. Volume 27, December. pp 443-454.
- Braczyk, H-J, P. Cooke & M. Heidenreich (eds.) 1998. Regional innovation systems: the role of governance in a globalized world. London and Pennsylvania: UCL.
- Breschi, S. & F. Malerba 1997. Sectoral innovation systems: technological regimes, Schumpeterian dynamics, and spatial boundaries. In Edquist, C. (ed.) 1997 *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*. London and Washington: Pinter/Cassell Academic.
- Brynjolfsson, E., Hitt, L., Yang, S. 2002. Intangible Assets: Computers and Organizational Capital. *Brookings Papers on Economic Activity*. Macroeconomics 1. pp. 137-199.
- Buijs, J. 2003. *Modelling Product Innovation Processes, from Linear Logic to Circular Chaos*. Blackwell Publishing. *Creativity and Innovation Management*. June. Volume 12. Number 12. pp. 76-93.
- Bureau of Economic Analysis and National Science Foundation. 2007. *Research and Development Satellite Account*. September.
- Caballero, R. and Jaffe, A. 1993. How High are the Giant's Shoulders: An Empirical assessment of Knowledge Spillovers and Creative Destruction in a Model of Economic Growth. *NBER Macroeconomics Annual*, pp. 15-73.
- Callon, M. 1987. Society in the making: The study of technology as a tool for sociological analysis. En W. Bijker, T. Hughes and T. Pinch (eds.). *The Social Construction of Technological Systems*, p 83-103. London: MIT Press.
- Carlsson, B. (ed.) 1995. *Technological systems and economic performance: the case of factory automation*. Dordrecht: Kluwer.

- Caulil, G. F., Mometers, C., van den Beemt, F. 1996. Quantifying the utilization of research: The difficulties and two models to evaluate the utilization of research results. *Scientometrics*. Volume 37, Number 3, pp. 433-444.
- Coe, D., Helpman, E. 1995. *International R&D Spillovers*. Elsevier. *European Economic Review* 39, pp. 859-887.
- Cooke, P., Gomez Uranga, M. and Etxebarria, G. 1997. Regional systems of Innovation: Institutional and Organisational Dimensions, *Research Policy*, 26, 1997: 475 – 491.
- CONACYT. 2006. Estado del Arte de los Sistema Estatales de Ciencia y Tecnología. Dirección Adjunta de Desarrollo Regional y Sectorial Dirección de Desarrollo Estatal. p. 19.
- CONACYT. 2007. Estado del Arte de los Sistemas Estatales de Ciencia y Tecnología. Querétaro. Dirección Adjunta de Desarrollo Regional y Sectorial. Dirección de Desarrollo Estatal.
- CONACYT. 2008. La actividad del CONACYT por Entidad Federativa. Dirección de Desarrollo Estatal.
- CONACYT. 2008. Informe General del Estado de la Ciencia y la Tecnología, IGECYT. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- CONCYTEQ. 2001. Vinculación, algunos aspectos que ilustran la problemática para establecer la relación Academia-Industria. Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro, Diciembre.
- CONCYTEQ. 2008. Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología: Horizonte a 25 años. Nthe. Publicación del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro. Boletín No. 25, tercera época.
- Cozzens, S. 1996. Quality of Life from Basic Research. En: Smith, B. and Barfield, C. (eds.), *Technology, R&D, and the Economy*, The Brookings Institution and the American Enterprise Institute, Washington, DC, pp. 184-205.
- Denison, E.F. 1962. *The Sources of Economic Growth in the United States and the alternatives Before US*. Committee for Economic Development. Paper No. 13. New York.
- Desai, A. 2006. A Framework for Technology Transfer. PICMET 2006 Proceedings, 1781- 1788.
- Diener, E. 1995. A Value Based Index for Measuring National Quality of Life. *Social Indicators Research*. No. 36. pp. 107-127
- Jacobsson, S. 2002. *Universities and Industrial Transformation: an interpretative and selective literature study with special emphasis on Sweden*. SPRU Science and Technology Policy Research. University of Sussex. Electronic Working Paper Series. Paper No. 81. June. 48 p.
- Diener, E. 2000. Subjective well-being: The science of happiness, and a proposal for national index. *American Psychologist*, 55, 34-43.

- Edquist, C. (ed.) 1997 *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*, London: Pinter/Cassell
- Edquist, C. 2001 *a Systems of Innovation for Development (SID)*. Background paper for the UNIDO World Industrial Development Report (WIDR), written for Investment Promotion and Institutional Capacity-building division, Industrial Policies and Research Branch, United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), January 2001.
- Edquist, C. and McKelvey, M. (Eds.) 2000 *Systems of Innovation: Growth, Competitiveness and Employment*. An Elgar Reference Collection (two volumes), Cheltenham: Edward Elgar.
- Espinosa, G., Wiggins, S. 2003. Beneficios económicos potenciales de la tecnología bovina de doble propósito en México. *Técnica pecuaria en México*. No. 41, p. 19-36.
- Espinosa, J., Reyes, L., Bustos, D., Tapia, A., Loredó, C., Lara, E. 2005. Sistema de investigación regional Miguel Hidalgo. INIFAP. Libro técnico No.1. 1ª ed. pp. 19-37.
- Estes, R. 1997. Social Development Trends in Europe. *Social Indicators Research*. No. 42, pp. 1-19.
- Etzkowitz, H., Leydesdorff, L. 2000. "The dynamics of innovation: from National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of University-Industry-Government relation". *Research Policy* 29, 109-123
- Fisher, J.C., Pry, R.H. 1971. A Simple Substitution Model of Technological Change. *Technological Forecasting and Social Change*. 3 (1), 75-88.
- Forester, J. 1961. *Industrial Dynamics*. MIT Press. Cambridge, MA.
- Fraumeni, B., Okubo, S. 2005. R&D in the National Income and Product Accounts: A First Look at its Effect on GNP, pp. 275-316. En: Corrado, C., Haltiwanger, J., Sichel, D. (Eds.), *Measuring Capital in the New Economy*, National Bureau of Economic Research, University of Chicago Press, Chicago.
- Freeman, C. 1988. Japan: A new national innovation system', in G. Dosi, C. Freeman, R. R. Nelson, G. Silverberg and L. Soete (eds.) *Technology and Economy Theory*, London: Printer.
- Freeman, C. 1995. The National System of Innovation in Historical Perspective. *Cambridge Journal of Economics*
- Garrett-Jones, S. 2000. International trends in evaluating university Research Outcomes: What Lessons for Australia? *Research Evaluation*. Volume 8, No. 2, pp. 115-124.
- Gault, F. 2007. Science, Technology and Innovation Indicators in the OECD: Next Steps. VII Congreso Iberoamericano de Indicadores de Ciencia y Tecnología. Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT). Iberoamericana e Interamericana. Sao Paulo, Brasil, 23 al 25 de mayo. <http://www.ricyt.org> [7 de junio del 2009].

- Geisler, E. 2004. Measuring the impacts from public sector science and technology: New Methods. Presentation to the “Workshop on measuring the impacts of science”, Montreal, Canada, June 16-18.
- Geuna, A. 2001. The Changing Rationale for European University Research Funding: Are there Negative Unintended Consequences? *Journal of Economic Issues*. XXXV (3), September. pp 607-632.
- Gibbons, M., Johnston, R. 1974. The Roles of Science in Technological Innovation. *Research Policy*. Volume 3, pp. 220-242.
- Godin, B. 2005a. La science sous observation: cent ans de mesures sur les scientifiques 1906-2006. Presses de l’Université Laval. Québec, Canada. 96 pp.
- Godin, B. 2005B. Measurement of Science and Technology: 1920 to the Present. Routledge. London and New York. 360 pp.
- Godin, B., Doré, C. 2006. Measuring the Impacts of Science: Beyond the Economic Dimension. Quebec Department of Research, Science and Technology. Working Paper. 44 p.
- Griliches, Z. 1979. Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth, *Bell Journal of Economics*, The RAND Corporation, vol. 10(1), pp. 92-116
- Guellec, D., Van Pottelsberghe de la Potterie, B. 2001. R&D Productivity Growth, Panel Data analysis of 16 OECD Countries. OECD Science, Technology and Industry Working Papers. 2001/3. OECD Publishing. 25 p.
- Hanney, S., Davies, A., Buxton, M. 1999. Assessing benefits from Health research Projects: Can us Use Questionnaire Instead of Case Studies. *Research Evaluation*. Volume, 8, No. 3. pp. 189-199.
- Hardi, P., Zdan, T. 1997. Assessing Sustainable Development: Principles in Practice. International Institute for Sustainable Development. p. 175.
- Herrera, A.O. 1971. Ciencia y Política en América Latina: México. Siglo XXI. México, D.F.
- Horstkotte-Wessler, G., Maredia, M., Byerlee, D. and Alex, G. 2000. Ex ante Economic Analysis In Agricultural Knowledge & Information Systems Projects. Good Practice Note. The World Bank. Washington, DC.
- INEGI. 2005. II Censo de Población y Vivienda.
- INEGI. 2006. Sistema de Cuentas Nacionales de México. Producto Interno Bruto por Entidad Federativa 2001-2006
- ISI. 2008. Journal Citation Report. Institute for Scientific Information.
- Jorgenson, D.W. Griliches, Z. 1967. The Explanation of Productivity Change. *Review of Economic Studies*. Volume 34, No. 3, pp. 249-283.

- Khan, M., Luintel, K. 2006. Sources of knowledge and productivity: How robust is the relationship? Science, Technology and Industry Working Papers 2006/6. OECD Publishing. pp. 33.
- Kline, S. and Rosenberg, N. 1986. An Overview of Innovation, En: R. Landau and N. Rosenberg (eds.), The positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth, Washington DC, National Academic Press. pp 275-305.
- Kostoff, R.N. 1994. Federal Research Impact Assessment: State of the Art. Journal of the American Society for Information Science. Volume 45, No. 6. pp. 189-205.
- Kostoff, R. 1995. The handbook of research impact assessment. Office of Naval Research. Arlington VA.
- Leydesdorff, L. 1990a. Relation among science indicators or more generally predictions on the basis of anything one might know about texts. The dynamics of science. *Scientometrics*, 19, 271-296.
- Leydesdorff, L. 1990b. The prediction of science indicators using information theory. *Scientometrics*, 19, 297-324.
- Leydesdorff, L. 1991. The static and dynamic analysis of network data using information theory. *Social Networks*, 3, 301-345.
- Ley de Ciencia y Tecnología. Cámara De Diputados Del H. Congreso De La Unión Última. Reforma DOF 12-06-2009. Capítulo VII, Artículos 39, 40, 40 Bis, 41, 41 Bis. Capítulo VIII, Artículos 42, 43, 44, 45.
- Lichtenber, F., Siegel, D. 1989. The impact of R&D Investment on Productivity, new Evidence using linked R&D-LRD data. NBER Working Paper No. 2901. National Bureau of Economic Research. pp. 38
- Lundvall, B.A. 1992. National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning. London: Printer Publishers.
- Lundvall, B.A. 1985. Product innovation and user-producer interaction, industrial development, Research Series 31, Aalborg: Aalborg University Press.
- Lundvall, B.A., Nielsen, P. 2002. Knowledge creation, learning organizations and industrial relations. Aalborg University, Draft version march 2002.
- Mansfield, E., Rapoport, J., Romeo, A. 1977. Social and Private Rates of Return from Industrial Innovations. *Quarterly Journal of Economics*. May, pp. 221-240.
- Mansfield, E. 1985. How Rapidly Does New Industrial Technology Leak Out? *Journal of Industrial Economics*, December, pp. 217-223.
- Mansfield, E. 1991. Academic Research and Industrial Innovation. *Research Policy*. Volume 20, No. 1, pp. 1-12.
- Mansfield, E. 1997. Academic Research and Industrial Innovation: An update of empirical findings. *Research Policy*. Volume 26, pp. 773-776.
- Martin, B., e Irvine, J. 1984. CERN: Past performance and future prospects I. CERN's position in world high-energy physics. *Research Policy*, 13, 183-210.

- McGrath, R., MacMillan, I. 2000. Assessing Technology Projects Using Real Options Reasoning. An options-based process offers a systematic approach to investing in highly uncertain, new technology projects. Industrial Research Institute. Research Technology Management. July-August. pp.35-49.
- Nathan, R. Associates. 1978. Net Rates of Return on Innovations. Report to the National Science Foundation. Arlington, Virginia, October.
- Nelson, R. 1983. A comparative analysis on Innovation Systems. Oxford University Press. ISBN 0195076168
- NSB. 1989. Science & engineering indicators. National Science Foundation. Washington, D.C.
- OCDE. 1963. The measurement of Science and Technological Activities. Proposed standard practice for surveys of Research and Experimental Development. Manual Frascati. OCDE. 261 pp. París. OCDE. 1997.
- OCDE. 1990. Método normalizado propuesto para la recogida e interpretación de datos de innovación tecnológica. "Manual de Oslo". OCDE. Paris.
- OCDE. 1996. Technology, Productivity and Job Creation (TEP). OECD Publisher. Analytical Report. Volume 2. Paris.
- OCDE/TEP. 1996. Technology and the Economy. 2a ed. Paris. pp. 283-311.
- OCDE. 2002. Manual: Propuesta de normas prácticas para encuestas de investigación y desarrollo experimental. Frascati, Italia.
- OCDE. 2003. The Source of Economic Growth in OECD Countries. OECD Publisher. Paris. 248 p.
- OCDE. 2007. Regions and Globalization: The New OECD Regional Paradigm. OECD Publication. October. Paris.
- OCDE. 2008. Science, Technology and Industry. Outlook 2008. OCDE Publication. Paris.
- OCDE y EUROSTAT. 2005. Manual de Oslo. 3ª edición. París
- Oszlak, O., y O'Donnell, G. (1995): Estado y políticas estatales en América Latina. En la sección Dossier de REDES: Revista de Estudios Sociales de la Ciencia, 2 (4), septiembre. Buenos Aires.
- Pavitt, K. 2001. Public Policies to support basic research: What can the rest of the world learn from the US theory and practice (And what they should not learn). Industrial and Corporate Change, 10. pp 761-779.
- Prescott-Allen, R. 2001. The Wellbeing of Nations. Island Press and International Development Research Centre.
- RICYT. 2000. Indicadores de ciencia y tecnología 1990-1996. Red Iberoamericana de indicadores de ciencia y tecnología Buenos Aires, Argentina.
- Rip, A. 1987. The challenges to science policy studies. Metascience, 5, 75-92.

- Robledo, J. Pérez, A., Aguirre, J. (2009). Metodología para la medición y evaluación de capacidades de innovación en firmas de ingreso tardío a la industria de software. Un análisis en el contexto de economías emergentes. Altec.
- Roessner, D.J. 2000. Outcome measurement in the USA: State of the Art. Research Evaluation. Volume 11, No. 2, pp. 85-93
- Rosenberg, N. 1996. Uncertainty and Technological Change. En: Landau, R., Taylor, T., Wright, G. (eds.), The Mosaic of Economic Growth. Stanford University Press, Stanford, California, pp. 334-335.
- Rosenberg, N., Nelson, R.R. 1996. The Roles of University in the Advance of Industrial Technology. En: Rosenbloom R.S., Spencer, W.J. Engines of Innovation: US Industrial Research at the End of an Era. Boston: Harvard Business School Press. Chapter 2.
- Salter, A.J., Martin, B.R. 2001. The Economic Benefits of Publicly Funded Basic Research: a Critical Review. Research Policy. Volume 30. pp. 509-532.
- SEDESU. 2006. Anuario Económico. Secretaría de Desarrollo Sustentable. Querétaro.
- Sharpe, A., Smith, J. 2005. Measuring the Impact of Research on Weel-being: A Survey of Indicators of Well-being. Centre for the Study
- Solow, R. 1956. A Contribution to the Theory of Economic Growth. The Quarterly Journal of Economics. Volume 70. No. 1. February, pp. 65- 94.
- Solow, R. 1957. Technical Change and the Aggregate Production Function. Review of Economics and Statistics. Volume 39. August. pp. 312-320.
- Sveikauskas, L. 2007. R&D and Productivity Growth: A Review of the Literature. Bureau of Labor Statistics Working Paper 408, September. pp. 55
- Tewksbury, J.G., Crandall, M.S., Crane, W.E. 1980. Measurement the Societal Benefits of Innovations. Science. August, pp. 658-662.
- Van der Meulen, B., Rip, A. 2000. Evaluation of Societal Quality of Public Sector Research in the Netherlands. Research Evaluation. Volume 8, No. 1, pp. 11-25.
- Van Raan, A. 1993. Advanced Bibliometric Methods To Assess Research Performance And Scientific Development: Basic Principles And Recent Practical Applications. Research Evaluation. 3, 151-166.
- Wellstead, P. 2002. Control and Modeling Concepts in the Innovation Process. Proceedings of American Control Conference. Volume 4, pp. 3371-3376.
- World Bank. 2008. World Development Report 2009: Reshaping Economic Geograph. World Bank Publishing. November. 383 p.

## ANEXO 1. QUERÉTARO EN CIFRAS

### Número de centros de investigación en Querétaro

año	NÚMERO DE CENTROS DE INVESTIGACIÓN	año	NÚMERO DE CENTROS DE INVESTIGACIÓN
1983	7	1998	30
1984	8	1999	36
1986	9	2000	36
1987	12	2001	36
1988	13	2002	37
1989	15	2003	37
1991	18	2004	38
1994	21	2005	37
1995	28	2006	39
1996	29	2007	40
1997	31	2009	40

Fuente: Elaborada con datos recabados por la autora

### Número de investigadores en Querétaro

año	NÚMERO DE INVESTIGADORES EN EL EDO. DE QUERÉTARO	año	NÚMERO DE INVESTIGADORES EN EL EDO. DE QUERÉTARO
1983	190	1998	872
1984	312	1999	988
1986	382	2000	1055
1987	394	2001	1112
1988	483	2002	1112
1989	596	2003	1212
1991	628	2004	1402
1993	673	2005	1415
1994	714	2006	1762
1995	813	2007	1835
1996	828	2010	1979
1997	870		

Fuente: Elaborada con datos recabados por la autora

**Número de investigadores del SNI en Querétaro  
y monto pagado**

SNI	TOTAL	MONTO
1999	155	13,778,622
2000	169	14,653,656
2001	177	18,920,664
2002	209	24,168,132
2003	224	23,199,670
2004	252	30,325,338
2005	255	34,116,176
2006	279	34,626,290
2007	279	34,626,290
2008	353	43,810,324
2009	383	47,533,582
2010	386	47,905,908
2011	422	52,373,816
<b>TOTAL</b>	<b>2352</b>	<b>272,225,162</b>

Fuente: Elaborada con datos recabados por la autora

**Becas para estudiantes de posgrado en Querétaro**

BECAS	BECAS NUEVAS	BECAS VIGENTES
1998	65	149
1999	55	166
2000	60	166
2001	45	100
2002	88	112
2003	143	192
2004	192	235
2005	188	285
2006	142	339
2007	177	340
2008	228	290
2009	241	333
2010	351	689
2011	382	707

Fuente: Elaborada con datos recabados por la autora

### Repatriaciones en monto y número

REPATRIACIONES	TOTAL	MONTO
1999	13	3,753,161
2000	15	4,342,370
2001	3	705,077
2002	1	358,041
2003	10	3,832,065
2005	9	2,676,317
2006	4	1,495,000
2007	3	888,942
2008	4	1,260,950
2009	5	1,884,687
TOTAL	62	19,311,923

Fuente: Elaborada con datos recabados por la autora

### Producción, citas e impacto

PRODUCCION,CITAS E IMPACTO DE LOS CENTROS DE INVESTIGACION CONACYT, 2003-2007			
CENTRO	ARTICULOS	CITAS	IMPACTO
CIDETEQ	82	65	0.46
CIATEQ	30	16	0.52
CIDESI	9	3	0.33

FUENTE: Institute for Scientific Information, 2008

PRODUCCION,CITAS E IMPACTO EN QUERÉTARO			
año	ARTICULOS	CITAS	IMPACTO
1998-2007	3,025	9,660	3.2
2002-2012	5,440	23,171	4.3

FUENTE: Institute for Scientific Information, 2012

### Patentes solicitadas en Querétaro

AÑO	PATENTES QUERETARO
1997	17
1998	15
1999	24
2000	19
2001	12
2002	17
2003	10
2004	22
2005	21
2006	11
2007	15
2008	20
2009	24
2010	47

Fuente: Informes de actividades del IMPI 2006, 2005 y previos.

### Inversión en ciencia y tecnología en Querétaro

AÑO	DINERO INVERTIDO EN FONDOS
1999	41,983,270
2000	33,961,228
2001	34,735,088
2002	70,090,929
2003	104,895,972
2004	100,481,289
2005	148,367,498
2006	152,311,497
2007	250,607,535
2008	348,500,000
2010	202,800,000

Fuente: Elaborada con datos recabados por la autora

**ANEXO 2. VALORES DE LOS INDICADORES PARA CADA ESCENARIO  
CONSIDERADO**

FACTOR		OPTIMISTA IDEAL	OPTIMISTA REAL	REALISTA	PESIMISTA	INEFICIENCIA TOTAL
1	Aceptación industrial del posgrado	1	0.8	0.4	0.1	0
2	Alumnos de IES	1	0.9	0.7	0.4	0
3	Aplicabilidad	1	0.9	0.3	0.1	0
4	Aplicación	1	0.8	0.3	0.05	0
5	Aplicación industrial	1	0.7	0.2	0.05	0
6	Aplicación social	1	0.8	0.2	0.1	0
7	Atracción de capitales extranjeros	1	0.8	0.4	0.1	0
8	Básica a Aplicada	1	0.6	0.4	0.1	0
9	Capacitación	1	0.8	0.1	0.05	0
10	Capacitación en IES	1	0.7	0.1	0.04	0
11	Conectividad con la gran industria nacional	1	0.9	0.5	0.2	0
12	Conectividad con la gran industria trasnacional	1	0.9	0.6	0.2	0
13	Conectividad con la mediana industria	1	0.8	0.4	0.2	0
14	Conectividad con la micro y pequeña industria	1	0.7	0.3	0.2	0
15	Divulgación	1	0.9	0.5	0.2	0
16	Doctorado	1	0.7	0.2	0.05	0
17	Eficiencia	1	0.5	0.2	0.05	0
18	Eficiencia terminal posgrado	1	0.8	0.4	0.1	0
19	Estudiantes de licenciatura IES	1	0.8	0.7	0.5	0
20	Éxito	1	0.8	0.3	0.1	0
21	Fuga de capitales	1	0.1	0.5	0.9	0
22	Generación de empresas	1	0.9	0.4	0.1	0
23	Impacto académico	1	0.9	0.6	0.1	0
24	Impacto doctorado	1	0.9	0.7	0.4	0
25	Impacto gran nacional	1	0.8	0.4	0.2	0
26	Impacto gran trasnacional	1	0.7	0.3	0.05	0
27	Impacto maestría	1	0.9	0.6	0.2	0
28	Impacto mediana	1	0.8	0.6	0.2	0
29	Impacto micro y pequeña	1	0.9	0.7	0.3	0
30	Impacto posgrado gran nacional	1	0.5	0.2	0.05	0
31	Impacto posgrado gran trasnacional	1	0.6	0.3	0.1	0
32	Impacto posgrado mediana	1	0.7	0.3	0.1	0
33	Impacto posgrado micro y pequeña	1	0.5	0.2	0.05	0
34	Impacto social	1	0.5	0.3	0.1	0

**Continuación Anexo 2.**

FACTOR		OPTIMISTA IDEAL	OPTIMISTA REAL	REALISTA	PESIMISTA	INEFICIENCIA TOTAL
35	Incremento de productividad por investigación gran nacional	1	0.4	0.1	0.05	0
36	Incremento de productividad por investigación gran trasnacional	1	0.5	0.2	0.05	0
37	Incremento de productividad por investigación mediana	1	0.8	0.4	0.1	0
38	Incremento de productividad por investigación micro y pequeña	1	0.9	0.5	0.2	0
39	Infraestructura CI	1	0.8	0.4	0.2	0
40	Infraestructura IES	1	0.7	0.3	0.1	0
41	Innovación	1	0.5	0.2	0.05	0
42	Inserción laboral	1	0.6	0.3	0.1	0
43	Inserción laboral en CI	1	0.9	0.7	0.4	0
44	Inserción laboral en IES	1	0.9	0.7	0.4	0
45	Inserción nivel posgrado	1	0.6	0.3	0.1	0
46	Investigadores en el SNI	1	0.9	0.6	0.2	0
47	Investigadores no SNI	1	0.8	0.6	0.2	0
48	Maestría	1	0.7	0.3	0.1	0
49	Negocios	1	0.5	0.2	0.05	0
50	Otras CI	1	0.8	0.4	0.2	0
51	Otras IES	1	0.8	0.4	0.2	0
52	Reconocimiento internacional	1	0.8	0.4	0.1	0
53	Reconocimiento nacional	1	0.8	0.4	0.1	0
54	Reinversión en CI	1	0.5	0.2	0.05	0
55	Reinversión en IES	1	0.3	0.1	0.05	0
56	Reinversión privada	1	0.6	0.3	0.1	0
57	Reinversión pública	1	0.6	0.3	0.1	0
58	Utilidad social	1	0.7	0.3	0.1	0
59	Valor agregado personal	1	0.8	0.4	0.1	0
60	Valoración empresarial	1	0.8	0.4	0.1	0

### ANEXO 3.

## Desarrollo histórico de los indicadores de Ciencia y Tecnología, avances en América Latina y México

Edna Alcázar Farías\*, Alejandro Lozano Guzmán\*\*

**Resumen:** Los indicadores de Ciencia y Tecnología son de gran utilidad en el desarrollo de políticas adecuadas de investigación. La información que éstos proporcionan permite realizar una asignación correcta de los recursos, otorgar financiación, tomar decisiones en la gestión de grupos y de proyectos, y, mediante la determinación de capacidades y la identificación de debilidades, orientar mejor a la investigación. La evaluación con indicadores de ciencia y tecnología es ampliamente utilizada, de acuerdo con métodos empleados y aceptados internacionalmente, los cuales se han desarrollado desde los años treinta y se han adaptado a las necesidades de cada época. En el presente resumen se realiza una revisión de los principales avances que sobre indicadores de ciencia y tecnología se han tenido hasta la fecha. Así mismo se hace énfasis en la necesidad de desarrollar nuevas metodologías de evaluación del impacto socioeconómico de la ciencia y la tecnología.

**Palabras clave:** evaluación, impacto económico, impacto social, indicador, innovación.

### *Historical development of Science and Technology Indicators advances in Latin America and Mexico*

**Abstract:** *Science and technology (S&T) indicators are very useful in the development of research policies. They assist decision-makers in distributing resources appropriately, in the awarding of funding, in the management of research groups and projects, and, via the identification of capacities and weaknesses, better orientate research. These indicators are widely used, following internationally accepted methodologies that have been developed since the 1930s and adapted to the needs of different times. However, the relationship between engineering, technology and economic activity has insufficient indicators and there is a lack of methodologies for investigating it; the accurate assessment of the social, educational, cultural, environmental and commercial impact(s) of engineering projects is very difficult. With the aim of being able to determine the impact of research and technological development, this work discusses the main advances made in the use of S&T indicators. Emphasis is placed on the need to develop new methodologies for assessing the socioeconomic impact of science and technology, particularly from the perspective of Latin American countries.*

**Keywords:** *assessment, economic impact, indicator, innovation, social impact.*

\* División de Investigación y Posgrado, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro, México. Correo-e: [ednaalcazar@uaq.mx](mailto:ednaalcazar@uaq.mx).

\*\* Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro, México. Correo-e: [alcctq@concyteq.org.mx](mailto:alcctq@concyteq.org.mx).

Recibido: 5-8-08; 2.ª versión: 24-12-08; 3.ª versión: 15-4-09.

## 1. Introducción

La ciencia, la tecnología, y la innovación, tienen un papel protagonista en el crecimiento económico, en la productividad, en la competitividad, en el desarrollo sostenible y en el mejoramiento de la calidad de vida de una sociedad. Desde esta perspectiva, es fundamental la elaboración de políticas, por parte de los Gobiernos de cada país, que orienten la dirección que ha de tener la investigación, de acuerdo con las necesidades y capacidades propias de cada región, de tal manera que se desarrollen, fortalezcan y mantengan las capacidades científicas adquiridas.

En la construcción de estas políticas debe contarse con datos precisos que reflejen el impacto y los alcances de las actividades científicas y tecnológicas en una sociedad, en lo económico, en lo académico, así como en el medio ambiente. Con esta información, los países, especialmente los que están en vías de desarrollo, tendrían las bases necesarias para justificar el incremento de su inversión en ciencia y tecnología, a un nivel que eleve el desarrollo socioeconómico y reduzca la cada vez mayor brecha científica y tecnológica con los países desarrollados.

Sin una correcta medición, no se puede planificar, prever e innovar. Por ello, el presente documento tiene como una de sus finalidades describir, con base en los antecedentes históricos, la evolución de los métodos evaluativos de la ciencia y la tecnología. Asimismo, se enfatiza sobre la importancia y necesidad de medir el impacto económico y social generado por la investigación, y sobre los problemas y limitaciones que presentan las metodologías utilizadas.

## 2. Evolución del desarrollo de indicadores de ciencia y tecnología

### 2.1. 1930 a 1960

En 1930 la Unión Soviética fue el primer país que utilizó información estadística sobre ciencia y tecnología, con la finalidad de impulsarlas como un recurso al servicio de la nación. Posteriormente, en 1940, los Estados Unidos comenzaron a recopilar los primeros datos estadísticos sobre esta actividad.

Después de la II Guerra Mundial se reconoce el impacto que la ciencia tiene en el desarrollo económico de las naciones, y a iniciativa de los Estados dominantes y de algunas instituciones internacionales —como la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), la *National Science Foundation* (NSF) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE)— el tema de los indicadores de evaluación toma gran fuerza y, así, varios países llevan a cabo sus propias estadísticas. Pero, dadas las distintas metodologías de obtención de datos, resultaban incomparables debido a la diferencia de conceptos y criterios utilizados.

## 2.2. Década de los años sesenta

Destaca el trabajo de instituciones norteamericanas privadas como el *Institute for Scientific Information* (ISI), que fue creado en 1961 por Eugene Garfield<sup>1</sup>, y el *Computer Horizon Incorporation* (creado a finales de la década de 1960), entre otros, que han desarrollado técnicas y métodos de análisis de la ciencia.

En 1963 la OCDE edita el primer manual de lo que después se conocería como la *Familia Frascati*, destinado a describir el método a seguir para realizar encuestas que permitieran obtener datos sobre el personal dedicado a la investigación y al desarrollo experimental (OCDE, 1963).

## 2.3. Década de los años setenta

En 1972 el *National Science Board* (NSB) de la *National Science Foundation* (NSF) escribió la primera edición de *Science and Engineering Indicators*, publicación que se ha convertido en una de las referencias más comunes del análisis cuantitativo de la ciencia (NSB, 1989).

## 2.4. Década de los años ochenta

En la mayoría de los países europeos se generaliza la tendencia de evaluar el impacto de la ciencia y la tecnología con el inicio de las operaciones de las agencias dedicadas a la evaluación de tipo variado. En Reino Unido, Holanda y Francia, por ejemplo, se desarrollan técnicas de medición cuantitativa, destacando autores como Martín e Irvine (1984), Callon (1987), Rip (1987), Leydesdorff (1990a, 1990b) y Van Raan (1993), quienes se han centrado en el análisis de indicadores de salida. En Australia se impulsa la producción de indicadores específicos para cada institución de investigación, apoyada por el *Australian Research Council* (Velho, 1994). Asimismo, la OCDE publica un *Suplemento del Manual de Frascati*, destinado a medir los resultados en la enseñanza superior y a la preparación de estadísticas de investigación y desarrollo.

## 2.5. Década de los años noventa

En 1990 la OCDE publica el *Manual de la Balanza de Pagos Tecnológicos* (BPT), (proporciona pautas para analizar las transacciones comerciales relacionadas con el conocimiento científico y tecnológico de un país con el resto del mundo) y en 1992 la presenta el *Manual de Oslo* (sistematiza las mediciones so-

---

<sup>1</sup> Posteriormente en 1992, fue adquirida por *Thomson Business Information*, y actualmente es conocido como Thomson ISI.

bre innovación tecnológica utilizando un modelo interactivo de relación en cadena del proceso de innovación, el cual destaca el papel que los gobiernos pueden representar para promover la innovación a través del tejido económico). En 1994 el *Manual de Patentes* (mide las transferencias de tecnología a los sectores productivos mediante el registro de patentes), se incorpora a esta línea de trabajo, completando así a la *Familia Frascati*.

El *Manual de Canberra*, el cual define un marco teórico que sirve de guía para recopilar datos estadísticos comparables internacionalmente en relación con la existencia y demanda de personal dedicado a ciencia y tecnología, se publica en 1995 como un trabajo conjunto entre la OCDE y Eurostat.

América Latina se incorpora en esta década al proceso de desarrollo de indicadores de evaluación. A partir del trabajo previo de numerosos investigadores de diversos países, en 1995 se sientan las bases para la creación de la Red Iberoamericana e Interamericana de Ciencia y Tecnología (RICYT), organismo que ha trabajado para el logro de una Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología que considere la perspectiva de Latinoamérica.

En México, toma importancia la construcción de indicadores de Ciencia y Tecnología. Desde 1991, el CONACYT viene presentando su Informe General del Estado de la Ciencia y la Tecnología en México, y desde 1996 ha dado a conocer la información referente a indicadores y estadísticas del país, así como su ubicación con respecto a otras naciones, en una publicación anual titulada Indicadores de Actividades Científicas y Tecnológicas, que presenta tres tipos principales de indicadores: el gasto en ciencia y tecnología; el acervo de recursos humanos en ciencia y tecnología; y la producción científica y tecnológica, y su impacto económico.

En esta misma década vuelve a tomar importancia el tema de la evaluación del impacto de la ciencia y la tecnología, tal y como lo señalan autores como Kostoff (1995), Oszlak y O'Donnell (1995) quienes apoyan la importancia de contar con indicadores de impacto con el objeto de obtener mayor conocimiento acerca de los distintos impactos de la ciencia y tecnología y, por otra parte, para apoyar la toma de decisión en política científica y tecnológica, especialmente en la evaluación y asignación de recursos a proyectos o unidades de investigación.

## 2.6. Primera década del nuevo milenio

De acuerdo con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2006), el impacto de la ciencia y la tecnología es observable y puede ser medido en tres ámbitos principales: en el conocimiento, en lo económico y en lo social. El primero es medido mediante indicadores bibliométricos, las citas recibidas, las publicaciones y las patentes. Para el segundo impacto es posible utilizar la balanza de pagos de tecnología, el comercio de bienes de alta tecnología, y la innovación tecnológica. En el caso de la medición de los impactos sociales, hasta el momento no existen indicadores completamente normalizados.

Algunas de las principales metodologías reconocidas de evaluación de impacto socioeconómico de las actividades de ciencia y tecnología, son las empleadas por la OCDE, por Invertec, por Melkes de la Universidad de Chicago, la evaluación por pares, la evaluación costo-beneficio, los indicadores sectoriales, y el método de producción e impacto. Además hay otros métodos, que varían desde una simple lista o modelos de ponderación, hasta los modelos complejos de programación matemática y de simulación.

Godin (2005a), acepta que los indicadores de ciencia y tecnología se han vuelto una medida de la modernidad y del progreso de las sociedades y los países. En su investigación admite que la ciencia se ha convertido en una «empresa» que cuenta con importantes recursos financieros e intelectuales, que influye directamente sobre las acciones de la sociedad. Lo cual da importancia a la medida de la ciencia, y justifica que desde hace décadas expertos universitarios y organismos estadísticos nacionales midan a los científicos y sus actividades, con la esperanza de optimizar y orientar a las políticas y a las actividades científicas. En Godin (2005b), se destaca la importancia que está adquiriendo la demanda de estadísticas del impacto social y económico de la ciencia, la tecnología y la innovación. Este autor sugiere que para construir estos nuevos indicadores se requiere de nuevas cuestiones conceptuales, nuevas metodologías y nuevas personas o investigadores que estén más inmersos en los nuevos marcos históricos de la sociedad moderna.

Ya en esta década se reconoce el trabajo realizado por la RICYT en el desarrollo de nuevos indicadores, ejemplos del trabajo de este organismo son la publicación, en 2001, del Manual de Normalización de Indicadores de Innovación Tecnológica en América Latina y el Caribe (Manual de Bogotá) y en 2006 del Manual de Lisboa. En el primero se realiza una conceptualización de la situación de la región, y en el segundo se proponen las pautas para la interpretación y el análisis de los datos estadísticos disponibles, así como la construcción de indicadores referidos a las tecnologías de la información y las comunicaciones.

En México la evaluación del impacto de la ciencia y la tecnología adquiere mayor importancia, en este sentido la Ley de Ciencia y Tecnología, subraya la necesidad de realizar evaluaciones periódicas sobre las actividades de investigación y desarrollo tecnológico que hayan recibido fondos públicos. Lo anterior resulta especialmente importante dentro las instituciones que aplican este tipo de recursos en actividades científicas, con la finalidad de impulsar una asignación de recursos más eficiente, y a la vez justificar la inversión en ciencia y tecnología ante la sociedad.

A pesar de los esfuerzos realizados, el BID señala que los sistemas de información en América Latina son débiles y dispersos, debido a la limitada disponibilidad de datos confiables relacionados con tendencias en ciencia, tecnología e innovación, habiendo huecos en los informes y dudas en cuanto a la confiabilidad y definiciones, lo que dificulta un análisis profundo de las necesidades y del progreso, y limita, además, el desarrollo de estrategias certeras de investigación.

## 2.6. Retos futuros

A nivel mundial, entre los retos de la OCDE en esta nueva etapa (Gault, 2007) se encuentran el desarrollo de un sistema de Indicadores de Ciencia y Tecnología comparable al sistema de indicadores financieros existentes. Asimismo, este organismo tiene como retos presentar un indicador compuesto de ciencia, tecnología e innovación, y además fortalecer las políticas científicas. En este sentido, se destaca la importancia de los indicadores en el monitoreo, mercadeo, previsión y evaluación del gasto de los recursos públicos en programas y proyectos.

De acuerdo con OCDE, los indicadores que probablemente tomarán mayor importancia serán: indicadores de actividades (investigación y desarrollo, invención, innovación, difusión del conocimiento y la tecnología, desarrollo de recursos humanos); indicadores de enlace (contratos, colaboración, comercialización, redes, fuentes de conocimiento, tecnologías y prácticas); indicadores de resultados (mercado, empleos especializados, ganancias), e indicadores de impacto (forma en que la ciencia y la tecnología han cambiado las condiciones de la sociedad).

## 3. Conclusiones

La evaluación del impacto real de la ciencia y la tecnología debe ser considerada como un asunto central, con la finalidad de construir políticas científicas y tecnológicas acertadas, que produzcan innovación y que den solución a los principales problemas que caracterizan a los países en desarrollo. Los criterios hasta ahora utilizados para evaluar el mérito científico en los países en desarrollo, no son completamente adecuados para la toma de decisiones de políticas de investigación, al igual que no son adecuadas para otorgar financiación correctamente dirigida. En este sentido, es necesario elaborar nuevas metodologías que consideren la relación entre los recursos invertidos en ciencia y tecnología y sus productos, en términos de los efectos reales registrados sobre la competitividad industrial, el crecimiento de la economía, la mejor calidad de vida de la sociedad, el empleo, la educación, la cultura y el medio ambiente, por mencionar algunas.

En América Latina y en México, una metodología de evaluación sobre el impacto de las actividades científicas y tecnológicas, más acorde con las condiciones internas prevalecientes, aportaría una base más sólida sobre la que sería posible definir propósitos generales y particulares, objetivos y metas, y evaluar el comportamiento y las repercusiones de la ciencia y la tecnología. Aún más, esta nueva metodología sería de utilidad para evaluar los efectos, en sus diferentes dimensiones, de la investigación desarrollada en el pasado, y por supuesto para determinar los alcances de la ciencia y la tecnología que se desarrolla en el presente. El resultado de este análisis sería de utilidad a la hora de definir el tipo de actividades científicas y tecnológicas más apropiadas para el futuro.

Considerando los antecedentes históricos presentados en este trabajo, la metodología de evaluación sobre el impacto de las actividades de investigación científica y tecnológica que es deseable aplicar en los países en desarrollo, es imprescindible que considere las problemáticas locales para que, si menoscabo de la excelencia académica, sirva para resolver problemas locales. De esta manera se evitará perpetuar el sistema de dependencia «país desarrollado-en vías de desarrollo» en el que la investigación de «estado del conocimiento» llevada a cabo por estos últimos países, sirve en muchas ocasiones, para que desde los países desarrollados se envíen productos y servicios de alto contenido científico y tecnológico a los países en vías de desarrollo, con un alto costo económico y social para estos últimos.

En la nueva metodología, también deberá hacerse énfasis en dar a conocer a la sociedad los productos de la investigación, ya que esto ayudaría a legitimar, sostener y fortalecer el sistema de ciencia, tecnología e innovación de los países en vías de desarrollo.

#### **4. Bibliografía**

- Bid (2006): Educación, ciencia y tecnología en América Latina y el Caribe: Un compendio estadístico de indicadores. Departamento de Desarrollo Sostenible Interamericano del Desarrollo. Washington D.C.
- Callon, M. (1987): Society in the making: The study of technology as a tool for sociological analysis. En W. Bijker, T. Hughes and T. Pinch (eds.), *The Social Construction of Technological Systems*, p 83-103. London: MIT Press.
- Gault, F. (2007): Science, Technology and Innovation Indicators in the OECD: Next Steps. VII Congreso Iberoamericano de Indicadores de Ciencia y Tecnología. Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT). Iberoamericana e Interamericana. Sao Paulo, Brasil, 23 al 25 de mayo. <http://www.ricyt.org/interior/interior.asp?Nivel1=6&Nivel2=2&Id> [7 de junio del 2008.]
- Godin, B. (2005a): *La science sous observation: cent ans de mesures sur les scientifiques 1906-2006*. Presses de l'Université Laval. ISBN 2-7637-8297-3. 96 pp. Québec, Canada.
- Godin, B. (2005b): *Measurement of Science and Technology: 1920 to the Present*. Routledge. ISBN 0-4153-4104-3. 360 pp. London and New York.
- Kostoff, R. (1995): *The handbook of research impact assessment*. Office of Naval Research. Arlington VA.
- Ley de Ciencia y Tecnología, artículo 12, fracciones I y VIII. <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/242.pdf> [16/01/2008].
- Leydesdorff, L. (1990a): Relation among science indicators or more generally predictions on the basis of anything one might know about texts. The dynamics of science. *Scientometrics*, 19, 271-296.
- Leydesdorff, L. (1990b): The prediction of science indicators using information theory. *Scientometrics*, 19, 297-324.

- Martin, B., e Irvine, J. (1984): CERN: past performance and future prospects I. CERN's position in world high-energy physics. *Research Policy*, 13, 183-210.
- NSB (1989): Science & engineering indicators. Washington, D.C.
- OCDE (1963): The measurement of Science and Technological Activities. Proposed standard practice for surveys of Research and Experimental Development. «Frascati Manual Frascati». OCDE. 261 pp. París.
- Oszlak, O., y O'Donnell, G. (1995): Estado y políticas estatales en América Latina. En la sección Dossier de REDES: *Revista de Estudios Sociales de la Ciencia*, 2 (4), septiembre. Buenos Aires.
- Rip, A. (1987): The challenges to science policy studies. *Metascience*, 5, 75-92.
- Van Raan, A. (1993): Advanced bibliometric methods to assess research performance and scientific development: basic principles and recent practical applications. *Research Evaluation*. 3, 151-166.
- Velho, L. (1994): Indicadores científicos: aspectos teóricos y metodológicos. En Martínez, E. (ed.), *Ciencia, tecnología y desarrollo: interrelaciones teóricas y metodológicas*. Nueva Sociedad. Caracas. UNESCO.

## ANEXO 4.

### La investigación científica y la educación superior: factores relevantes de los sistemas de innovación

Edna Karina Alcázar Farías\*, Alejandro Lozano Guzmán\*\*

**Resumen:** En este trabajo se presenta una revisión del concepto de innovación y la descripción de los diferentes modelos de innovación propuestos por diversos autores. De esta revisión, se seleccionan los modelos de caja negra, de relación en cadena y las recomendaciones plasmadas en la 3.<sup>a</sup> edición del Manual de Oslo de la OCDE para desarrollar un modelo numérico que permite simular el impacto que la inversión en ciencia y tecnología tiene sobre la sociedad. El modelo desarrollado se aplica para una región que se denomina el Sistema de Innovación Regional de Querétaro (SIRQ), tomando en cuenta el contexto de la situación de la ciencia y la tecnología en México. Para este sistema, se señalan los diferentes factores que se consideran como entradas y salidas del modelo y se explican los valores asignados a cada uno de estos factores. Buscando ilustrar de forma objetiva el potencial de uso que tiene el modelo propuesto, se analizan seis escenarios para la región seleccionada como ejemplo.

**Palabras clave:** Ciencia, tecnología, modelos de innovación, impacto.

#### *Scientific research and higher education as relevant factors in innovation systems*

**Abstract:** *This paper presents the concept of innovation and the description of various innovation models put forward by different authors. Three models were selected—black box, chain relations and the recommendations from the 3<sup>rd</sup> edition of the OECD's Oslo Manual—in order to develop a numerical model for simulating the impact on society of investments in science and technology. Taking into account Mexico's S&T context, the developed model was applied to the region called Queretaro Regional Innovation System (SIRQ). For this system, input-output factors are defined, with numerical values assigned to them based on local conditions. The model is applied by simulating six scenarios for possible development of SIRQ, considering the influence of scientific research and higher education on the region's development.*

**Keywords:** *Science, technology, innovation models, impact.*

\* Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ingeniería, México. Correo-e: edna.alcazar@uaq.mx.

\*\* Centro de Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Unidad Querétaro, Instituto, México. Correo-e: alozano@ipn.mx.

Recibido: 14-09-2011; 2.<sup>a</sup> versión: 27-01-2012; aceptado: 10-02-2012.

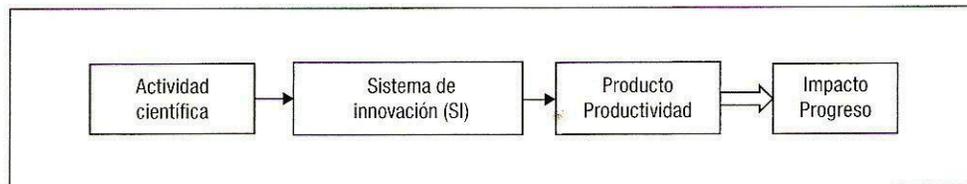
## 1. Introducción

La innovación, de acuerdo a la 3.<sup>a</sup> edición del manual de Oslo de la OCDE (OCDE, 2005), se define como la puesta en práctica de un producto (bien o servicio) nuevo o significativamente mejorado, de un proceso, de un nuevo método de comercialización o de un nuevo método organizacional del sitio de trabajo o en las relaciones externas. De forma amplia se puede decir que el concepto de innovación engloba la creación y/o mejora de los productos y/o procesos que realizan las instituciones (de cualquier tipo), y puede estar presente en cualquier ámbito de la organización (Edquist, 2001). Asimismo, cabe destacar que el proceso de innovación no es lineal, sino que se trata de un proceso interactivo e iterativo (Lundvall, 1985; Nelson, 1993; Edquist, 1997; Edquist y Mckelvey, 2000). Por otra parte se reconoce que la producción de conocimiento y las actividades innovadoras se tienden a aglomerar geográficamente (Breschi y Malerba, 1997; Cooke y otros, 1997; Freeman, 1995). En el análisis de los sistemas de innovación (SI), se utilizan aproximaciones diferentes dependiendo de la unidad de estudio que se desea utilizar. A nivel de un país completo se tendría la noción de Sistemas Nacionales de Innovación (Freeman, 1988), a nivel de un sector productivo en específico se considerarían los Sistemas Sectoriales de Innovación (Carlsson, 1995), o a nivel de territorios más acotados y específicos se manejaría la noción de Sistemas Locales o Regionales de Innovación (Braczyk y otros, 1998).

Entre las teorías y modelos de innovación, se encuentran el modelo de caja negra, que trata de explicar la adquisición de conocimiento y tecnología a partir de las interacciones de la empresa con los clientes y proveedores. En este modelo, la transferencia de conocimiento, abarca desde la propiedad intelectual hasta la transferencia de conocimiento entre equipos de trabajo (Desai, 2006). Este modelo vislumbra a la innovación como un proceso de insumo-producto, tal y como se muestra en la figura 1.

**FIGURA 1**

*Modelo lineal del vínculo entre el conocimiento y el desempeño económico*



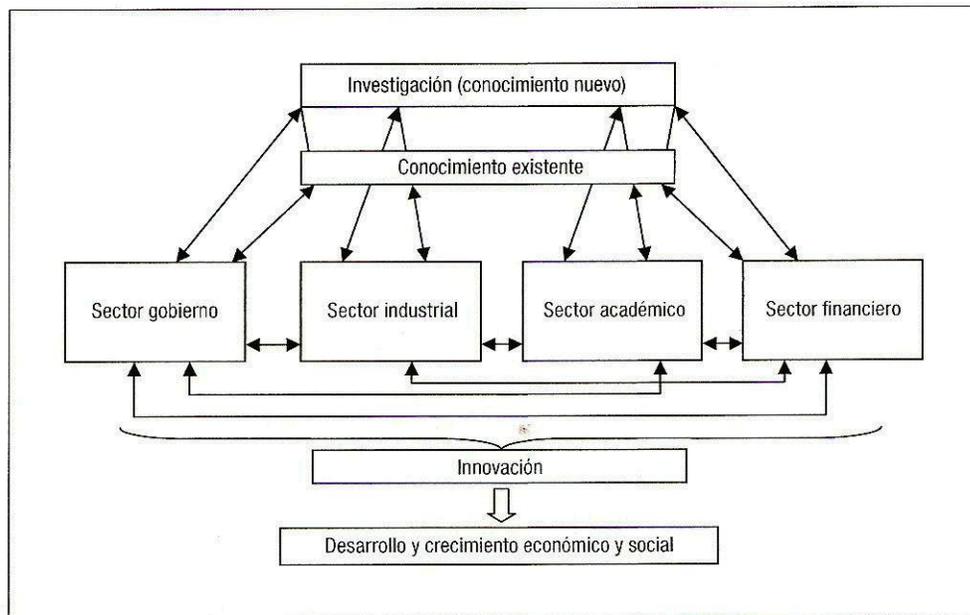
*Fuente:* elaboración propia.

La otra concepción teórica en la que se enmarcan los modelos de innovación es el modelo de relación en cadena, el cual se describe como un modelo

interactivo del proceso que va del conocimiento a la aplicabilidad. Entre estos modelos se incluye el de triple hélice que considera a la educación superior y a la investigación científica agrupados en la universidad, a la industria y al gobierno como hélices del proceso de innovación (Etzkowitz y Leydesdorff, 2000). Más recientemente ya se habla del modelo de cuatro hélices (Alfonso y otros, 2010), el cual, adicionalmente a lo anterior, incluye a la sociedad como agente de los sistemas nacionales y regionales de innovación (Lundvall y Nielsen, 2007) y la generación de empresas de base tecnológica como resultado de los llamados «Spin-Off» universitarios (Rohrbeck y otros, 2009). En estos modelos el proceso de innovación se caracteriza por interacciones y efectos de ida y vuelta, así como por las numerosas interacciones que ligan la ciencia, la tecnología y la innovación, como se muestra en la figura 2. En este mismo sentido de relaciones bidireccionales, se dan las interacciones entre los componentes del SI propuesto en la 3.ª edición del Manual de Oslo (figura 3). Considerando los modelos de caja negra, de relación en cadena y las interacciones definidas en la 3.ª edición del Manual de Oslo, se desarrolló el modelo que permite analizar la influencia de la educación superior y la investigación científica en el proceso de innovación y su impacto en la sociedad, que se presenta en este trabajo.

FIGURA 2

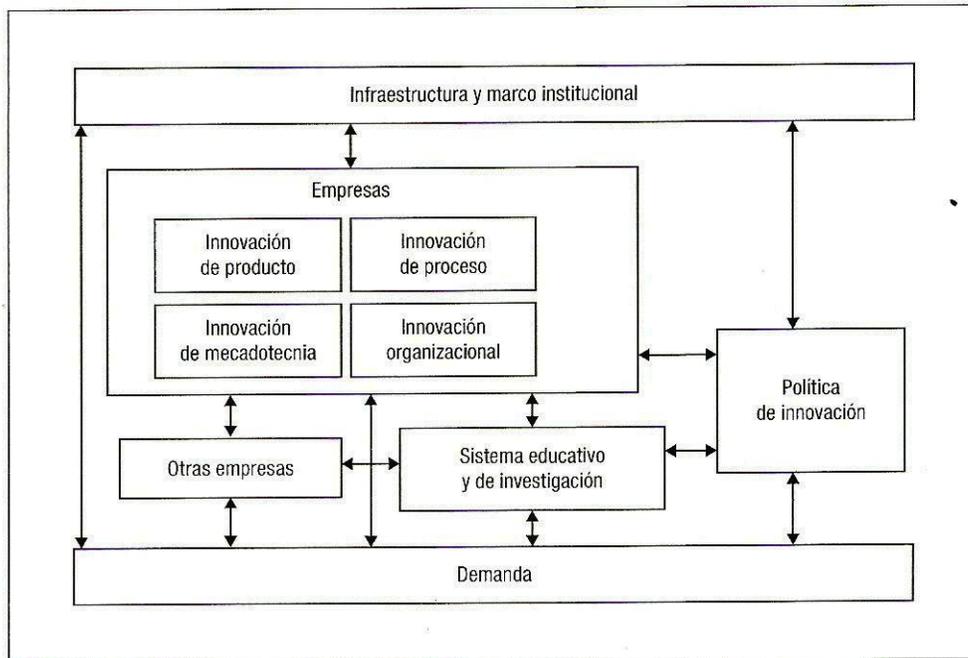
Modelo de relación en cadena



Fuente: adaptación del modelo de relación en cadena de OCDE.

**FIGURA 3**

*Interacciones entre componentes de un SI*



Fuente: organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD), 2005.

## 2. Panorama de la situación de la ciencia y tecnología en México

Como se puede apreciar en la figura 3, se considera que la educación y la investigación son parte fundamental de un sistema de innovación. No obstante, es claro que si las relaciones entre la investigación con las demandas de la sociedad, las empresas y las políticas de innovación no están correctamente articuladas, el sistema no funciona. Tal es el caso de lo que sucede en México.

Considerando que tanto para enseñar como para investigar se invierten recursos humanos, recursos monetarios, recursos materiales y otros, es fundamental conocer la forma en que estos recursos son invertidos, así como los beneficios académicos, económicos y sociales que se obtienen. Con base en la premisa de que a mayor inversión en educación, ciencia y tecnología, mayor desarrollo, como se ha comprobado en varios países, aquí se presentan una serie de escenarios del posible impacto que tiene la investigación para el desarrollo de México. Con estos escenarios, se busca dar pistas de por qué después de más de 25 años de supuesta política de apoyo al desarrollo científico y tecnológico, la ciencia y la tecnolo-

gía siguen siendo en México un «lujo académico» (Lozano, 2003, 2008). Lo anterior ya que el desarrollo de la ciencia y la tecnología en México se han dado de manera desordenada y sin una visión de largo plazo. Esto es palpable al observar que el estado de la ciencia y la tecnología en este país es prácticamente el mismo que hace 25 años (Lozano, 2009). Esto es, el sector académico se encuentra inmerso en su propio espacio, el sector industrial es dependiente de tecnología adquirida en el extranjero, el sector gubernamental se mantiene ajeno y no ve a la ciencia y la tecnología como un motor para el desarrollo socioeconómico, y, finalmente, el sector financiero no ve a los proyectos de ciencia y tecnología como una fuente de inversión productiva. La diferencia entre la situación de hace 25 años y la actual estriba en que, en el pasado había pocos centros de investigación y pocos investigadores; mientras que en la actualidad, bajo las mismas condiciones ya descritas, se cuenta con una mayor cantidad de docentes y de investigadores, y más empresas, pero en general, siguen estando aislados sin expectativas reales de vinculación y generación de riqueza (Muñoz y otros, 2001).

### **3. Descripción del modelo**

Considerando los modelos propuestos por los diversos autores referenciados principalmente el de caja negra, el de relación en cadena y las recomendaciones plasmadas en la 3.<sup>a</sup> edición del Manual de Oslo de la OCDE, se puede decir que el proceso de innovación es sistemático, por tanto puede ser entendido, aprendido y replicado. Por esto, el proceso en sí mismo puede ser representado, a su vez, por un modelo que describa las interacciones y la dinámica del sistema (Sancho, 2007). En la figura 4 se muestran las interacciones entre la academia, el sector económico, la sociedad y el gobierno, consideradas en el modelo desarrollado.

En este modelo se relacionan la educación superior (IES) y la investigación (CI), con diversos sectores que inciden en el desarrollo socioeconómico de México. A partir de estas relaciones, se estudia la influencia que estos factores tienen en el proceso de transferencia de conocimiento científico y tecnológico a los usuarios y su impacto en el desarrollo industrial y social del país (IS).

Se planteó un modelo en el que se considera que la ciencia y el desarrollo tecnológico generan desarrollo socioeconómico, en la medida que la investigación produce bienestar social a través del sistema de innovación (SI) y no solo productos de carácter académico. El modelo requiere contar con información sobre el flujo del conocimiento del SI, así como de indicadores científicos, tecnológicos, sociales y económicos, y del mapeo del sistema de educación superior, los centros de investigación y los sectores económicos.

Las interrelaciones entre los diversos actores involucrados en el proceso a seguir para que la investigación se convierta en un beneficio tangible para la sociedad en su conjunto, se plantearon empleando el paquete de simulación VENSIM® (Ventana® Systems Incorporated, Harvard, MA, Estado Unidos). La tabla I lista los factores considerados en el modelo.



**TABLA I (continuación)**

Variable	Código	Variable	Código
CC	Conocimiento científico	IPGN	Impacto posgrado gran nacional
CGIN	Conectividad con la gran industria nacional	IPGT	Impacto posgrado gran trasnacional
CGIT	Conectividad con la gran industria trasnacional	IPIGN	Incremento de productividad por investigación gran nacional
CI	Centros de investigación	IPIGT	Incremento de productividad por investigación gran trasnacional
CIES	Capacitación en IES	IPIM	Incremento de productividad por investigación mediana
CII	Conectividad intersecretarial	IPIMP	Incremento de productividad por investigación micro y pequeña
CMI	Conectividad con la mediana industria	IPM	Impacto posgrado mediana
CMPI	Conectividad con la micro y pequeña industria	IPMP	Impacto posgrado micro y pequeña
D	Divulgación	IS	Impacto social
Doc	Doctorado	ISNICI	Investigadores SNI CI
E	Eficiencia	ISNIIES	Investigadores SNI IES
EF	Estímulos fiscales	M	Maestría
ETPs	Eficiencia terminal posgrado	MI	Mediana industria
ETP	Empresas con tecnología propia	ML	Mercado laboral
Ex	Éxito	MPI	Micro y pequeña industria
FC	Fuga de capital	MS	Mejora sectorial
FE	Fondos del exterior	N	Negocios
FES	Financiamiento educación superior	NAIP	Nivel de aceptación industrial del posgrado
FI	Fondos para infraestructura	NIISI	Nivel de impacto ISI
FM	Fondos mixtos	NPPAV	Nuevos productos y procesos de alto valor agregado
FPNL	Financiamiento privado no lucrativo	OCI	Otros CI
FPr	Financiamiento privado	OIES	Otros IES
FPu	Financiamiento público	OP	Otros programas
FRHL	Formación de recursos humanos licenciatura	PAL	Publicación de artículos y libros
FRHP	Formación de recursos humanos nivel posgrado	R	Repatriación
FS	Fondos sectoriales	RCI	Reinversión en CI
GE	Generación de empresas	RI	Reconocimiento internacional

**TABLA I (continuación)**

Variable	Código	Variable	Código
GIN	Gran industria nacional	RIES	Reinversión en IES
GIT	Gran industria transnacional	RN	Reconocimiento nacional
GMS	Gobierno mejores servicios	RPI	Recursos para proyectos de investigación
GRA	Generación de recursos académicos	RPr	Reinversión privada
IB	Investigación básica	RPu	Reinversión pública
ICI	Infraestructura CI	SNI	Sistema Nacional de Investigadores
ID	Impacto doctorado	SP	Sector privado
IE	Impacto económico	SPE	Solución de problemas específicos
IES	Instituciones de Educación Superior	UEGIN	Utilidad económica gran industria nacional
IGN	Impacto gran nacional	UEGIT	Utilidad económica gran industria transnacional
IGT	Impacto gran transnacional	UEMI	Utilidad económica mediana industria
IIES	Infraestructura IES	UEMPI	Utilidad económica micro y pequeña industria
IL	Inserción laboral	US	Utilidad social
ILCI	Inserción laboral en CI	VAP	Valor agregado personal
		VE	Valoración empresarial

Fuente: elaboración propia.

El modelo requiere como entrada los siguientes datos, que se publican anualmente. El financiamiento público (FPu) que está compuesto por la inversión que se hace en fondos para desarrollo de infraestructura, el financiamiento para investigación en las IES, el Sistema Nacional de Investigadores (SNI) y los diferentes fondos de financiamiento que promueve el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) a saber, fondos mixtos (FM), fondos sectoriales (FS), de ciencia básica (CB), de retención y repatriación (R), para becas de posgrado (BPo) y otros programas (OP) que han surgido para atender necesidades específicas de una región. Se eligieron estos factores como entradas ya que en la última década el financiamiento público de la ciencia y la tecnología en México, se ha realizado a través de los programas del CONACYT. Por lo que respecta al financiamiento privado (FPr), se consideró que éste está compuesto por los fondos que llegan de otros países (FE), por los estímulos que el gobierno ofrece al sector privado (EF) y por el dinero que aportan para investigación las propias empresas (RPr). Se hace énfasis en que las aportaciones económicas provenientes del sector privado (SP), están directamente relacionadas con proyectos de investigación

que tengan pertinencia con la solución de situaciones que interesan, precisamente, al sector privado.

En el modelo se hace diferencia entre los fondos públicos (FPu) que se canalizan a las IES y los que van a los CI. Se realiza dicha diferenciación porque se considera que aunque en ambos tipos de institución se realiza investigación, los objetivos y las relaciones con el entorno industrial son diferentes en cada caso. Por la misma razón, también se hace diferencia entre los fondos públicos que se emplean en investigación básica (IB) y en investigación aplicada (InA).

Los otros factores que se encuentran en esta primera parte del modelo son los factores que cuantifican la eficiencia de la variable que afectan. Dichos valores van de 0 a 1, donde 0 significa total ineficiencia y 1 eficiencia total. Lo anterior aplica para todos los factores utilizados en el modelo.

A partir de que los recursos son divididos en investigación básica (IB) o aplicada (InA) se consideran dos ramas para los resultados obtenidos: académicos y económicos.

Uno de los factores que tiene una influencia importante en el modelo es el factor de investigación básica a aplicada (BA), el cual cuantifica la medida en que los conocimientos desarrollados en una determinada región son usados para beneficio de la misma, ya sea solucionando problemas o creando productos y procesos innovadores.

El primer resultado que se obtiene de la investigación básica (IB) es el conocimiento científico (CC), el cual por su naturaleza, tiene un valor que no puede cuantificarse por completo, por lo que cabe aclarar que en el modelo no se le da un valor monetario, sino que se considera la eficiencia (E) con la cual este conocimiento es utilizado, ya sea en el mismo aspecto académico o por los diversos sectores industriales de la región.

De la investigación aplicada (InA) se obtiene como resultado principalmente la solución a problemas específicos (SPE) de una región y la implementación de nuevos productos o procesos (NPPAV). Una vez establecido lo anterior, el modelo considera el movimiento y evolución que tiene el dinero invertido en el desarrollo de conocimiento científico (CC). De esta manera, se toma en cuenta que uno de los aspectos más importantes y reconocidos, tanto a nivel internacional como nacional para evaluar el impacto del conocimiento científico, es la publicación de artículos y libros, participación en congresos y las citas en revistas indizadas (PAL). Aunque en este proyecto, se reconoce la importancia de éstas últimas, no se consideraron como factores, pues se estima que benefician a los autores e instituciones de forma más bien individual que a la región como un todo. No obstante, sí se toma en cuenta el reconocimiento tanto nacional (RN) como internacional (RI), pues ambos son factores a considerar para la obtención de recursos financieros para realizar investigación (N).

Por otra parte, se considera la influencia económica que puede tener en la región la difusión de los conocimientos en revistas y libros, pero desde el punto de vista de la utilidad social (BPu). Lo anterior, tomando en cuenta la factibilidad

que tenga dicho conocimiento para que pueda ser utilizado por alguna empresa para generar riqueza.

El modelo desarrollado en esta investigación considera la especialización de la región en ciertas áreas del conocimiento y ciertas tecnologías, pues se estima que después de varias generaciones, se tiene un mayor crecimiento y desarrollo si hay un cierto grado de especialización. En el factor mejora sectorial (MS), se representa esta especialización a través, ya sea de nuevos productos y procesos de alto valor agregado (NPPAV) y/o en una mejor atención de necesidades sociales como salud, educación, y transporte, entre otros (GMS).

Por una parte, la solución de problemas específicos (SPE), la creación de productos y procesos (NPPAV), y en general un enfoque de innovación (Inn), generan un mayor interés por parte de los sectores industriales tanto en los programas de posgrado como en sus egresados (NAIP). Lo que trae como consecuencia una mayor inversión en proyectos de investigación.

Como ya se mencionó anteriormente, en el modelo se consideró como los ejes estructurales del sistema a la academia, la empresa y al gobierno y alrededor de éstos a la sociedad. En este sentido, cuando las empresas (MPI, MI, GIN, GIT) se ven impactadas positivamente como resultado de desarrollos científicos y tecnológicos (IPGN, IPMP, IPM, IPGT) y sus utilidades se ven beneficiadas (IPIGN, IPIGT, IPIM, IPIMP) se supone una derrama económica que apoya directamente a la sociedad al crearse más empleos mejor pagados (ML). De esta forma, la región se convierte en un polo de atracción que capta al mejor personal, a mejores empresas, a mejores servicios y a un mayor compromiso por parte del gobierno; quien por su lado, puede verse beneficiado, con proyectos de investigación que realmente ayuden en la solución de los problemas que afectan a la población de la región (GMS).

Finalmente, se estima que después de algunos ciclos, se forman redes que conectan a todos los actores que participan en la vida económica, política y social de la región (CII). Dicha conectividad interinstitucional, trabajando con metas y objetivos comunes, genera desarrollo y crecimiento para los diferentes estratos sociales, finalmente creando una mejor distribución de la riqueza.

#### **4. Resultados y discusión**

Como ejemplo de aplicación del modelo desarrollado en el contexto de México, se recabaron los datos del Sistema de Innovación Regional de Querétaro (SIRQ), pues se reconoce que la región, ubicada en el centro del país, cuenta con la capacidad y las infraestructuras necesarias para impulsar el desarrollo económico y la competitividad con base en actividades científicas y tecnológicas. La selección de la localidad se basa en que Querétaro es una ciudad con un gran dinamismo industrial, con empresas mexicanas (GIN) y transnacionales de clase mundial (GIT), industria mediana (MI) y pequeña (MPI), centros públicos de investigación y desarrollo tecnológico (CI), universidades (IES), instituciones finan-

cieras, y dependencias gubernamentales. Para esta región se simularon seis escenarios. Los valores de cada factor se obtuvieron de una serie de reuniones con 10 líderes de opinión de la industria, el gobierno, la academia y el sector financiero de la región, a quienes se les cuestionó que calificaran entre 0 y 1 cada uno de los factores listados en los diferentes escenarios analizados (Lozano, 2008). El promedio de estas calificaciones se indica en la tabla II.

**1. Escenario ideal:**

**Caso A:** este escenario se caracteriza por tener una eficiencia total, es decir, los valores de cada uno de los factores es 1. Asimismo, existe una conectividad interinstitucional bien definida y funcional. Este escenario sería el ideal, porque como se verá más adelante, es el que trae más beneficios a la región.

**Caso B:** este escenario se caracteriza por tener una eficiencia total, al igual que el escenario anterior, pero en este caso no existe conectividad interinstitucional, lo cual ocasiona que los beneficios aunque muy evidentes y satisfactorios, son mucho menores que en el escenario optimista A.

- 2. Escenario real:** en este escenario se busca reflejar el caso de una realidad óptima, es decir, considerar que el sistema trabaja con factores de eficiencia máxima, tomando en cuenta las limitaciones inherentes a cada una de las instituciones y actores participantes. En este caso, cada actor tiene una mentalidad de cooperación mutua, se trabaja de forma colectiva, dejando a un lado los intereses individuales. Se tienen objetivos y metas específicas que impulsan el crecimiento y desarrollo de la región en conjunto.
- 3. Escenario realista:** considera que los factores toman un valor más realista desde el punto de vista actual del sistema de ciencia y tecnología que se ha estado desarrollando en la región de Querétaro. En este escenario, se observa que mientras algunas instituciones o actores y sus interrelaciones trabajan con cierta eficiencia, otras lo hacen con un grado de ineficiencia.
- 4. Escenario pesimista:** este escenario tiene como característica la falta de objetivos y metas comunes para la región en conjunto. Lo que ocasiona que la interacción entre los diferentes actores sea, en algunos casos, prácticamente nula. Por tanto, se tiene ineficiencia tanto al interior como al exterior de cada actor, por la falta de coordinación y de una visión común de innovación. Este escenario es individualista y se buscan soluciones de corto plazo. Lo que perjudica el crecimiento de la región.
- 5. Escenario de ineficiencia:** este es el peor caso, pero se aclara que se trata de un escenario supuesto, pues considera que se trabaja bajo total ineficiencia, es decir, cada factor toma un valor de cero, lo que ocasiona que se pierda toda la inversión y no se tenga beneficio alguno.

TABLA II

*Valores de los factores para cada escenario considerado*

Factor	Escenario	Ideal	Real	Realista	Pesimista	Ineficiencia
1	Aceptación industrial del posgrado	1	0,8	0,4	0,1	0
2	Alumnos de IES	1	0,9	0,7	0,4	0
3	Aplicabilidad	1	0,9	0,3	0,1	0
4	Aplicación	1	0,8	0,3	0,05	0
5	Aplicación industrial	1	0,7	0,2	0,05	0
6	Aplicación social	1	0,8	0,2	0,1	0
7	Atracción de capitales extranjeros	1	0,8	0,4	0,1	0
8	Básica a Aplicada	1	0,6	0,4	0,1	0
9	Capacitación	1	0,8	0,1	0,05	0
10	Capacitación en IES	1	0,7	0,1	0,04	0
11	Conectividad con la gran industria nacional	1	0,9	0,5	0,2	0
12	Conectividad con la gran industria trasnacional	1	0,9	0,6	0,2	0
13	Conectividad con la mediana industria	1	0,8	0,4	0,2	0
14	Conectividad con la micro y pequeña industria	1	0,7	0,3	0,2	0
15	Divulgación	1	0,9	0,5	0,2	0
16	Doctorado	1	0,7	0,2	0,05	0
17	Eficiencia	1	0,5	0,2	0,05	0
18	Eficiencia terminal posgrado	1	0,8	0,4	0,1	0
19	Estudiantes de licenciatura IES	1	0,8	0,7	0,5	0
20	Éxito	1	0,8	0,3	0,1	0
21	Fuga de capitales	1	0,1	0,5	0,9	0
22	Generación de empresas	1	0,9	0,4	0,1	0
23	Impacto académico	1	0,9	0,6	0,1	0
24	Impacto doctorado	1	0,9	0,7	0,4	0
25	Impacto gran nacional	1	0,8	0,4	0,2	0
26	Impacto gran trasnacional	1	0,7	0,3	0,05	0
27	Impacto maestría	1	0,9	0,6	0,2	0
28	Impacto mediana	1	0,8	0,6	0,2	0
29	Impacto micro y pequeña	1	0,9	0,7	0,3	0
30	Impacto posgrado gran nacional	1	0,5	0,2	0,05	0
31	Impacto posgrado gran trasnacional	1	0,6	0,3	0,1	0
32	Impacto posgrado mediana	1	0,7	0,3	0,1	0
33	Impacto posgrado micro y pequeña	1	0,5	0,2	0,05	0

**TABLA II (continuación)**

Factor	Escenario	Ideal	Real	Realista	Pesimista	Ineficiencia
34	Impacto social	1	0,5	0,3	0,1	0
35	Incremento de productividad por investigación gran nacional	1	0,4	0,1	0,05	0
36	Incremento de productividad por investigación gran trasnacional	1	0,5	0,2	0,05	0
37	Incremento de productividad por investigación mediana	1	0,8	0,4	0,1	0
38	Incremento de productividad por investigación micro y pequeña	1	0,9	0,5	0,2	0
39	Infraestructura CI	1	0,8	0,4	0,2	0
40	Infraestructura IES	1	0,7	0,3	0,1	0
41	Innovación	1	0,5	0,2	0,05	0
42	Inserción laboral	1	0,6	0,3	0,1	0
43	Inserción laboral en CI	1	0,9	0,7	0,4	0
44	Inserción laboral en IES	1	0,9	0,7	0,4	0
45	Inserción nivel posgrado	1	0,6	0,3	0,1	0
46	Investigadores en el SNI	1	0,9	0,6	0,2	0
47	Investigadores no SNI	1	0,8	0,6	0,2	0
48	Maestría	1	0,7	0,3	0,1	0
49	Negocios	1	0,5	0,2	0,05	0
50	Otras CI	1	0,8	0,4	0,2	0
51	Otras IES	1	0,8	0,4	0,2	0
52	Reconocimiento internacional	1	0,8	0,4	0,1	0
53	Reconocimiento nacional	1	0,8	0,4	0,1	0
54	Reinversión en CI	1	0,5	0,2	0,05	0
55	Reinversión en IES	1	0,3	0,1	0,05	0
56	Reinversión privada	1	0,6	0,3	0,1	0
57	Reinversión pública	1	0,6	0,3	0,1	0
58	Utilidad social	1	0,7	0,3	0,1	0
59	Valor agregado personal	1	0,8	0,4	0,1	0
60	Valoración empresarial	1	0,8	0,4	0,1	0

Fuente: elaboración propia.

**Nota:** Los valores presentados en esta tabla son resultado de la opinión de un conjunto de líderes de opinión trabajando en la región de Querétaro en los sectores académico, industrial, gubernamental y financiero. Se recabaron opiniones de líderes de cada uno de los sectores y se obtuvo el valor promedio para cada uno de los factores y escenarios considerados.

Es importante hacer notar que los valores de esta tabla permiten analizar escenarios de la influencia que la investigación científica y la educación superior tienen en el sistema de innovación de la región y que pueden ser modificados, precisamente, para simular escenarios que permitan tomar decisiones sobre cuánto y dónde invertir para el desarrollo científico y tecnológico.

En la tabla III se presentan los resultados obtenidos en los seis escenarios mencionados anteriormente, considerando como entrada una unidad monetaria de financiamiento para ciencia y tecnología expresada en unidad monetaria por año (\$/año). Para los diferentes escenarios, se presentan los resultados para las variables de salida, generación de recursos académicos, impacto económico e impacto social.

**TABLA III**  
*Comparación de escenarios para el SIRQ*

Escenarios	Recursos para proyectos de investigación (\$/año)	Generación de recursos académicos (\$/año)	Impacto económico (\$/año)	Impacto social (\$/año)
OPTIMISTA A	1,000	1,500	61,00	63,50
OPTIMISTA B	1,000	1,500	30,00	32,50
REAL	0,918	0,369	9,753	5,214
REALISTA	0,312	0,008	1,383	0,417
PESIMISTA	0,100	$1,25 \times 10^{-5}$	0,066	0,007
INEFICIENCIA	1,000	0	0	0

Fuente: elaboración propia.

Al realizar la comparación de los seis escenarios propuestos se observa lo siguiente para el SIRQ:

- Por mucho el escenario optimista A resulta ser el óptimo, pues por cada 1 \$/año invertido en investigación científica y tecnológica, se tiene como beneficio económico 61 \$/año y como beneficio social 63,5 \$/año.
- La única diferencia entre el escenario optimista A y B, es que en el A se tiene una interconectividad interinstitucional que trabaja con eficiencia. Tal y como se observa, la existencia de instituciones organizadas con objetivos y metas comunes, trae como consecuencia una duplicación de los beneficios obtenidos, tal y como se asume en el escenario A. Sin interconectividad institucional, el escenario B, sólo obtiene 30 \$/año de impacto económico y 32,5 \$/año de impacto social.
- Ambos escenarios optimista A y B generan recursos académicos por 1,5 \$/año por cada 1 \$/año invertido en ciencia y tecnología, el resultado es el mismo para ambos casos. Aunque podría esperarse que el resultado fuera el doble para el escenario A, esto no sucede, debido a que la interconectividad es muy importante para conseguir impacto, ya sea social o económico, no así para el sector académico, que tiene su propia dinámica y puede sobrevivir como un «lujo académico».

- d) Tanto el escenario optimista A como el B, son escenarios ideales a los que difícilmente se tendrá acceso de forma inmediata.
- e) De acuerdo a las consideraciones realizadas, el objetivo a fijarse es el modelo real, el cual podría llegar a alcanzarse bajo ciertas situaciones y compromisos por parte de los actores del SIRQ.
- f) En el escenario real, aunque se invierte 1 \$/año, al entrar en el SIRQ se convierte en 0,918 \$/año, que produce 0,369 \$/año en generación de recursos académicos, 9,753 \$/año en impacto económico y 5,214 \$/año en impacto social. Lo cual comparado con los escenarios A y B es pobre, sin embargo, es plausible y factible, observándose buenos beneficios para la región.
- g) Se puede considerar que el escenario realista es el que vive la región de Querétaro actualmente, donde por cada 1 \$/año invertido, se tiene 0,008 \$/año en generación de recursos académicos, 1,383 \$/año en impacto económico y 0,417 \$/año en impacto social. Lo cual se ve reflejado en la región: academia activa, pero económicamente improductiva, economía industrial activa desvinculada de la academia y escaso impacto social. Lo anterior refleja el concepto de que bajo las condiciones actuales de funcionamiento del SIRQ, la investigación a nivel posgrado es un «lujo académico».
- b) Los escenarios pesimista y de ineficiencia total, ilustran lo catastrófico de la situación, de seguir actuando aislados el gobierno, la academia, la industria y el sector financiero.

Los resultados obtenidos del modelo desarrollado, coinciden fielmente con la situación de la investigación en el SIRQ, considerando lo que reflejan los indicadores académicos sociales y económicos de la región (CONACYT, 2007), por lo que se estima posible su aplicación a nivel nacional.

## **6. Bibliografía**

- Alfonso, O.; Monteiro, S.; Thompson, M. (2010): A Growth model for the Quadruple Helix Innovation Theory. Working Paper Series. NIPE WP, 12/2010, Universidad de Mioho.
- Braczyk, H. J.; Cooke, P.; Heidenreich, M. (ed.). (1998): *Regional innovation systems: the role of governance in a globalized world*. London and Pennsylvania: UCL Press.
- Breschi, S.; Malerba, F. (1997): Sectoral innovation systems: technological regimes, Schumpeterian dynamics, and spatial boundaries. En: Edquist, C. (ed.) *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*. London and Washington: Pinter/Cassell Academic.
- Carlsson, B. (ed.) (1995): *Technological systems and economic performance: the case of factory automation*. Dordrecht: Kluwer.
- CONACYT. (2007): Estado del Arte de los Sistemas Estatales de Ciencia y Tecnología. Querétaro. Dirección Adjunta de Desarrollo Regional y Sectorial. Dirección de Desarrollo Estatal.

- Cooke, P.; Gómez Uranga, M.; Etxebarria, G. (1997): Regional systems of Innovation: Institutional and Organizational Dimensions, *Research Policy*, 26, 475-491.
- Desai, N. (2006): A Framework for Technology Transfer. PICMET Proceedings, 1781-1788.
- Edquist, C. (ed.) (1997): *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*. London: Pinter Publisher, Cassell Academic.
- Edquist, C. (2001): Systems of Innovation for Development (SID). Background paper for the UNIDO World Industrial Development Report (WIDR), written for Investment Promotion and Institutional Capacity-building division, Industrial Policies and Research Branch, United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), January 2001.
- Edquist, C.; Mckelvey, M. (ed.) (2000): *Systems of Innovation: Growth, Competitiveness and Employment*. An Elgar Reference Collection (two volumes), Cheltenham: Edward Elgar.
- Etzkowitz, H.; Leydesdorff, L. (2000): The dynamics of innovation: from National System and Mode 2 to a Triple Helix of University - industry - government relations. *Research Policy*, 29, 109-123.
- Freeman, C. (1988): Japan: A new national innovation system. En: Dosi, G.; Freeman, C.; Nelson, R.; Silverberg, G.; Soete, L. (eds.) *Technology and Economy Theory*. London: Pinter Publishers, 330-348.
- Freeman, C. (1995): The National System of Innovation in Historical Perspective. *Cambridge Journal of Economics*, vol. 19 (1), 5-24.
- Lozano, A. (2003): Industria, Vinculación, Academia. NTHE, Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro, boletín núm. 17, 5-10.
- Lozano, A. (2008): Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología en Querétaro, Horizonte a 25 años. NTHE, Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro, boletín núm. 25, 3-15.
- Lozano, A. (2009): Vinculación, Algunos Casos de Éxito. NTHE, Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro, boletín 26, 3-14.
- Lundvall, B. A. (1985): Product innovation and user-producer interaction, industrial development. Research Series 31, Aalborg: Aalborg University Press.
- Lundvall, B. A.; Nielsen, P. (2007): Knowledge management and innovation performance. *International Journal of Manpower*, 28 (4), 207-223.
- Muñoz, A.; Lozano, A.; Bernal, M. C. (2001): *Vinculación, algunos aspectos que ilustran la problemática para establecer la relación Academia-Industria*. Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro, p. 5-22.
- Nelson, R. (1993): *National Innovation Systems: A comparative analysis*. Oxford University Press, p. 541.
- OCDE y EUROSTAT (2005): *Manual de Oslo* (3.<sup>a</sup> ed.). París.
- Rohrbeck, R.; Döhler M.; Arnold, H. M. (2009): Creating growth with externalization of R&D results- the spin-along approach. *Global Business and Organizational Excellence*, 28, 44-51.
- Sancho, R. (2007): Innovación Industrial. *Revista Española de Documentación Científica*, vol. 30 (4), 553-564.