



Centro de Investigación en Alimentación y
Desarrollo, A.C.

**CLASIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE
LOS SISTEMAS REGIONALES DE INNOVACIÓN EN
MÉXICO**

Por:

Cuitláhuac Valdez Lafarga

TESIS APROBADA POR LA

COORDINACIÓN DE DESARROLLO REGIONAL

Como requisito parcial para obtener el grado de

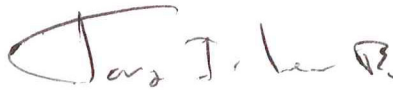
DOCTOR EN CIENCIAS

Hermosillo, Sonora


Junio 2014

APROBACIÓN

Los miembros del comité designado para la revisión de la tesis de Cuitláhuac Valdez Lafarga, la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Doctor en Ciencias.



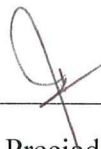
Dr. Jorge Inés León Balderrama
Director de Tesis



Dr. Pablo Wong González
Asesor



Dr. Sergio Alfonso Sandoval Godoy
Asesor



Dr. Juan Martín Preciado Rodríguez
Asesor



Dr. Santos López-Leyva
Asesor

DECLARACIÓN INSTITUCIONAL

La información generada en esta tesis es propiedad intelectual del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD). Se permiten y agradecen las citas breves del material contenido en esta tesis sin permiso especial del autor, siempre y cuando se dé crédito correspondiente. Para la reproducción parcial o total de la tesis con fines académicos, se deberá contar con la autorización escrita del Director General del CIAD.

La publicación en comunicaciones científicas o de divulgación popular de los datos contenidos en esta tesis, deberá dar los créditos al CIAD, previa autorización escrita del manuscrito en cuestión del director de tesis.



Dr. Pablo Wong González
Director General

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, debo agradecer al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo brindado durante mi formación en el doctorado, tanto en lo económico como en lo institucional.

Al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., CIAD, por brindarme un ambiente donde me he podido desarrollar como investigador y académico a lo largo de estos cuatro años.

De manera muy especial, debo agradecer al Dr. Jorge León. Como director de tesis, su apoyo incondicional y su trato me han ayudado a sobrellevar este proceso formativo, alentándome a seguir en el camino de la investigación.

Agradezco también a todos los miembros del comité, cuyo apoyo en la retroalimentación de este trabajo ha sido invaluable. Al Dr. Sandoval, por enseñarme a sustentar mis ideas. Al Dr. Preciado, por su apoyo en los temas cuantitativos. Al Dr. López-Leyva, que aún en la distancia se tomó el tiempo para hacerle observaciones de valor a mi trabajo. Al Dr. Wong, por su interés en este trabajo, y sus observaciones siempre pertinentes.

A los integrantes de la CPA: Dra. Gloria Yépiz, Laura García, Argelia Marín, Verónica Araiza y Héctor Galindo, quienes siempre me recibieron con una sonrisa y la mejor disposición para ayudarme con mis dudas académicas y administrativas. Al M.I.I. Alfonso Coronado Sesma por su apoyo técnico en la edición de mi tesis.

A mis compañeros de D. R., con quienes forjé amistades en estos años, y con quienes espero colaborar en el futuro. Una mención especial para Cristina Garza, Sergio Otero, Arturo Robles, Erika Cassio, Rocío Arreguín, Venecia Gutiérrez y Karla Patricia Romo.

Finalmente, agradezco a mis padres, cuyo apoyo constante e incondicional me han permitido seguir adelante con mis propósitos de vida. A mi madre, por su gran amor que me alienta a diario a no hacer concesiones con mis capacidades. A mi padre, que me convenció de aventurarme al doctorado y me ha apoyado con sus grandes capacidades intelectuales. Gracias a ellos por creer en mí.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi esposa Yessica, y a mi hija Valentina, por ser las razones más grandes que tengo para seguir adelante, aun cuando el camino parece difícil. Este viaje llamado posgrado ha valido la pena gracias a ustedes.

Las amo infinitamente.

También la dedico a mis padres y hermano, cuyo amor y apoyo incondicional me han guiado siempre. Espero saber corresponder a su cariño. Los quiero.

CONTENIDO

	Página
LISTA DE TABLAS	x
LISTA DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
CAPÍTULO I. MARCO CONCEPTUAL: LOS SISTEMAS DE INNOVACIÓN	8
1.1 El Concepto Sistema y el Concepto Innovación	8
1.2 Sistemas de innovación	13
1.2.1 Definición de Sistema de Innovación	14
1.2.2 Estructura de los Sistemas de Innovación	15
1.2.3 Sistema Nacional de Innovación (SNInn)	16
1.2.4 De la Visión Nacional a la Visión Regional	20
1.2.5 Sistema Regional de Innovación (SRI)	22
1.2.6 El Concepto de Región	23
1.2.7 Concepto de SRI	24
1.2.8 Similitudes y Diferencias Entre SNInn y SRI	27
1.3 Evaluación de Capacidades y Desempeño	28
1.3.1 La Evaluación en el Contexto de Sistemas de Ciencia, Tecnología e Innovación	29

CONTENIDO (Continuación)

	Página
1.3.2 El Análisis Envolvente de Datos Como Herramienta de Evaluación	34
CAPÍTULO II. EL SISTEMA DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN MÉXICO: UN MARCO CONCEPTUAL	37
2.1 Marco Conceptual del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación Mexicano	37
2.1.1 Un Marco Basado en los Criterios de la OCDE	37
2.1.2 El Marco Legal	38
2.1.3 Programas Especiales de Ciencia y Tecnología	39
2.1.4 Estructura del SNInn en México	40
2.1.5 Cómo se Mide la Innovación en México	46
2.1.6 Debilidades en la Medición y Evaluación del Sistema de CTI	48
2.1.7 Un Enfoque de SRI Para México	49
CAPÍTULO III. HACIA UNA TAXONOMÍA DE LOS SRI EN MÉXICO	53
Introducción	54
3.1 Los SRI Como Marco de Análisis	56
3.2 Antecedentes de Elaboración de Taxonomías Para Sistemas de Innovación	60
3.3 Información Utilizada Para la Elaboración de Una Taxonomía de los SRI en México	64
3.3.1 Dimensiones e Indicadores Para la Clasificación de los SRI	64
3.4 Métodos	70

CONTENIDO (Continuación)

	Página
3.4.1 Análisis de Clústeres	70
3.4.2 Análisis de Varianza (ANOVA)	70
3.5 Resultados: Una Propuesta de Taxonomía de los SRI de México en base a sus Condiciones, Capacidades y Resultados	71
3.5.1 La Obtención de Clústeres de SRI	71
3.5.2 Las Principales Características de los Distintos Tipos de SRI	72
3.5.3 Ranking de los SRI en Base a Sus Condiciones y Capacidades	81
3.6 Conclusiones	87
CAPÍTULO IV. LA EFICIENCIA DE LOS SRI EN MÉXICO	89
Introducción	90
4.1 Revisión de la Literatura	92
4.1.1 ¿Qué se Entiende por Eficiencia de SRI?	92
4.1.2 ¿Para Qué y Cómo Evaluar el Desempeño de los SRI?	93
4.1.3 Análisis Envolvente de Datos	98
4.1.4 Regresión Tobit	104
4.1.5 Regresión Logística Binaria	105
4.1.6 Análisis de Eficiencia en 2 Etapas	106
4.2 Metodología	107
4.2.1 Estructura Metodológica	107
4.2.2 Variables	108

CONTENIDO (Continuación)

	Página
4.2.3 Análisis de Eficiencia	111
4.2.5 Ranking de los SRI Mexicanos	114
4.3 Resultados y Discusión	116
4.3.1 Etapa 1: Resultados Generales de Eficiencia	116
4.3.2 Clasificación de los SRI	122
4.3.3 Etapa 2: Análisis de Regresión Tobit	133
4.3.4 Ranking de los SRI en base a Eficiencia	138
4.4 Conclusiones	142
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES GENERALES	146
5.1 Sobre la Clasificación de los SRI Mexicanos	147
5.2 Sobre la Eficiencia de los SRI Mexicanos	148
5.3 Aportaciones del Estudio	150
5.3.1 Aportaciones Teóricas	150
5.3.2 Aportaciones Prácticas	151
5.4 Limitaciones del Estudio	152
5.5 Líneas de Investigación Futuras	153
BIBLIOGRAFÍA	154
ANEXOS	170

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla 1: Problemáticas de las funciones de producción y fronteras de producción	33
Tabla 2: Otros agentes del componente de Administración Pública	42
Tabla 3: Instrumentos de apoyo a las actividades de CTI en México	45
Tabla 4: Instrumentos para la recolección de información sobre CTI en México	47
Tabla 5: Selección de tipologías de regiones de la Unión Europea basadas en análisis estadísticos	63
Tabla 6: Dimensiones e indicadores de los SRI	66
Tabla 7: ANOVA inter-grupal	73
Tabla 8: Una propuesta de taxonomía de los SRI mexicanos	79
Tabla 9: Ranking de los SRI de acuerdo al índice general como promedio de las 8 dimensiones	82
Tabla 10: Comparación de metodologías para <i>ranking</i> de SRI mexicanos	85
Tabla 11: Rankings de SRI mexicanos	86
Tabla 12: Prueba de independencia para <i>rankings</i> mediante coeficiente de Kendall	86
Tabla 13: Algunas metodologías de evaluación y sus medidas asociadas de salidas, resultados e impactos	95
Tabla 14: Algunas aplicaciones de DEA para evaluar sistemas de I+D+i	103
Tabla 15: Indicadores de innovación del European Innovation Scoreboard 2007	109

LISTA DE TABLAS (Continuación)

	Página
Tabla 16: Indicadores para análisis de eficiencia de los SRI mexicanos	110
Tabla 17: Factores Ambientales para Análisis de Regresión	113
Tabla 18: Modelos de producción	117
Tabla 19: Índices de eficiencia (%)	118
Tabla 20: Rendimientos de escala	119
Tabla 21: Peers por modelo de producción	121
Tabla 22: Promedio de peers	121
Tabla 23: Análisis de correlación de Pearson para modelos de producción CCR	123
Tabla 24: Valores p y R-cuadrada para ANOVAS de conglomerados	123
Tabla 25: Configuración de conglomerados CCR	124
Tabla 26: Estadísticas descriptivas de inputs/outputs por grupo	125
Tabla 27: Dimensiones e indicadores de los SRI	133
Tabla 28: Factores ambientales para análisis de regresión	135
Tabla 29: Coeficientes y valores t de modelo Tobit para eficiencia bajo CCR	135
Tabla 30: Coeficientes y valores t de modelo Tobit para eficiencia bajo BCC	136
Tabla 31: Promedio de índices de eficiencia (%)	139
Tabla 32: Ranking por promedios de eficiencia CCR	139
Tabla 33: Ranking por promedios de eficiencia BCC	139

LISTA DE TABLAS (Continuación)

	Página
Tabla 34: Regresión logística para modelos bajo CCR	140
Tabla 35: Regresión logística para modelos bajo BCC	140
Tabla 36: Ranking con probabilidades bajo eficiencia CCR	141
Tabla 37: Ranking con probabilidades bajo eficiencia BCC	141
Tabla 38: Prueba de independencia mediante coef. de Kendall eficiencias CCR	142
Tabla 39: Prueba de independencia mediante coef. de Kendall eficiencias BCC	142

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Estructura de un SRI	26
Figura 2: Esquema general de los componentes del Sistema Nacional de Innovación en México	41
Figura 3: Dendrograma de aglomeración jerárquica con enlace Ward y distancia euclidiana	72
Figura 4: Características de los SRI del clúster 1	74
Figura 5: Características de los SRI del clúster 2	75
Figura 6: Características de los SRI del clúster 3	76
Figura 7: Características de los SRI del clúster 4	77
Figura 8: Características de los SRI del clúster 5	78
Figura 9: Características de los SRI del clúster 6	79

RESUMEN

En años recientes, un enfoque de estudios empíricos sobre los sistemas de innovación se ha dirigido hacia la evaluación de la eficiencia de dichos sistemas. Una manera de realizar este tipo de análisis es a través del análisis envolvente de datos (DEA, por sus siglas en inglés), el cual tiene la capacidad para medir la eficiencia relativa a partir de múltiples factores de insumos y productos.

El objetivo de este estudio es proponer una metodología para medir y comparar el desempeño de los sistemas regionales de innovación (SRI) mexicanos a partir de la metodología DEA. La motivación surge de una revisión de la literatura que muestra una marcada carencia de estudios empíricos que busquen evaluar la productividad de los sistemas de innovación del país a nivel regional.

Un primer análisis consistió en clasificar los SRI a partir de indicadores que describen sus condiciones, capacidades y resultados de innovación. Mediante un constructo de dimensiones de innovación, se llevó a cabo un análisis de conglomerados, el cual permitió diferenciar 6 grupos con características particulares en términos del contexto analizado. El análisis de eficiencia, se llevó a cabo evaluando y obteniendo índices de eficiencia para 6 modelos de producción diseñados a partir de 3 variables de insumo y 2 de producto: uno general que incluye todos los indicadores de input y output, así como cinco modelos alternos con enfoques en algún indicador particular. Un análisis de conglomerado a través de los índices de eficiencia de los modelos de producción enfocados en outputs, identificó cinco grupos con características particulares a su nivel de desempeño. Adicionalmente, se realizó un ranking de los SRI mediante dos métodos (promedio y regresión logística), a partir de las eficiencias de los seis modelos de producción. Los rankings se compararon mediante una prueba de independencia para la tau de Kendall, resultando en el rechazo de la hipótesis de independencia de los datos ordinales. Finalmente, se realizó un análisis de regresión Tobit con el fin de identificar factores ambientales determinantes de la eficiencia de los SRI. Los factores de gasto público y comunicación resultaron significativos bajo este análisis.

Palabras claves: sistemas regionales de innovación, eficiencia, factores ambientales

ABSTRACT

In recent years, a focus on empirical studies concerning innovation systems has been aimed at evaluating the efficiency of these systems. One way of doing this type of study is through data envelopment analysis (DEA), which has the capacity of measuring the relative efficiency of decision making units given multiple input and output factors.

The aim of this study is to explore the possibility of measuring and comparing the performance of Mexican regional innovation systems (RIS) through the DEA methodology. The motivation for this study comes from a strong lack of empirical studies found in the literature surrounding the evaluation of the productivity of the countries innovation systems at regional level.

A first analysis consisted in classifying the RIS through indicators describing their conditions, capacities and results in innovation. Through a construct of innovation dimensions constituted of several indicators, a cluster analysis was applied, identifying 6 groups with particular characteristics in terms of the analyzed context. The efficiency analysis was done evaluating and obtaining efficiency scores for 6 production models designed with 3 input and 2 output variables: a general model including all the input and output variables, as well as five alternative models with a focus on a particular variable. A cluster analysis with the efficiency scores for the output based production models identified 5 groups with particular characteristics according to their performance. Additionally, the RIS were ranked using two methods (average efficiency and logistic regression) based on the efficiency scores for the six models. The rankings were tested for independence through a significance test with a Kendall rank coefficient, resulting in the rejection of the null hypothesis for independence. A Tobit regression analysis was applied aimed at identifying determinant environmental factors for the efficiency of the RIS. Public expenditure and communication resulted as significant factors under this analysis.

Keywords: regional innovation systems, efficiency, environmental factors

INTRODUCCIÓN GENERAL

Las tendencias actuales del desarrollo están ligadas a la generación de nuevo conocimiento a través de la investigación, la transferencia de tecnología y la innovación. El desarrollo económico, social y ambiental de una región o país, requiere de esfuerzos conjuntos enfocados al impulso de ideas y productos que puedan detonar la creación de nuevas empresas, capital humano, infraestructura, etcétera. En este sentido, el desarrollo e implementación de sistemas de innovación (SI) actualmente están recibiendo especial atención. Estos sistemas integran redes de instituciones de investigación, de empresarios emprendedores e instituciones gubernamentales directamente involucradas en el desarrollo económico y social de un país o región. El enfoque de sistemas de innovación surge como un intento de formular un marco conceptual para la creciente teoría sobre innovación (Navarro, 2003). El marco conceptual de un SI está fuertemente ligado al sistema donde se encuentran las empresas, el marco de las instituciones y organizaciones, el contexto cultural y social, los sistemas regulatorios, así como otras infraestructuras. Todos estos componentes, a través de sus actividades, dan forma a las acciones de las empresas a través de leyes, financiamiento público, reglas sociales, regulaciones de salud, etc. (Navarro, 2003). Podemos entonces argumentar que las instituciones y organizaciones son algunos de los componentes centrales de un SI. En general, los SI se ocupan de las interacciones entre la gran gama de actores involucrados en el sistema para dar una explicación al desarrollo de conocimiento, y a partir de esto, del comportamiento socio-económico del lugar donde se encuentra el SI.

Los estudios iniciales sobre SI hicieron énfasis sobre un contexto nacional. Sin embargo, el concepto de SI nacional se ha debilitado como resultado de la globalización, tomando importancia el concepto de sistema regional de innovación (SRI). Un SRI se considera como un conjunto de redes conformadas por agentes públicos y privados que interactúan y retroalimentan mutuamente en un territorio específico usando las ventajas

de su infraestructura, con el propósito de adaptar, generar y extender conocimiento e innovaciones (Buesa, et.al., 2006).

Una de las razones más importantes para considerar la alternativa de SRI, son los hallazgos de estudios recientes que indican que el proceso de innovación en general, así como en industrias particulares, tiende a ser altamente localizado (Enright, 2002). Esto significa que la comunicación cara a cara, informal e incluso no planeada, son esenciales para el proceso de innovación. Adicionalmente, se pueden proponer políticas descentralizadas aplicables a nivel regional (Porter, 1990).

Si bien, durante los últimos veinticinco años, los estudios sobre sistemas de innovación han tocado los temas principales (marco conceptual, modelos, etc.), los enfoques recientes en su estudio oscilan entre las instituciones que apoyan a la innovación o las relaciones entre empresas y otras organizaciones (Kastelle, et. al. 2009). Estos estudios, en su conjunto, han permitido encontrar los factores claves que conforman un sistema regional de innovación y determinan la capacidad tecnológica de una región para la innovación. Algunos factores importantes encontrados son: a) la existencia y producción de capital humano, b) los procesos para la adquisición de conocimiento, c) la habilidad para comercializar los conocimientos nuevos, d) la presencia de infraestructuras de soporte y e) la apertura del país a la competencia. Entender estos y otros factores puede ayudar a proveer una forma de medir las capacidades nacionales y/o regionales de innovación y generar una guía para la política de innovación.

El desarrollo de un espacio geográfico debe impulsar el diseño e implementación de métodos de evaluación para las políticas de innovación a nivel regional (Zabala y Jiménez, 2006). Las metodologías de evaluación tienden a seguir una visión lineal de la innovación y dejan de considerar las características sistémicas de la región que evalúan. En consecuencia, los resultados de estas evaluaciones pueden llevar a conclusiones desviadas de la realidad, las cuales son inadecuadas para apoyar la formulación de políticas de innovación. Por lo tanto, las políticas (e instrumentos) de evaluación de los SRI debe progresar hacia una visión sistémica donde las entradas, salidas, resultados y/o impactos sean considerados, así como los actores y relaciones dentro de los límites del sistema (Zabala y Jiménez, 2006).

Por otro lado, durante la última década aproximadamente, México empieza a considerar los sistemas de innovación como medio para entrar en el mundo competitivo de los mercados globales. Sin embargo, estudios recientes de la OCDE (2009) han encontrado deficiencias en la articulación de los SI en el país, debido a una serie de factores que afectan esta tarea: el gasto de PIB mexicano para investigación y desarrollo (I+D) se encuentra en 0.5%, mientras que el promedio de los países de la OCDE se encuentra en 2%; el porcentaje de población con educación terciaria está por debajo del promedio de los demás países de la OCDE; la especialización de la economía está presente en un reducido número de regiones; no existe un enfoque coordinado de políticas de desarrollo regional; no existe una adecuada vinculación entre institutos de educación superior (IES) y empresas; el país cuenta con una limitada infraestructura de instituciones para la promoción y negociación de financiamientos; la diferencia en capacidades de innovación entre regiones rebasa los niveles de otros países de la OCDE.

En general, se observa un inadecuado planteamiento de políticas e infraestructuras de innovación necesarios para apoyar la formación de capital humano, financiar proyectos de innovación, crear y fortalecer vínculos entre IES y empresas, y reducir las disparidades en capacidad de innovación que encontramos a través de las regiones mexicanas.

Sin embargo, esto no refleja un desinterés de la política nacional en torno a estos problemas. Por el contrario, la ley en materia de ciencia y tecnología contempla una serie de actividades que, de llevarse a cabo, tendrían un efecto positivo hacia el mejoramiento de todo el sistema nacional de ciencia y tecnología. Dentro de lo que estipula esta ley, y particularmente a través del Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación, encontramos algunos objetivos centrales que persigue el país, entre los que destacan consolidar una política de estado en materia de ciencia, tecnología e innovación, incrementar la capacidad científica y tecnológica del país, elevar la competitividad y la innovación en las empresas, entre otros. En este sentido, el Programa contempla tres objetivos que son de particular interés al presente estudio; la descentralización de las actividades científicas, tecnológicas y de innovación y la consolidación de los sistemas estatales de ciencia, tecnología e innovación, así como el desarrollo de instrumentos para el monitoreo y la evaluación de las actividades de

ciencia, tecnología e innovación (CTI). La evaluación del desempeño de las actividades de CTI, desde una perspectiva sistémica, no se ha abordado exhaustivamente con un enfoque cuantitativo basado en la eficiencia productiva de los sistemas de innovación, especialmente para países en vía de desarrollo, y México no es la excepción. Adicionalmente, el estudio de las actividades de CTI en México desde un enfoque regional es aún incipiente, especialmente en lo referente a estudios de evaluación cuantitativa. Si bien se ha trabajado de manera importante en la descripción de las condiciones, capacidades y resultados de las entidades federativas caracterizadas como sistemas productores de innovación, se han dejado de lado la evaluación del desempeño de dicha productividad, así como el uso de metodologías que pudieran explicar las diferencias en desempeño de los sistemas.

Dado lo anterior, surgen un par de preguntas que abordaremos en esta investigación: ¿Existe relación entre las condiciones y capacidades de los sistemas regionales de innovación mexicanos y el nivel de eficiencia de éstos? ¿Cuáles factores sistémicos influyen significativamente sobre el nivel de eficiencia de los sistemas regionales de innovación en México?

Si bien algunos estudios han mostrado un efecto significativo del gasto privado en I+D, en México esa inversión recae mayormente sobre el rubro de gasto público. Los proyectos de investigación con mayores recursos son financiados por programas como los Fondos Mixtos, Fondos Sectoriales, Programa para el Desarrollo de la Industria del Software (PROSOFT), Programa de Alto Valor Agregado en Negocios con Conocimiento y Empresarios (AVANCE), etc.

Aunque no siempre de manera explícita, el factor comunicación es referenciado constantemente en la literatura como clave para el desempeño de un sistema de innovación (Ver Johnson, 1992; Coombs y Metcalfe, 1998; Antonelli, 2000; Cooke, 2001; Rózga, 2003; entre otros). Este factor se vuelve relevante toda vez que la innovación se considera un producto de la *interacción* de varios actores organizacionales (Edquist, 2005). Asumimos entonces que la comunicación está directamente relacionada a la interacción, y por lo tanto resulta un factor relevante para la operación de los SRI en México.

Las respuestas tentativas a las preguntas anteriores, basadas en los antecedentes consultados, se resumen en las siguientes afirmaciones (hipótesis):

1. El nivel de eficiencia de los SRI mexicanos está asociado a sus condiciones y capacidades de innovación.
2. Los factores sistémicos de gasto público y comunicación influyen significativamente sobre el nivel de desempeño de los sistemas regionales de innovación mexicanos.

El objetivo general del presente estudio es contribuir en el desarrollo de instrumentos de evaluación de actividades de CTI, desde un enfoque regional. Para tal motivo, se adoptó el marco conceptual de los sistemas regionales de innovación como fuente de los fundamentos teóricos alrededor de los sistemas de innovación, adaptándolo al contexto mexicano. La idea central fue diseñar e implementar una metodología integral que nos permita clasificar y evaluar el desempeño de los sistemas regionales de innovación mexicanos, desde un enfoque cuantitativo, y que esta metodología sea una herramienta práctica y útil para los tomadores de decisiones en política sobre CTI del país.

Como objetivos particulares tenemos:

1. Clasificar y caracterizar los sistemas regionales de innovación mexicanos a partir de sus condiciones, capacidades y resultados en actividades de innovación.
2. Evaluar la eficiencia productiva de los sistemas regionales de innovación.
3. Identificar los factores ambientales que explican los niveles de eficiencia de los sistemas regionales de innovación.

Estructura del documento:

Este documento está integrado en 4 capítulos. El Capítulo I presenta un marco conceptual para los sistemas de innovación. En él se definen los conceptos de sistema, región, sistema nacional de innovación y sistema regional de innovación. Adicionalmente, se abordan los conceptos de evaluación de capacidades y desempeño.

El Capítulo II presenta un resumen de las características del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación mexicano, delineando las áreas de oportunidad que motivaron el propósito del presente trabajo.

En el Capítulo III se desarrolla una metodología para clasificar los sistemas regionales de innovación mexicanos, y se propone una taxonomía de los mismos. Para tal objetivo, se definen un conjunto de indicadores, estructurados en una serie de dimensiones de sistemas de innovación, mediante una adaptación del trabajo de Godinho *et al.* (2006). A partir de estos indicadores, se implementa un análisis de conglomerados jerárquico para clasificar a los sistemas regionales de innovación mexicanos a partir de sus condiciones, capacidades y resultados; para así proponer una clasificación taxonómica de los sistemas regionales de innovación existentes en el país. Adicionalmente, se presenta un *ranking* de los SRI a partir de los índices de las dimensiones de innovación. Este análisis inicial busca ilustrar las diferencias regionales existentes en el país en el contexto de las actividades de ciencia, tecnología e innovación. Además, se propone como un primer paso para posteriormente contrastar estos resultados con los de un análisis de eficiencia productiva de los sistemas regionales de innovación mexicanos.

El Capítulo IV aborda la evaluación del desempeño de los SRI mexicanos, en términos de su eficiencia productiva. Tomando como referencia estudios similares (ver Lee y Park, 2005; Hollanders y Esser, 2007; Bosco y Brugnoli, 2010; entre otros), se propone la utilización de algunos indicadores input (insumos) y output (productos) y la metodología DEA para realizar la evaluación de eficiencia. Con el fin de identificar factores ambientales determinantes de la eficiencia de los sistemas, se realizó un análisis de regresión Tobit para el cual se seleccionaron los índices de eficiencia como variable de respuesta, y algunos indicadores utilizados en el estudio de clasificación como variables explicativas. Adicionalmente, se clasificaron los sistemas en términos de sus resultados de eficiencia a través de un análisis de conglomerados jerárquico, para analizar las diferencias entre dichos sistemas en términos de su desempeño productivo. Los resultados obtenidos permitieron generar un ranking de los SRI mexicanos en términos de su eficiencia productiva.

Finalmente, en el Capítulo V se presentan las conclusiones generales del trabajo, las aportaciones y limitaciones del mismo, e ideas para investigaciones posteriores.

CAPÍTULO I. MARCO CONCEPTUAL: LOS SISTEMAS DE INNOVACIÓN

Resumen

Esta sección presenta una visión general de los conceptos y antecedentes asociados a la investigación propuesta en este trabajo. Se inicia con las definiciones y conceptualizaciones de innovación, sistema y sistemas de innovación. Adicionalmente, se aborda el concepto de evaluación de capacidades y desempeño y el método de evaluación que se abordará en este trabajo.

1.1 El Concepto Sistema y el Concepto Innovación

La comprensión de los procesos que intenta estructurar y explicar el enfoque de sistemas de innovación está ligada a la comprensión de los conceptos subyacentes del propio enfoque sistémico. Los conceptos más básicos sobre los que descansa el enfoque de sistemas de innovación son precisamente *sistema* e *innovación*. A continuación se abordarán ambos conceptos.

Sistema:

El concepto de sistema se ha aplicado a una gran variedad de áreas de estudio, las cuales pueden diferir profundamente en su naturaleza conceptual. Sin embargo, se puede reducir el concepto de sistema a sus características más básicas, lo cual es común a cualquier contexto. De acuerdo con Ingelstam (2002: 19):

- Un sistema consiste de dos entidades: Componentes y las relaciones entre ellos. Los componentes y las relaciones deben formar un todo coherente (el cual tiene propiedades diferentes a las entidades en sí).
- El sistema tiene una función, *i.e.* está desempeñando o logrando algo.
- Debe ser posible discriminar entre el sistema y el resto del mundo; *i.e.* debe ser posible identificar las fronteras del sistema.

Más allá de esta reducción simplista del concepto, existe toda una teoría tratada a profundidad sobre los sistemas y su uso para describir y explicar fenómenos complejos. El concepto “componente” es lo que permite llegar a una definición general, la cual aplica a cualquier tipo de sistema, sea formal (e.g., matemáticas, lenguaje), existencial (e.g., ‘mundo real’) o afectivo (e.g., estético, emocional, imaginativo) (Laszlo y Krippner, 1998). De esta manera, una definición básica de sistema es *un grupo de componentes que interactúan y retienen un conjunto de relaciones a través de la suma de sus componentes, y a su vez puede conservar relaciones con otros sistemas* (Laszlo y Krippner, 1998).

La complejidad de los fenómenos observados en el mundo rebasa la capacidad para modelarlos completamente, identificando todos sus componentes y todas sus interacciones. Es por eso que tradicionalmente se ha buscado simplificar esta complejidad. De manera tradicional, los científicos lo han hecho a través de observar elementos individuales asilándolos de la red compleja de relaciones que los unen con su entorno. Esta reducción es tal que les permite describir relaciones lineales en los fenómenos. Sin embargo, mientras que esta ‘reducción a componentes’ ha permitido obtener grandes beneficios prácticos en áreas como la medicina o la ingeniería, no permite revelar como ciertas entidades complejas reaccionan ante un conjunto de influencias complejas a su vez.

En este sentido, el enfoque sistémico propuesto por la teoría de sistemas busca observar los fenómenos complejos en el mundo real en términos de sistemas integrados irreducibles. Se enfoca en el ‘todo’, así como en las interrelaciones complejas entre los componentes del sistema y su ‘ambiente’.

La teoría de sistemas propone que el término ‘ambiente’ se define como el conjunto de todos los objetos que, al cambiar los atributos de estos, afectan al sistema, así como a los objetos cuyos atributos son afectados por el comportamiento del sistema (Hall y Fagen, 1956). De acuerdo a Ackoff, el ambiente de cada sistema social contiene tres niveles de propósito: “el propósito del sistema, de sus partes y del sistema del cual forma parte, el suprasistema” (Ackoff, 1981: 23).

El método propuesto por la teoría de sistemas consiste en modelar entidades complejas abstrayéndolas de ciertos detalles de estructura y componentes, y

concentrándose en las dinámicas que definen sus funciones, propiedades y relaciones internas o externas al sistema (Laszlo y Krippner, 1998).

Innovación:

En su forma más esencial, una innovación es algo nuevo. Esto puede significar un nuevo producto, proceso o, como propuso Schumpeter (1912), una nueva combinación de factores de producción. Esta última definición se puede replantear, para ajustarse a la presente economía basada en el conocimiento, como una nueva combinación de conocimientos (Jang, 2006). Siendo más explícitos, algunas definiciones incluyen: colocar nuevos productos y servicios en el mercado o nuevas formas de producirlos (Bannock, 1992); la aplicación económica de una idea nueva (Black, 1997); implementar cambios en producción o introducir nuevos tipos de mercancías al mercado (Suranyi-Unger, 1982); crear algo nuevo con significancia económica realizado normalmente por compañías (o a veces individuos) (Edquist, 2001). Todas estas definiciones comparten una característica común, su insistencia en que la innovación debe impactar en el mercado para considerarse como tal. Sin embargo, Freeman (1998) va más allá, al proponer que existe un doble significado detrás de innovación debido a que la palabra se usa para indicar la fecha de primera introducción de un nuevo producto o proceso, así como para describir el proceso completo de llevar una invención o conjunto de invenciones a la comercialización. Por lo tanto, resulta importante distinguir entre una *innovación* y un *proceso de innovación*, aunque se enfatiza que el proceso es más importante que la innovación en sí (Lundvall 1995; Edquist, 2000). Actualmente, la definición conceptual de innovación se ha ampliado al incluir todas las actividades del proceso de cambio tecnológico (Cooke, 2003).

El concepto de innovación se usa en conexión con los procesos de cambio tecnológico. Esta idea emana de las propuestas de Schumpeter (1912), mencionadas anteriormente, sobre la visualización de este proceso como una trayectoria de tres etapas: la invención, la innovación y la difusión. Sin embargo, investigaciones posteriores apuntarían hacia un proceso menos lineal. Esto significa que el cambio tecnológico no se da de acuerdo a la lógica del modelo Schumpeteriano, sino que se debe conceptualizar como un proceso cuyo resultado no está determinado; es un proceso más

bien abierto. A medida que se ha desarrollado la teoría de innovación, se ha venido aceptando que el conocimiento fluye en dos direcciones. Esto significa que los impulsores convencionales de I+D en el empuje de la tecnología, y de la demanda de clientes en arrastre del mercado, pueden reforzarse o inhibirse por la retroalimentación entre diferentes etapas y por la influencia de las condiciones del marco de trabajo, tales como política gubernamental y la disponibilidad de capital de riesgo (Greenacre *et al*, 2012). Por otra parte, una característica importante de la innovación es que puede surgir en cualquier lugar, en cualquier momento y en cualquier área de la economía. Por lo tanto, deber ser visto como un fenómeno ubicuo.

Otro consenso importante en la literatura es que la mejor manera de conceptualizar la innovación es a partir de la teoría económica *evolutiva*. De nuevo encontramos un lazo con las ideas de Schumpeter, quien recalcó:

El capitalismo, entonces, es por naturaleza una forma o método de cambio económico y no solo nunca es, pero nunca puede ser estacionario. Y este carácter evolutivo del proceso capitalista no se debe meramente al hecho de que la vida económica se da en un ambiente social y natural que cambia, y por su cambio altera los datos de la acción económica...(Schumpeter, 1975: 82)

Bajo esta perspectiva, el cambio tecnológico se caracteriza por ser lento e incremental, surgiendo de la naturaleza inter-conectada de un número de variables de la esfera económica, social, institucional y tecnológica. Esta visión daría lugar al siguiente paso natural, el cual era explicar cómo y por qué se dan estas características alrededor de los procesos de innovación.

El enfoque evolutivo resulta apropiado para el análisis de la innovación debido a su énfasis en que las relaciones inter-compañías tienen dimensiones de proceso, aprendizaje, cooperación y competitividad (Cooke *et al*, 1997), todas ellas características involucradas en la generación de innovación.

La literatura también identifica diferentes tipos de innovación producidas. El primer tipo, *radical*, se refiere a innovaciones donde un producto totalmente nuevo es producido; segundo tipo, innovación *disruptiva (mayor)*, eventualmente desplazan a las tecnologías, productos o procesos dominantes; el tercer tipo, *incremental*, es

representado por mejoramientos pequeños de productos o procesos existentes (ver Maillat, 1993; Jonsson *et al*, 2000; Asheim y Isaksen, 1996; Rothwell, 1992). Por su parte, Freeman y Perez (1988) incluyen en su taxonomía de innovación otras dos categorías, las cuales hacen una conexión más directa con la visión sistémica de la innovación; Los *cambios de 'tecnología de sistema'* son cambios de largo alcance en la tecnología, causadas por innovaciones técnica y económicamente inter-relacionadas, al combinar aglomerados de innovaciones radicales e incrementales, junto con innovaciones organizacionales y administrativas que afectan a una o más empresas; Finalmente, los *cambios en el 'paradigma tecno-económico'* ('*Revoluciones tecnológicas*') van más allá de trayectorias ingenieriles para procesos o productos de tecnología específicos, y afectan la estructura de costo y condiciones de producción y distribución a través de un sistema económico.

El creciente interés por la innovación reside en la importancia que se le ha dado como un factor determinante del desarrollo económico de naciones y regiones. Grubler et al (1999) proponen que avanzar en el conocimiento tecnológico se ha identificado como el factor de contribución más importante para la productividad y el crecimiento económico de largo plazo. Consecuentemente, el proceso de innovación y la identificación de acciones requeridas para afectar el cambio tecnológico continúan siendo de interés primordial para negocios, gobiernos y académicos. Además, la innovación es considerada cada vez más crucial para tratar los efectos negativos asociados con la misma productividad y crecimiento económico. Estas ideas no son nuevas; de acuerdo con el concepto Schumpeteriano, la innovación es el motor de crecimiento para negocios particulares, regiones y naciones. Podemos visualizar a la innovación como un medio para la competitividad de las compañías, un medio para el desarrollo de regiones, y un medio para el crecimiento de naciones (Lim, 2006). La cuestión que sigue es cómo estudiar la innovación para identificar su función como motor de crecimiento y desarrollo; cuáles son los ambientes en los que se desarrolla, y cómo interactúan los actores para generar innovación.

1.2 Sistemas de Innovación

Los orígenes de la importancia del conocimiento y la innovación como catalizadores de las diferencias en crecimiento económico entre naciones se remontan al siglo XIX. Friedrich List (1841) en su libro *The National System of Political Economy*, propuso el concepto de ‘Sistema Nacional de Producción’ como base de la estrategia ‘catching-up’ alemana.

Partiendo de las ideas de List, el concepto de Sistemas de Innovación (SI) surgiría a partir de los trabajos seminales de Freeman (1987), Lundvall (1992) y Nelson (1993), derivando finalmente en el concepto de ‘Sistema Nacional de Innovación’ (SNInn). El adjetivo *nacional* surgiría como consecuencia del enfoque de los primeros trabajos, particularmente los de Freeman (1987) sobre innovación en Japón, así como del propio Lundvall (1985, 1992) y otros, quienes aplicaron el concepto a una serie de estudios sobre las actividades de innovación en países escandinavos. El concepto de SNInn surge inicialmente como un concepto cualitativo para describir las dimensiones tecnológicas, económicas, sociales e institucionales de la innovación en economías avanzadas, ante las señales claras de nuevos paradigmas tecno-económicos, y con un conjunto de tecnologías radicalmente nuevas empezando a difundirse económicamente. Por ejemplo, Freeman y Perez (1988) se enfocaron primordialmente en el rol del gobierno como facilitador de la actividad innovativa; Lundvall (1988 y 1992) colocó mayor énfasis en el rol de las interacciones entre usuarios y productores; Nelson (1993) concluyó que las diferencias en sistemas de innovación entre naciones eran un reflejo de las diferencias en circunstancias económicas y políticas, así como de prioridades.

Debido a la perspectiva que proveen los estudios de innovación bajo el enfoque sistémico sobre patrones distintivos de procesos de innovación y sus fuerzas determinantes, así como a los supuestos realistas subyacentes, el enfoque de SNInn se diseminó rápidamente a través de la literatura sobre economía de innovación. Su desarrollo llevaría a otros descubrimientos y nuevas propuestas para enfocar el concepto a niveles diferentes al nacional. Por ejemplo, surge el concepto ‘Sistema Regional de Innovación’ (SRI), con evidencias de fenómenos localizados en regiones a través de Europa (Cooke, 1992). Otros estudios reforzarían este concepto, tales como el de

Saxenian (1994), quien encontró diferencias significativas dentro de una nación, al comparar los sistemas de innovación de Silicon Valley en California y Route 128 de Massachusetts.

1.2.1 Definición de Sistema de Innovación

En la literatura podemos encontrar diversas definiciones para un sistema de innovación. Sin embargo, dentro de las diferentes definiciones existen algunos puntos en común. A continuación se presentan una serie de definiciones encontradas en la literatura:

- “Todos los factores económicos, sociales, políticos, organizacionales y demás, que influyen el desarrollo, difusión y uso de innovaciones” (Edquist, 1997: 14).
- Un sistema de innovación es un *sistema complejo* – se compone de una estructura compleja de elementos conectados (Potts, 2000).
- “...conjunto de instituciones distintivas que conjuntamente e individualmente contribuyen al desarrollo y difusión de nuevas tecnologías, y las cuales proveen al marco dentro del cual los gobiernos forman e implementan políticas para influenciar el proceso de innovación. Como tal, es un sistema de instituciones interconectadas para crear, almacenar y transferir conocimiento, habilidades y artefactos que definen nuevas tecnologías” (Metcalf, 1995: 462).

En Andersson y Karlsson (2004) encontramos definiciones de SI con una visión más amplia:

- “...un sistema de innovación está constituido por los elementos y relaciones que interactúan en la producción, difusión y uso de conocimiento nuevo, y económicamente útil...”, (Lundvall, 1995: 2).
- “...un sistema de actores (empresas, organizaciones y agencias de gobierno) que interactúan en formas que influyen el desempeño de la innovación...”, (Gregersen y Johnson, 1996: 484).

- "...especificaremos sistema incluyendo todos los determinantes importantes de la innovación", (Edquist, 2000: 15).
- "...un conjunto de actores institucionales que, juntos, juegan un rol mayor en influenciar el desempeño innovativo", (Nelson y Rosenberg, 1993: 4).

Simplificando las características comunes de las diferentes definiciones, y basados en el concepto de 'sistema', un sistema de innovación consiste en un conjunto de componentes (empresas, organizaciones e institutos) que interactúan en la generación, uso y difusión de conocimiento nuevo en los procesos de producción (su función). De acuerdo con Fischer (2001), para describir y comparar sistemas de innovación en un sentido amplio, se debe entrar en los subsistemas, identificar los elementos constituyentes y especificar las relaciones dentro y entre los subsistemas que son importantes para el desempeño de la innovación.

1.2.2 Estructura de los Sistemas de Innovación

Siguiendo el enfoque sistémico, un sistema de innovación está compuesto por organizaciones e instituciones (sus componentes) y por las relaciones o interacciones que se desarrollan entre estos. Antes de definir los componentes del sistema, es necesario comentar que en la literatura se ha encontrado una discrepancia al momento de definir el componente 'institución', ya que mientras algunos lo usan como un término indistinto o intercambiable con 'organización', otros autores hacen una distinción fundamental entre un término y otro. En el presente trabajo se seguirá la línea de quienes distinguen claramente un término del otro, ya que existen fundamentos tan básicos como el lingüístico para diferenciarlos.

Las *organizaciones* son "...estructuras formales con un propósito explícito, y son creadas conscientemente", (Edquist y Johnson, 1997: 47). Entre las organizaciones pertinentes para un SI encontramos a las empresas, universidades, organizaciones de capital de riesgo y agencias públicas de políticas de innovación.

Las *instituciones* son "...el conjunto de hábitos comunes, rutinas, prácticas establecidas, reglas o leyes que regulan las relaciones e interacciones entre individuos,

grupos y organizaciones”, (Edquist y Johnson, 1997: 46). En otras palabras, las instituciones son las “reglas del juego” que buscan regular las relaciones entre los individuos y grupos de individuos dentro y fuera de las organizaciones. Según Doloreux y Parto (2004), las instituciones son específicas a un contexto y actúan colectivamente como una red integrada a través de diferentes sistemas (e.g., social, económico), escalas de gobernanza (e.g., local, regional, nacional) y niveles de interrelación (e.g., entre individuos, organizaciones o sociedades).

El uso de los SI como herramienta analítica no implica definir de manera rígida la constitución de los sistemas. Cooke (2003) menciona que los sistemas no siempre se comprenden de actores bien enlazados, y fronteras bien definidas. Tampoco es necesario esperar que todos los SI se compongan de los mismos elementos llevando a cabo las mismas funciones. Al contrario, el concepto de SI consiste en un enfoque abierto a una interpretación flexible. Por ejemplo, los institutos de investigación y departamentos de investigación dentro de las empresas pueden ser organizaciones importantes en un país, mientras que en otro, las mismas funciones pueden llevarse a cabo por universidades. Así mismo, las instituciones tales como leyes, normas y valores, también pueden variar considerablemente de un sistema a otro (Edquist, 2001).

Es importante señalar que el enfoque de sistemas de innovación no es una teoría formal, sino un marco conceptual. Éste enfoque resulta útil en términos del estudio del desempeño y la generación de políticas de innovación, ya que permite estructurar los elementos e interrelaciones que se dan dentro de un sistema económico regido por la generación y difusión del conocimiento como recurso principal. La idea del marco conceptual de los SI es que el desempeño económico de los territorios depende en gran medida de cómo interactúan las empresas entre sí, así como con el sector público, para la creación y difusión del conocimiento (Fischer, 2001). SNInn y SRI constituyen dos de los enfoques principales en la literatura sobre sistemas de innovación.

1.2.3 Sistema Nacional de Innovación (SNInn)

Debido a que no se utilizará el enfoque de SNInn como marco conceptual y analítico en este trabajo, no se describirán ni discutirán a fondo los conceptos que lo comprenden.

Sin embargo, debido a que este enfoque representa el concepto inicial de los sistemas de innovación, es necesario abordarlo de manera breve para dar contexto al enfoque que seguiremos en el resto del trabajo.

El SNInn está definido por un conjunto de características, dentro de las fronteras nacionales, determinadas por una historia, lenguaje y cultura comunes, así como otros factores. Estos elementos dan forma a cierta estructura institucional (Cooke *et al.*, 1997). Adicionalmente, el enfoque incluye esfuerzos en I+D de empresas y actores públicos, así como determinantes tales como los procesos de aprendizaje, mecanismos de incentivos o la disponibilidad de mano de obra calificada, entre otros. El concepto de SNInn descansa sobre la premisa de que el entendimiento de las vinculaciones entre los actores involucrados en la generación de innovación es clave para mejorar el desempeño tecnológico (OCDE, 1997).

Si bien no existe en la literatura una definición generalmente aceptada para el concepto de sistema nacional de innovación, algunas características comunes son compartidas. Por ejemplo, la mayoría de los autores dedicados al estudio de la innovación resaltan la importancia de las interacciones entre empresa y demás organizaciones, así como el carácter de ‘sendero-dependiente’ de esas interacciones. La sendero-dependencia se basa en la idea de que la innovación y adquisición de nueva tecnología depende del “sendero” de su desarrollo (Arthur, 1994; David, 1985), y explica cómo un conjunto de decisiones enfrentadas por una entidad (individuo, empresa, institución o el sistema entero), para cualquier circunstancia dada, están limitadas por decisiones tomadas en el pasado, aunque éstas ya no sean relevantes.

Por otro lado, Hernández (2008) menciona la existencia de tres supuestos subyacentes en todas las definiciones de SNInn:

1. Existe una relación co-evolutiva entre lo que el país hace y lo que las empresas de ese país saben hacer bien, en otras palabras, ambos se benefician de lo que el otro hace. Esto lleva a cambios lentos en las estructuras de producción y conocimiento, y este cambio depende del aprendizaje y del cambio estructural.

2. El conocimiento tácito explica una parte de la existencia de divergencia entre países. Este conocimiento es aquel que no se puede trasladar fácilmente del lugar en el que se encuentra, e.g. las mentes y las rutinas.

3. El elemento clave es la comprensión del factor *interacción*. Este factor determina que el SNInn conciba la innovación como un proceso social basado en instituciones, que puede desplegarse en relaciones e interacciones. Es precisamente este énfasis en la interacción y la cooperación lo que llevó al enfoque sistémico, y por consiguiente, a la propuesta del SNInn.

Si bien el concepto de SNInn disfrutó (discutiblemente, aún lo hace) de una amplia aceptación, especialmente por analistas de las ciencias sociales y promotores de las políticas de innovación, éste adolece aún de ciertos problemas y debilidades en su constitución como una teoría. A continuación se presentan algunas de las debilidades del concepto de SNInn encontradas en los trabajos de Hernández (2008) y Johnson et al. (2003):

1. Los SNInn no constituyen una teoría formal (no hace suposiciones acerca de relaciones estables entre variables cuantitativas bien definidas), sino un enfoque o marco conceptual que intenta captar el proceso de innovación y sus consecuencias económicas (Lundvall *et al.*, 2002; Hernández, 2008).

2. Aún persiste cierta confusión con respecto a sus conceptos centrales (Hernández, 2008).

3. No existe un acuerdo en la literatura en cuanto a qué constituye un SNInn (qué incluye y cuáles son sus límites) (Hernández, 2008).

4. No hay una identificación clara de los niveles y jerarquías involucradas en el SNInn (Hernández, 2008).

5. No están claramente identificadas las funciones y actividades del SNInn (Hernández, 2008).

6. Se ha utilizado el concepto como una herramienta *ex -post*, y no como una herramienta teórica *ex-ante*, es decir, se ha buscado explicar el cierre de la brecha tecnológica y económica entre países a partir de la existencia o no de un SNInn, pero no se ha investigado cómo y bajo cuáles mecanismos se configuró éste, y cómo se conectó positivamente con el desempeño económico (Johnson *et al.*, 2003).

7. Los estudios alrededor del SNInn se han hecho en países desarrollados, con economías e infraestructuras relativamente sólidas, pero poco se ha hecho por comprobar sus supuestos en países en vías de desarrollo (Johnson, *et al.*, 2003).

8. El énfasis en lo co-evolutivo, sendero-dependiente e impredecible del enfoque de SNInn ha dejado de lado el importante papel que juega la política de innovación como complemento al desarrollo “espontáneo” del sistema (Hernández, 2008).

9. Por centrarse en el aprendizaje interactivo, el enfoque de SNInn no ha puesto mucho interés en los aspectos del poder involucrados en el proceso de desarrollo (Johnson *et al.*, 2003).

Además, Lundvall *et al.* (2002) comentan sobre algunos retos que se tienen alrededor del estudio de los sistemas nacionales de innovación:

1. Existe una necesidad por clarificar y ahondar en el concepto de SNInn.
2. Se requiere basar más fuertemente el concepto sobre el proceso de aprendizaje y construcción de competencias.
3. Se requiere ampliar el análisis de desarrollo económico y el estudio de cómo la producción de conocimiento está condicionada por y afecta la sustentabilidad social y ecológica.
4. Es necesario aplicar el concepto de SNInn a la política de innovación y la coordinación de políticas.

Estas últimas consideraciones no mencionan directamente la necesidad de llevar el enfoque de los sistemas nacionales de innovación hacia una teoría formal. El propio Lundvall (2004) más tarde afirmaría que desarrollar una teoría general para los sistemas de innovación, que se abstraiga del tiempo y el espacio, socavaría la utilidad del concepto, tanto como una herramienta analítica, como una herramienta política. Sin embargo, el enfoque sigue utilizándose, y los estudios siguen buscando ahondar en algunas de las debilidades conceptuales.

Por otro lado, la delimitación nacional de los SNInn tiene sustento en razones empíricas y prácticas. Muchas de las brechas en desarrollo se adhieren a límites nacionales, y se han podido observar fuertes correlaciones entre pobreza y geografía (Sachs *et al.*, 2001). Debido a que la perspectiva de los SNInn se ocupa principalmente del flujo de conocimiento y su impacto en el desarrollo económico, tiene sentido concentrarse en el nivel más implicado en gobernar estos flujos. Partiendo de esta idea, Niosi (2002) argumenta que, mientras que el capital puede fluir fácilmente entre límites regionales o nacionales, el flujo de conocimiento es complicado, debido a su carácter tácito. El capital humano significa conocimiento tácito, el cual difícilmente se transfiere sin mover a las personas. Los factores más cruciales para la innovación, y de menos movilidad, son el capital humano, regulaciones gubernamentales, instituciones públicas y privadas y los recursos naturales. Para todos estos factores, las fronteras y las locaciones son importantes.

1.2.4 De la Visión Nacional a la Visión Regional

El enfoque SNInn puede descuidar u obviar ciertos fenómenos regionales importantes para los procesos de innovación. Lim (2006) nos menciona dos observaciones en este sentido. Primero, el enfoque de SNInn no necesariamente logra un desarrollo regional balanceado dentro de una nación. Segundo, las regiones son importantes para la implementación del SNInn, y no pueden estar ausentes en los análisis. Por otra parte, Niosi (2000) señala que cada nación avanzada se caracteriza por concentrar sus resultados de innovación en un número reducido de actividades mayores, y que además, está bien documentado que, dentro de naciones industrializadas, una cuantas regiones

concentran la mayor parte de las instituciones nacionales dedicadas al desarrollo de la innovación.

El factor 'regional' ya se venía discutiendo someramente con los mismos promotores del SNInn. Lundvall (1992) mencionaba la regionalización con respecto a la globalización, y hacía referencia a redes regionales, pero no creía que la perspectiva regional con respecto a la innovación sería útil para los sistemas nacionales. Sin embargo, a principios de los 90's el investigador Michael Porter (1990) argumentó que los Estados Unidos lideraba la competitividad en innovación debido a la existencia de sistemas de innovación regionales y locales basados en aglomerados (*clústeres*). Como resultado de estas y otras investigaciones (ver Saxenian, 1994; Cooke, 1992), el enfoque hacia la innovación que surge desde la región se tornó de gran interés para investigadores y políticos.

Mientras se desarrollaba esta visión regional, Europa, a través de la Comisión Europea, estaba desarrollando e implementando Planes Tecnológicos Regionales y Estrategias Regionales de Innovación, debido a las debilidades que había mostrado el enfoque de SNInn en Europa con respecto a las tasas de generación de innovación, comparadas con las de Estados Unidos (CEC, 1995). De hecho, para fines del siglo XX, la mayoría de los gobiernos con economías avanzadas estaban promoviendo políticas de sistemas regionales y la construcción de clústeres en la búsqueda por impulsar la competitividad nacional, si bien, estos esfuerzos estaban mayormente orientados hacia los sectores de tecnologías de información y biotecnología (Winskel y Moran, 2008). Uno de los ejemplos más claros en este respecto fue Alemania en 1995, cuando el gobierno anunció la convocatoria BioRegio, la cual buscaba propuestas de regiones para financiar apoyo hacia la construcción de conglomerados biotecnológicos regionales, y mejorar la débil posición alemana en la comercialización biotecnológica. Por otra parte, a partir de 1998 la política industrial del Reino Unido ha sido construir una economía basada en el conocimiento, mediante el fortalecimiento regional y el co-financiamiento del crecimiento de la innovación a través de apoyos para estrategias en construcción de conglomerados (Cooke, 2003).

Existen varios argumentos a favor del enfoque regional para el estudio de la innovación. El principal argumento es que la aglomeración regional proporciona el

mejor contexto para una economía del conocimiento basada en la innovación (Hudson, 1999), para la creación y difusión del conocimiento, y para el aprendizaje. La literatura muestra algunos argumentos más:

- Los sistemas de innovación se observan más fácilmente al nivel regional, ya que las distancias tienden a reducir la frecuencia de interacción entre individuos (Andersson y Karlsson, 2004).
- Rutinas y normas informales que son específicas a cada región juegan un papel esencial en el comportamiento de las empresas y cómo colaboran entre ellas (Andersson y Karlsson, 2004).
- Formas específicas de creación de conocimiento, especialmente el *tácito*, y de aprendizaje tecnológico son localizados y territorialmente específicos (Fischer, 2001).
- El conocimiento tácito y el conocimiento no-codificado se han reconocido como importantes para el proceso de innovación, mientras que la cercanía y el contacto *cara a cara* son pre-requisitos para el intercambio de este tipo de conocimiento (Andersson y Karlsson, 2004).
- Existe un *efecto de localización* significativo, en el cual los flujos de conocimiento del sector público a la industria pueden ser más importantes en una región o localidad específica (OCDE, 1997).

1.2.5 Sistema Regional de Innovación (SRI)

Desde su concepción a principio de los 90's, el concepto de sistema regional de innovación ha adquirido mucha relevancia en las áreas de estudios y política en innovación. El origen del concepto recae en dos áreas fundamentales de teoría e investigación. Claramente, la primera es la literatura sobre sistemas de innovación. La segunda tiene que ver con la ciencia regional y su enfoque para explicar el ambiente socio-institucional donde surge la innovación (Doloreux y Parto, 2004). Por ejemplo, la visión sobre el rol que jugaba el Estado, en términos del desarrollo económico nacional y regional, empezó a cambiar tras la popularidad obtenida por las teorías económicas de

John Maynard Keynes y François Perroux. El Estado podía fomentar el desarrollo de aglomerados regionales de competencias a través de políticas más descentralizadas y horizontales. Esto incluía la creación de laboratorios y universidades de investigación, las cuales producirían los insumos (*inputs*) básicos para las nuevas industrias con enfoque científico, principalmente recurso humano calificado y nuevas ideas. Más tarde, sería evidente el rol central que jugarían las universidades en la biotecnología, y los laboratorios de gobierno y la investigación académica en algunas áreas de las tecnologías de información (Swan et al., 1998; Niosi y Bas, 2000; Yarkin, 2000).

1.2.6 El Concepto de Región

El primer tema de discusión alrededor de los SRI, se centra alrededor de la definición conceptual de lo que constituye una *región*. No existe un acuerdo común para definir una región. Su existencia depende de una serie de criterios que la definen, de los cuales los más utilizados son:

- a) no debe tener un tamaño determinado;
- b) es homogéneo en términos de criterios específicos;
- c) puede distinguirse de áreas circundantes por algún tipo de asociación particular de características relacionadas;
- d) posee algún tipo de cohesión interna.

Cooke *et al* (1997:480) intentan definir explícitamente el concepto de región como “...un territorio menor que el Estado soberano, que posee distintivos poderes y cohesión supralocales administrativos, culturales, políticos o económicos, que lo diferencian de su estado y otras regiones”.

En ese mismo trabajo, Cooke *et al* (1997) mencionan que existen dos procesos clave subyacentes a la delimitación de las regiones. El primer proceso es la *regionalización* (Hadjimichals, 1986), la cual propone que la delimitación de un territorio supralocal se da por un cuerpo político-administrativo jerárquico como el

Estado. El otro proceso es el *regionalismo* (Harvie, 1994), que se diferencia del anterior porque, en lugar de definir las fronteras regionales desde arriba, las fronteras se generan a través de demandas políticas desde abajo, donde regiones culturales, por ejemplo, se movilizan de cara a la percepción de un descuido, ineficiencia o discriminación por parte del Estado, para negociar un nuevo orden institucional.

Por su parte, Andersson y Karlsson (2004) argumentan que es necesario considerar la *funcionalidad* de la región. Una región funcional se caracteriza por tener una intensa interacción económica (Johansson, 1998) y se caracteriza por poseer nodos, tales como municipios, conectados por redes económicas y de infraestructura (Johansson, 1992). En otras palabras, una región debe delimitarse a través de las interacciones entre actores del mercado y los bienes y servicios creados por el sistema económico regional, cuyas fronteras las definirá el punto donde la magnitud de estas interacciones y flujos cambie de una dirección a otra.

La literatura sobre regionalización muestra que la delimitación regional está muy ligada a los objetivos de los estudios insertados en ese contexto. Para el caso particular de los SRI, las propias características de éstos pueden terminar definiendo una diferente regionalización en diferentes contextos a través del mundo. La propia flexibilidad del concepto sistémico de la innovación le confiere cierta flexibilidad a la delimitación del sistema, de tal forma que han surgido diferentes propuestas que pueden o no ser de naturaleza geográfica, e.g. los sistemas sectoriales de innovación (Breschi y Malerba, 1997), sistemas tecnológicos (Carlsson y Stankiewicz, 1991), etc.

1.2.7 Concepto de SRI

Al igual que con el concepto de SNInn, el concepto de sistema regional de innovación (SRI) no tiene una definición comúnmente aceptada, pero en general se hace referencia a un conjunto de intereses públicos y privados, instituciones formales y otras organizaciones en interacción, que funcionan de acuerdo a arreglos organizacionales e institucionales, así como relaciones, que conducen a la generación, uso y difusión de conocimiento (Doloreux, 2002).

Por su parte, Cooke (1992) propone el concepto de SRI como una red localizada de actores e instituciones públicas y privadas cuyas actividades e interacciones generan, importan, modifican y difunden nuevas tecnologías. El argumento central es que este conjunto de actores e instituciones producen efectos penetrantes y sistémicos que impulsan a las compañías dentro de la región a desarrollar formas específicas de capital derivadas de relaciones sociales, normas, valores e interacciones dentro de la comunidad para reforzar la capacidad y competitividad regional en innovación (Gertler *et al.*, 2000).

Se observa entonces que el concepto de SRI está ampliamente basado en el concepto de SNInn, pero adaptado a las particularidades que le confiere el nivel regional. Las diferencias se encuentran en la manera en que se llevan a cabo las interacciones entre los actores, así como los objetivos y metas planteadas por las políticas de innovación para cada región. Esto también tiene consecuencias con respecto a las estrategias de evaluación del funcionamiento y desempeño de los sistemas de innovación.

En su concepción particular, Autio (1998) distingue el *subsistema de aplicación y explotación del conocimiento*, y el *subsistema de generación y difusión del conocimiento* como los dos bloques centrales que constituyen un SRI. Según este autor, las influencias externas vienen de múltiples direcciones, como las instituciones del SNInn, instrumentos políticos, y otros SRI e instrumentos políticos e instituciones internacionales (ver Figura 1).

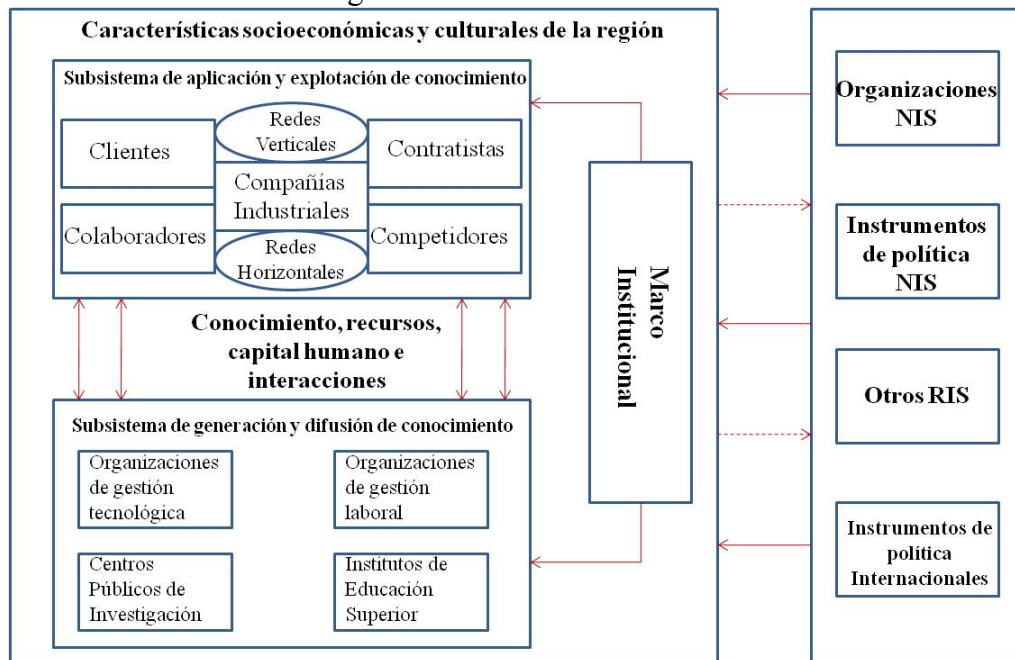
Resumiendo lo expuesto en la literatura, podemos entonces asumir que los SRI se caracterizan por particularidades socio-institucionales y culturales específicas al contexto en que éste se delimita. Esto lo determina en gran medida la historia de la región¹, así como la política regional y su autonomía, las instituciones que interactúan en la región (internas o externas), etc. De acuerdo a algunos autores, aún falta por resolver el problema de delimitar formalmente las fronteras de un SRI (Doloreux y Parto, 2005).

Sin embargo, las diversas formas que pueden tomar las delimitaciones, sin necesidad de establecer formalmente una frontera de SRI universal, permiten realizar una diversidad de estudios. La delimitación del SRI debe estar sujeta a las necesidades

¹ Anteriormente se mencionaba el carácter sendero-dependiente de las interacciones entre los actores de un sistema, lo cual está ligado a la historia particular del lugar donde está delimitado dicho sistema.

de investigación, así como adaptarse a las particularidades socio-políticas del espacio bajo estudio. Por ejemplo, para el caso mexicano se propuso delimitar los SRI desde la propia división política del país (i.e. las entidades federativas). Esta delimitación resulta natural dada la manera en que se maneja la política de ciencia y tecnología en el país, centralizada desde la federación, pero con intenciones de descentralizar la orientación de las actividades de ciencia, tecnología e innovación por entidad federativa. El estudio de la OCDE (2009) sobre el estado de las actividades de innovación en 15 estados mexicanos menciona que, si bien el término *región* se refiere a diferentes escalas territoriales, en el caso de México se maneja el término *región* en referencia a las entidades federativas. Por otra parte, el Foro Consultivo Científico y Tecnológico² (FCCyT) ha publicado una serie de estudios alrededor de las capacidades y producción de innovación por estado, en los cuales manejan el término *sistema estatal de ciencia y tecnología*.

Figura 1: Estructura de un SRI



Fuente: Autio (1998)

² El FCCyT fue creado en 2002 a partir de la publicación de la Ley de Ciencia y Tecnología. Forma parte del Consejo General de Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación, y coordina diversos grupos de trabajo especializados con participantes de diversos organismos e instituciones científicas a fin de analizar y proponer esquemas para el fortalecimiento y desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación.

Si bien existen países donde la regionalización es prácticamente inexistente (ya sea por su tamaño o por su estructura política) y el enfoque de SRI no es el marco conceptual o analítico más apropiado, otros países muestran grandes disparidades a través de sus regiones, y consideran la regionalización de las actividades de ciencia, tecnología e innovación como la estrategia que podría revertir esta situación. México se encuentra dentro de este grupo de países que, con evidencias de grandes disparidades a nivel regional y bajo una política de regionalizar sus actividades en torno a la innovación, podría beneficiarse de estudios de desempeño de estas actividades bajo el enfoque de SRI.

1.2.8 Similitudes y Diferencias entre SNInn y SRI

Los enfoques de sistema nacional de innovación y sistema regional de innovación son similares en el sentido de no enfocarse en una industria o tecnología en particular. Por el contrario, todo el conjunto de industrias en una nación o región, con sus instituciones circundantes, son consideradas simultáneamente (Breschi y Malerba, 1997).

Los procesos considerados esenciales son básicamente los mismos, tanto en SRI como en SNInn. Así mismo, el efecto evolutivo a través del tiempo afecta de la misma forma a las características de los SNInn y SRI, incluyendo el establecimiento institucional, y hacen distintiva a una región de otra (Cooke *et al.*, 1997). Sin embargo, Wiig (1996) enfatiza que el SRI se debe considerar un análogo al SNInn, pero no debe considerarse un “micro-sistema nacional”. En esencia, se tienen los mismos componentes en ambos enfoques, pero pueden diferir en los estándares de cada uno.

En términos de los factores que producirán el efecto de derrama de conocimiento (la homogeneidad en los establecimientos sociales culturales e institucionales), existe una divergencia entre el enfoque SNInn y el enfoque SRI. El primero visualiza a la nación como una unidad homogénea, y argumenta que un solo sistema de gobernanza (en este caso, el nacional) para las políticas del sistema de innovación es óptimo. En cambio, el enfoque SRI visualiza a la nación como la composición de regiones no-homogéneas, y argumenta que cada región debe tener su propio sistema de gobernanza (Jang, 2006).

1.3 Evaluación de Capacidades y Desempeño

Al decidir llevar a cabo una investigación en cualquier área y tema, es necesario definir conceptos y dar un sentido racional a la necesidad de realizar dicha investigación. Este trabajo inicia con el tema central de la evaluación.

En la literatura se pueden encontrar diversas definiciones del concepto *evaluación*. Ruthman (1977) lo define como el proceso de aplicar diversas metodologías y procedimientos científicos para obtener evidencia válida sobre el grado al cual ciertas actividades producen resultados o efectos. Por su parte, Rich (1979) entiende la evaluación como el proceso de estudiar si resultados deseados (o no deseados) se han alcanzado, así como especificar o explicar los resultados obtenidos, para finalmente sugerir nuevas estrategias o definiciones a problemas futuros. Sin embargo, según las conceptualizaciones de evaluación hechas por otros autores, existen diferencias entre el concepto de *evaluación* y *evaluación de investigación*. Para Joyce (1980), la evaluación se encarga de estudiar el valor de programas, actividades y productos, mientras que la evaluación de investigación se ocupa de productos, resultados o efectos, buscando ser lo más objetivo posible. De manera similar, Suchman (1967: 45) hace la distinción entre “*evaluación como el proceso social general de realizar juicios de valor, sin importar la base para tales juicios, y la evaluación de investigación refiriéndose al uso del método científico para recolectar datos concernientes al grado con que una actividad específica logra algún efecto deseado*”.

Desde esta perspectiva, la literatura reconoce a la evaluación de investigación como una disciplina que forma parte importante del proceso de formulación de políticas (Rich, 1979). De aquí que hay algunos aspectos de la evaluación que deben considerarse: ¿cuál es la función o propósito de la evaluación para investigación?, ¿qué debe decirnos dicha evaluación?, ¿cuáles son los factores importantes a considerarse en el proceso de evaluación?, etc.

Diversos autores discuten sobre diferentes aspectos de las funciones de la evaluación para la investigación (ver Rich, 1979; Batterbury, 2006; Arnold, 2004; Kuhlmann, 2003; Oksanen, 2000; entre otros). Batterbury (2006) resume la mayoría de las ideas planteadas por estos autores en términos de las funciones o propósitos de la

evaluación para la investigación: (i) rendición de cuentas y legitimación; (ii) mejorar la calidad y el desempeño; (iii) mejorar la planeación; (iv) generar capacidad; (v) aprendizaje; etc.

Una vez definidos el concepto de evaluación y los propósitos de su realización, el siguiente paso es describir el contexto en el cual se llevará a cabo el estudio de evaluación. El contexto definirá el tipo de evaluación, los métodos para llevarla a cabo y los propósitos particulares que se persiguen para un estudio de este tipo.

1.3.1 La Evaluación en el Contexto de Sistemas de Ciencia, Tecnología e Innovación

Uno de los enfoques que adopta la evaluación es el de medición del desempeño en términos de eficiencia. Si bien este tipo de evaluación no es de ninguna manera nueva, en el contexto de las actividades de ciencia, tecnología e innovación solo empezó a tomar fuerza a partir de mediados de los 90. La razón de más peso para este fenómeno es el de rendición de cuentas en el gasto público. De acuerdo a Oksanen (2000: 8), “*el contribuyente tiene derecho de saber si los recursos públicos se usan de manera eficiente y para propósitos relevantes*”. De esta manera, la eficiencia se ha convertido en un aspecto esencial de los estudios de evaluación en el contexto de la ciencia, la tecnología y la innovación. Sin embargo, esta situación no se generó de la noche a la mañana.

Desde su concepción a fines de los 80 y principios de los 90, el concepto de sistema nacional de innovación, propuesto por autores como Christopher Freeman, Bengt-Ake Lundvall, Richard Nelson, entre otros, fue estudiado desde un enfoque cualitativo como el análisis evolutivo y el estudio de casos. Los primeros estudios bajo el enfoque de SNInn buscaban poner en un contexto histórico, político y cultural a los patrones de innovación específicos a las naciones, con énfasis en la detección de elementos heterogéneos a través de los sistemas (Balzat y Hanusch, 2003). Más tarde, el enfoque se trasladaría hacia la comparación de sistemas nacionales en términos de su desempeño, sin prestar gran importancia a las diferencias sistémicas específicas. De esta manera, el enfoque sistémico de los procesos de innovación hace énfasis en las características específicas de los países, mientras que las comparaciones entre sistemas

se apartan del factor de heterogeneidad buscando generar medidas para la toma de decisiones. Sin embargo, la evolución de los estudios sobre SNInn tendería hacia la convergencia de estos dos enfoques aparentemente opuestos.

Hacia finales de los 90, de acuerdo con Balzat y Hanusch (2003), surgieron diversos intentos por evaluar y comparar sistemas de innovación desde un enfoque cuantitativo en términos de su desempeño, el cual se define y mide de diferentes maneras. Los primeros enfoques se centraron en estudios comparativos a nivel sistema como un primer esfuerzo por generar rankings de sistemas nacionales, mientras que otro enfoque de estudio se centró en las políticas de innovación. Éste último buscaba encontrar ‘benchmarks’, con el objetivo de generar recomendaciones sobre políticas de innovación, basado en la identificación de las ‘mejores prácticas’.

Por otra parte, surge un enfoque de estudios comparativos basados en la economía de la innovación, lo cual llevó al desarrollo de marcos descriptivos y modelos analíticos (Liu y White, 2001; Hung et al., 2003). Los marcos descriptivos buscaban encontrar la estructura y desempeño de los SNInn a través de indicadores que describieran los procesos de innovación, para luego hacer comparaciones entre diferentes enfoques sistémicos dentro de un mismo país, o entre países.

Otra manera de hacer estudios comparativos fue introducida por Furman et al. (2002) a través del concepto de “Capacidad Innovativa Nacional” (CIN), el cual se basa en tres conceptos teóricos: teoría del crecimiento endógeno (ver Romer, 1990), teoría de la competitividad internacional (Porter, 1990) y los conceptos de SNInn. La CIN se mide a través de diversas variables para tres componentes principales: infraestructura, condiciones de conglomerados industriales y los enlaces entre los primeros dos. Estos tres componentes son analizados mediante modelos de regresión para realizar comparaciones internacionales de la fortaleza innovativa.

Por su parte, Nasierowski y Arcelus (1999 y 2000) proponen otra forma de hacer este tipo de comparaciones, identificando grupos coherentes en términos de sus capacidades tecnológicas. A través de una serie de indicadores asociados a las condiciones, capacidades, resultados y factores que afectan a éstos, se utilizan técnicas numéricas para identificar dos grupos, uno constituido por países descritos como líderes tecnológicos, y otro seguidor formado por países emergentes cuyo progreso tecnológico

se basa en la adquisición de tecnología foránea. Finalmente, mediante métodos de análisis factorial, estos países son analizados y *rankeados* de acuerdo a sus fortalezas tecnológicas.

Por otra parte, a partir del surgimiento del concepto de sistema regional de innovación, aparecen otro tipo de estudios de análisis para explorar los SRI de regiones particulares (Braczyk et al., 1998), investigar las relaciones internas de los actores involucrados (Koschatzky et al., 2001), evaluar la importancia de las instituciones (Tödtling y Trippel, 2004) o describir la operación de un SRI exitoso en general o en lo particular (Díez, 2002).

Según Leydesdorff (2001), es importante medir el desempeño del sistema como un todo en vez de cuantificar ciertos indicadores clave. Esto implica realizar estudios que combinan el enfoque cualitativo y cuantitativo. Ejemplos de intentos por realizar este tipo de estudio son el Manual de Oslo, elaborado en 1992 y 2005 por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 1992, 2005) y Eurostat (Oficina de Estadísticas de la Comisión Europea), los cuales proponen una guía para recolectar e interpretar datos de innovación tecnológica, así como construir indicadores para medir el desempeño de países y regiones europeas. Sin embargo, la heterogeneidad de las regiones europeas y la multidimensionalidad de sus SRI han dificultado los análisis de benchmarking entre regiones a partir de los datos recopilados (García et al., 2005). Adicionalmente, los indicadores que se han generado tienden a limitar los estudios a evaluaciones empíricas, y carecen de potencial para el uso en análisis cualitativos, lo cual supone una limitante para la evaluación a profundidad de características particulares del sistema (Kuhlmann, 2003). Esto implica la necesidad de realizar estudios de evaluación que logren un balance entre los resultados obtenidos por métodos empíricos y los hallazgos a través de análisis cualitativos.

Recientemente, bajo el contexto de los sistemas de innovación, la evaluación de los resultados producidos por los recursos invertidos en ciencia, tecnología e innovación (i.e. desempeño productivo) se ha convertido en un tema importante para quienes toman decisiones en torno a las políticas de innovación. En general, se invierten más recursos públicos que privados en la generación de innovación. Por ejemplo, el promedio del gasto en I+D de los países de la OCDE es de alrededor del 2.2% del PIB, mientras que el

privado oscila alrededor del 1.5% (OCDE, 2007). Esta diferencia es todavía más marcada en países en vías de desarrollo. Esto crea la necesidad de justificar las inversiones a través del erario público en actividades que suponen un retorno positivo en términos de desarrollo económico, e.g., actividades de generación de innovación.

Actualmente se sigue un enfoque más técnico, donde los sistemas de innovación son considerados sistemas de input/output (insumos/productos), y el énfasis se hace en la cantidad de recursos empleados. Siguiendo esta línea, en la literatura surge la consideración de estudios sobre análisis de eficiencia para evaluar el desempeño de actividades de ciencia, tecnología e innovación (Geroghiou, 1998; Niosi, 2002). Sin embargo, estos aún son escasos para el contexto de SRI (Susiluoto, 2003).

Algunas metodologías cuantitativas, principalmente del área de la econometría y la estadística, se han adaptado para medir la eficiencia con que los sistemas de innovación producen resultados. Este enfoque cuantitativo, al igual que algunos mencionados anteriormente, busca definir ‘benchmarks’ que permitan descubrir las mejores prácticas desde las cuales generar políticas de innovación para los sistemas rezagados, pero ya no desde la perspectiva de las condiciones y capacidades de los sistemas de innovación, sino desde su eficiencia para producir resultados.

En este punto surgen preguntas alrededor del cómo evaluar la productividad desde el enfoque de la eficiencia, y específicamente para el contexto de las actividades de ciencia, tecnología e innovación ligadas a los sistemas de innovación: ¿Cuáles metodologías existen para medir eficiencia?; ¿Cuáles son los requerimientos, en términos de información y datos, para realizar la medición de la eficiencia?; ¿Cuál es la mejor metodología para este tipo de análisis en el contexto de los sistemas de innovación?; etc.

Independientemente de la metodología empleada para medir el desempeño en productividad, todas se basan en estudiar la relación entre un vector de inputs y un vector de outputs. Sin embargo, se debe considerar que en cualquier sistemas de ciencia y tecnología todos los elementos de la productividad (inputs, outputs y la relación entre ellos) se ven afectados por serios problemas conceptuales y de medición (Bonaccorsi y Daraio, 2005). Debido a que la producción de ciencia y tecnología está basada en una relación de múltiples inputs con múltiples outputs, y estos son cualitativamente

heterogéneos, tienen una relación no-determinística y sufren de una demora entre la utilización de los inputs y la obtención de los output, por lo cual se necesitan técnicas econométricas que puedan lidiar con estos problemas. En la literatura encontramos dos enfoques importantes que manejan esta problemática y permiten realizar estudios de desempeño bajo estas condiciones: el enfoque de funciones de producción y el enfoque de fronteras de producción³.

En términos generales, las funciones de producción miden la productividad mediante la especificación de una relación funcional que interseca los datos observados, buscando relaciones promedio, para estimar coeficientes que relacionan inputs con outputs.

Por otro lado, las fronteras de producción buscan estimar una frontera que *envuelve* los datos observados, midiendo la distancia entre cada unidad bajo estudio y la frontera de eficiencia estimada.

Tanto en las funciones de producción como en fronteras de producción, existen problemas implícitos en la metodología de cada uno. La Tabla 1 muestra un resumen de las principales problemáticas asociadas a cada enfoque.

Tabla 1: Problemáticas de las funciones de producción y fronteras de producción

Funciones de producción	Fronteras de producción
<i>Identificación</i> : cómo resolver la estimabilidad de los parámetros de interés del modelo.	<i>Naturaleza determinística</i> : asume que toda desviación de la frontera de eficiencia se debe a ineficiencias.
<i>Error de especificación</i> : problemas y errores relacionados con las suposiciones hechas por el modelo.	<i>Interpretación económica</i> : dificultad para interpretar la forma de la función de producción, elasticidades, etc.
<i>Simultaneidad</i> : su presencia en la relación entre variables puede afectar la estimación de parámetros, y generar una fuente de sesgo.	<i>Valores atípicos</i> : provocan una distorsión en la frontera de eficiencia al afectar la inclusión o no de una unidad en dicha frontera.
<i>Multicolinealidad</i> : problema relacionado con la existencia de una dependencia lineal entre las variables de respuesta o independientes.	<i>Inferencia estadística</i> : existen dificultades para llevarla a cabo dada la naturaleza no paramétrica de estas técnicas.

Fuente: Elaborado a partir de información en Bonaccorsi y Daraio (2005).

Más allá de estas dificultades, la literatura muestra una preferencia general hacia las metodologías propuestas por las fronteras de producción enfocadas al análisis de

³ La literatura muestra una gran variedad de enfoques con este fin, sin embargo en este trabajo nos limitaremos a estos dos con el fin de ilustrar el enfoque que se utilizará en la parte empírica del trabajo y otro enfoque con fines de comparación.

eficiencia, sobre todo en el análisis de actividades del sector público (Charnes et al., 1994; Martínez Cabrera, 2003) y actividades semi-públicas como los SRI. Algunas razones para esto es que los procesos de innovación no tienen un claro modelo teórico que plantee una función definitiva ligando inputs y outputs, lo cual no es un problema para estimar fronteras de eficiencia, ya que no requieren de una definición funcional. Además, los métodos de fronteras de eficiencia son mejores para acomodar múltiples output y la inexistencia de linealidad (Hoff, 2007; Guan y Chen, 2010). Los trabajos de Banker y Natarajan (2008) alrededor de simulación muestran que estudios basados en métodos de fronteras de eficiencia se desempeñan mejor que los métodos paramétricos en la estimación de la eficiencia de unidades individuales. También han mostrado ser útiles en estudios empíricos alrededor de la eficiencia de actividades de innovación (ver Guan y Wang, 2004; Guan et al., 2006; Lee y Park, 2005; Zabala-Iturriagoitia et al., 2007; Sharma y Thomas, 2008).

El enfoque de fronteras de eficiencia busca medir la eficiencia técnica, de costo y de asignación (Farrell, 1957). Si bien los procesos de producción de innovación no se pueden considerar lineales, donde los inputs se transforman en outputs automáticamente, vale la pena estudiar las diferencias en eficiencia entre sistemas asumiendo que ésta se puede definir como una razón de outputs sobre inputs (Hollanders y Esser, 2007).

1.3.2 El Análisis Envolvente de Datos como Herramienta de Evaluación

Una de las metodologías de más amplio uso en el análisis de fronteras de eficiencia es el Análisis Envolvente de Datos (DEA, por sus siglas en inglés), el cual es una herramienta no paramétrica que permite estimar una frontera de eficiencia en productividad para una unidad de decisión (DMU, por sus siglas en inglés), utilizando modelos de programación lineal para encontrar la eficiencia técnica de la DMU a través de una serie de indicadores de input y output.

Existen varias razones para la preferencia de DEA como método de análisis de sistemas de innovación. Primeramente, el método usa un enfoque sistémico para su análisis, haciendo uso simultáneo de todos los inputs y outputs, sin requerir un sistema de pesos asignados a éstos a priori, que además los reduzca a una sola unidad de medida.

Por el contrario, DEA permite que cada input y output sea medido en su unidad de medida natural. Segundo, DEA no requiere de una especificación funcional para la construcción de la frontera, por lo cual no es necesario imponer formas funcionales que pueden distorsionar las medidas de eficiencia (Aramyan et al., 2006). De esta manera, la función de producción de los DMUs eficientes se estima utilizando programación lineal en vez de plantear suposiciones restrictivas acerca de la tecnología de producción subyacente (Lim, 2006; Ramanathan, 2006). Esto implica que la eficiencia estimada es 'relativa', ya que se basa en otros desempeños observados para las unidades bajo análisis, y la ineficiencia resultante para una unidad en particular es producto de compararlo con unidades similares consideradas eficientes.

No obstante estas ventajas, existen algunos problemas implícitos en el método DEA que requieren atención. Su principal desventaja es que los datos para las unidades bajo estudio (i.e. inputs y outputs) están libres de errores de medición (Lim, 2006). Esto significa que DEA es sensible a datos atípicos y poco confiables, los cuales pueden afectar los resultados de las unidades bajo estudio. Además, la inclusión de inputs y outputs adicionales, sin el aumento en el número de unidades bajo análisis, lleva al incremento de unidades evaluadas como eficientes, lo cual significa una pérdida en el poder discriminatorio del método.

Si bien existe una cantidad relevante de estudios sobre la evaluación del desempeño de los sistemas de innovación, sea a nivel nacional o regional, la mayoría se centran en regiones de países de la unión europea, o en países avanzados como Estado Unidos y el Reino Unido. Persiste una carencia de este tipo de estudio en países en vías de desarrollo, (aunque ya surgen casos como el de China y Turquía) en parte por los esfuerzos recientes en la consolidación de sistemas de innovación como estrategia de desarrollo, y en parte por la carencia de bases de datos adecuadas para indicadores de innovación. México no es la excepción, y pertenece al grupo de países con pocos estudios importantes con respecto a su desempeño en producción de innovación.

En este sentido, métodos como DEA, cuya naturaleza determinística y no paramétrica evita los niveles de requerimiento de datos en términos de cantidad y calidad, pueden ser una buena opción para estudiar el desempeño de sistemas de ciencia, tecnología e

innovación en contextos como el mexicano. En una sección subsecuente se abordará la descripción del método DEA desde una perspectiva matemática.

CAPÍTULO II. EL SISTEMA DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN MÉXICO: UN MARCO CONCEPTUAL

2.1 Marco Conceptual del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación Mexicano

Este capítulo describe el sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación mexicano, sustentándolo en los conceptos abordados en el capítulo anterior y delineando las características en las cuales encaja nuestra propuesta de investigación.

2.1.1 Un Marco Basado en los Criterios de la OCDE

Los criterios para el desarrollo de políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) en México se han determinado por la OCDE desde que el país pasó a formar parte de esta organización. La OCDE encabeza los esfuerzos a nivel mundial por diseñar indicadores y metodologías, así como por construir bases de datos sobre innovación y desarrollo tecnológico. El objetivo de recopilar esta información es hacer comparaciones entre los países miembros, así como con países del resto del mundo, en términos de actividades ligadas al desarrollo en base a la ciencia, la tecnología y la innovación. Para este propósito, la OCDE ha construido dos instrumentos que determinan la metodología para tales fines:

- El Manual de Oslo: una guía para la recolección e interpretación de datos sobre innovación.
- El Manual de Frascati: una norma para la construcción y aplicación de encuestas de investigación y desarrollo experimental.

A través de las propuestas y herramientas elaboradas por la OCDE, México ha ido diseñando la estructura de su propio sistema de CTI. En esta estructura, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) juega un papel central en la coordinación de las actividades científicas del país. De esta manera, CONACyT integra

los lineamientos para la política pública en materia de CTI, proponiendo e implementando dichos lineamientos y actuando como nodo central para atender las necesidades científicas y tecnológicas de empresas y organizaciones civiles. En otras palabras, CONACyT es un mediador entre el sector privado, el sector público y las instituciones dedicadas a la investigación científica y tecnológica; buscando conciliar las necesidades y capacidades de estos grupos para cubrir los requerimientos de investigación aplicada y de innovación.

2.1.2 El Marco Legal

Desde una perspectiva legal, el sistema nacional de CTI comienza a estructurarse y desarrollarse a partir de la publicación de la Ley para el Fomento de la Investigación Científica y Tecnológica publicada el 21 de mayo de 1999 en el Diario Oficial de la Federación, y abrogada en 2002. Aunque el concepto de innovación no estaba contemplado en su título, la ley incorporaba a la innovación como parte de sus objetivos como impulsor de la productividad y la competitividad del país. Así mismo, la ley contemplaba una política de descentralización de las actividades de CTI como factor para el fortalecimiento del desarrollo regional, además de la creación de redes o alianzas de investigación científica para el desarrollo tecnológico de la innovación.

Bajo esta Ley se crea el Consejo General de Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación, cuya función era generar políticas y coordinar actividades ligadas a CTI. Es de notar que entre sus facultades se encontraba establecer un sistema independiente para la evaluación de la eficacia, resultados e impactos de todas las actividades, programas e instrumentos de apoyo para la investigación científica, el desarrollo tecnológico y la innovación; así como realizar el seguimiento y conocer la evaluación general del programa especial y del presupuesto anual destinado a CTI y los demás instrumentos de apoyo a estas actividades.

Por otra parte, el Artículo 8 de la Ley permite la creación de *Comités Intersectoriales*, gracias a lo cual se pudo crear el *Comité Intersectorial para la Innovación*, el cual tiene la función de diseñar y operar la política pública en materia de innovación.

Derivado de esta Ley, se encuentra el Programa Especial de Ciencia y Tecnología, el cual cuenta con dos versiones, una con alcance temporal de 2001-2006, y la otra como un nuevo programa para el período 2008-2012. La Ley contempla que el Programa Especial contenga entre sus aspectos descentralización y desarrollo regional, así como seguimiento y evaluación.

En el 2009 se realizaron algunas reformas buscando potenciar la participación privada, así como incluir de manera más explícita el concepto de innovación. Ambas versiones del programa especial se abordan en la siguiente sección.

2.1.3 Programas Especiales de Ciencia y Tecnología

El Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2001-2006 (PECYT) se incorporó dentro del Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006 con el fin de alinear las prioridades de ambos. Este programa impulsó el surgimiento de nuevas fuentes de financiación para la investigación científica, entre las que se encuentran los Fondos Mixtos (con financiación de los Estados) y los Fondos Sectoriales (con participación de las Secretarías). Otra parte de la financiación la proveía CONACyT.

Entre los objetivos rectores del PECYT se encuentran: contar con una política de estado en materia de ciencia y tecnología, incrementar la capacidad científica y tecnológica del país y elevar la competitividad y la innovación de las empresas. Sin embargo, ninguno de estos objetivos, en sus apartados particulares, contempla la evaluación como una actividad explícita.

Con el fin de mejorar lo propuesto por el PECYT, durante el período 2008-2012 se implementó un nuevo programa de nominado Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (PECITI). Este programa, además de buscar continuar y potenciar las acciones ya iniciadas en el anterior, hace referencia explícita al término de innovación.

Una de las principales diferencias con el PECYT, es que el PECITI modificó y amplió los objetivos rectores. De esta manera, se agrega el principio de descentralizar las actividades científicas, tecnológicas y de innovación, buscando contribuir al desarrollo

regional. Este principio aborda el fortalecimiento y consolidación de los sistemas estatales de CTI.

Otro objetivo rector agregado, y que muestra una diferencia importante con respecto al PECYT, es el de evaluar la aplicación de recursos públicos. Dentro de este objetivo se contempla desarrollar e instrumentar un sistema de monitoreo y evaluación de las actividades científicas, tecnológicas y de innovación. Este objetivo introduce por primera vez la noción de evaluación de las políticas públicas en materia de CTI.

2.1.4 Estructura del SNInn en México

El Sistema Nacional de Innovación en México está conformado por tres grandes componentes: Gobierno (con el CONACyT como componente administrativo), Comunidad Científica (en la forma de universidades y centros de investigación) y Sector Privado (conformado por empresas que generan y/o adoptan los productos de actividades de investigación y desarrollo). Adicionalmente, existe un cuarto componente, constituido por el Foro Consultivo Científico y Tecnológico (FCCyT), que busca amalgamar los esfuerzos de los agentes y fungir como un espacio de consulta y discusión en materia de CTI. El Foro Consultivo Científico y Tecnológico se crea partir de la Ley del 2002, con el fin de favorecer la participación de actores científicos y organizaciones empresariales en el proceso de elaboración de políticas públicas para la CTI y, de esta manera, crear consensos entre los actores del sistema. La Figura 2 muestra un esquema general de los componentes del sistema.

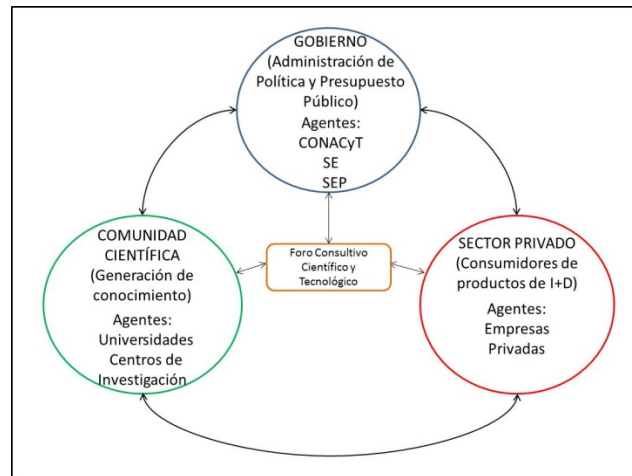
Gobierno (Administración Pública):

En el centro de este componente se encuentra el CONACyT, el cual fue creado en 1970 con el objetivo de elaborar las políticas de ciencia y tecnología de México. El CONACyT es un organismo público descentralizado de la Administración Pública Federal, parte del sector educativo y con personalidad jurídica y patrimonio propio.

Si bien el CONACyT encabeza la coordinación de las actividades y políticas de CTI en México, presupuestalmente se reparte la responsabilidad con la Secretaría de Educación Pública y la Secretaría de Economía. Entre sus responsabilidades se encuentra

administrar y coordinar las becas de posgrado, el Programa Nacional de Posgrados de Calidad, el Sistema Nacional de Investigadores, el apoyo a la investigación científica básica, la consolidación institucional de grupos de investigación, las redes temáticas de investigación y los fondos para el apoyo a la investigación científica, al desarrollo tecnológico y la innovación.

Figura 2: Esquema general de los componentes del Sistema Nacional de Innovación en México



Fuente: Elaboración propia

Otro agente del sistema lo constituyen las Comisiones de Ciencia y Tecnología, conformadas por una comisión en el senado y otra en la cámara de diputados. Su función es discutir las agendas nacionales en materia de CTI. La comisión del senado promueve iniciativas para el desarrollo de la CTI referentes a el marco regulatorio y normativo, mientras que la comisión de la cámara de diputados crea espacios y foros para hacer coincidir a otros agentes mexicanos de innovación. Dentro de sus diversos objetivos específicos, las Comisiones de Ciencia y Tecnología deben impulsar la creación de mecanismos e instrumentos legales eficaces para la vigilancia y rendición de cuentas de los recursos destinados a las actividades científicas y tecnológicas.

Otros agentes del componente de administración pública se encuentran enlistados en la Tabla 2, junto con sus funciones generales en materia de CTI.

Tabla 2: Otros agentes del componente de Administración Pública

Organismo	Funciones Generales
Secretaría de Economía (SE)	<ul style="list-style-type: none"> - Apoyar el desarrollo de la innovación a través del apoyo a las empresas. - Participar en la gestión y financiación en el Fondo Tecnológico de Innovación en conjunto con CONACyT. - Apoyar financieramente proyectos innovadores propuestos por empresas individuales o grupales.
Secretaría de Educación Pública (SEP)	<ul style="list-style-type: none"> - Administrar el presupuesto federal para la ciencia y la tecnología en conjunto con el CONACyT y la SE. - Administrar los programas de Investigación Científica e Infraestructura y las becas destinadas a la educación y formación de posgrado. - Creación de los Consejos Estatales de Vinculación.
Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI)	<ul style="list-style-type: none"> - Otorgar los derechos de propiedad industrial. - Prevenir y combatir actos de competencia desleal sobre propiedad intelectual. - Fomentar el registro de la invención o aplicación industrial. - Promover las mejores técnicas y la difusión del conocimiento tecnológico.
Red Nacional de Consejos Estatales de Ciencia y Tecnología (REDNACECYT)	<ul style="list-style-type: none"> - Generar diagnósticos de la situación actual del desarrollo científico y tecnológico en los estados. - Fomentar la federalización nacional a través de la interacción de los consejos estatales. - Promover la colaboración entre instituciones e investigadores de los estados. - Divulgar la información del sistema de CTI a través del Observatorio de Ciencia y Tecnología (OCTI).

Fuente: Elaboración propia con información del informe del FONCICYT (2010).

Comunidad Científica:

Este componente fundamental del Sistema de CTI está conformado principalmente por las instituciones de educación superior y los centros públicos de investigación. Su función fundamental es generar conocimiento científico y tecnológico que pueda traducirse en producción de innovación, generalmente a través de organizaciones empresariales. De ahí que la vinculación entre la comunidad científica y el sector privado es de suma importancia. Los convenios, acuerdos y asociaciones entre agentes

generadores de conocimiento y agentes del sector privado deben potenciar la generación de innovación.

Las instituciones de educación superior (IES) pueden ser de carácter público o privado. En el país existen más de 2000 IES entre públicas y privadas, de las cuales algunas tienen una orientación universitaria tradicional y otras son de formación tecnológica.

Por su parte, los centros públicos de investigación (CPI) se clasifican en centros CONACyT y centros de las Secretarías de Estado. CONACyT cuenta con 27 centros de investigación, cuyas áreas temáticas se reparten entre ciencias naturales y exactas, ciencias sociales y humanidades y desarrollo tecnológico y de servicios. Los centros de las Secretarías de Estado se han creado con la idea de fomentar la industrialización o desarrollar tecnología e innovación. Sus áreas temáticas cubren un amplio espectro, ya que incluye energía, salud, agricultura, medio ambiente, recursos naturales, entre otros.

Sector Privado:

A pesar de una evidencia abrumadora alrededor del mundo sobre el papel fundamental que juega el sector privado en los sistemas de innovación, y en la generación misma de la innovación, en México no se ha podido estimar la participación del sector privado en las actividades del sistema nacional de CTI de manera objetiva. Lo anterior se puede atribuir a que no ha habido una verdadera recolección sistemática de información que arroje luz sobre el nivel de participación del sector privado en actividades relacionadas con CTI. La escasa información relacionada a este tema se ha venido recolectando a través de la Encuesta sobre Investigación y Desarrollo Tecnológico (ESIDET), la cual se realiza en los años pares desde 1994. En México, la participación en actividades de I+D se da mayormente a través de empresas grandes, muchas de las cuales son transnacionales. Estas empresas generalmente adoptan la tecnología que se genera en las matrices, las cuales suelen estar fuera de México. Esto implica que no existe una verdadera generación de I+D desde este sector, ya que esta generación es exógena a las empresas transnacionales, las cuales realmente no realizan actividades de I+D de impacto en la generación de innovación.

Sin embargo, en México se han creado organismos empresariales con el objetivo de promover la innovación dentro de las empresas. Entre estas organizaciones encontramos:

- La Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y el Desarrollo Tecnológico, la cual busca detectar las mejores prácticas para potencializar los procesos tecnológicos de empresas nacionales.
- La Confederación de Cámaras Industriales de los Estados Unidos Mexicanos, la cual integra cámaras y asociaciones nacionales y regionales.
- La Confederación Patronal de la República Mexicana, la cual funge como sindicato patronal para representar a empresarios de diversos sectores y tamaño, dentro y fuera de México.

Foro Consultivo Científico y Tecnológico:

El Foro Consultivo es un órgano autónomo permanente de consulta del poder Ejecutivo Federal, del Consejo General de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico y de la Junta de Gobierno del CONACyT. El Foro Consultivo es también asesor del Congreso y del Consejo de Judicatura Federal, miembro del Comité Intersectorial de Innovación y participa en la mayoría de los órganos colegiados de CONACyT.

En general, el Foro Consultivo es el componente encargado de dar voz a la comunidad científica en México, de manera que éstos participen en la formulación de propuestas para la política pública en materia de CTI, así como en la generación de programas de investigación científica y tecnológica. Parte de sus actividades consiste en recopilar, procesar y publicar información relevante para la CTI. Así mismo, el Foro Consultivo convoca a reuniones intersectoriales nacionales y regionales para la discusión de temas específicos, da seguimiento a iniciativas legislativas en materia de CTI y difunde resultados de proyectos mexicanos con financiamiento público.

Financiamiento de las actividades de ciencia, tecnología e innovación:

Una de las funciones más importantes de los agentes del componente gobierno es financiar la investigación a través del presupuesto público destinado a las actividades de CTI dentro del sistema. Con este fin existen una variedad de instrumentos, en la forma

de fondos y programas, diseñados para impulsar el desarrollo de la investigación científica y tecnológica para diversas áreas del conocimiento, y con diversos objetivos. La Tabla 3 describe brevemente algunos de los instrumentos de apoyo más importantes existentes dentro del Sistema Nacional de CTI.

Tabla 3: Instrumentos de apoyo a las actividades de CTI en México.

Instrumento de Apoyo	Organismo Financiero	Destinatario	Objetivos
Fondos Sectoriales	CONACyT, Secretarías del Gobierno Federal	<ul style="list-style-type: none"> - Instituciones públicas de investigación. - Universidades - Empresas 	Promover capacidades de CTI en diferentes sectores de actividad gubernamental.
Fondos Mixtos	CONACyT, Gobiernos Estatales	<ul style="list-style-type: none"> - Instituciones públicas de investigación. - Universidades - Empresas 	Desarrollar iniciativas regionales en materia de CTI. Promover la descentralización de actividades de CTI.
Fondos de Innovación Tecnológica	CONACyT, Secretaría de Economía	<ul style="list-style-type: none"> - PyMES - Empresas - Tractoras 	Promover la adopción de actividades de innovación y desarrollo tecnológico en las PyMES. Aumentar las capacidades de las empresas mediante el uso de la tecnología. Crear empresas gacela de tecnología.
Programa de Alto Valor Agregado en Negocios con Conocimiento y Empresarios	CONACyT, Nacional Financiera	<ul style="list-style-type: none"> - Empresas de carácter tecnológico. - Centros de Investigación. - Universidades. - Personas físicas o morales con actividades ligadas a CTI. 	Impulsar la detección y generación de oportunidades de negocios. Crear nuevos negocios de alto valor agregado basados en la aplicación del conocimiento científico y tecnológico.
Programa para el Desarrollo de la Industria del Software	Secretaría de Economía, Gobiernos Estatales, Empresas	<ul style="list-style-type: none"> - Personas físicas y morales con actividad empresarial ligada a tecnologías de información (TI). - Empresas e instituciones de investigación enfocadas al desarrollo de TI. 	Contribuir al desarrollo del sector de tecnologías de la información en México.
Programas de Estimulo para	CONACyT	<ul style="list-style-type: none"> - MiPyMES - Empresas 	Incentivar la inversión en investigación y desarrollo tecnológico, mediante

la Innovación: INNOVAPYM E, INNOVATEC, PROINNOVA		grandes	estímulos económicos complementarios a empresas con actividades de I+D.
--	--	---------	---

Fuente: Elaboración propia con información de CONACyT y la Secretaría de Economía.

2.1.5 Cómo se Mide la Innovación en México

Ante la necesidad de evaluar capacidades y resultados en innovación a través del Sistema Nacional de CTI, surge la necesidad de recopilar datos que contengan información relevante que permita realizar dichas evaluaciones.

A nivel internacional, existen dos herramientas preponderantes para tales tareas: el Manual de Oslo y el Manual de Frascati. El Manual de Oslo, el cual surge como iniciativa de la OCDE por primera vez en 1992, propone un sistema de indicadores de innovación y una serie de metodologías para su recolección. Sus principales objetivos son entender la innovación y su relación con el desarrollo económico para poder formular y mejorar políticas de innovación, así como evaluar comparativamente los resultados entre diferentes naciones o regiones. El Manual de Oslo está dirigido a la innovación en el sector empresarial a nivel de empresa individual, y establece la medición de cuatro tipos de innovaciones: producto, proceso, organización y mercadotecnia.

Por otro lado, el Manual de Frascati es una propuesta de norma práctica para la realización de encuestas de investigación y desarrollo experimental desarrollado por la OCDE. El manual está diseñado específicamente para medir los recursos humanos y financieros dedicados a la investigación y el desarrollo experimental, ya sea en instituciones públicas o privadas, así como por empresas.

En México, la tarea de medir y recolectar registros con información relevante a las actividades de CTI está esencialmente asignada al CONACyT y al INEGI, mediante diversas herramientas. Algunas de estas herramientas son exclusivas del CONACyT o del INEGI, mientras que algunas otras se realizan por ambas organizaciones en colaboración. El CONACyT inició esta tarea a partir de 1991, mediante la construcción de bases estadísticas sobre actividades científicas y tecnológicas, las cuales incluyen

indicadores agregados de insumos (inversión, recursos humanos) y productos (publicaciones, patentes) de I+D. La información compilada se presenta en dos publicaciones anuales: Informe General del Estado de la Ciencia y la Tecnología en México e Indicadores de Actividades Científicas y Tecnológicas. La Tabla 4 presenta un resumen de los instrumentos mexicanos para la recolección de información sobre CTI.

Tabla 4: Instrumentos para la recolección de información sobre CTI en México.

Instrumento	Descripción General	Organismo que lo realiza	Cobertura
Encuesta sobre la Investigación y Desarrollo Experimental (ESIDET)	Recolecta información sobre recursos de I+D utilizados por sectores productivos, IES y gobierno. Está basada en metodologías del Manual de Frascati y Manual de Oslo.	CONACyT INEGI	Agregado a nivel nacional. Desagregado para Chiapas, Morelos y Jalisco.
Módulo de actividades de innovación en la ESIDET 2010	Instrumento cualitativo que busca recopilar datos sobre actividades de innovación de las empresas.	CONACyT INEGI	Sector Productivo
ESIDET Módulo de cooperación internacional	Recopila información sobre cooperación internacional en el ámbito de la I+D de las empresas.	CONACyT INEGI	Agregado a nivel nacional. Desagregado para Chiapas, Morelos y Jalisco
ESIDET 2004 - Módulo sobre uso de TICs en las empresas	Este módulo está diseñado para obtener información relacionada a recursos humanos, financieros y de infraestructura que destinan empresas del sector privado a las tecnologías de información.	CONACyT INEGI	Sector Productivo
Encuesta sobre uso de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones 2009 en el sector privado	Su objetivo es obtener información relacionada a recursos humanos, financieros y de infraestructura que destinan empresas del sector privado a las tecnologías de información.	CONACyT INEGI	Agregado a nivel nacional. Desagregado para Chiapas, Morelos y Jalisco.
Encuesta sobre la Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología en México	Su objetivo es recopilar información relevante para generación de indicadores que midan conocimiento, entendimiento y actitud de las personas con respecto a actividades científicas y tecnológicas.	CONACyT INEGI	Agregado de las áreas urbanas de 100,000 y más habitantes.
Censo Económico – Módulo de Investigación Tecnológica e Innovación	Su objetivo es generar información relevante sobre los esfuerzos del sector productivo para realizar actividades de I+D en las empresas.	INEGI	Sector Productivo

Fuente: Elaboración propia con información de CONACyT.

Adicionalmente se realizan registros para recopilar información sobre otros indicadores de CTI. Entre ellos destacan los registros de importaciones y exportaciones de bienes de

alta tecnología (realizado por el Sistema de Administración Tributaria, INEGI, Banco de México y la Secretaría de Economía), el gasto nacional en ciencia y tecnología (realizado por CONACyT e INEGI), el acervo de recursos humanos en ciencia y tecnología (realizado por INEGI y la Secretaría del Trabajo y Previsión Social) y las patentes (realizado por el IMPI).

2.1.6 Debilidades en la Medición y Evaluación del Sistema de CTI

No obstante los esfuerzos por crear un sistema de indicadores mediante el diseño de diversas herramientas con este fin, persisten algunas deficiencias que se abordan a continuación.

En primera instancia, existe un problema que no es ajeno a otros sistemas de indicadores alrededor del mundo. Este problema tiene que ver con la dificultad para recabar información suficiente con respecto a los resultados de innovación de las empresas, por ejemplo, la cuantificación de productos nuevos puestos en el mercado, el aumento en la facturación de nuevos productos, la mejora en capacidades de la mano de obra (incremento en mano de obra especializada), etc.

Otra debilidad del sistema de indicadores mexicano es la ausencia del desglose de la inversión en innovación en las cuentas nacionales, así como la insuficiente información recabada para algunos indicadores. Por ejemplo, un indicador de suma importancia es el de patentes, no obstante, existe más información recolectada con respecto a las patentes solicitadas que a las patentes otorgadas.

Por otra parte, el sistema actual no incluye indicadores de impacto a largo plazo, especialmente los que describen los efectos de la innovación sobre las empresas, o el impacto de los programas de apoyo a la innovación. Adicionalmente, persiste la falta de actividades de difusión y formación en materia de innovación y los indicadores asociados al ámbito empresarial.

Finalmente, un problema de suma importancia dadas las características del tamaño y heterogeneidad del país, es la falta de descentralización de la información en relación a los indicadores de CTI. La disponibilidad de esta información desagregada, al menos, a nivel de entidad federativa constituiría una mejora importante al sistema de

indicadores, ya que permitiría realizar análisis de más profundidad hacia el interior del país, una nueva forma de regionalizar a partir de las condiciones y capacidades de sistemas de CTI a través de los Estados y la oportunidad de hacer estudios comparativos internacionales con regiones de otros países.

En resumen, resolver estos problemas nos permitiría analizar el estado de las actividades de CTI en el país ya no solamente desde una perspectiva de sistema nacional, sino desde un enfoque de sistemas regionales de innovación, permitiéndonos seguir las tendencias de los estudios actuales sobre sistemas de innovación a través del mundo. A continuación se plantea este enfoque para el caso mexicano.

2.1.7 Un Enfoque de SRI para México

Como se mencionó anteriormente, para el caso mexicano una región se puede definir tomando como base las entidades federativas. Existen varias razones para ello:

- i) Los estados se gobiernan bajo un modelo republicano y son libres y soberanos, poseen una constitución y un congreso propios. Esto les permite gozar de ciertas libertades para tomar decisiones con respecto a las políticas de innovación que desean implementar, los mecanismos de cooperación y coordinación, así como la administración del gasto en ciencia, tecnología e innovación.
- ii) Cada entidad dispone, en mayor o menor medida, de los componentes de un sistema de innovación; es decir, instituciones y organizaciones dentro de las esferas de un modelo de innovación regional. En cada estado existe alguna institución o instituciones con capacidad para la investigación, un sector empresarial en busca de oportunidades de emprendimiento y un gobierno estatal que propone un plan estatal de desarrollo donde se enmarcan los objetivos y acciones para el desarrollo de la ciencia, tecnología e innovación del estado.
- iii) Los estados difieren significativamente en dinamismo, dispersión o especialización económica y los recursos de base. Esto le da a cada estado características particulares, que pueden ser factores de ventaja competitiva. Esto influye de manera importante en

los procesos de innovación de cada entidad, así como en el desempeño de sus actividades en ciencia, tecnología e innovación.

iv) Existen diferencias notables en el impacto de las actividades de ciencia, tecnología e innovación en el desarrollo regional de cada entidad. Se observa claramente un mayor desarrollo en aquellas entidades con mayor inclinación por la manufactura, como el caso de Aguascalientes, Guanajuato, Coahuila, Nuevo León y Querétaro.

Considerando lo anterior, en torno a los SRI mexicanos se puede conjeturar que existe gran disparidad en su nivel de desarrollo, no hay claridad en cuanto a la pertinencia de las políticas de CTI implementadas y se desconoce su influencia en el desarrollo regional en cada entidad y en el país.

Esta situación crea la necesidad de llevar a cabo estudios empíricos que permitan encontrar explicaciones claras para estas disparidades y cuantificar el desempeño de las actividades de innovación dentro del país y las regiones. Pero una revisión exhaustiva de la literatura mostró que tales estudios son escasos, especialmente desde un enfoque de sistemas de innovación. Sin embargo, la falta de estos estudios no se debe a un desinterés nacional por la innovación. Por el contrario, encontramos esfuerzos de parte del gobierno y las agencias encargadas de la ciencia y la tecnología por impulsar la I+D y la innovación. Muestra de esto es que durante los últimos treinta años se ha estado construyendo una plataforma de ciencia y tecnología que incluye instituciones públicas especializadas en I+D, la descentralización de actividades de ciencia y tecnología, la formación de comunidades científicas, instituciones políticas y públicas avocadas a la coordinación y promoción de estas comunidades, la creación de diversas leyes en busca del fortalecimiento de las actividades de ciencia y tecnología, así como esfuerzos en legislar la promoción de inversión privada en ciencia y tecnología, entre otras (Helios e Hidalgo, 2008).

De los pocos estudios encontrados en la literatura, algunos trabajos relevantes son los realizados por el Foro Consultivo Científico y Tecnológico (FCCyT), la OCDE y otros autores. Por su parte, el FCCyT ha publicado una serie de documentos enfocados en diagnosticar las políticas en ciencia y tecnología, así como en innovación. Estas publicaciones buscan recopilar estadísticas relevantes en ciencia, tecnología e

innovación por estado (FCCyT, 2009), mientras que otros analizan el ambiente económico, político y social e intentan describir el funcionamiento de las actividades de innovación desde la valoración de la infraestructura, capacidades y capital humano con que cuenta el país y sus regiones⁴. También, los trabajos del Foro Consultivo hacen esfuerzos por cuantificar resultados de actividades en ciencia y tecnología, recopilando datos para indicadores de innovación por entidad federativa. Sin embargo, estos trabajos se basan en un enfoque cualitativo, y no contemplan análisis cuantitativos que permitan hacer diagnósticos o análisis de evaluación de desempeño con algún grado de confiabilidad estadística. De hecho, las estadísticas presentadas en estos estudios son de tipo descriptivo, y no contienen análisis cuantitativos de mayor alcance.

Otro estudio interesante es el presentado por la OCDE (2009) bajo su serie de Revisión de la Innovación Regional. Este trabajo presenta un diagnóstico de las actividades de innovación en 15 estados mexicanos, incluyendo algunos indicadores en innovación y las políticas de apoyo a los sistemas regionales, así como la situación de las regiones en términos económicos, políticos y sociales. De nuevo encontramos que este estudio de corte cualitativo, donde la cuantificación se reduce a estadísticas descriptivas y no lleva a cabo una evaluación cuantitativa el desempeño de las regiones.

En el contexto de la innovación, otros autores han escrito sobre las disparidades y condiciones a nivel regional (Corona, 1997; Unger Rubin, 2001; López-Leyva, 2003; Coetcytjal, 2003; Estrada, 2006). Sin embargo, al igual que los estudios mencionados anteriormente, carecen de un enfoque que permita medir el desempeño (y no tanto las condiciones) mediante métodos cuantitativos.

Las razones para la falta de estudios de desempeño con enfoque cuantitativo para el caso de la innovación en México son diversas. Sin embargo, se pueden plantear dos razones que parecen tener mayor peso específico sobre esta situación. Primero, la adopción de un modelo de desarrollo basado en sistemas de innovación es relativamente nueva en el país, especialmente a nivel regional. Evidencia de esto está en los planes estatales de desarrollo de las entidades, donde se puede observar que para el tema de ciencia y tecnología, no todos muestran un interés explícito por la innovación (más allá

⁴ Ver la serie de publicaciones tituladas Diagnóstico en Ciencia, Tecnología e Innovación (FCCyT, 2012).

de lo que se plantea en el Plan Nacional de Desarrollo), y mucho menos por la configuración formal o fortalecimiento de las estructuras de un SRI. Las ideas del país acerca de un sistema de innovación aún siguen estando más ancladas en una visión nacional. Sin embargo, algunos estados ya empiezan a trabajar en propuestas para crear y consolidar un SRI como estrategia de desarrollo económico (de Fuentes y Ampudia, 2009).

Segundo, la falta de estructuras formales de sistemas de innovación en México nos lleva a la siguiente razón; una falta de bases de datos para indicadores de innovación adecuadas para realizar análisis cuantitativos confiables. Los países con sistemas de innovación más avanzados tienen años perfeccionando sus listas de indicadores de innovación y construyendo encuestas de innovación adecuadas para crear bases de datos con el fin de realizar tareas de diagnóstico a través de métodos cuantitativos, tal es el caso anteriormente mencionado del European Innovation Scoreboard y la Community Innovation Survey. En el caso de México, solo se ha realizado encuesta en innovación por parte de INEGI y CONACyT en 2001. Por otro lado, la información se encuentra diseminada en diversas instituciones y organizaciones que recopilan datos y generan sus propias bases. Además, es difícil encontrar registros suficientemente desagregados a nivel regional, lo cual dificulta hacer análisis a este nivel.

CAPÍTULO III. HACIA UNA TAXONOMÍA DE LOS SRI EN MÉXICO

Resumen

El estudio de los sistemas regionales de innovación mexicanos (SRI) permite identificar las diferencias en las condiciones y capacidades para generar innovaciones tecnológicas. En esta sección se examina el nivel de heterogeneidad de las entidades federativas mexicanas en cuanto a su potencial y desempeño como sistemas de innovación. El objetivo central es la clasificación de los SRI, en el contexto de las entidades federativas, a partir de una serie de indicadores correspondientes a sus condiciones socioeconómicas e institucionales, así como de sus capacidades y resultados en innovación. Se emplea información por estado correspondiente a indicadores relacionados con condiciones de mercado, condiciones institucionales, clima de inversión, estructura económica, nivel de absorción y difusión de las tecnologías, generación de conocimiento e innovación. Mediante análisis de clústeres se determinaron 6 tipos de SRI en México, con fortalezas y debilidades distintivas, en términos de las dimensiones de innovación propuestas. El estudio puede ser la base para realizar análisis más integrales de las condiciones y capacidades de países emergentes que muestran disparidades en el desarrollo de sus regiones. Adicionalmente, este estudio puede servir como un punto de partida para posteriores análisis de desempeño, con el fin de estudiar la eficiencia productiva de estos SRI.

Introducción

El gran cuerpo de literatura sobre innovación y sistemas de innovación, acumulado desde mediados de 1980, destaca la importancia de los procesos de innovación para el desarrollo económico moderno. Si bien una gran parte de los estudios sobre el tema giran en torno a la conceptualización de los sistemas de innovación, incluyendo sus componentes, funciones y naturaleza (ver Freeman, 1987; Lundvall, 1985, 1992; Cooke, 1998; Niosi, 2002; entre otros), los últimos años han visto el surgimiento de estudios enfocados en evaluar el desempeño de los sistemas de innovación.

A principio de los años 1990 surgen una serie de indicadores de innovación que complementan los indicadores clásicos de “input” (entrada) y “output” (salida) utilizados en procesos de producción económica. Esto se debió en gran parte al proceso llevado a cabo para la publicación del Manual de Oslo (OCDE, 1992), así como las subsecuentes encuestas de innovación europeas, Community Innovation Survey (CIS). Lo anterior permitió estudiar otras dimensiones de innovación mediante análisis cuantitativo, además de las dimensiones técnicas, económicas, sociales e institucionales que se habían estudiado bajo un enfoque cualitativo (Evangelista et al., 1998; Smith, 2005).

Dentro de las líneas de estudio alrededor de la innovación con enfoque cuantitativo, se encuentra la clasificación taxonómica de los procesos/sistemas de innovación. Uno de los trabajos pioneros que propuso el concepto de las taxonomías enfocadas a los procesos de cambio tecnológico e innovación es el estudio seminal de Pavitt (1984), cuyo objetivo general era describir el comportamiento de las empresas innovadoras para predecir sus acciones y sugerir un marco para el análisis de políticas de innovación. A este estudio le seguiría un amplio cúmulo de trabajos que buscaron complementarlo o ampliarlo, e incluso mejorarlo.

Las taxonomías son una herramienta de gran utilidad para la clasificación de una población de objetos o entidades en grupo, de tal forma que las diferencias entre entidades de un mismo grupo son mínimas, mientras que las diferencias entre objetos o entidades de dos o más grupos son máximas. Las taxonomías tienen la capacidad de

reducir la complejidad de la población bajo estudio a macro-clases fácilmente recordables (Archibugi, 2001).

En las ciencias sociales encontramos el enfoque empírico y el teórico como los dos enfoques generales de clasificación taxonómica (Warriner, 1984; Rich, 1992; Doty y Glick, 1994). Los estudios sobre la innovación, con el objetivo de clasificar (ya sea la innovación misma o los procesos innovativos), se basan en el enfoque empírico, el cual comienza con la recopilación de datos para las entidades bajo estudio. Estos datos son procesados mediante métodos estadísticos para producir grupos a partir de las medidas de similitud y las técnicas estadísticas utilizadas (Coccia, 2006).

Algunos trabajos de investigación basados en este último enfoque (Balzat y Pyka, 2006; Godinho et al., 2006, por ejemplo) han propuesto una taxonomía de sistemas de innovación, particularmente sistemas nacionales de innovación. Sin embargo, una de las limitantes que se observan en estos estudios es su incapacidad para explicar las diferencias en el desempeño hacia el interior de los países. Esto resulta especialmente relevante en países en vías de desarrollo que muestran diferencias marcadas en términos del desarrollo económico de territorios al nivel sub-nacional. Tal es el caso mexicano, el cual se ha caracterizado por diferencias significativas en el desarrollo de su región norte, centro y sur. Sin embargo, para realizar análisis al nivel sub-nacional, se requiere un marco conceptual para sistemas de innovación diferente al ámbito nacional. Una alternativa puede basarse en los SRI.

Existen similitudes entre un sistema nacional y uno regional, ya que de manera general ambos cuentan con los mismos elementos y las mismas funciones básicas descritas para cualquier sistema de innovación; (1) un subsistema estructural de explotación del conocimientos (principalmente empresas); (2) un subsistema de generación de conocimiento (universidades, centros de investigación, etc.); (3) un contexto institucional (normas, confianza, rutinas, etc.) donde se generan las interacciones del sistema (Cooke et al., 1998). En ese sentido, el concepto de SRI puede entenderse como una sección del sistema nacional de innovación, donde las características principales permanecen válidas al estudiar áreas más pequeñas (Buesa et al., 2006). Una observación importante hecha por Asheim y Cooke (1999) es que el concepto de región resalta un nivel importante de gobernanza de los procesos

económicos entre el nivel nacional y el local o municipal (i.e., el nivel estatal). Además, Asheim y Coenen (2005) señalan la importancia del nivel meso de las naciones como base de coordinación económica, aunque la forma de administrar estas actividades puede diferir significativamente entre países.

Por lo anterior, para el caso mexicano es pertinente tomar las entidades federativas como un modelo de SRI que permite llevar a cabo un estudio empírico sobre las diferencias y similitudes en las características de los sistemas estatales de innovación en México, a partir de sus dimensiones de innovación. La motivación del estudio es contribuir a la comprensión de las actividades de ciencia, tecnología e innovación en México, desde una perspectiva regional y un enfoque cuantitativo. El objetivo es construir una taxonomía mediante análisis multivariado de datos que permita: (1) diferenciar los SRI en base a las características de condiciones, capacidades y resultados del sistema, y; (2) clasificar los SRI de acuerdo a características particulares que los definen.

La estructura de este estudio es la siguiente. La sección 1 presenta un marco conceptual donde se aborda el uso del enfoque de sistema regional de innovación como marco analítico, así como una breve revisión de los trabajos hechos alrededor de taxonomías enfocadas a la innovación. La sección 2 presenta la metodología empleada para el estudio, con una breve descripción de los métodos y herramientas utilizadas. La sección 3 presenta los resultados obtenidos de los análisis de clústeres, así como la clasificación propuesta a partir de estos resultados. Finalmente, se establecen las conclusiones, así como las reflexiones de la aportación del estudio y posibles enfoques para futuras investigaciones.

3.1 Los SRI como Marco de Análisis

No existe una definición universalmente aceptada para el concepto de SRI; sin embargo, existe cierto grado de convergencia entre las diferentes propuestas del concepto, lo cual incluye la existencia de una red localizada de actores e instituciones públicas y privadas que interaccionan para generar, transferir, modificar y difundir conocimiento y nuevas

tecnologías, dentro de la estructura de producción de una región (Cooke,1992; Doloreux, 2003; Asheim y Gertler, 2006). El argumento central es que este conjunto de actores e instituciones producen efectos penetrantes y sistémicos que impulsan a las compañías dentro de la región a desarrollar formas específicas de capital, derivadas de relaciones sociales, normas, valores e interacciones dentro de la comunidad, para reforzar la capacidad y competitividad regional en innovación (Gertler *et al.*, 2000).

Existen varios argumentos a favor del enfoque regional para el estudio de la innovación. El principal es que la aglomeración regional proporciona el mejor contexto para una economía del conocimiento basada en la innovación (Hudson, 1999), para la creación y difusión del conocimiento, y para el aprendizaje. Doloreux y Parto (2004) mencionan que la popularidad del enfoque se debe a que proporciona una narrativa sobre las dimensiones intangibles de desarrollo económico local y los procesos de circulación del conocimiento y aprendizaje en una escala aparentemente más manejable. La literatura muestra algunos argumentos aún más puntuales:

- Los sistemas de innovación se observan más fácilmente al nivel regional, ya que las distancias tienden a reducir la frecuencia de interacción entre individuos (Andersson y Karlsson, 2006).
- Las rutinas y normas informales que son específicas a cada región juegan un papel esencial en el comportamiento de las empresas y cómo colaboran entre ellas (Andersson y Karlsson, 2006).
- Las formas específicas de creación de conocimiento, especialmente el *tácito*, y de aprendizaje tecnológico son localizados y territorialmente específicos (Fischer, 2001).
- Existe un “efecto de localización” significativo, en el cual los flujos de conocimiento del sector público a la industria pueden ser más importantes en una región o localidad específica (OCDE, 1997).
- La innovación ocurre en un contexto institucional, político y social, por lo que la ‘región’ es el sitio de interacción económica e innovación (Storper, 1997).
- Una ventaja competitiva duradera en una economía global es fuertemente localizada, y surge de una concentración de habilidades altamente especializadas y

conocimiento, así como instituciones formales, negocios relacionados y clientes en una región particular (Porter, 1998).

- Las interacciones localizadas entre agentes de innovación se deben en gran medida a la proximidad física requerida para la transmisión de conocimiento tácito (Braczyck et al., 1998; Malmberg y Maskell, 1997).
- La literatura en desarrollo regional reconoce la importancia del desarrollo endógeno y el impacto que tiene la capacidad innovativa sobre el territorio (Cooke y Morgan, 1998; Morgan, 2004).

En términos de los factores que producirán el efecto de derrama de conocimiento (la homogeneidad en las condiciones sociales, culturales e institucionales), el enfoque de los SRI visualiza a la nación como la composición de regiones no-homogéneas, y argumenta que cada región debe tener su propio sistema de gobernanza (Jang, 2006). Se ha mostrado empíricamente que las regiones pueden contener grandes secciones de una cadena de valor (e.g. los distritos industriales italianos), así como una estructura gubernamental relativamente autónoma (e.g. entidades federativas como Baden-Württemberg en Alemania, o Catalonia en el país Vasco de España) (Asheim y Coenen, 2005).

Concretamente, el uso del SRI como marco conceptual consta de dos conjuntos de estudios: a) estudios empíricos comparativos de varias regiones y b) estudios de sistemas individuales. Los estudios comparativos tienen como objetivo describir el funcionamiento de los SRI para encontrar factores y mecanismos deseables para promover la competitividad y la innovación, así como evaluar las implicaciones de las políticas en innovación. La contribución de estos estudios consiste en proporcionar un estado del arte para la clarificación conceptual de los sistemas regionales a través del enfoque de analizar el impacto de diferentes tipos de SRI en diferentes países (Doloreux y Parto, 2004). Los estudios de sistemas individuales tiene como objetivo determinar hasta qué punto las regiones realmente constituyen un sistema de innovación. La contribución de este tipo de estudio reside en proporcionar una mejor comprensión de la naturaleza y dinámica del desarrollo regional. De esta manera, permiten identificar los factores que contribuyen al surgimiento y sustento de un SRI, las dinámicas sociales e institucionales que apoyan la actividad de innovación de la región, así como la

descripción de las diferentes interacciones entre actores y factores dentro de la región (Edquist et al., 2000; Isaksen, 2004; Diez, 2002; Cooke et al., 2000). Una contribución fundamental de estos estudios es la evidencia que nos lleva a concluir que no existe un modelo único para generalizar las dinámicas de un SRI exitoso.

Un problema fundamental que persiste -a pesar de los numerosos estudios con SRI como marco conceptual-, es que aún no se puede determinar la constitución real de un SRI (Markusen, 1999). En otras palabras, no está determinado qué tanta y qué tipo de innovación debe ocurrir dentro de una región para que se considere un SRI. Tampoco se ha determinado si cualquier región puede constituir un SRI sólo por llevar a cabo tareas en pro de las actividades de innovación. En realidad, toda la literatura se basa en un modelo conceptual, pero no se ha demostrado empíricamente la existencia de tales SI. Sin embargo, debe enfatizarse que el enfoque de los SRI se sigue validando a través de la investigación empírica (Doloreux y Parto, 2004). En este sentido, encontramos dos líneas generales de desarrollo. Por un lado, una línea explora aspectos de capacidades para llegar a un análisis detallado de los principales elementos del SRI. Por otra parte, la otra línea evoluciona alrededor del hecho de que podemos encontrar un SRI en todos lados. Es decir, todas las regiones tienen algún tipo de SRI, aunque existan diferencias en capacidades y condiciones para la innovación de una región a otra (Cooke et al., 2000; Asheim e Isaksen, 2002; Wolfe, 2003; Tödting y Kaufmann, 2001; Enright, 2003).

Otro tema importante de discusión consiste en la determinación de la unidad de análisis que se considera representativa de un SRI. Sin la intención de profundizar mucho en el tema, encontramos diferentes propuestas en la literatura sobre este punto. Algunos consideran la 'ciudad' o las 'zonas metropolitanas' como unidades adecuadas para estudiar los procesos de innovación (Crevoisier y Camagni, 2000; Simmie, 2001; Diez, 2002; Feldmann y Audretsch, 1999). Otros proponen un nivel dentro de la ciudad o zona metropolitana, al cual denominan 'local' (Asheim e Isaksen, 2002; Saxenian, 1994; Porter, 1998; Enright, 2003). También hay quienes utilizan un nivel de mayor agregación que, aunque diverso en su conformación política para diferentes países, utiliza una escala supra-regional/sub-nacional. Tal es el caso de estudios sobre las provincias canadienses de Ontario (Gertler y Wolfe, 1998) y Quebec (Latouche, 1998), o

la provincia belga de Wallonia (Capron y Cincera, 1998). Para el caso de México, su similar serían las entidades federativas, las cuales se han venido utilizando como modelo de análisis para diagnósticos en ciencia, tecnología e innovación realizados por el Foro Consultivo Científico y Tecnológico (FCCyT) para cada estado de la república mexicana (FCCyT, 2010; FCCyT, 2012). Similarmente, el estudio Crespi y D'Este (2011) utiliza la entidad federativa mexicana como modelo de SRI.

La razón detrás de adoptar provincias o estados como unidad de análisis reside en que estos niveles generalmente cuentan con estructuras institucionales específicas y tradiciones culturales que facilitan y regulan el comportamiento económico y la actividad social (Gertler y Wolfe, 1998). Por lo tanto, esta unidad territorial puede sostener las características planteadas en el concepto de sistema regional de innovación.

3.2 Antecedentes de Elaboración de Taxonomías para Sistemas de Innovación

Una de las formas a través de las cuales se ha venido estudiando cuantitativamente el cambio tecnológico y la innovación ha sido la clasificación taxonómica. Si bien la clasificación es un proceso común en las ciencias físicas, ciencias de la vida y ciencias sociales, las taxonomías representan una forma específica de ésta. El propósito más básico de una taxonomía es maximizar las diferencias entre grupos bajo estudio, mientras que maximiza las similitudes entre los miembros de cada grupo. Esto se logra a través de un proceso con reglas sobre cómo formar y representar grupos (*taxa*), para luego nombrarlos (*nomy*) (Coccia, 2006). Las ciencias sociales cuentan con la clasificación teórica y la clasificación empírica como sus dos enfoques generales de clasificación. La clasificación teórica desarrolla una teoría de diferencias que resultará en una clasificación conocida como 'tipología'. En cambio, la clasificación empírica (y la de mayor interés para el presente estudio) produce grupos a través de datos recopilados y procesados mediante métodos estadísticos, de acuerdo a las medidas de similitud calculadas por dichos métodos. Este último enfoque se utiliza para clasificar cuantitativamente. A continuación se presenta una breve revisión de la literatura alrededor de las taxonomías de sistemas de innovación a partir de sus características en condiciones y desempeño.

Los últimos años han visto el surgimiento de enfoques para clasificar diferentes formas de organización de mercados, las cuales consideran a las instituciones y su rol en la organización económica. Uno de los enfoques más importantes es el de “variedades de capitalismo” propuesto por Hall y Soskice (2001). Aunque inicialmente se propuso como un concepto descriptivo, Amable y Petit (2001) y Amable (2003) han aplicado el enfoque utilizando técnicas econométricas. El resultado fue una taxonomía del capitalismo para economías industrializadas. Un factor importante de las economías capitalistas es la organización de la innovación y su rol en las economías de mercado y su estructura institucional (Balzat y Pyka, 2006). El concepto de sistema de innovación, de manera similar al concepto de variedades de capitalismo, se enfoca en las especificidades de la estructura institucional y las características específicas de su localización.

Motivados por la compatibilidad entre los enfoques de clasificación de mercados y los sistemas de innovación, Balzat y Pyka (2006) realizaron un estudio empírico buscando las similitudes y diferencias estructurales, así como de desempeño en innovación de los sistemas de innovación para una muestra de 18 países de la OCDE, con el fin último de proveer una mejor comprensión de las estructuras específicas de los 18 países. Por su parte, Godinho et al. (2006) realizaron un ejercicio exploratorio para examinar los sistemas de innovación a través de 8 dimensiones, para una muestra de 69 países, con la intención de encontrar los principales factores que diferencian a los sistemas nacionales de innovación, permitiendo proponer una taxonomía. Su objetivo era determinar si es posible aplicar el mismo concepto de sistema nacional de innovación a todo país, independientemente de sus características específicas.

En cuanto a los estudios cuantitativos sobre taxonomías de los SRI se tiene que éstos son muy escasos. La mayoría se han realizado para proporcionar tipologías de regiones europeas, basadas en sus capacidades y desempeño económico y tecnológico. La cantidad limitada de estudios empíricos en este campo se debe en gran parte a la falta de datos adecuados al nivel regional. Esto podría explicar el sesgo en la literatura hacia estudios teóricos, y no empíricos (MacKinnon et al., 2002). De hecho, autores como Malmberg y Maskell (1997) han criticado la falta de estudios sobre los SRI que hagan uso de datos agregados para un gran número de regiones.

Existen dos enfoques para la obtención de tipologías de los SRI. El primero hace uso de casos de estudio de manera iterativa para ir comprobando trabajos conceptuales previos. De esta manera, encontramos que Cooke (1998) combina tres tipos de gobernanza de los SRI: “desde abajo”, “en red” e “intervencionista”; con tres dimensiones de innovación empresarial: localista, interactiva, globalizada, para un total de 9 tipos de SRI. Asheim (2007) propone 3 tipos de SRI: alojados territorialmente, regionalmente encadenados y nacionalmente regionalizados.

El segundo enfoque para encontrar tipologías se basa en análisis estadísticos para un conjunto de regiones. La Tabla 5 muestra un resumen de los estudios europeos más relevantes en esta área. Es importante notar que el tipo de variables y conceptos utilizados por los investigadores de los SRI en sus análisis estadísticos está altamente influenciado por la limitada disponibilidad de datos a nivel regional (Navarro et al., 2009).

Como puede observarse la mayoría de los estudios que se han realizado para la Unión Europa se basan en muestras grandes de regiones, tomando como unidad de análisis las mismas unidades administrativas de esta organización. Otra característica es el uso recurrente de métodos estadísticos de análisis multivariado, especialmente el análisis de *clústeres*. De manera significativa, destaca que los esquemas de análisis que fundamentan la selección de los indicadores particulares, ponen énfasis en las capacidades e insumos de ciencia y tecnología, especialmente los recursos públicos destinados a la educación y la investigación y desarrollo. En cuanto a las tipologías obtenidas, las formas de caracterización son muy variadas, puesto que mientras que algunas se centran en la dimensión tecnológica, otras lo hacen en el nivel de desarrollo de los SRI, el estado de avance tecnológico o la estructura productiva (especialización económica).

Por otra parte, persiste una notable carencia de estudios sobre la situación en las naciones en desarrollo. Esto puede deberse en parte a las limitaciones de disponibilidad de fuentes de datos adecuados para el análisis de la innovación, sus componentes y condicionantes al nivel regional, especialmente en los países de América Latina. Sólo recientemente, Crespi y D’Este (2011), utilizando el análisis de clústeres, proponen una

clasificación de los SRI para el caso de América Latina, específicamente las entidades federativas de Brasil, Chile, Colombia y México.

Tabla 5: Selección de tipologías de regiones de la Unión Europea basadas en análisis estadísticos

<i>Estudio</i>	<i>Regiones</i>	<i>Técnica estadística</i>	<i>Variables utilizadas</i>	<i>Tipología obtenida</i>
Clarysse y Muldur (2001)	102 regiones de UE-15	Análisis factorial y análisis de clusters	a) PIB per cápita, b) empleo agrícola, c) I+D total, d) patentes, e) variación del PIB, f) variación de patentes, g) variación de desempleo.	<i>6 tipos de regiones:</i> a) líderes industriales b) seguidoras de líderes c) de lento crecimiento, d) que sólo se actualizan tecnológicamente e) que sólo se actualizan económicamente f) rezagadas.
ECOTEC (2005)	150 regiones UE-15	Análisis de valor Z y análisis de clusters	a) Gasto en I+D, b) recursos humanos en I+D, c) empleo en manufactura de media y alta tecnología, d) empleo en servicios intensivos de conocimiento, e) población con posgrado.	<i>5 tipos de área:</i> a) carentes de capacidad, b) de capacidad promedio, c) ricas en innovación, d) centros ricos en I+D y e) centros ricos en conocimiento.
Muller y Nauwelaers (2005)	55 regiones UE-12	Análisis de componentes principales	25 variables correspondientes a 5 factores: a) creación de conocimiento, b) absorción de conocimiento, c) difusión de conocimiento, d) demanda de conocimiento, e) gobernanza.	<i>Tipo de regiones:</i> a) capitales, b) con potencial de crecimiento terciario, c) plataformas de manufacturas calificadas, d) con retos industriales, y e) agrícolas rezagadas
Hollanders (2007)	206 regiones UE-25	Análisis de clusters	6 indicadores: RHs en CyT, aprendizaje de por vida, gasto público en I+D, gasto privado en I+D, empleos de manufactura de media y alta tecnología, empleos de servicios de alta tecnología, patentes.	Obtiene 12 tipos o grupos de regiones de acuerdo al desempeño en innovación.
Martínez-Pellitero (2007)	146 regiones UE-15	Análisis factorial y análisis de clusters	29 variables agrupadas en 6 factores: a) ambiente nacional, b) ambiente regional, c) compañías innovadoras, d) universidades, e) administración pública f) demanda.	Obtiene 10 grupos acomodados en 3 categorías: - atípicos - intermedios, y - menos desarrollados

Fuente: Adaptado de Navarro et al. (2009).

Un enfoque alternativo, que pudiera ser de utilidad para superar la limitación de los enfoques de clasificación de los SRI basados exclusiva o predominantemente en las capacidades de CyT y los recursos para la I+D, es el propuesto por Godinho et al.(2006), quienes se enfocan en cuatro grandes aspectos de los sistemas de innovación que atiende capacidades, condiciones y resultados: a) precondiciones para la innovación; b) insumos del sistema; c) condiciones estructurales y; d) resultados del sistema.

3.3 Información Utilizada para la Elaboración de Una Taxonomía de los SRI en México

La propuesta de taxonomía de los SRI presentada en este trabajo parte de sistematizar las diferencias y factores comunes entre sistemas de innovación mexicanos, en el contexto de las entidades federativas de México, a partir de diversos indicadores que tienen que ver con condiciones económicas, sociales, institucionales, así como capacidades de innovación y resultados en términos de generación de conocimiento e innovación.

3.3.1 Dimensiones e Indicadores para la Clasificación de los SRI

En base a lo anterior, este trabajo se realiza con algunas adecuaciones al modelo analítico de Godinho et al. (2006) en términos de los indicadores utilizados, y de acuerdo a la disponibilidad de datos para éstos. A continuación se describen brevemente las dimensiones e indicadores utilizados en el presente estudio (Tabla 6).

- *Precondiciones para la innovación.* Se consideran dos clases de precondiciones para la innovación: primero las condiciones de mercado y después las condiciones institucionales.
- *Entradas al sistema.* En conexión con las condiciones mencionadas anteriormente, se consideran otras dos clases de precondiciones: “la inversión en intangibles y tangibles” y “el conocimiento científico”.
- *Características estructurales.* Se refiere a la especialización productiva y el grado de internacionalización de la economía y comunicación externa.

- *Salidas del sistema.* Las principales salidas del sistema tienen que ver naturalmente con el desempeño del SRI, pero de igual forma con la difusión, que es la circulación y diseminación del conocimiento y nuevas tecnologías entre las diferentes partes del sistema.

A continuación se describen cada una de las dimensiones comprendidas en estos cuatro grandes aspectos de los SRI, así como los indicadores particulares que incluye cada dimensión.

Dimensión 1: Condiciones de Mercado. La conceptualización de la innovación implica la comercialización de los productos y servicios generados por la investigación y el desarrollo. Esto significa que parte del éxito de estas innovaciones reside en tener un mercado adecuado en términos de la demanda de los productos y servicios generados. Además, considerando las dificultades que conlleva la distancia geográfica ligadas a costos de transacciones, costos de transporte o la disponibilidad de canales de distribución adecuados; el mercado regional generará las mayores oportunidades para la mayoría de las empresas involucradas en el sistema regional de innovación. La Dimensión 1 busca reflejar la potencialidad de la demanda que existe para las innovaciones generadas en la región, a través de los indicadores de producto interno bruto, densidad poblacional e ingreso bruto per cápita.

Dimensión 2: Desarrollo institucional. Las instituciones que regulan y dan forma al comportamiento de los agentes económicos dentro del sistema de innovación, son difíciles de representar cuantitativamente. Para superar esta limitante se buscó medirlas indirectamente a través de indicadores que pudieran reflejar el efecto de las instituciones sobre la región. De esta manera, los indicadores seleccionados fueron el índice de calidad de transparencia, el índice de efectividad de gobierno y el índice de corrupción y buen gobierno. Mediante estos indicadores se intenta describir las condiciones institucionales generadas por el desempeño de los gobiernos estatales, desde la perspectiva de la propia población. Los índices son calculados por organismos independientes como la Conferencia Mexicana para el Acceso a la Información Pública

(COMAIP), el Centro de Estudios Económicos del Sector Privado, A.C. (CEESP) y Transparencia Mexicana.

Dimensión 3: Inversión en intangibles y capital físico. Existen dos tipos de inversiones primordiales en un sistema de innovación: la inversión en recursos humanos y la inversión en recursos físicos. La inversión en recursos humanos significa la creación de una masa crítica de generación de ideas, factor crítico para la generación de innovación. Para representar los esfuerzos en el desarrollo de actividades de ciencia, tecnología e innovación, se contemplan tres indicadores: el gasto en educación como porcentaje del PIB, el gasto en educación per cápita para cada entidad y la inversión del gobierno como porcentaje del presupuesto total del estado dirigido a ciencia, tecnología e innovación. Adicionalmente, se incluye la formación bruta de capital fijo como indicador del valor añadido a la economía que pudiera beneficiar las actividades de innovación.

Dimensión 4: Conocimiento Científico. Esta dimensión busca medir las condiciones existentes para la generación de productos con la potencialidad de convertirse en innovación, así como la orientación hacia una sociedad del conocimiento; con este propósito, se seleccionaron cuatro indicadores: número de investigadores en el Sistema Nacional de Investigadores (SNI) como proporción de la PEA, la producción científica per cápita, la población con estudios de posgrado y los centros de investigación públicos y particulares, estos dos últimos como proporción de la población económicamente activa. Los primeros dos indicadores buscan reflejar la potencialidad para generar conocimiento, la orientación hacia actividades relacionadas con ciencia, tecnología e innovación y la producción de conocimiento, el cual tiene el potencial de convertirse en innovación. El último indicador busca medir la infraestructura presente en los estados que incide sobre la generación de conocimiento.

Tabla 6: Dimensiones e indicadores de los SRI

<i>Dimensión</i>	<i>Indicadores</i>	<i>Descripción y fuentes</i>
1 Condiciones de mercado	<ul style="list-style-type: none"> ▪ PIB ▪ Densidad de Población 	<p>Producto interno bruto en miles de pesos (transformado con log 10). INEGI (2010)</p> <p>Densidad poblacional por km² (transformado con log 10). INEGI (2010)</p>

	▪ Ingreso Bruto	Ingreso bruto per cápita en miles de pesos. INEGI (2010)
2 Desarrollo institucional	▪ Calidad de Transparencia	Índice de calidad de transparencia calificada de 1-100. COMAIP (2008) Conferencia Mexicana para la Información Pública
	▪ Efectividad de Gobierno	Índice de opinión empresarial sobre marco regulatorio (más alto mejor). CEESP (2008) Centro de Estudios Económicos del Sector Privado, A.C.
	▪ Índice de Corrupción	Índice de corrupción y buen gobierno (1/Ind). Transparencia Mexicana (2008)
3 Inversión en intangibles y capital físico	▪ FBCF	Formación Bruta de Capital Fijo. INEGI (2008)
	▪ Gasto en Educación/ PIB	Gasto en educación como porcentaje del PIB (en millones de pesos). CIEP (2010) Centro de Investigación Económica y Presupuestaria
	▪ Gasto en Educación per cápita	Gasto en educación per cápita en millones de pesos (transformado con log 10). CIEP (2010)
	▪ Inversión de Gobierno	Presupuesto para Ciencia, Tecnología e Innovación como porcentaje del presupuesto total del estado. FCCyT (2009-2012)
4 Conocimiento científico	▪ Número de investigadores	Investigadores SNI de las áreas de Biotecnología, Físico matemáticas y ciencias de la tierra, medicina y ciencias de la salud, Biología y química e Ingenierías, por cada 10,000 de la PEA. CONACyT (2010/2011)
	▪ Publicaciones per cápita	Publicaciones per cápita (aproximado). CONACyT (2009)
	▪ Población con estudios de posgrado	Población con estudios de posgrado por cada 1000 de la PEA. CONACyT (2010)
	▪ Número de centros de investigación	Centros de investigación (UNAM, IPN, CINVESTAV, Universidades públicas estatales, CONACyT, Secretarías de estado y otros) por cada 10,000 de la PEA. INEGI (2011)
5 Estructura productiva	▪ Industria de exportación	Valor agregado de la industria manufacturera, maquiladora y servicios de exportación (aproximación). INEGI (2008)
	▪ Especialización en industria manufacturera	Porción del PIB del sector industria manufacturera. INEGI (2009)
	▪ Tamaño de las empresas	Razón de unidades económicas de tamaño grande y micro de las industrias manufactureras, comercio y servicios. INEGI (2009)
6 Comunicación externa e internacionalización de la economía.	▪ Comercio exterior	Exportación más importación entre el PIB. Secretaría de Economía (2008)
	▪ IED	Inversión extranjera directa como porcentaje del PIB. Secretaría de Economía (2008)
	▪ Acceso a Internet	Porcentaje de hogares con acceso a internet. INEGI (2008)

7	Capacidad de difusión	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Uso de computadoras ▪ Cobertura de la telefonía ▪ Empresas con ISO 9000 	<p>Computadoras por cada 100 habitantes. INEGI (2008)</p> <p>Líneas telefónicas fijas y móviles por cada 100 habitantes. COFETEL (2008)</p> <p>Empresas con ISO 9000 por cada millón de la PEA. CONACyT (2008)</p>
8	Innovación	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Propiedad intelectual 	<p>Propiedad intelectual (patentes, modelos de utilidad y diseños) solicitadas por cada 10,000 de la PEA. IMPI (2010)</p>

Fuente: Elaboración propia

Dimensión 5: Estructura productiva. El trabajo seminal de Pavitt (1984) mostró que las características sectoriales de una economía afectan la dirección, naturaleza e intensidad de la innovación. Por ello resulta importante conocer la estructura de actividades de producción y exportación de los sectores con diferentes niveles de generación de conocimiento e I+D. Sin embargo, este tipo de información resulta difícil de obtener al nivel estatal en México, por lo que se consideraron los indicadores de valor agregado en actividades industriales y exportaciones, la porción del PIB estatal aportado por el sector manufacturero y la relación de unidades económicas grandes a las micro de las industrias de manufactura, comercio y servicios. El objetivo es describir las características del sector productivo de los estados mediante el tamaño e importancia económica de los sectores que más aportan a las actividades de CTI.

Dimensión 6: Comunicación externa e internacionalización de la economía. Un factor clave para el funcionamiento y desarrollo de un sistema de innovación es su capacidad para establecer vínculos con el mercado externo y con otros sistemas. Las relaciones comerciales internacionales permiten una interacción que conlleva la adquisición de conocimiento nuevo o complementario, así como acceso a mercados externos. Para medir el nivel de esta interacción se utilizaron tres indicadores: la suma de exportaciones e importaciones como promedio del PIB, la inversión extranjera directa como porcentaje del PIB y el acceso a internet como porcentaje de los hogares en cada entidad. Los primeros dos indicadores miden el nivel de interacción con mercados externos, y el tercer indicador refleja el potencial de la región para entablar comunicación fuera de sus límites geográficos.

Dimensión 7: Capacidad de difusión. Otro factor importante implica la circulación y distribución de conocimiento y nuevas tecnologías a diferentes partes del sistema. David y Foray (1995) plantearon el poder redistributivo del sistema de innovación como un factor importante para su funcionamiento. Este poder está en función de la colaboración y los enlaces de colaboración entre diversos actores del sistema. Si bien no existe un indicador o indicadores que midan esta actividad directamente, algunos *proxy* adecuados al respecto pueden ser los siguientes: las computadoras distribuidas entre la población, las líneas de teléfono fijas y móviles por habitantes y las empresas con ISO 9000 en proporción a la población económicamente activa. Los primeros dos indicadores reflejan la difusión de tecnologías de información y comunicación, mientras que el tercero refleja la difusión de prácticas de innovación específicas dentro de la economía.

Dimensión 8: Innovación. Esta última dimensión tiene que ver con los resultados de las actividades de I+D. El número de solicitudes de instrumentos de propiedad intelectual (patentes, diseños industriales y modelos de utilidad) ha sido ampliamente utilizado en la literatura como *proxy* de la generación de innovaciones, ya que constituye un indicador de los desarrollos tecnológicos obtenidos en una economía. Aunque una patente no se puede considerar estrictamente una innovación, si es un buen indicador de desempeño en actividades relacionadas directamente con la innovación.

Para los indicadores PIB, densidad de población, gasto en educación per cápita y propiedad intelectual solicitada fueron transformados mediante *Log 10*. Por su parte, el índice de corrupción se transformó mediante el recíproco, para invertir el sentido de su interpretación, ya que a diferencia de los demás indicadores, éste se interpreta como “menor = mejor”. Todos los datos para los 24 indicadores se estandarizaron para eliminar efectos de magnitud y poder hacerlos comparables. Finalmente, los indicadores fueron agregados mediante suma y promedio en cada dimensión, dando como resultado 8 índices compuestos para cada SRI. A partir de estos indicadores compuestos se realizaron los análisis posteriores.

3.4 Métodos

Con el fin de identificar y eliminar variables redundantes, primeramente se realiza un análisis de correlación lineal (de Pearson) con los 24 indicadores originales. Una vez seleccionados los indicadores definitivos, se realiza un análisis de conglomerados para las 32 entidades federativas del país a partir de los valores estandarizados de cada indicador que cubren las 8 dimensiones consideradas clave para los SRI. Posteriormente, se validan los resultados del análisis de conglomerados a través de una serie de análisis de varianza (ANOVA) inter-grupal de una vía. Finalmente, se representan gráficamente las dimensiones de los SRI para cada conglomerado, y se realiza una discusión de los resultados observados.

3.4.1 Análisis de Clústeres

En este estudio se ha utilizado la técnica de clústeres jerárquicos, que parte de conformar un grupo con los dos casos más similares, y repetir este proceso hasta formar un solo grupo con todas las observaciones. Asimismo, se eligió el enlace Ward y distancia euclidiana para la formación de clústeres.

Los algoritmos de aglomeración se aplicaron utilizando los indicadores que expresan el desarrollo de las 8 dimensiones consideradas clave para el nivel de desarrollo de los SRI.

3.4.2 Análisis de Varianza (ANOVA)

En el presente estudio se realizó un ANOVA inter-grupal, donde cada dimensión de innovación fue una variable dependiente y los clústeres constituyeron una variable independiente. La intención de este análisis fue validar la estructura de clústeres encontrada en el análisis previo, a través de la comparación de sus valores medios para las dimensiones.

3.5 Resultados: Una Propuesta de Taxonomía de los SRI de México en Base a Sus Condiciones, Capacidades y Resultados

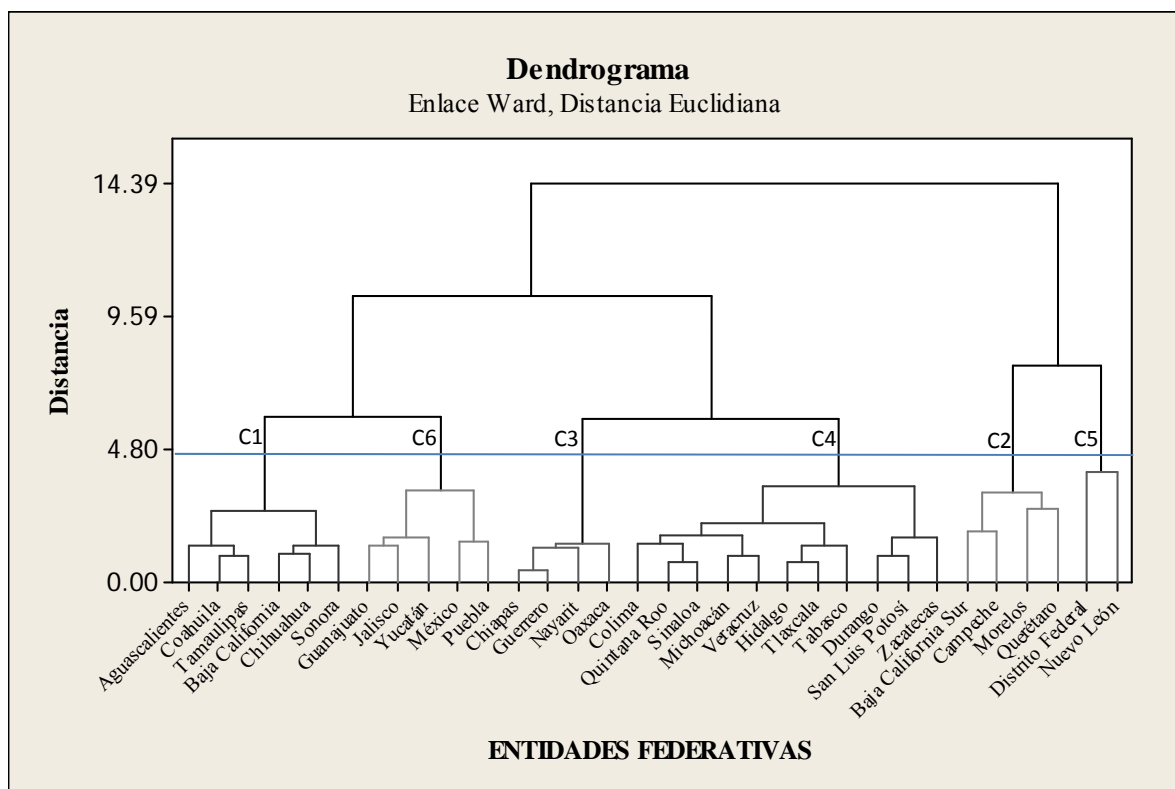
3.5.1 La Obtención de Clústeres de SRI

Un análisis de correlación lineal entre los indicadores al interior de cada dimensión, permitió identificar algunas variables que pudieran ser redundantes y/o provocar la presencia de colinealidad, lo cual podría afectar el subsecuente análisis de clústeres. Dicho análisis permitió prescindir de las variables PIB (Dimensión 1), índice de calidad de transparencia (Dimensión 2), formación bruta de capital fijo (Dimensión 3), publicaciones per cápita y población con estudios de posgrado (Dimensión 4) y computadoras por cada 100 habitantes (Dimensión 7). Finalmente, se realizó el análisis de clústeres con las 18 variables restantes.

Partiendo del análisis de clústeres jerárquico de enlace Ward y distancia euclidiana, la Figura 3 muestra el dendrograma obtenido. Se observa claramente que cortando inmediatamente debajo del nivel de distancia de 4.80, se forman 6 grupos distintivos. Los ANOVA realizados posteriormente dan sustento a la adecuada diferenciación de estos seis conglomerados, por lo cual solo se presentan los resultados obtenidos a partir de esta partición.

La Tabla 7 muestra los resultados del ANOVA realizado para comparar las medias entre los conglomerados por dimensión. Todas las diferencias son significativas, valores $p < 0.05$, lo cual sustenta la diferenciación entre conglomerados para la estructura encontrada.

Figura 3: Dendrograma de aglomeración jerárquica con enlace Ward y distancia euclidiana



Fuente: Elaboración propia mediante MINITAB16® 2012.

3.5.2 Las Principales Características de los Distintos Tipos de SRI

Una vez que se han procesado los datos y conformado los clústeres, se presentan los resultados para las 8 dimensiones de cada SRI (entidad) mediante gráficas de radar. Esta primera aproximación a la presentación de resultados es particularmente práctica, ya que permite visualizar de manera sencilla las fortalezas y debilidades de cada SRI en función de las dimensiones de innovación utilizadas.

Los gráficos de radar muestra la configuración de cada clúster de SRI, de acuerdo al desempeño en cada una de las 8 dimensiones (Figuras 4, 5, 6, 7, 8 y 9). Cada eje de los gráficos varía alrededor del cero, siendo este valor equivalente a la media estandarizada para cada dimensión. Los gráficos muestran las fortalezas y debilidades en términos de las dimensiones de los SRI dentro del clúster al que pertenecen.

Tabla 7: ANOVA inter-grupal

Dimensión	Conglomerados						P	R ² Ajs
	C1 (n = 6)	C2 (n = 4)	C3 (n = 4)	C4 (n = 11)	C5 (n = 2)	C6 (n = 5)		
1. Condiciones de Mercado	-0.0595	-0.0905	-0.6803	-0.1706	2.2823	0.1505	0.000	58.22%
2. Desarrollo Institucional	0.0509	-0.4900	-0.8695	0.0085	0.2261	0.9173	0.003	38.58%
3. Inversión en Intangibles y CF	0.0059	0.3962	-0.3930	-0.1772	1.4159	-0.1862	0.000	55.52%
4. Conocimiento Científico	-0.2208	1.7732	-0.6736	-0.2094	0.7522	-0.4549	0.000	67.58%
5. Estructura Productiva	0.8609	-0.0989	-1.0217	-0.2482	0.6597	0.1455	0.000	56.09%
6. Comunicación Externa	0.9637	-0.0615	-0.8115	-0.2561	0.8902	-0.2506	0.000	61.19%
7. Capacidad de Difusión	0.2328	1.0862	-1.0686	-0.2766	1.9686	-0.4725	0.000	80.83%
8. Innovación	-0.0390	0.1295	-0.8388	-0.5759	2.8757	0.7310	0.000	79.81%

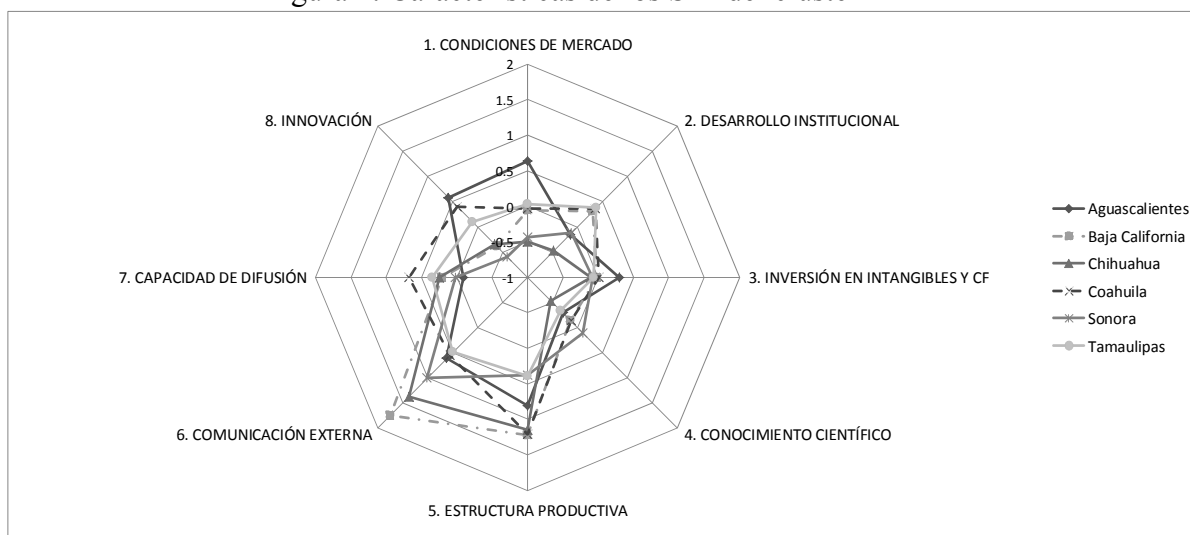
Nivel de confianza de 95%; los datos representan las medias de las dimensiones por conglomerado

Fuente: Elaboración propia mediante software Minitab16® 2012.

La Figura 4 muestra que el grupo o clúster número 1 (C1) está integrado por 6 SRI que destacan en tres dimensiones particulares: estructura productiva, comunicación externa, y capacidad de difusión. Por otra parte, se observa debilidad dentro del grupo para las dimensiones concernientes a la producción de conocimiento científico y condiciones de mercado. En términos de los niveles de las dimensiones, no se observa un líder evidente en el grupo. Sin embargo, Aguascalientes, Baja California y Coahuila muestran los mayores promedios a través de las 8 dimensiones. En cambio, Sonora se encuentra rezagado del grupo, a pesar de ser una entidad con una de las fronteras norte más importantes del país, así como con una cantidad significativa de industria de media y alta tecnología.

Cabe destacar que este clúster está conformando principalmente por estados fronterizos, con excepción de Aguascalientes, donde se encuentra una importante industria maquiladora y otras industrias modernas de exportación, además de mantener una relación estrecha con EEUU debido a la frontera compartida. Es por eso que tiene sentido la predominancia de indicadores tales como exportaciones e importaciones, inversión extranjera directa, valor agregado en actividades industriales y exportaciones o incluso el porcentaje del PIB aportado por la industria manufacturera. Entidades no fronterizas como Aguascalientes, también cuentan con una actividad industrial importante, y destacan en las dimensiones de *estructura productiva* y *comunicación externa*. En general, los resultados presentados por este clúster a través de las dimensiones de innovación lo posicionan en un nivel medio-alto, con especialización en estructura productiva y comunicación externa.

Figura 4: Características de los SRI del clúster 1



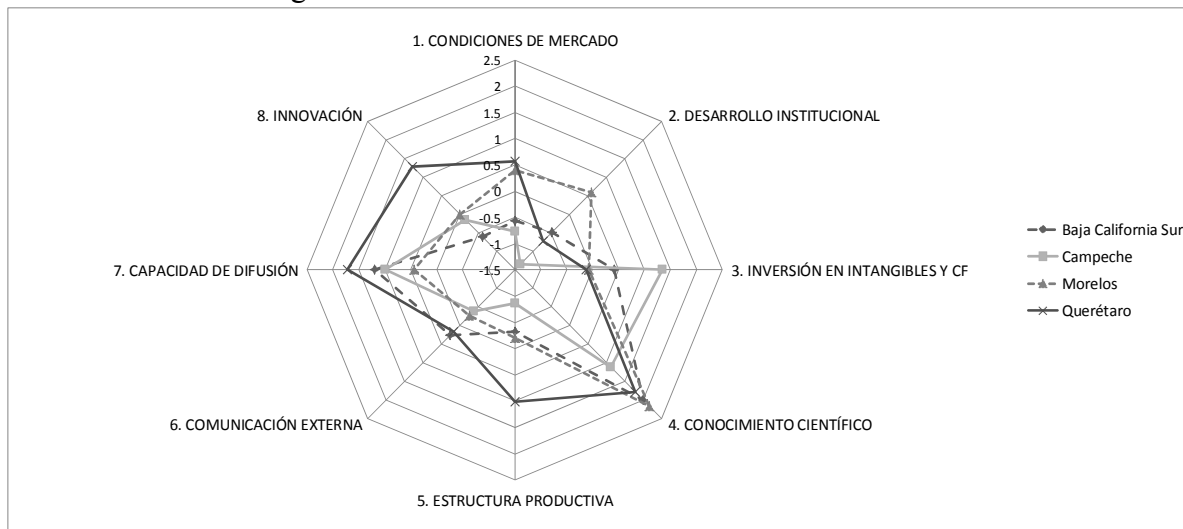
Fuente: Elaboración propia mediante Microsoft Excel 2007 ®

La Figura 5, corresponde al clúster número 2 (C2), mismo que muestra fortalezas en la capacidad para la generación efectiva y en la difusión de conocimiento científico, mientras que presenta debilidades en términos de su desarrollo institucional y su estructura productiva. Sin embargo, Querétaro contrasta con estos resultados, ya que presenta mejor desempeño en 4 de las dimensiones (incluidas las 2 anteriores), así como un mayor promedio general a través de las 8 dimensiones. Adicionalmente, se observa una irregularidad en las condiciones por dimensión de algunas entidades. Por ejemplo, Morelos presenta un valor alto en la generación de conocimiento científico en relación con las demás entidades. Campeche muestra un comportamiento similar, destacando en la dimensión de inversión en intangibles.

Los integrantes de este grupo no se destacan por ser entidades con un gran desarrollo industrial o tecnológico, con la excepción de Querétaro. Las actividades económicas de estas entidades se enfocan más en actividades primarias, comercio y turismo. Se destaca el caso de Morelos para la dimensión de conocimiento científico compuesto por los indicadores de investigadores y centros de investigación en la entidad. El valor relativamente alto de este indicador con respecto a los demás integrantes del grupo puede deberse a su cercanía al centro del país (particularmente al D.F.), lo cual facilita la movilidad hacia instituciones de educación superior con un número importante de programas de posgrado. La entidad misma cuenta con 32

posgrados pertenecientes al Padrón Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC), aunque la mayoría se concentran en áreas de humanidades y ciencias de la salud.

Figura 5: Características de los SRI del clúster 2



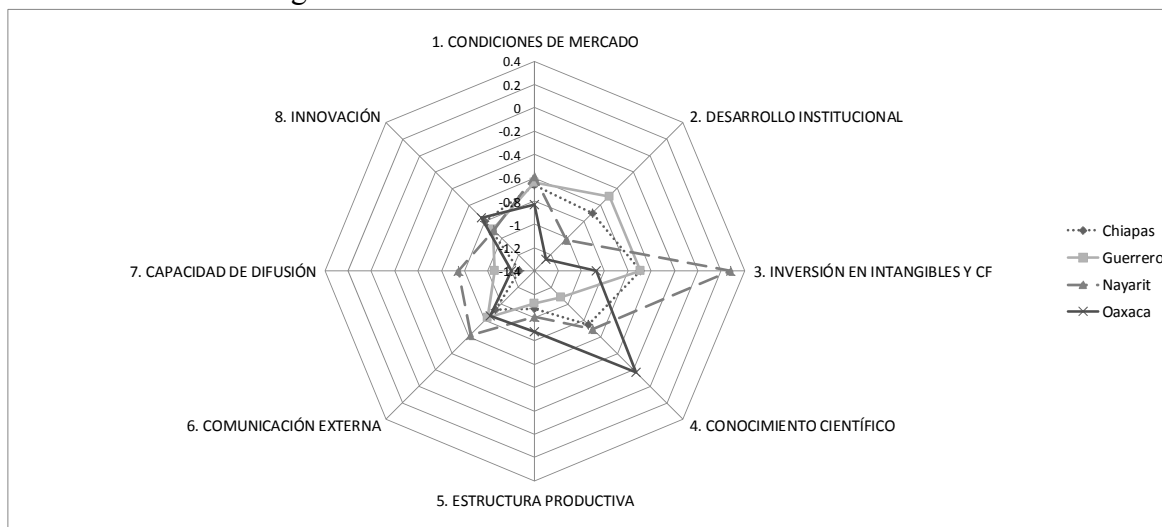
Fuente: Elaboración propia mediante Microsoft Excel 2007 ®

De manera general, el grupo tiende hacia el promedio del país en término de las dimensiones analizadas. Al igual que el clúster 1, se observa un desempeño de nivel medio-alto, aunque con especialización en generación de conocimiento científico y difusión.

La característica más evidente del grupo de SRI que conforman el conglomerado 3 (ver Figura 6) es su rezago respecto a los sistemas del resto del país. Si bien todos los miembros de este grupo tienen condiciones económicas, tecnológicas y sociales, capacidades de innovación y resultados muy similares, destaca un desempeño relativo, en conjunto, muy pobre, ya que en casi todas las dimensiones de SI, estas entidades se encuentran marcadamente debajo de la media. Los bajos niveles en las diferentes dimensiones del grupo podría ser un indicativo de que no se cuentan con recursos adecuados para la conformación de sus sistemas. Históricamente, los estados que conforman este clúster han padecido un rezago importante en términos de desarrollo económico con respecto al resto del país. Finalmente, no destaca significativamente alguna entidad particular, aunque Nayarit exhibe un nivel sobre la media para la dimensión de inversión en intangibles. Sin embargo, el resto de sus dimensiones

muestran los mismos niveles bajos que el resto de los integrantes del grupo. Debido a estas características, este clúster se caracteriza por un desempeño de nivel bajo.

Figura 6: Características de los SRI del clúster 3



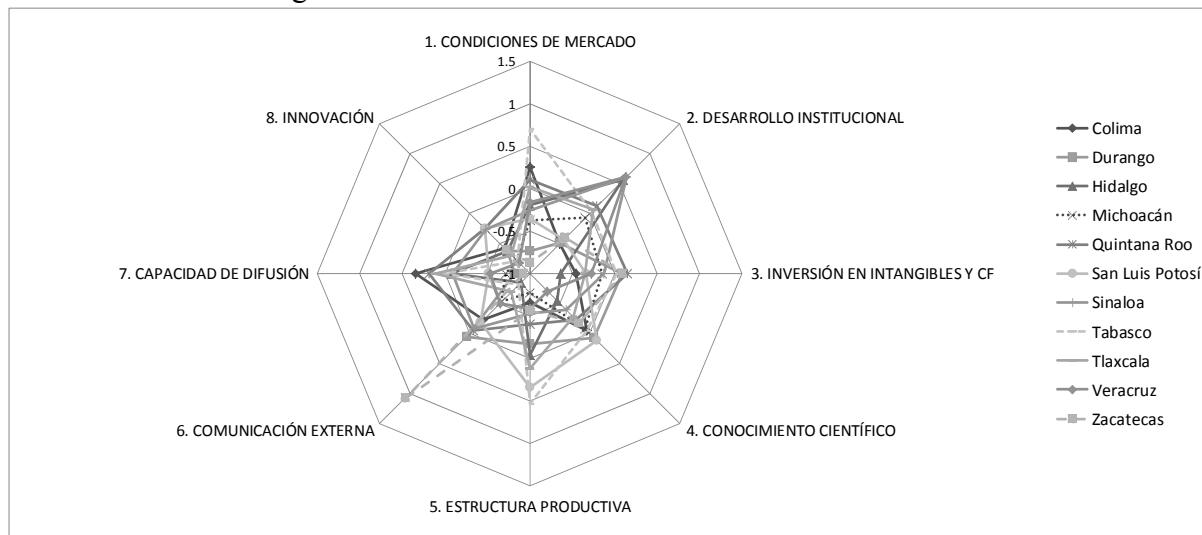
Fuente: Elaboración propia mediante Microsoft Excel 2007 ®

El clúster 4 es el más numeroso, con 11 miembros en total. La gráfica de radar en la Figura 7 muestra que, similar al grupo anterior, existe un rezago general a través de las dimensiones, aunque no al nivel del clúster 3. No se observa un líder entre las entidades que conforman el grupo, y en general la mayoría de las dimensiones presentan niveles por debajo de la media nacional para todos los miembros.

El clúster 5 se encuentra conformado por dos entidades, Nuevo León y Distrito Federal. Ambos comparten la característica de tener los mejores niveles en las 8 dimensiones de análisis de los SRI de manera general (ver Figura 8). Es claro que el D.F. es un sistema *sui generis* debido a la diferencia en su tamaño con respecto a cualquier otra entidad del país; no obstante, Nuevo León le aventaja notablemente en la dimensión de estructura productiva. En contraste, el D.F. es significativamente superior bajo la dimensión de conocimiento científico. Es por eso que resulta interesante cuán nivelados se encuentran ambos sistemas en términos de la dimensión de innovación. Es posible que la producción de propiedad intelectual provenga de la investigación

académica para el caso del D.F., mientras que para Nuevo León, la generación de PI se da mayormente a nivel empresarial.

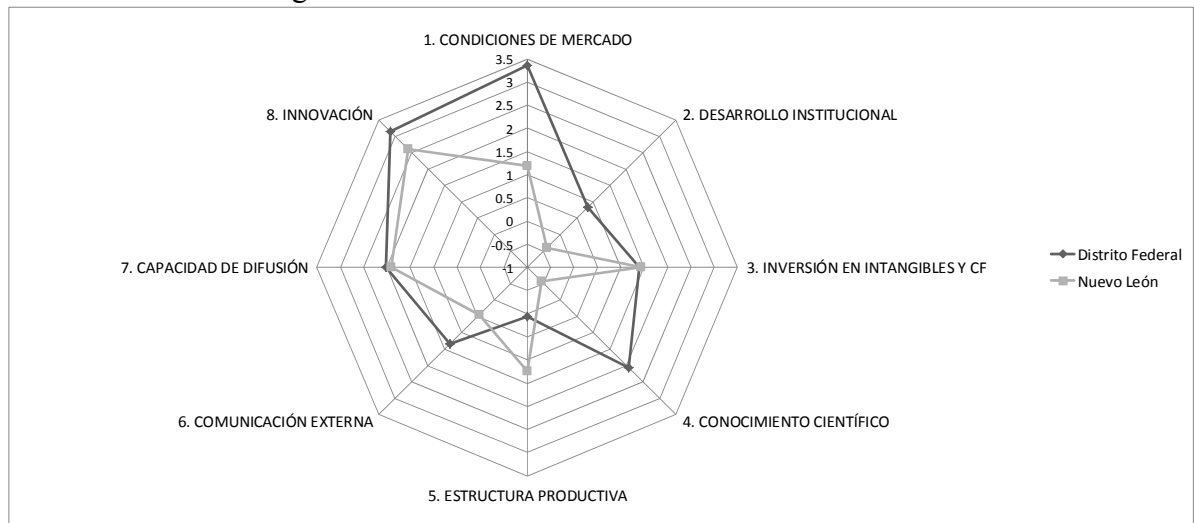
Figura 7: Características de los SRI del clúster 4



Fuente: Elaboración propia mediante Microsoft Excel 2007 ®

En general, es evidente la superioridad de este grupo con respecto a los demás conglomerados y entidades individuales. Los niveles para la mayoría de sus dimensiones son significativamente superiores a los de cualquier otra entidad para las mismas dimensiones. Con la excepción de estructura productiva y tal vez, inversión en intangibles, el tamaño del D.F. en términos de su estructura organizacional e institucional parece darle una ventaja importante sobre las demás entidades del país. Por mencionar algunos datos, el D.F. cuenta con 354 programas pertenecientes al PNPC, 6,606 investigadores en el Sistema Nacional de Investigadores, 376 instituciones de educación superior y 66 centros de investigación. Esto números muestran una gran diferencia, solo en términos de su estructura de ciencia y tecnología, con respecto a las demás entidades. El DF es, por si sólo el SRI más fuerte y consolidado del país. Sin embargo, el desempeño en términos del uso eficiente de sus recursos es una cuestión que amerita analizarse, pero que rebasa los objetivos del presente estudio. Debido a las características anteriores, este clúster presenta un desempeño de nivel alto, con énfasis en sus condiciones de mercado, capacidad de difusión e innovación.

Figura 8: Características de los SRI del clúster 5

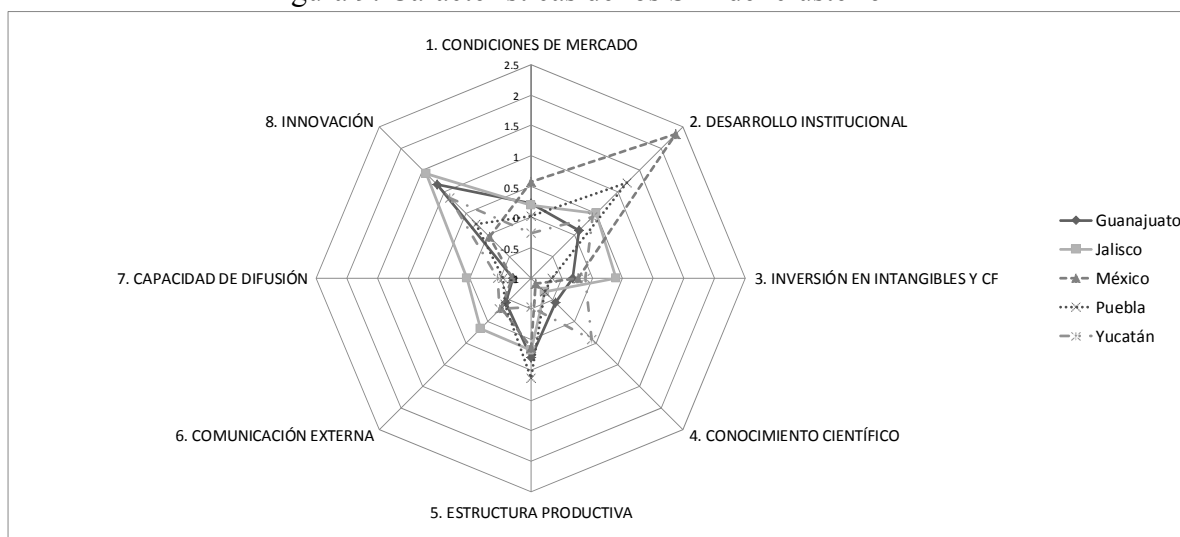


Fuente: Elaboración propia mediante Microsoft Excel 2007 ®

Finalmente, el clúster 6 representado en la Figura 9 muestra ventajas en las dimensiones de desarrollo institucional y resultados en innovación. Sin embargo, la inversión en intangibles, generación de conocimiento, comunicación externa y capacidad de difusión se encuentran por debajo de la media nacional. Esto representa el 50% de las dimensiones analizadas, lo cual es evidencia de SRI no consolidados. Por otra parte, el promedio de las dimensiones de cada integrante de este grupo se encuentra en niveles inferiores, por ejemplo, a los integrantes del conglomerado 1. Los integrantes más débiles del grupo son Puebla y Yucatán, quienes incluso muestran algunas características similares a los integrantes del clúster 4. Todo lo anterior caracteriza al conglomerado 6 por un desempeño de nivel medio, destacando en lo particular en desarrollo institucional.

La información anterior permite discutir sobre el tamaño, homogeneidad y patrones en los SRI de México a partir de las dimensiones de los SRI propuestas. Subsecuentemente, nos es posible proponer una clasificación taxonómica a partir de estos resultados. La Tabla 8 describe las características particulares de cada tipo de SRI identificado en el análisis.

Figura 9: Características de los SRI del clúster 6



Fuente: Elaboración propia mediante Microsoft Excel 2007 ®

Estos resultados se asemejan a los obtenidos por los análisis de los SRI europeos, los cuales muestran una diversidad de configuraciones de sistemas, y proponen cinco o más tipologías (Clarysse y Muldur, 2001; ECOTEC, 2005; Muller y Nauwelaers, 2005; Hollanders, 2007; Martínez-Pellitero, 2007). Así mismo, existen coincidencias con estudios como los realizados por Navarro y Gibaja (2009), también para el caso de regiones europeas, quienes encuentran que los clústeres obtenidos se diferencian en gran medida en base a factores relacionados con las condiciones de desarrollo económico de las regiones y sus perfiles de especialización sectorial. La diferencia es que en nuestro estudio, tales diferencias son explicadas, además, por otro tipo de precondiciones de la innovación, como el desarrollo institucional, la inversión en tangibles e intangibles y el grado de apertura externa de las regiones.

Tabla 8: Una propuesta de taxonomía de los SRI mexicanos

Tipo de SRI e integrantes	Características
<p><i>SRI avanzados y consolidados, (Clúster5)</i></p> <p>Distrito Federal y Nuevo León</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ SRI del principal centro demográfico del país y del principal polo industrial ▪ En general, observan capacidades, condiciones y resultados de innovación muy por encima del promedio nacional ▪ No presentan debilidades en ninguna de las dimensiones de los sistemas de innovación analizadas ▪ Tienen una clara ventaja en relación a los otros SRI en las condiciones de mercado, los resultados de innovación (patentes), las capacidades y resultados en la generación de conocimiento, y en capacidad de difusión de las tecnologías

<p><i>SRI de nivel medio-alto, altamente internacionalizados y estructura productiva favorable (Clúster 1)</i></p> <p>Aguascalientes, Baja California, Chihuahua, Coahuila, Sonora y Tamaulipas</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Son los SRI de la frontera norte del país ▪ Su mayor fortaleza está en el nivel de comunicación externa e internacionalización económica, así como una estructura productiva especializada en industrias de exportación, con alta presencia de IED y tamaño de empresa grande ▪ En condiciones de mercado, desarrollo institucional, inversión en intangibles y resultados en innovación presentan niveles alrededor de los promedios nacionales ▪ Su principal desventaja reside en las capacidades y resultados en la generación de conocimiento científico
<p><i>SRI de nivel medio-alto, especializados en la generación de conocimiento científico y con alta capacidad de difusión de las tecnologías (Clúster 2)</i></p> <p>B.C. Sur, Campeche, Morelos y Querétaro</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Son SRI con claras ventajas en capacidades y resultados en la generación de conocimiento científico y en capacidad de difusión de tecnologías ▪ En menor medida, presentan ventajas en la inversión en intangibles y resultados de innovación ▪ Sus condiciones de mercado, de estructura productiva y nivel de internacionalización se aproximan al promedio nacional ▪ Una clara desventaja en términos de desarrollo institucional
<p><i>SRI de nivel medio, con ventajas en desarrollo institucional y en resultados de innovación (Clúster 6)</i></p> <p>Guanajuato, Jalisco, México, Puebla y Yucatán</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Su mayor fortaleza reside en el desarrollo institucional, renglón en el que supera incluso a los SRI más avanzados ▪ Exhibe también ventajas en los indicadores de resultados de innovación (patentes) ▪ Pero no tienen un desarrollo integral, ya que muestra debilidades en su capacidad de difusión de las tecnologías y en las capacidades y resultados en la generación de conocimiento científico, principalmente. Tiene desventajas también en cuanto a su nivel de internacionalización y comunicación con el exterior. ▪ Tiene ventajas, aunque de menor magnitud, en las condiciones de mercado, inversión en intangibles y en la estructura productiva
<p><i>SRI de nivel medio-bajo, con desventaja moderada en casi todas las dimensiones del sistema (Clúster 4)</i></p> <p>Colima, Durango, Hidalgo, Michoacán, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Tabasco, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La principal característica es que se encuentran en desventaja en 7 de las 8 dimensiones o componentes que se han utilizado para la comparación de los SRI, aunque esta desventaja es menor a la que tienen las entidades del grupo siguiente. ▪ Únicamente en la dimensión desarrollo institucional se encuentran al nivel del promedio nacional ▪ Una desventaja marcada en el área de los resultados del sistema regional en términos de resultados en innovación(registros de propiedad industria)
<p><i>SRI rezagados, con capacidades y resultados sumamente limitados, y condiciones muy desfavorables (Clúster 3)</i></p> <p>Chiapas, Guerrero, Nayarit y Oaxaca</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Presentan las condiciones más desfavorables para los procesos de innovación, ya que trata de las entidades de menor desarrollo socio-económico del país ▪ Sus condiciones de mercado, desarrollo institucional, de estructura productiva y de nivel de internacionalización son limitativas ▪ Muy débil desarrollo de las capacidades de innovación, de generación de conocimiento científico, de difusión de tecnologías y de capitales intangibles

Fuente: Elaboración propia.

Otra semejanza consiste en que los SRI identificados por nuestro estudio presentan perfiles semejantes a los descritos en varios estudios llevados a cabo en el contexto de la Unión Europea (Muller et al., y Navarro et al., 2009), quienes identifican SRI integrados por grupos con las siguientes características: a) regiones capital que cuentan en general con fuertes ventajas de aglomeración y servicios avanzados; b)

regiones industriales especializadas en segmento de alta y media tecnología y de exportación; c) regiones agropecuarias que cuentan con una débil infraestructura en CyT y capacidades muy limitadas para la difusión y generación del conocimiento. La diferencia más importante, en este sentido, es que en los países más desarrollados un amplio grupo de los SRI identificados se concentra en el rango de las “regiones avanzadas tecnológicamente”, mientras que en el caso de México, este grupo es muy reducido y predominan las “regiones rezagadas tecnológicamente” y los SRI categorizados de desarrollo intermedio-bajo.

Se ha identificado solo un estudio que haya examinado las diferencias de los SRI mexicanos con una metodología similar a la empleada en este trabajo (Crespi y D’Este, 2011). Este estudio y el nuestro difieren en la estructura dimensional y las variables empleadas para realizar el análisis de clústeres, ya que el estudio mencionado se enfoca principalmente en los recursos públicos y privados para ciencia y tecnología, mientras que el nuestro hace uso, además, de variables que permitan describir condiciones y capacidades de los SRI. Por otra parte, si bien el estudio de Crespi y D’Este (2011) encuentra 6 clústeres al igual que nuestro estudio, no existe una intención evidente de proponer una clasificación taxonómica de los SRI, y la subsecuente caracterización de los grupos definidos es limitada en relación a lo realizado en nuestro estudio.

3.5.3 Ranking de los SRI en Base a Sus Condiciones y Capacidades

Adicionalmente, el cálculo de los valores para las dimensiones también nos permite realizar un ranking de los SRI individuales mediante la suma promediada de las 8 dimensiones de innovación para cada SRI. La Tabla 9 presenta el ranking que se produce mediante éste cálculo. El ranking muestra una correspondencia bastante cercana a los resultados obtenidos del análisis de conglomerados, especialmente en lo que respecta a los grupos extremos, es decir, aquellos con las mejores y las más deficientes condiciones, capacidades y resultados.

Tabla 9: Ranking de los SRI de acuerdo al índice general como promedio de las 8 dimensiones

<i>Entidad federativa</i>	<i>Índice general</i>	<i>Clúster</i>	<i>Entidad federativa</i>	<i>Índice general</i>	<i>Clúster</i>
1. Distrito Federal	1.782	5	17. Puebla	-0.019	6
2. Nuevo León	0.985	5	18. Tabasco	-0.045	4
3. Querétaro	0.709	2	19. Q. Roo	-0.047	4
4. Morelos	0.381	2	20. Sinaloa	-0.140	4
5. Coahuila	0.379	1	21. S.L.P.	-0.202	4
6. B.C. Norte	0.359	1	22. Tlaxcala	-0.213	4
7. Aguascalientes	0.301	1	23. Colima	-0.235	4
8. Jalisco	0.274	6	24. Zacatecas	-0.298	4
9. B.C. Sur	0.239	2	25. Hidalgo	-0.302	4
10. Tamaulipas	0.166	1	26. Durango	-0.329	4
11. México	0.110	6	27. Veracruz	-0.371	4
12. Chihuahua	0.100	1	28. Michoacán	-0.433	4
13. Sonora	0.037	1	29. Nayarit	-0.664	3
14. Yucatán	0.006	6	30. Guerrero	-0.826	3
15. Campeche	-0.007	2	31. Chiapas	-0.834	3
16. Guanajuato	-0.009	6	32. Oaxaca	-0.853	3

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior nos permite observar claramente la posición de los grupos, con el clúster 5 como líder indiscutible en términos de la información que proveen las dimensiones. Los conglomerados 1, 2 y 6 se observan un tanto entreverados a través de los SRI particulares que los conforman. Por último, los SRI correspondientes al conglomerado 3 y 4 se agrupan perfectamente al final del ranking, mostrando el atraso de estos grupos con respecto a los demás SRI del país.

Los indicadores utilizados para el análisis muestran que los SRI predominantes comparten algunas características en común, especialmente si los analizamos de manera individual. Por ejemplo, de los primeros 3 SRI del ranking (D.F., Nuevo León y Querétaro), se observa una predominancia de las dimensiones *capacidad de difusión e innovación*, las cuales presentan niveles claramente arriba del promedio nacional. Estas dimensiones buscan medir la capacidad para difundir información y nuevas ideas, y la producción de ideas patentables, con potencial para trascender hacia el mercado como productos terminados. Sin embargo, estas dimensiones solo proveen una visión parcial de las características de los sistemas. La exploración de algunos datos de la productividad y centros generadores de ideas patentables (ver anexos E, F y G) permiten

observar otras características compartidas por estos SRI⁵. En términos de la configuración de las unidades económicas del D.F., Nuevo León y Querétaro, la proporción de unidades económicas grandes a micro⁶ muestran a los tres SRI por arriba del promedio nacional, lo cual concuerda con la predominancia de actividad industrial de estas entidades, a excepción del D.F. Por otra parte, en términos de la participación del PIB por sectores, la industria manufacturera predomina ampliamente para Nuevo León y Querétaro, aunque en este rubro, el D.F. tiene una mayor participación en el sector comercio. Un sector que resulta interesante es el de *servicios profesionales, científicos y técnicos*. Este sector no se muestra predominante para ningún SRI, sin embargo, para los tres anteriores se observa que no es el sector con la participación más baja, e incluso se encuentran por arriba de la media nacional. Finalmente, en términos del número de instituciones con potencial para generar investigación (universidades, centros de investigación) encontramos que los 3 SRI se encuentran cerca o por arriba del promedio nacional⁷. Esto ilustra el potencial de estos sistemas para la generación de ideas y productos que podrían convertirse en innovaciones.

En contraste, los últimos tres SRI del ranking, Oaxaca, Chiapas y Guerrero, presentan los niveles más bajos en las dimensiones de *capacidad de difusión e innovación*. Adicionalmente, la dimensión de *estructura productiva* muestra niveles similares a las anteriores. Al analizar las características de estructura empresarial y distribución de PIB para estos sistemas, se observa una situación opuesta a los tres sistemas analizados anteriormente. Primero, los tres SRI muestran una proporción de unidades económicas grandes a micro por debajo del promedio nacional, lo cual es evidencia de una estructura empresarial predominantemente de empresas micro y pequeñas. Segundo, La distribución del PIB muestra una mayor proporción del sector *comercio* comparado a la proporción adjudicada al sector *industria manufacturera*, con excepción de Oaxaca. Sin embargo, todos los sistemas muestran la más baja participación en el PIB para el sector *servicios profesionales, científicos y técnicos*. Por

⁵ Es de notarse que el D.F. es un sistema *sui generis*, por lo que puede resultar complejo intentar compararlo con otros sistemas.

⁶ La literatura sobre los determinantes de la innovación en las regiones apunta hacia una relación entre el tamaño de las empresas insertas en la región y su capacidad para generar innovación.

⁷ El promedio no incluye al D.F., ya que la cantidad de universidades y centros de investigación de esta entidad resulta un dato atípico que distorsionaría ampliamente el valor promedio.

otra parte, el sector *agricultura, silvicultura y pesca* muestra una proporción notable, indicando evidencia de ser regiones agropecuarias con especialización en producción de materias primas, característica que contrasta con lo observado para Nuevo León, Querétaro y D.F. Por último, al observar la constitución de centros de investigación y universidades para estos sistemas resaltan dos resultados. Primero, Chiapas y Guerrero son de los sistemas con menor número de este tipo de instituciones, tanto en su conglomerado como en el país. De hecho, Guerrero solo cuenta con dos universidades públicas y ningún centro de investigación, ya sea público o privado. Por su parte, Chiapas cuenta con 5 universidades públicas y 3 centros de investigación CONACyT, no obstante mostrando una baja proporción de su PIBE para el sector *servicios profesionales, científicos y técnicos*, como se mencionó anteriormente. En cambio, Oaxaca tiene 10 universidades públicas, un centro CONACyT y dos centros de investigación dependientes de secretarías de Estado. Sin embargo, también muestra una proporción muy baja para el sector de *servicios profesionales, científicos y técnicos*. Es probable que el enfoque del trabajo de estas instituciones esté sesgado hacia áreas de las ciencias sociales o agropecuarias, lo cual reduce la obtención productos de investigación con potencial de innovación.

No obstante algunas diferencias, estas características concuerdan en lo general a lo observado en estudios europeos, que muestran dos aspectos generales que diferencian los sistemas regionales de innovación: el esfuerzo de las regiones por impulsar las actividades de I+D y la presencia destacada de sectores industriales de alta tecnología y servicios avanzado (Navarro y Gibaja, 2009). Para el caso de los seis SRI mencionados anteriormente, estas características parecen prevalecer con respecto a la posición que obtienen los SRI en el ranking por dimensiones.

Por último, resulta interesante contrastar los resultados de este ranking con un estudio similar realizado por el Foro Consultivo Científico y Tecnológico (2014), el cual presenta un ranking de los sistemas estatales de CTI para el año 2013. En términos generales, este estudio presenta una estructura metodológica similar a la descrita en el presente trabajo. Propone una estructura de dimensiones de los sistemas de innovación a nivel de entidad federativa, las cuales están conformadas por una serie de indicadores

socio-económicos, así como tecnológicos. La Tabla 10 presenta una comparación global de ambas metodologías.

Tabla 10: Comparación de metodologías para *ranking* de sistemas de innovación mexicanos

	Estudio FCCyT	Estudio Tesis
Estructura dimensional	10 dimensiones 58 indicadores	8 dimensiones 24 indicadores
Tratamiento de indicadores	Conversión de datos a unidades per cápita Normalización de datos (estandarización potencial) Ponderación de datos (componentes principales)	Conversión de datos a unidades per cápita Normalización de datos (valor Z)
Indicador global del ranking	Promedio de las 10 dimensiones con indicadores ponderados	Promedio de las 8 dimensiones con indicadores promediados

Fuente: Con información en FCCyT (2014).

De la tabla anterior se observa una similitud entre las metodologías en términos del uso de una estructura de dimensiones a partir de datos en fuentes oficiales (CONACyT, INEGI, SEP, SE, etc.). En ambos casos, las dimensiones buscan representar los constructos de los sistemas de innovación a nivel estatal; infraestructura de CyT, recursos humanos, inversión, productividad científica, infraestructura empresarial, infraestructura en comunicación, condiciones institucionales, condiciones de mercado. Sin embargo, a un nivel más detallado encontramos diferencias que podrían implicar resultados muy diferentes entre ambas metodologías. Por una parte, el estudio del Foro incluye dos dimensiones más, así como más del doble de indicadores totales para describir dichas dimensiones. Además, el tratamiento de los datos y los métodos para encontrar el índice global mediante el cual se realiza el ranking resulta más complejo en el estudio del FCCyT.

A pesar de estas diferencias metodológicas, una comparación entre los rankings finales obtenidos mediante ambos estudios muestra que, estadísticamente, ambos rankings presentan resultados similares. Mediante una prueba estadística de independencia entre datos ordinales (prueba τ de Kendall) se comprobó que existe una asociación significativa entre los ordenamientos obtenidos bajo ambas metodologías. La

Tabla 11 muestra ambos rankings obtenidos, y la Tabla 12 presenta los resultados de la prueba de asociación mediante el coeficiente de Kendall.

Tabla 11: Rankings de SI mexicanos

Ranking FCCyT	Ranking estudio tesis
1. Distrito Federal	1. Distrito Federal
2. Nuevo León	2. Nuevo León
3. Querétaro	3. Querétaro
4. Jalisco	4. Morelos
5. Morelos	5. Coahuila
6. Sonora	6. Baja California Norte
7. Chihuahua	7. Aguascalientes
8. Baja California Norte	8. Jalisco
9. Aguascalientes	9. Baja California Sur
10. Coahuila	10. Tamaulipas
11. Colima	11. Estado de México
12. Yucatán	12. Chihuahua
13. Baja California Sur	13. Sonora
14. Tamaulipas	14. Yucatán
15. Sinaloa	15. Campeche
16. San Luis Potosí	16. Guanajuato
17. Puebla	17. Puebla
18. Estado de México	18. Tabasco
19. Quintana Roo	19. Quintana Roo
20. Guanajuato	20. Sinaloa
21. Durango	21. San Luis Potosí
22. Hidalgo	22. Tlaxcala
23. Zacatecas	23. Colima
24. Veracruz	24. Zacatecas
25. Michoacán	25. Hidalgo
26. Nayarit	26. Durango
27. Tlaxcala	27. Veracruz
28. Tabasco	28. Michoacán
29. Chiapas	29. Nayarit
30. Oaxaca	30. Guerrero
31. Guerrero	31. Chiapas
32. Campeche	32. Oaxaca

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12: Prueba de independencia para *rankings* mediante coeficiente de Kendall

Tau de correlación de rango de Kendall	
Coefficiente tau	0.669354856014252
Valor <i>p</i> bilateral	7.97708139543829e-08
Puntaje	332
Var(Puntaje)	3802.66674804688
Denominador	496

Fuente: Elaboración propia mediante Wessa (2012).

Los resultados de la prueba de independencia arrojan un valor p significativo al nivel 0.05, por lo cual se debe rechazar la hipótesis nula, la cual plantea que los rankings son independientes. Es decir, estadísticamente no existe una diferencia significativa entre los ordenamientos que presentan ambos rankings.

Bajo estos resultados, y siguiendo el principio de parsimonia, concluimos que es posible que existan indicadores en el modelo de FCCyT que no contribuyen a la diferenciación entre las condiciones y capacidades de los sistemas estatales de CTI. En esencia se han generado dos rankings que no son significativamente diferentes, por lo que la metodología propuesta en el presente estudio se puede considerar adecuada para describir las posiciones de los estados en términos de las capacidades y condiciones de sus sistemas de innovación, no obstante la sencillez aparente de dicha metodología.

3.6 Conclusiones

El objetivo de este estudio fue construir una taxonomía de los sistemas regionales de innovación mexicanos que permita diferenciarlos en base a las características de capacidades, condiciones y desempeño, así como realizar una caracterización general de los tipos de SRI identificados. En particular, se utilizó como unidad de análisis cada una de las 32 entidades federativas de México y se recolectaron datos sobre 24 indicadores agrupados en 8 grandes dimensiones, siguiendo el esquema de análisis propuesto por Godinho et al. (2006), que considera aspectos poco tratados en la literatura especializada sobre el tema, como las precondiciones para la innovación y los rasgos de las regiones, las entradas y salidas de los sistemas, entre otros.

Los análisis de clústeres y ANOVA arrojaron la conformación de seis grupos o tipos de SRI para el caso mexicano: i) SRI avanzados y consolidados; ii) SRI de nivel medio-alto, altamente internacionalizados y estructura productiva favorable; iii) SRI de nivel medio-alto, especializados en la generación de conocimiento científico y con alta capacidad de difusión de las tecnologías; iv) SRI de nivel medio, con ventajas en desarrollo institucional y en resultados de innovación; v) SRI de nivel medio-bajo, con

desventaja moderada en casi todas las dimensiones del sistema, y; vi) SRI rezagados, con capacidades y resultados sumamente limitados, y condiciones muy desfavorables.

Esta clasificación de los SRI mexicanos resulta útil para llevar a cabo una primera aproximación hacia el análisis del nivel de diferenciación de las entidades federativas en términos de su potencial y desempeño para la innovación. Además, este análisis se realiza desde un nivel regional y evalúa la condición del país hacia el interior, sin necesidad de comparar con otras naciones. Esto resulta relevante para países como México, que muestran niveles de desarrollo heterogéneos a través de sus diferentes regiones. En este sentido, este análisis aporta un nuevo enfoque para el estudio de los SRI para países en vías de desarrollo con características similares al caso mexicano.

Es importante mencionar que la propuesta se considera solamente un paso inicial para un análisis de las diferencias en la configuración de los SRI en México, el cual también debe incluir un análisis de eficiencia en el uso de recursos de ciencia, tecnología e innovación. La importancia de este tipo de estudios empíricos reside en la aportación que se pueda hacer a la consolidación del enfoque de sistemas de innovación como una herramienta práctica y legítima para explicar el desarrollo de regiones y naciones a partir de actividades de innovación. El fin último es poder generar una herramienta cuantitativa para la toma de decisiones en el área de política pública dedicada a los temas de ciencia, tecnología e innovación.

CAPÍTULO IV. LA EFICIENCIA DE LOS SRI EN MÉXICO

Resumen

El objetivo de este estudio es medir la eficiencia técnica relativa de los sistemas regionales de innovación de las entidades federativas de México, así como poder explicar las diferencias en eficiencia productiva de estos sistemas a partir de algunos factores ambientales pertinentes. Con tal motivo, se propone un análisis en dos etapas, el cual implica un análisis de eficiencia técnica mediante el método de análisis envolvente de datos (*data envelopment analysis*, DEA), y un análisis de regresión Tobit en una segunda etapa para modelar los resultados de eficiencia a partir de factores ambientales. Tomando las 32 entidades federativas mexicanas como modelo de SRI, así como una selección de variables basadas en la literatura y la disponibilidad de registros, el análisis en dos etapas busca identificar los factores ambientales con efecto significativo sobre la operación de los SRI como unidades productivas cuyo objetivo es generar innovación. Se construyeron seis modelos de producción, uno general que incluye todos los indicadores de *input* (insumo) y *output* (producto) seleccionados, así como cinco modelos adicionales con enfoques en algún indicador particular. Para la segunda etapa, se seleccionaron algunas de las variables utilizadas en el estudio del Capítulo III como factores ambientales con el fin de realizar un análisis de regresión tipo Tobit. Adicionalmente, se realizó un análisis de conglomerados con los resultados del análisis de eficiencia, identificándose cinco grupos distintivos, en base a los modelos de producción enfocados al *output*. Así mismo, se realizó un ranking de los SRI a partir de los resultados de eficiencia mediante dos métodos: un promedio general de los índices de eficiencia obtenidos para los 6 modelos de producción bajo rendimiento constante y rendimiento variable de escala, así como una regresión logística binaria. Finalmente, se discuten las limitaciones del estudio y las líneas de investigación que se desprenden de los resultados obtenidos.

Introducción

En la actualidad se ha revalorado el papel que juegan la ciencia, la tecnología y la innovación como determinantes del crecimiento económico y el desarrollo social de países y regiones. Al igual que otros países pertenecientes a la OCDE, en México las políticas públicas han venido privilegiando en los últimos años la consolidación del sistema nacional de CTI (OCDE, 2009). Sin embargo, la experiencia internacional ha demostrado la conveniencia de que estas políticas se construyan bajo un enfoque regional, dada la marcada disparidad que se observa a lo largo del país en términos de las capacidades y recursos para el desarrollo de las actividades de CTI.

Si la innovación es la estrategia a seguir en la búsqueda de crecimiento económico de las regiones, es necesario que los estudios alrededor de los sistemas de innovación se enfoquen en evaluar el desempeño de los mismos. La creciente acumulación de literatura concerniente a los sistemas regionales de innovación (SRI) es relativamente reciente considerando que en el período 1980-1989 tan solo se publicaron tres artículos en este tema, incrementándose dos décadas más tarde a 265 artículos (Asheim et. al., 2011). Los primeros estudios tuvieron un alcance limitado, ya que estaban dirigidos a regiones particulares (Braczyk et al., 1998) o componentes específicos de los sistemas (Koschatzky et al., 2001; Tödtling y Trippl, 2004; Díez, 2002). El reciente desarrollo de esta área de estudio implica que aún persisten un gran número de preguntas pendientes por abordar alrededor de las características, el funcionamiento y las políticas de los SRI.

Recientemente, los estudios sobre sistemas regionales de innovación se han reorientado hacia la evaluación de la eficiencia y el desempeño. Basados principalmente en el concepto de eficiencia técnica propuesto por Farrell (1957), varios métodos cuantitativos se han orientado a la medición de la eficiencia insumo/producto de diferentes unidades de estudio, entre ellas los SRI. Un ejemplo de estas metodologías es el Análisis Envolvente de Datos (DEA), cuya capacidad para medir la eficiencia relativa a partir de múltiples factores la ha hecho muy popular en el análisis de actividades del sector público. Estudios recientes han utilizado esta metodología para evaluar y contrastar la eficiencia innovativa de diversas naciones o regiones (Nasierowski y Arcelus, 2003; Guan et. al., 2006; Cullman et. al., 2010; Wang y Huang, 2007). No

obstante, estos estudios se limitan a calcular un índice de eficiencia a partir de una serie de indicadores de insumos (inputs) y productos (outputs), sin buscar factores externos que pudieran estar involucrados en el proceso productivo de los sistemas, y por lo tanto ejercer un efecto sobre los resultados de eficiencia. La respuesta a este problema no es un tema de investigación para el cual exista una extensa literatura, y los primeros enfoques para abordarlo aún se encuentran en desarrollo, aunque con algunos logros prometedores.

Diversos investigadores han utilizado metodologías híbridas que incluyen un análisis no paramétrico de la eficiencia, basado en DEA, complementado con un análisis de regresión (regresión Tobit) adecuado, para identificar factores ambientales relacionados con la eficiencia. Esta estrategia se ha utilizado en contextos diferentes a los sistemas de innovación (ver Kirjavainen y Loikkanen, 1998; Susiluoto, 2003; Diaz-Balteiro et. al., 2006; Wang y Huang, 2007; entre otros), con algunos estudios ligados a procesos contenidos en el marco conceptual de estos sistemas de innovación: por ejemplo, productividad de actividades de I+D o innovación dentro de sectores productivos específicos.

Los estudios mencionados anteriormente están enfocados principalmente en naciones/regiones europeas o asiáticas, mientras que el caso de México ha sido abordado ocasionalmente en algunos de estos estudios desde el enfoque nacional. Estudios empíricos que estudien este país bajo un marco analítico regional son virtualmente inexistentes, especialmente en lo que concierne a la evaluación de la eficiencia de las actividades de CTI. La mayoría de los estudios sobre México se centran en describir aspectos del sistema nacional de innovación mediante métodos cualitativos, con algunos esfuerzos cuantitativos, como el cálculo de índices compuestos o clasificaciones a través de análisis multivariado (ver Cabrero et. al., 2005; Dutrénit et. al., 2010; OCDE, 2009; Llisterri y Pietrobelli, 2011; Dutrénit, 2009; Cimoli, 2005; etc.)⁸.

La motivación del presente trabajo es realizar un estudio de corte explicativo enfocado a sistemas de innovación en México, desde un marco analítico regional. El propósito general es explicar las diferencias en eficiencia productiva de los sistemas

⁸ Además existen diversos diagnósticos realizados por el Foro Consultivo Científico y Tecnológico (FCCyT), cuyo objetivo son recopilar y analizar algunos datos concernientes a actividades de CTI.

regionales de innovación mexicanos a partir de algunos factores ambientales pertinentes. Con tal motivo, en este capítulo se propone un análisis en dos etapas: primero un análisis de eficiencia técnica mediante DEA, y luego un análisis de regresión Tobit para modelar los resultados de eficiencia a partir de variables externas al proceso productivo de los SRI.

Tomando las 32 entidades federativas mexicanas como modelo de SRI, a partir de una selección de variables apropiadas, en bases a la disponibilidad de registros, el análisis en dos etapas busca identificar los factores ambientales con efecto significativo sobre la operación de los sistemas como unidades productivas cuyo objetivo es generar innovación. La idea central es proponer una herramienta de análisis que permita estudiar actividades de CTI en México desde una perspectiva regional, y cuya información generada sea pertinente para la toma de decisiones en política de ciencia, tecnología e innovación.

El capítulo está organizado de la siguiente manera. La sección 4.1 contiene una revisión de la literatura alrededor del concepto de eficiencia en el marco de los sistemas regionales de innovación, así como la importancia y forma de evaluar su desempeño, incluyendo las herramientas y métodos para evaluar este desempeño. La sección 4.2 describe la metodología implementada. La sección 4.3 presenta los resultados obtenidos, su discusión e implicaciones. Finalmente, en la sección 4.4 se presentan las conclusiones, algunas implicaciones sobre los límites y alcances del presente trabajo, así como futuras líneas de investigación.

4.1 Revisión de Literatura

4.1.1 ¿Qué se Entiende por Eficiencia de SRI?

Existen diversas maneras de definir el desempeño dependiendo del enfoque de análisis del sistema regional de innovación. Para algunos, el desempeño está en función de la productividad individual, por ejemplo, número de patentes por habitantes de la región (Audretsch, 1998; Stern et al., 2002). Si cambiamos la unidad de análisis del individuo a la región, entonces cambia la interpretación del proceso de innovación a la de proceso de

producción (Broekel y Brenner, 2007). En este sentido, el desempeño es definido por la *eficiencia* del sistema de innovación, específicamente el concepto de *eficiencia técnica* propuesto por Farrell (1957).

Eficiencia técnica se define como la máxima generación de output (producto o salida) dada una cantidad determinada de input (insumos o entradas). Bajo esta definición, la ineficiencia se presenta cuando no se logra obtener el máximo output posible, es decir, no se logran alcanzar las mejores prácticas del proceso productivo.

Aplicar este concepto de eficiencia técnica al contexto de los sistemas regionales de innovación puede ser problemático, como lo hacen notar Fritsch y Slavtchev (2006). Primeramente, los procesos de innovación son de naturaleza no determinística (estocástica), por lo cual sus resultados son solo estimados de los valores reales. Por otra parte, el carácter único de cada innovación no permite conocer la mejor manera de obtener un resultado, lo cual puede significar la imposibilidad para comparar procesos de innovación. Sin embargo, sí es posible contabilizar innovaciones, de tal manera que, visto como output de los procesos productivos del SRI, se pueden relacionar a inputs del proceso en el sentido de una relación macroeconómica. El presente estudio se basa, precisamente, en este enfoque.

4.1.2 ¿Para Qué y Cómo Evaluar el Desempeño de los SRI?

Hacia finales de la década de los 90, surgen diversos intentos por evaluar y comparar sistemas de innovación en términos de su desempeño, el cual se define y mide de diferentes maneras. Los primeros enfoques se centraron en estudios comparativos a nivel sistema como un primer paso por generar rankings de sistemas nacionales de innovación. Algunos otros estudios se centraron en las políticas de innovación (Balzat y Hanusch, 2003). A partir del surgimiento del concepto de SRI, aparecen otro tipo de análisis enfocados en las relaciones internas de los actores involucrados, en la evaluación de la importancia de las instituciones o en la operación de un SRI exitoso (García *et al.*, 2005).

Estos enfoques buscan expresar el desempeño del sistema como un todo, en vez de solo cuantificar ciertos indicadores clave. Ejemplos de este tipo de estudio son el

Manual de Oslo, elaborado en 1992 por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y Eurostat (Oficina de Estadísticas de la Comisión Europea), y su similar para América Latina, Manual de Bogotá, los cuales proponen una guía para recolectar e interpretar datos de innovación tecnológica.

Por otra parte, la manera de realizar análisis de la capacidad nacional de innovación ha sido ampliamente investigado, donde destaca el trabajo realizado por la Comisión Europea a través del European Innovation Scoreboard y la Community Innovation Survey, quienes proponen algunos indicadores de innovación, cada vez más aceptados por países y regiones europeas, como medidas de desempeño. Sin embargo, la heterogeneidad de las regiones europeas y la multidimensionalidad de sus SRI han dificultado los análisis de benchmarking entre regiones a partir de los datos recopilados (García *et al.*, 2005).

Estas dificultades no han detenido los esfuerzos por desarrollar estrategias de análisis y evaluación, y debido a las necesidades particulares a diferentes visiones geográficas, se han producido una variedad de metodologías (ver Tabla 13).

En este punto cabe preguntarse, ¿por qué la necesidad de comparar países o regiones en términos de su sistemas de innovación? En general, la idea detrás de la evaluación del desempeño es poder encontrar las *mejores prácticas* y utilizarlas como guía para la construcción y aplicación de políticas de innovación en otras regiones (Koschatzky *et al.*, 2001).

Recientemente, la evaluación de los resultados producidos por los recursos invertidos en innovación se ha convertido en un tema importante para quienes toman decisiones en torno a las políticas de innovación. La literatura apunta hacia la importancia de los niveles y dinámicas del uso de recursos de I+D para el crecimiento económico (Guellec y van Pottelsberghe de la Potterie, 2004). Por lo tanto, el uso eficiente de este tipo de recurso acrecienta su importancia en un contexto de globalización. Por otro lado, se observa una mayor inversión de recursos públicos sobre los privados en la generación de innovación. Por ejemplo, el promedio del gasto en I+D de los países de la OCDE es de alrededor del 2.2% del PIB, mientras que el privado oscila alrededor del 1.5% (OCDE, 2007). Esta diferencia es todavía más marcada en países en vías de desarrollo. Esto crea la necesidad de justificar las inversiones a través

del erario público en actividades que suponen un retorno positivo en términos de desarrollo económico, i.e., actividades de generación de innovación. Si bien se considera que una mayor cantidad de recursos invertidos en los procesos de los SI incrementa la competitividad de éstos, la eficiencia con que son utilizados estos recursos también toma importancia considerando su procedencia tanto pública como privada. Además, algunos han encontrado que no es evidente que las regiones con mayores recursos (valor agregado, PIB, etc.) son los más eficientes (Susiluoto, 2003).

Actualmente se sigue un enfoque más técnico, donde los SRI son considerados simples sistemas de input/output, con énfasis en la cantidad de recursos empleados. Sin embargo, este tipo de estudio también encuentra algunas dificultades: por una parte, la producción de los sistemas de innovación implica la relación de múltiples inputs y outputs, los cuales son cualitativamente heterogéneos (en ocasiones incluso inconmensurables), de relación no determinística y con outputs obtenidos sin una estructura fija de rezago en el tiempo de obtención con respecto al tiempo de utilización de los inputs (Bonaccorsi y Daraio, 2005); por otra parte, la evaluación del desempeño basado en unos cuantos indicadores aislados puede producir resultados sesgados. En este sentido, la literatura apunta hacia una carencia en indicadores adecuados para realizar estudios comparativos y para profundizar en las características particulares de cada sistema (Den Hertog *et al.*, 1995).

Tabla 13: Algunas metodologías de evaluación y sus medidas asociadas de salidas, resultados e impactos

METODOLOGÍA	PRODUCTOS	RESULTADOS	IMPACTOS
Encuestas de innovación	<ul style="list-style-type: none"> • Nuevos productos y procesos • Incremento en ventas • Incremento en valor agregado • Registro de patentes 	<ul style="list-style-type: none"> • Creación de nuevos empleos • Construcción de capacidades de innovación 	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento en la competitividad • Eficiencia institucional y organizacional • Una más acelerada difusión de las innovaciones. • Número de empleos
Métodos Micro	<ul style="list-style-type: none"> • Producción y valor agregado (recolección de información para una línea de base para comparaciones futuras) 	<ul style="list-style-type: none"> • Productividad sectorial. • Efectos de derramas (<i>spillovers</i>) por sector • Adicionalidad • Efectos de apalancamiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Competitividad de las empresas
Métodos Macro	<ul style="list-style-type: none"> • Producción y valor agregado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio en el capital de I+D 	<ul style="list-style-type: none"> • Productividad regional/nacional

		<ul style="list-style-type: none"> • Capital humano • Capital social • Derrames internacionales de I + D. 	<ul style="list-style-type: none"> • Empleos • Buena gobernanza • Cohesión económica y social
Estudios de Productividad	<ul style="list-style-type: none"> • Producción y valor agregado 	<ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento. • Derrames de conocimiento regionales e internacionales 	<ul style="list-style-type: none"> • Productividad regional/nacional • Empleos. • Cohesión económica y social.
Enfoques de Grupo Control	<ul style="list-style-type: none"> • Salidas y valor agregado (en empresas apoyadas y no apoyadas). 	<ul style="list-style-type: none"> • Adicionalidad. • Tasa de retorno de la I+D. 	<ul style="list-style-type: none"> • Competitividad de la empresa
Análisis Costo-Beneficio	<ul style="list-style-type: none"> • Valor agregado • Razón costo-beneficio • Superávit de consumidor 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejoramiento en salud • Protección al consumidor • Sustentabilidad ambiental 	<ul style="list-style-type: none"> • Calidad de vida. • Nivel de vida.
Paneles de Expertos/ Revisión de Colegas	<ul style="list-style-type: none"> • Publicaciones obtenidas • Desarrollos tecnológicos obtenidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidades científicas y tecnológicas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desempeño en I+D
Estudios de Caso	<ul style="list-style-type: none"> • Insumos y producción en detalle 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidades de I + D de las empresas • Capacitación en el trabajo. • Esquemas educativos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Competitividad industrial • Calidad de vida • Eficiencia organizacional
Análisis de Redes	<ul style="list-style-type: none"> • Eslabones de cooperación 	<ul style="list-style-type: none"> • Cooperación en clusters • Arraigo social. 	<ul style="list-style-type: none"> • Eficiencia de las relaciones institucionales.
Evaluación de Previsión/ Tecnología	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de tecnología genérica. • Fecha de implementación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidades tecnológicas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cambios en paradigmas tecnológicos.
Benchmarking	<ul style="list-style-type: none"> • Indicadores de ciencia y tecnología. 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidades tecnológicas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Competitividad industrial. • Buen gobierno.

Fuente: Tavistock Institute et al., 2003.

A pesar de estas dificultades, una serie de metodologías cuantitativas, principalmente del área de la econometría y la estadística, se han adaptado para buscar medir la eficiencia de los sistemas de innovación en su producción de resultados. Estas metodologías se valen principalmente de dos tipos de herramientas: paramétricas y no paramétricas.

Los estudios que utilizan un enfoque paramétrico trabajan alrededor de una “función de producción de conocimiento”, la cual es una función matemática que asocia un vector de input X con un nivel máximo de output Y (Bonaccorsi y Daraio, 2005). En este caso, el benchmark se basa en una frontera estimada bajo un modelo de regresión (Fritsch, 2002; Fritsch y Slatechev, 2006). Esto implica una forma funcional restrictiva y

suposiciones sobre la distribución de los datos (Siegel et al., 2003). En otras palabras, este enfoque paramétrico obliga a determinar, *a priori*, la forma funcional de la transformación de inputs a outputs. La idea detrás de esta metodología es estimar el grado de significancia estadística con la que los inputs seleccionados explican las diferencias en resultados obtenidos (output del SRI). Sin embargo, la debilidad del enfoque paramétrico reside en la imposibilidad de considerar todos los factores que afectan los niveles productivos del SRI, por lo cual el modelo de regresión estimado solo puede explicar una parte de la varianza de la función de producción de conocimiento. Esto puede llevar a diferencias significativas de los resultados de las regiones analizadas bajo este enfoque paramétrico.

Una alternativa a este enfoque es el uso de herramientas no paramétricas. A diferencia de las técnicas paramétricas, estas herramientas no requieren asumir una relación de causalidad entre los inputs y outputs en el contexto productivo. Además, el enfoque no paramétrico permite el manejo simultáneo de múltiples inputs y outputs (Martínez et al., 2005). Las *fronteras de producción* son un caso no paramétrico particular basado en el involucramiento de datos de producción. Entre los métodos bajo este enfoque, el análisis envolvente de datos (DEA, por sus siglas en inglés) es utilizado en una amplia gama de contextos. Esta metodología fue desarrollada por Charnes, Cooper y Rhodes (1978), y se basa en los principios de la teoría de programación lineal, con el objetivo de comparar el desempeño productivo entre unidades homogéneas, las cuales pueden ser compañías, universidades, hospitales, bancos, sistemas de transporte, etc. Para lograr tal objetivo, DEA se sustenta en el uso de indicadores de productividad (inputs y outputs) para calcular una medida de eficiencia de las unidades bajo estudio. Estos indicadores varían de acuerdo a la naturaleza de la unidad bajo estudio, y generalmente son definidos por quienes toman las decisiones dentro de la unidad productiva.

En DEA, las unidades bajo estudio se denominan Unidades de Toma de Decisión (DMU, por sus siglas en inglés). Una de las ventajas de esta metodología es que identifica a los DMU *referencia*, es decir, aquellas unidades que se encuentran en la frontera de eficiencia y las cuales tienen combinaciones similares de inputs a otras unidades que resultaron ineficientes (Wadhwa et al., 2005). Al identificar grupos de

referencia, es posible hacer una mejor comparación de desempeño entre las unidades, y formular recomendaciones más específicas para mejorar la eficiencia. A continuación se hace una muy breve descripción de los principios matemáticos de DEA, sin ninguna intención de ser exhaustivo.

4.1.3 Análisis Envolverte de Datos

Asumiendo que deseamos evaluar la eficiencia de n unidades, definimos un conjunto de unidades como $N = \{1, 2, \dots, n\}$. Si las unidades producen un solo output utilizando un solo input, entonces la definición básica de eficiencia descrita anteriormente aplica, y la eficiencia de la unidad p , DMU_p , $p \in N$, se define como

$$\theta_p = \frac{y_p}{x_p}, \quad (1)$$

en donde y_p es el valor del output producido por DMU_p , y x_p el valor del input utilizado. En el caso donde las unidades producen múltiples outputs a partir de varios inputs, la eficiencia de DMU_p se define como la razón entre la suma ponderada de outputs virtuales y la suma ponderada de inputs virtuales.

$$Eficiencia = \frac{Suma\ ponderada\ de\ outputs\ virtuales}{Suma\ ponderada\ de\ inputs\ virtuales}$$

Asumiendo que existen n DMU, cada una con m inputs y s outputs, la eficiencia relativa de una DMU_p se obtiene resolviendo la siguiente programación matemática fraccional propuesto por Charnes et al., (1978):

$$\begin{aligned}
\max \theta &= \frac{\sum_{k=1}^s v_k y_{kp}}{\sum_{j=1}^m u_j x_{jp}} \\
s.a. \quad &\frac{\sum_{k=1}^s v_k y_{ki}}{\sum_{j=1}^m u_j x_{ji}} \leq 1 \quad \forall i \\
&v_k, u_j \geq 0 \quad \forall k, j,
\end{aligned} \tag{2}$$

donde

$k = 1$ a s ,

$j = 1$ a m ,

$i = 1$ a n ,

y_{ki} = cantidad de output k producido por DMU i ,

x_{ji} = cantidad de input j utilizado por el DMU i ,

v_k = peso dado al output k ,

u_j = peso dado al input j .

La programación fraccional mostrada anteriormente se vuelve lineal mediante una restricción que requiere que la suma ponderada de inputs sea igual a uno. Esto lleva a un nuevo problema de optimización alterno, el modelo CCR *orientado a input*, donde la función objetivo consiste en maximizar la suma ponderada de outputs:

$$\begin{aligned}
\max \theta &= \sum_{k=1}^s v_k y_{kp} \\
s.a. \quad &\sum_{j=1}^m u_j x_{jp} = 1 \\
&\sum_{k=1}^s v_k y_{ki} - \sum_{j=1}^m u_j x_{ji} \leq 0 \quad \forall i \\
&v_k, u_j \geq 0 \quad \forall k, j.
\end{aligned} \tag{3}$$

Sea θ^* el valor óptimo de la función objetivo correspondiente a la solución óptima (u^* , v^*). La DMU _{p} se denomina eficiente si $\theta^* = 1$ y si existe al menos una solución óptima (u^* , v^*) tal que $v^* > 0$ y $u^* > 0$.

El problema anterior se corre n veces para calcular el puntaje de eficiencia relativa de cada DMU bajo estudio. En general, el puntaje de eficiencia se encuentra entre 0 y 1, en donde una DMU se considera eficiente si obtiene puntaje de 1 y cualquier puntaje diferente de 1 lo define como ineficiente.

Es importante resaltar que en este caso la eficiencia de DMU_p depende en gran medida del sistema de pesos utilizado para ponderar. DEA maneja esta situación evitando el uso de pesos fijados arbitrariamente por el analista, y en cambio cada DMU es evaluada con un conjunto de pesos calculados a partir de sus propios datos, y que mejor se ajustan a la unidad. Adicionalmente, la solución del problema busca siempre asignar a las unidades el sistema de pesos más favorable, de tal manera que si la unidad resulta ineficiente, su ineficiencia no se puede atribuir a un proceso de evaluación inapropiado.

Los modelos DEA pueden dividirse en dos modelos generales, CCR y BCC. La diferencia entre uno y otro tiene que ver con la presunción sobre los rendimientos de escala (Cooper, et al., 2000). El modelo CCR (Charnes et al., 1978) asume un rendimiento de escala constante, mientras que el modelo BCC (Banker et al., 1984) asume un rendimiento de escala variable. Por otra parte, los modelos también pueden distinguirse por el objetivo de minimizar inputs o maximizar outputs.

Como con cualquier técnica de modelación de datos, el DEA cuenta con fortalezas y debilidades como método. A continuación se enlistan las más relevantes a considerar:

Fortalezas:

- La principal fortaleza de DEA es su objetividad. No requiere una especificación arbitraria de pesos para las variables, por lo que los resultados de las eficiencias no se basan en la opinión subjetiva de las personas.
- DEA puede manejar múltiples inputs y outputs, los cuales pueden estar medidos en diferentes unidades.

- DEA identifica las unidades eficientes que conforman la frontera de eficiencia, cuantifica la ineficiencia de las unidades restantes e identifica sus unidades referentes.
- DEA es no paramétrico, por lo cual no requiere la especificación de una forma funcional para relacionar inputs y outputs.
- DEA puede manejar factores que están fuera del control de quien toma las decisiones.
- DEA permite agregar restricciones a la formulación original del problema de programación lineal.
- DEA se enfoca en encontrar las mejores prácticas en vez de buscar patrones de tendencia central.

Limitaciones:

- DEA requiere una programación lineal para cada DMU bajo estudio, lo cual complica la tarea de cálculo en presencia de muchas unidades.
- Dada la naturaleza no paramétrica de la metodología, es difícil implementar pruebas de hipótesis para evaluar la confiabilidad de los resultados.
- DEA resulta muy sensible a datos para las variables de output e input que contienen errores de medición o de registro.
- DEA requiere un análisis de sensibilidad cuidadoso para obtener mayor certeza en cuanto a resultados sobre unidades eficientes o ineficientes, ya que la flexibilidad en los cálculos de los pesos puede llevar a conclusiones erróneas.
- El uso adecuado de DEA requiere un conocimiento previo sobre teoría de programación lineal, lo cual dificulta la tarea de presentar y explicar análisis y resultados a un público amplio.
- La inclusión de inputs y outputs adicionales, sin el aumento en el número de unidades bajo análisis, lleva al incremento de unidades evaluadas como eficientes, lo cual significa una pérdida en el poder discriminatorio del método.

Dado lo anterior, métodos como DEA, cuya naturaleza determinística y no paramétrica evita los niveles de requerimiento de datos en términos de cantidad y calidad, pueden ser

una buena opción para estudiar el desempeño de sistemas de ciencia, tecnología e innovación en México, donde estudios empíricos se enfrentan a dificultades como la incertidumbre en la calidad de los datos, además de la poca disponibilidad de los mismos. Por otra parte, la virtual inexistencia de estudios a nivel regional bajo este enfoque para el caso mexicano, invita a comenzar esta investigación sin descuidar el principio de parsimonia. La simplicidad relativa del uso del método DEA parece un punto de partida adecuado para un contexto de sistemas de innovación como el mexicano.

En años recientes, la literatura reporta una serie de estudios sobre el desempeño de sistemas de innovación que utilizan DEA como herramienta de análisis alrededor del mundo. En la Tabla 14 se observa que existen diferentes objetivos particulares y alcances entre los estudios.

En general, se observan diferencias menores en la selección de los indicadores para inputs y outputs utilizados. La mayoría utilizan unidades de análisis al nivel nacional, lo cual tiene sentido debido a que los estudios son dirigidos a países europeos (aunque algunos estudios han incluido países como México, China, etc.). Dada la constitución socio-política del área, el acceso a indicadores homogéneos facilita realizar los estudios a este nivel. En cambio, otros estudios como el de Bosco y Brugnoli (2010) hacen un esfuerzo por llevar el estudio al nivel sub-nacional, utilizando regiones específicas de diferentes países.

La selección del nivel de la unidad de análisis depende completamente del objetivo de estudio del investigador, y cada uno tiene diferentes objetivos y argumentos para decidir utilizar uno u otro nivel. Sin embargo, durante los últimos años, ha habido un énfasis en las regiones como el nivel crítico para el estudio de la competitividad y el desempeño. En particular, algunos argumentan que las actividades de innovación no se distribuyen homogéneamente a través del espacio, sino que tienden a aglomerarse en ciertas regiones (Enright, 2003; Feldman, 1994; Porter, 1998; Moreno et al., 2005).

Tabla 14: Algunas aplicaciones de DEA para evaluar sistemas de I+D+i

Autor	Objetivo	Inputs/Outputs	Alcance
Lee y Park (2005)	Medir la productividad de I+D al nivel nacional de países asiáticos para proporcionar implicaciones en políticas de I+D.	<p><i>Inputs:</i> Gasto promedio en I+D para el período 1994-1998, número promedio de investigadores en el país para el mismo período.</p> <p><i>Outputs:</i> Balance tecnológico de recibos para 1999, número de artículos científicos y técnicos publicados en 1999, número de familias triádicas de patentes en 1999.</p>	Se midió la eficiencia en I+D a nivel nacional de 27 países, y se analizaron las características del desempeño de países asiáticos en base a los resultados en eficiencia.
Zabala-Iturriagoitia et al. (2007)	Probar la existencia de una relación directa entre las capacidades de los sistemas regionales de innovación europeos con su eficiencia en actividades de I+D.	<p><i>Inputs:</i> % de la pob entre 25-64 con “alta educación”, % de la pob entre 25-64 participando en actividades de aprendizaje para la vida, % de fuerza laboral de manufactura de tecnología media/alta, % de fuerza laboral en servicios de alta tecnología, gasto pub en I+D como % de PIB, gasto priv en I+D como % de PIB, número de patentes de alta tecnología por millón de hab solicitadas al EPO.</p> <p><i>Outputs:</i> PIB per cápita regional.</p>	Se encontró que países con menos recursos destinados a actividades de innovación resultaron más eficientes que regiones con SRI consolidados.
Hollander y Esser (2007)	Buscar las diferencias en eficiencia para producir innovación entre países europeos, y determinar si han mejorado en este aspecto.	<p><i>Inputs:</i> Indicadores de input del <i>European Innovation Scoreboard</i>.</p> <p><i>Outputs:</i> Indicadores de output del <i>European Innovation Scoreboard</i>.</p>	Se encontraron áreas de oportunidad para países con baja eficiencia en las políticas alrededor de la producción de propiedad intelectual.
Bosco y Brugnoli (2010)	Evaluar la eficiencia técnica relativa de una muestra de países de la OCDE y evaluar la existencia de una relación positiva con la productividad a nivel regional.	<p><i>Inputs:</i> Gasto público en I+D, gasto privado en I+D, % de fuerza laboral con educación superior, % de empleados de manufactura de media/alta tecnología, % de empleados en servicio intensivo de conocimiento.</p> <p><i>Outputs:</i> Patentes solicitadas.</p>	No se logró encontrar una relación positiva entre insumos y productos de innovación con algunos indicadores de productividad regional (valor agregado bruto).

Fuente: Elaboración propia.

Esta tendencia en los estudios regionales ha motivado al presente trabajo a llevar el análisis al nivel sub-nacional. Además, encontramos un hueco importante en la literatura para estudios empíricos que busquen evaluar el desempeño de las actividades

de innovación en México bajo un enfoque cuantitativo como el de eficiencia relativa, así como la búsqueda de factores ambientales asociados a los resultados obtenidos de dicha evaluación del desempeño. A continuación se expone la metodología empleada para buscar caracterizar las diferencias en el desempeño en innovación para las regiones mexicanas, encontrar factores ambientales que expliquen las diferencias en el desempeño, así como *rankear* los SRI mexicanos en base a sus resultados de eficiencia.

4.1.4 Regresión Tobit

La regresión Tobit fue originalmente desarrollado por James Tobin (1958) para muestras censadas, proponiendo el modelo siguiente:

$$y^* = X\beta + \varepsilon \quad (4)$$

donde $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$, y^* es una variable latente observada para valores mayores a 0 y censada para cualquier otro valor. En un modelo Tobit estándar, la variable dependiente y observada tiene la ecuación

$$y = \begin{cases} y^* & \text{si } y^* > 0, \\ 0 & \text{si } y^* \leq 0 \end{cases} \quad (5)$$

La variable latente y^* es la variable de interés principal. Esta variable no se observa realmente para todas las observaciones, sino solamente para las observaciones positivas. En este modelo, y puede tomar cualquier valor siempre y cuando la variable latente sea estrictamente mayor que cero. Para estimar un modelo con variables censadas, el modelo Tobit utiliza el método de máxima verosimilitud.

Los coeficientes del modelo Tobit no se interpretan como el efecto marginal de las variables regresoras sobre el valor promedio de la variable dependiente observada, como se hace en la regresión lineal estándar. Un cambio unitario en el valor de una variable regresora X en un modelo Tobit tiene dos efectos: (i) un efecto sobre el valor promedio de la variable dependiente y , y (ii) un efecto sobre la probabilidad de que la variable latente y^* realmente es observada.

Conociendo la probabilidad para la variable latente y^* , es posible calcular el impacto marginal de cada variable regresora sobre el valor promedio de la variable dependiente. Debido a que la probabilidad de y^* se encuentra entre cero y uno, el producto de la multiplicación de un coeficiente de regresión por esta probabilidad será menor o igual (en valor absoluto) que el coeficiente mismo. Como resultado, el impacto marginal de una variable regresora sobre el valor promedio de la variable observada y será menor o igual (en valor absoluto) que el indicado por el valor del coeficiente de la variable regresora.

4.1.5 Regresión Logística Binaria

La regresión logística binaria es una metodología estadística utilizada para estimar un modelo matemático entre una *variable binaria* Y y una o más variables independientes, X_1, X_2, \dots, X_k . Una variable binaria solo toma dos valores, los cuales se designan como “éxito” ($Y = 1$) y “fracaso” ($Y = 0$). En este caso, la relación se establece por medio de una **función logística** de la forma general siguiente:

$$P(Y = 1 | \mathbf{X}) = \frac{\exp(\beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j X_j)}{1 + \exp(\beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j X_j)} \quad (6)$$

Donde: $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ son los coeficientes del modelo y se estiman usando el método de máxima verosimilitud, mientras que $\mathbf{X} = (X_1, X_2, \dots, X_k)$ es un vector de k variables independientes. La transformación

$$\text{logit}(P(Y = 1 | \mathbf{X})) = \ln\left(\frac{P(Y = 1 | \mathbf{X})}{1 - P(Y = 1 | \mathbf{X})}\right) = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j X_j \quad (7)$$

convierte el modelo logístico en un modelo lineal, lo cual facilita su análisis. En particular, la relación $\frac{P(Y = 1 | \mathbf{X})}{1 - P(Y = 1 | \mathbf{X})}$, conocida como momios, tiene un rol central en la interpretación de los coeficientes de regresión.

4.1.6 Análisis de Eficiencia en 2 Etapas

Anteriormente se ha comentado sobre la importancia de conocer el desempeño productivo de los procesos de generación de conocimiento e innovación llevados a cabo por los sistemas de innovación, considerando el origen y nivel de los recursos invertidos. En este sentido, cualquier país o región que utiliza de manera ineficiente recursos con el fin de producir innovación podría estar sujeto a un desarrollo más lento (Wang y Huang, 2007). Si bien, conocer el desempeño con el cual operan los sistemas de innovación es importante, la utilidad de esta información podría limitarse por el desconocimiento de la naturaleza de dicha eficiencia o ineficiencia. En otras palabras, resulta igualmente importante para los tomadores de decisiones conocer los factores ambientales que pudieran ejercer un efecto sobre los resultados en eficiencia de los sistemas.

Si bien la idea general de buscar factores ambientales o exógenos que inciden sobre los resultados de eficiencia de un sistema productivo no es algo novedoso (ver Kirjavainen y Loikkanen, 1998; Susiluoto, 2003; Diaz-Balteiro et. al., 2006; Wang y Huang, 2007; entre otros), su uso en el contexto de los sistemas de innovación es prácticamente inexistente en el contexto de los procesos de CTI en México. Esto representa una oportunidad para aportar evidencia empírica sobre el desempeño de actividades de I+D en México, así como de la utilidad de esta estrategia en general.

El argumento para esta idea reside en que el desempeño (en este caso, la eficiencia/ineficiencia) de los sistemas de innovación no se encuentra asilado de los factores socio-económicos que conforman el entorno en el cual se llevan a cabo los procesos de generación de innovación. De tal manera que deben existir variables exógenas que permitan distinguir los efectos ambientales de la eficiencia técnica neta.

Una estrategia utilizada para identificar tales factores consiste en realizar un análisis en dos etapas: una primera etapa donde se mide la eficiencia de los sistemas de innovación mediante DEA, y una segunda etapa donde se busca relacionar variables exógenas con los resultados de eficiencia de la primera etapa a través de un análisis de regresión tipo Tobit.

Para este estudio en particular, los resultados de eficiencia representan los valores de la variable dependiente censada, mientras que las variables regresoras son las variables exógenas que representan variables ambientales en el Capítulo 3.

4.2 Metodología

4.2.1 Estructura Metodológica

Con el fin de analizar el desempeño de los sistemas regionales de innovación mexicanos en términos de su eficiencia, se utilizaron algunas herramientas estadísticas, y Análisis Envoltente de Datos (DEA). Se seleccionó la entidad federativa como modelo de SRI debido a: (1) existe disponibilidad de los datos a este nivel de división regional y (2) la toma de decisiones en términos de desarrollo regional generalmente se da a este nivel, lo cual podría facilitar el análisis y la interpretación. La evaluación del desempeño se llevó a cabo en dos etapas:

En la Etapa1 se llevaron a cabo las siguientes actividades:

1. se seleccionaron las variables input y output a partir de lo propuesto en la literatura sobre indicadores en producción de investigación, desarrollo e innovación.
2. se recabaron los datos para las variables seleccionadas, y se verificó que se cumple el principio de parsimonia en la aplicación del DEA.
3. se definieron 6 modelos de producción, a partir de mezclas de inputs y outputs apropiadas, con el fin de determinar los efectos particulares de inputs y outputs sobre la eficiencia.
4. se determinó la eficiencia de todas las DMU para cada uno de los 6 modelos de producción, tanto en programación CCR como BCC.
5. los resultados de eficiencia para los 6 modelos de producción se sometieron a un análisis de correlación de Pearson, con el fin de encontrar un conjunto de modelos de producción independientes.
6. los resultados de eficiencia para los modelos de producción independientes se sometieron a un análisis de conglomerados, para caracterizar grupos de DMU en

términos de sus eficiencias CCR. Esta estructura de clústeres se validó mediante un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95%.

En la Etapa 2 se llevó a cabo un análisis de regresión Tobit, con el fin de encontrar factores ambientales que estuvieran asociados con los resultados en eficiencia de los SRI obtenidos en la Etapa 1. Los indicadores previamente utilizados en el Capítulo 3 para la construcción de una taxonomía de SRI mexicanos, a partir de sus condiciones y capacidades, fueron seleccionados como variables exógenas (independientes); mientras que los resultados del análisis de eficiencia (tanto en programación CCR como BCC) fungieron como la variable dependiente en el modelo de regresión. El propósito de la construcción de estos modelos de regresión es determinar la asociación entre el desempeño de los SRI y las variables socio-económicas que caracterizan su ambiente para la innovación.

En adición a la medición del desempeño de los SRI, se generaron dos ranking generales de los SRI mediante dos métodos: (1) promedio general de eficiencia a partir de los resultados obtenidos mediante los 6 modelos de producción; (2) mediante aplicación de regresión logística, con la eficiencia de los SRI expresada como una variable dicotómica que toma los valores 1 si el SRI es 100% eficiente y 0 si no es 100% eficiente. Las variables independientes usadas fueron los inputs y outputs utilizados en los modelos de producción. Los rankings para ambos métodos se sometieron a una prueba de independencia mediante la tau-b de Kendall con el fin de validarlos.

4.2.2 Variables

La literatura alrededor de la evaluación de los sistemas de innovación propone diversas variables para describir y medir la productividad de las actividades de investigación, desarrollo e innovación (ver Werner y Souder, 1997; Park et al., 2003; Wakelin, 2001). La mayoría de estas variables se basan en los indicadores propuestos en el European Innovation Scoreboard (EIS), la cual consta de 25 indicadores de innovación divididos en 3 dimensiones de input (cubriendo 15 indicadores) y dos dimensiones de output (comprendido por 10 indicadores) como se muestra en la Tabla 15.

Para el caso de México, es difícil obtener la mayoría de estos indicadores de innovación, ya sea por su inexistencia o porque la información no está disponible a un nivel de desagregación estatal. Para el presente estudio, se inició con la selección de las variables presentadas en la Tabla 16, de las cuales algunas son proxy⁹ de algunos indicadores presentes en el EIS y en otros estudios similares. Por ejemplo, POSG-CAL se utiliza como proxy de la dimensión de impulsores de innovación propuestos en el EIS; así mismo, SNIs es proxy de input para fuerza laboral. Por su parte, PATENTS y PUBLS han sido ampliamente utilizados como output de innovación (OCDE, 2001; Zhang et al., 2003).

Tabla 15: Indicadores de innovación del European Innovation Scoreboard 2007

Inputs de Innovación
<p><i>Impulsores de innovación</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Graduados de ciencia y tecnología por cada 1000 habitantes entre 20-29 años de edad - Población con educación terciaria por cada 100 habitantes entre 25-64 años de edad - Número de líneas de banda ancha por cada 100 habitantes - Participación en aprendizaje de vida por cada 100 habitantes entre 25-64 años de edad - % de la población entre 20-24 años de edad con al menos secundaria terminada
<p><i>Creación de conocimiento</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Gasto público en I + D (% de PIB) - Gasto privado en I + D (% de PIB) - % de gasto compartido en I + D de tecnología alta y media - % de empresas privadas que reciben financiamiento público para innovación
<p><i>Innovación y emprendedurismo</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - % de PyMES que innovan “in-house” - % de PyMES innovadoras cooperando con otras - % del gasto total en innovación - % de PIB dedicado al capital de riesgo - % de PIB dedicado a gasto en ICT - % de PyMES utilizando innovación organizacional - Outputs de innovación

⁹ Término utilizado en econometría para indicar el uso de una variable (proxy) en representación de otra que no puede ser observada directamente o es demasiado compleja para captarse en un solo número.

Outputs de Innovación	
<i>Aplicaciones</i>	
-	% de fuerza laboral empleada en servicios de alta tecnología
-	% del total de exportaciones de productos de alta tecnología
-	% de ventas totales de productos nuevos al mercado
-	% de ventas totales de productos nuevos a la compañía
	% de la fuerza laboral empleada en manufactura de tecnología alta y media
<i>Propiedad Intelectual</i>	
-	Patentes locales por millón de habitantes
-	Patentes estadounidenses (USPTO) por millón de habitantes
-	Patentes de triada por millón de habitantes
-	Marca registrada por millón de habitantes
-	Diseños por millón de habitantes

Fuente: European Innovation Scoreboard (2007).

Tabla 16: Indicadores para análisis de eficiencia de los SRI mexicanos

Variables	Descripción
<i>Inputs</i>	
POSG-CAL	<ul style="list-style-type: none"> • Posgrados de calidad • Número de posgrados en el Programa del Programa Nacional de Calidad del Posgrado, PNPC (2008), por cada 10,000 de la población económicamente activa, PEA (2007)
GASTO I+D	<ul style="list-style-type: none"> • Montos aplicados por fondos para la I+D • Montos , en millones de pesos, aplicados por FOMIX y Ciencia Básica en los estados (2008), como porcentaje del PIB estatal (2007)
SNI	<ul style="list-style-type: none"> • Investigadores nacionales • Investigadores pertenecientes al Sistema Nacional de Investigadores, SNI (2007), por cada 10,000 de la PEA (2007)
<i>Outputs</i>	
PATENTS	<ul style="list-style-type: none"> • Patentes solicitadas • Patentes, modelos de utilidad y diseños solicitados (2010), por cada 10,000 de la PEA (2007)
PUBLS	<ul style="list-style-type: none"> • Artículos científicos publicados • Artículos científicos publicados ,por cada 10,000 de la PEA (2007)

Fuente: Elaboración propia con información en CONACyT, INEGI e IMPI.

Debido a que no se puede asumir que ocurre una conversión a corto plazo de los inputs en output, se consideró un lapso de tiempo entre éstos, el cual se observa en la descripción de las variables. Estudios anteriores sugieren que existe un lapso de tres a cinco años entre inputs y outputs de I+D (Scherer, 1983; Acs y Audretsch, 1991). Los datos disponibles para México, permitieron encontrar lapsos de dos a tres años.

Para la construcción de los modelos DEA, El-Mahgary y Lahdelma (1995) recomiendan que el número de DMU a analizar debe ser al menos $3 \times (\text{input} + \text{output})$; mientras que Cooper, *et al.*, (2000) recomiendan que el # de DMU $\geq \text{Máximo} \{ \text{inputs} \times \text{outputs}, 3(\text{inputs} + \text{outputs}) \}$. La razón de estas recomendaciones es que el número de DMU debe ser relativamente grande en comparación a la cantidad de inputs y outputs en el modelo, con el fin de que el DEA pueda discriminar adecuadamente entre DMU eficientes e ineficientes. En este estudio se contaron con 32 DMU, 3 inputs y 2 outputs; por lo tanto, las dos condiciones para parsimonia, en el DEA, se cumplen.

Los datos para los inputs y outputs se obtuvieron de las bases disponibles al público general en las páginas web de CONACyT, INEGI, ANUIES, así como de algunas publicaciones especiales de CONACyT, específicamente “La actividad del CONACyT por entidad federativa 2008”. El Anexo A muestra todos los datos para las variables utilizadas.

4.2.3 Análisis de Eficiencia

Se utilizó DEA como herramienta para medir la eficiencia en producción de I+D de las 32 entidades federativas. Se definieron 6 modelos de producción¹⁰ diferentes: un modelo general utilizando todos los inputs y outputs; y cinco modelos con diferentes combinaciones de inputs y outputs, que reflejan en el análisis de eficiencia el efecto particular de cada input y output. La idea detrás de esta estrategia de análisis es poder descubrir fortalezas y debilidades específicas para cada sistema de innovación (Serrano-Cinca et al., 2005).

En términos de la programación matemática, el análisis DEA puede realizarse a través de dos modelos de eficiencia básicos, CCR y BCC. La diferencia entre uno y otro tiene

¹⁰ Modelo de producción, en el contexto del presente trabajo, se refiere al modelo de programación lineal de la metodología DEA (caracterizado por la mezcla de inputs y outputs utilizados).

que ver con la presunción sobre los rendimientos de escala y el tipo de eficiencia analizada¹¹ (Cooper, et al., 2000). El modelo CCR (Charnes et al., 1978) asume un rendimiento de escala constante, mientras que el modelo BCC (Banker et al., 1984) asume un rendimiento de escala variable. Por otra parte, los modelos también pueden distinguirse por el objetivo de minimizar inputs o maximizar outputs. Para el presente estudio se decidió utilizar ambos modelos de programación lineal con una orientación output. La intención de utilizar tanto CCR como BCC es analizar el comportamiento de los índices de eficiencia para cada SRI al contrastar la eficiencia técnica y la eficiencia de escala. Adicionalmente, la elección de la orientación output se debe a que ésta considera la maximización de output sin incrementar o reducir inputs. Esta orientación es adecuada al analizar sistemas donde no siempre tiene sentido la reducción de inputs, como lo plantea precisamente la orientación input en DEA. Por ejemplo, no es social, económica o políticamente lógico, o inclusive factible, reducir un recurso input como las instituciones de educación superior.

Finalmente, se realizó un análisis de conglomerados jerárquicos con el objetivo de clasificar a las entidades federativas de acuerdo al nivel de eficiencia mostrado por sus SRI, y de esta manera caracterizar los SRI mexicanos en términos de su desempeño.

4.2.4 Análisis de Regresión Tobit

El análisis de eficiencia llevado a cabo mediante DEA no muestra evidencias de un patrón en las características que determinan el nivel de eficiencia de los SRI, ya que se basa en un conjunto de datos en un punto fijo en el tiempo. Sin embargo, existen otros factores socio-económicos involucrados en la productividad de los sistemas como economías de escala, la riqueza en recursos y el desarrollo económico de las entidades (Cai y Hanley, 2012), los cuales influyen en la eficiencia de los SRI. A estos factores se les denomina *factores ambientales*.

Partiendo de las dimensiones de innovación propuestas en el Capítulo III, como parte del estudio taxonómico de los SRI mexicanos, se llevó a cabo una selección de indicadores

¹¹ El análisis mediante CCR mide eficiencia técnica (conversión de inputs en outputs) y eficiencia de escala (medida en términos del tamaño de operación), mientras que el modelo BCC estima solamente eficiencia técnica.

para representaran variables exógenas que permitieron identificar factores ambientales correlacionados con los resultados de eficiencia obtenidos en la Etapa 1. Primeramente, se eliminaron aquellos indicadores que representan un recurso input u output para los procesos productivos de los SRI. Adicionalmente, se realizó un análisis de correlación, a partir del cual se definió el conjunto final de factores ambientales, y los cuales entraron al modelo Tobit como variables regresoras. La Tabla 17 muestra el conjunto final de indicadores para el estudio.

Estudios similares en la literatura han encontrado como determinantes de la eficiencia a factores ambientales tales como el gasto privado en I+D, la edad poblacional o la riqueza y actividades de comercio (Diaz-Balteiro et. al., 2006; Cai y Hanley, 2012). Otros lo asocian a factores como el nivel educativo, la densidad de computadoras personales en la población y dominio del idioma inglés (Wang y Huang, 2006). Sin embargo, estos estudios difieren con en el marco analítico propuesto en el presente estudio. Por una parte, en los estudios anteriores el sistema está definido a nivel nacional, y por otra, éstos cuentan con información pertinente a las actividades del sector privado dentro del sistema de innovación.

Tabla 17: Factores Ambientales para Análisis de Regresión

<i>Dimensión</i>	<i>Indicadores</i>
Condiciones de mercado	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Densidad de Población ▪ Ingreso Bruto
Desarrollo institucional	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Efectividad de Gobierno ▪ Índice de Corrupción
Inversión en intangibles y capital físico	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gasto en Educación/ PIB ▪ Inversión de Gobierno
Conocimiento científico Estructura productiva	<p>No Aplica</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Industria de exportación ▪ Especialización en industria manufacturera ▪ Tamaño de las empresas
Comunicación externa	<ul style="list-style-type: none"> ▪ IED ▪ Acceso a Internet
Capacidad de difusión	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cobertura de la telefonía
Innovación	No Aplica

Fuente: Elaboración propia.

4.2.5 Ranking de los SRI Mexicanos

La razón para hacer este *ranking* es clasificar los SRI más allá de la simple dicotomización que ofrece el DEA (eficiente/ineficiente), con el fin de profundizar en la evaluación de los mismos (Adler et al., 2002). En particular, el *ranking* permite identificar los SRI con mejores condiciones, capacidades y/o resultados para definir un estándar relativo al que deben aspirar los SRI rezagados frente a los mejores posicionados.

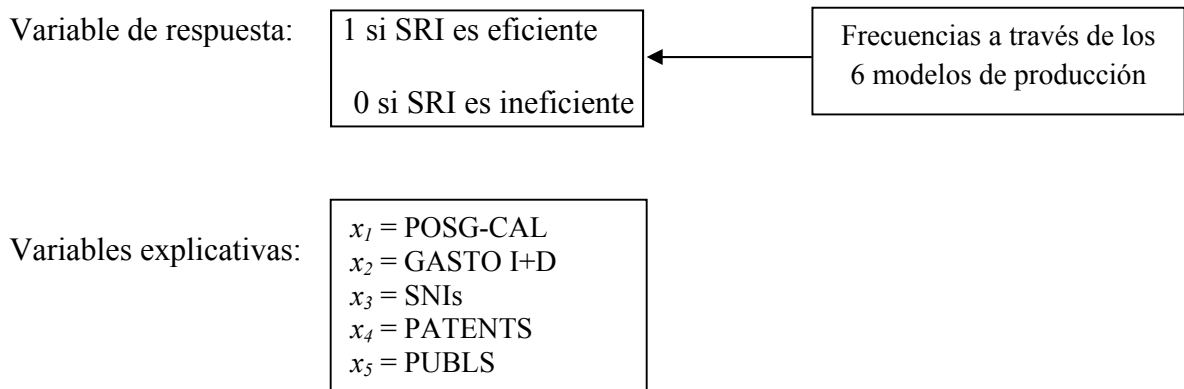
Entre las diferentes metodologías para generar rankings a partir de las eficiencias del DEA, se encuentran la *evaluación cruzada* (Sexton et al., 1986), *técnicas de súper eficiencia* (Andersen y Petersen, 1993), *método del benchmark* (Torgersen et al., 1996), *ranking con estadística multivariada: análisis de correlación canónica, análisis discriminante lineal, análisis discriminante de razones* (Friedman y Sinuany-Stern, 1997; Sinuany-Stern et al., 1994; Sinuany-Stern y Friedman, 1998).

En este estudio se propone una metodología alternativa para generar un ranking de los SRI mexicanos, a partir de los resultados de eficiencia obtenidos a través de programación CCR y BCC.

En términos generales, la idea consiste en utilizar dos métodos estadísticos relativamente sencillos para generar rankings de los SRI: un promedio general de los índices de eficiencia a través de los 6 modelos de producción, y una regresión logística binaria.

En el caso de la aplicación de regresión logística binaria, se obtuvo un modelo de predicción de la probabilidad de éxito (SRI 100% eficiente) en términos de los inputs y outputs usados en el DEA.

Para el presente estudio la configuración de dicho modelo de regresión es la siguiente:



A partir de este modelo estimado, para cada SRI se calculó su probabilidad de éxito, y estos valores de probabilidad fueron usados para la construcción del segundo ranking.

Una vez obtenidos los dos rankings, estos se contrastaron mediante la prueba de Kendall¹², la cual se basa en el coeficiente de correlación de Kendall (τ) y permite determinar, probabilísticamente, si existe independencia entre los rankings de los conjuntos de valores ordenados de dos variables aleatorias.

Para calcular τ , primero requiere un conjunto de observaciones de dos variables aleatorias conjuntas X y Y ; $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$, tal que todos los valores (x_i) y (y_i) son únicos. Cualquier par de observaciones (x_i, y_i) y (x_j, y_j) se denomina concordante si el rango para ambos elementos concuerda: es decir, si ambos $x_i > x_j$ y $y_i > y_j$ o si $x_i < x_j$ y $y_i < y_j$. En cambio, se denominan discordantes si $x_i > x_j$ y $y_i < y_j$ o si $x_i < x_j$ y $y_i > y_j$. De esta manera, el coeficiente de Kendall se define como:

$$\tau = \frac{(\text{número de pares concordantes}) - (\text{número de pares discordantes})}{\frac{1}{2}n(n-1)}, \quad (8)$$

donde n , es el tamaño de muestra de los pares (x,y) . El denominador representa el número total de combinaciones de pares, de tal forma que el coeficiente estará en el rango de $-1 < \tau < 1$, con las siguientes propiedades:

$\tau = 1$: existe una concordancia perfecta entre todos los pares.

$\tau = -1$: existe una discordancia perfecta entre todos los pares.

¹² En el área de la estadística también se le refiere como la Tau de Kendall, nombrada así por Maurice Kendall (1938), quien la desarrolló.

$\tau = 0$: las variables aleatorias X y Y son *independientes*.

Estas propiedades son relevantes para la interpretación de la prueba de Kendall sobre la independencia de dos conjuntos de datos ordenados. La hipótesis nula para la independencia de X y Y establece que la distribución muestral de τ tiene un valor esperado de cero. Debido a que la distribución de τ no se puede caracterizar fácilmente en términos de una distribución conocida, se calcula el siguiente estadístico de prueba:

$$z_A = \frac{3(n_c - n_d)}{\sqrt{n(n-1)(2n+5)/2}}, \quad (9)$$

el cual se aproxima a una distribución normal estándar cuando las variables son estadísticamente independientes. Una vez calculado z_A , se encuentra la probabilidad acumulada para una distribución normal estándar. Si el valor p para el estadístico de prueba se encuentra por debajo de un nivel de significancia dado, se rechaza la hipótesis nula de que las variables son estadísticamente independientes. En este caso, implicaría que los dos rankings son estadísticamente dependientes, y que describen un mismo ordenamiento de los datos.

4.3 Resultados y Discusión

4.3.1 Etapa 1: Resultados Generales de Eficiencia

A partir de las variables contenidas en la Tabla 16, se definieron 6 modelos de producción (ver Tabla 18) diferenciados por la mezcla de inputs y outputs que éstos incluyen. El análisis DEA se llevó a cabo para los 32 SRI bajo cada uno de los 6 modelos, y sus resultados se presentan en la Tabla 19.

Tabla 18: Modelos de producción

MODELO	Inputs			Outputs	
	POSG-CAL	GASTO I+D	SNIIs	PATENTS	PUBLS
M.GENERAL	•	•	•	•	•
M. POSG-CAL	•			•	•
M. GASTO I+D		•		•	•
M. SNIIs			•	•	•
M. PATENTS	•	•	•	•	
M. PUBLS	•	•	•		•

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 19 se puede destacar la información siguiente:

Para el modelo GENERAL, el número de SRI eficientes es mayor para BCC que el número de SRI eficientes para CCR. Esto se puede atribuir a que CCR es más restrictivo en términos de alcanzar la frontera de eficiencia, ya que calcula la eficiencia bruta de la unidad bajo estudio sin tomar en cuenta las diferencias en tamaño de operación. Cabe destacar que un SRI eficiente bajo CCR también lo será bajo BCC, aunque lo inverso no siempre ocurre.

Tanto en CCR como en BCC, el modelo GENERAL arroja índices de eficiencia con tendencia hacia valores altos¹³. Sin embargo, debe observarse que el modelo GENERAL incluye todos los indicadores input y output, por lo cual algunos SRI bajo estudio pueden encontrar una ventaja en algunos indicadores, que le permitan alcanzar la frontera de eficiencia. Esto resulta de la forma en que DEA asigna los pesos a cada indicador.

Algunos SRI muestran diferencias importantes entre las eficiencias CCR y BCC. Por ejemplo, B.C.S. obtiene una eficiencia CCR de 41%, y una eficiencia BCC del 65%. Chihuahua presenta una situación similar al tener una eficiencia CCR del 46% y una eficiencia BCC del 67%. Estos resultados indican que una fuente importante de ineficiencia puede atribuirse a condiciones de escala de operación.

¹³ Un 44% de los SRI obtienen un nivel de eficiencia del 80 al 100% para el modelo bajo CCR, y un 59% de los SRI se encuentran en ese mismo rango bajo BCC.

Tabla 19: Índices de eficiencia (%)

	MODELO GENERAL		MODELO POSG-CAL		MODELO GASTO I+D		MODELO SNI _s		MODELO PATENTS		MODELO PUBLS	
	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC
AGS	91.24	92.51	64.06	86.48	31.03	37.62	74.71	78.02	90.52	91.48	28.75	32.32
B.C.	71.81	84.96	18.23	28.56	28.12	30.95	38.92	52.86	30.96	31.56	71.81	84.96
B.C.S.	68.40	85.67	57.03	74.00	12.53	54.35	34.47	80.37	7.50	11.31	68.40	85.67
CAMP	100	100	93.75	98.95	90.06	100	35.69	35.70	100	100	81.60	100
CHIS	51.35	63.48	48.27	61.67	2.26	3.98	35.85	41.44	44.50	63.48	35.48	38.75
CHIH	69.59	100	28.41	41.84	26.08	26.64	57.30	60.78	49.25	95.36	46.12	79.74
COAH	78.20	90.40	33.20	53.86	36.94	37.05	67.49	68.85	69.67	81.04	42.32	51.37
COL	24.34	39.91	16.18	23.12	3.26	17.95	24.34	39.91	7.66	10.60	22.20	39.91
D.F.	100	100	49.74	100	100	100	48.39	100	100	100	100	100
DGO	57.74	59.24	41.11	43.81	6.29	7.95	45.84	49.77	46.68	49.87	28.84	31.09
MÉX	82.36	100	56.08	67.52	36.30	36.97	55.98	59.74	82.30	100	29.68	45.96
GTO	98.06	100	79.17	100	23.93	51.97	81.45	83.58	98.06	100	1.39	1.52
GRO	86.77	100	86.77	100	6.18	6.93	69.41	100	27.19	100	84.27	100
HGO	100	100	100	100	15.80	29.99	100	100	24.74	25.38	100	100
JAL	98.68	100	66.42	100	43.00	57.71	69.58	71.28	98.32	100	36.29	38.51
MICH	45.21	50.72	19.00	21.32	10.94	11.54	28.02	34.09	8.64	8.71	45.21	50.72
MOR	100	100	88.06	100	18.32	71.16	36.90	89.61	23.52	34.81	100	100
NAY	36.29	41.50	35.90	38.53	0.63	2.59	33.19	41.18	14.04	22.51	34.01	39.08
N.L.	100	100	58.55	100	51.33	87.04	100	100	100	100	39.46	40.05
OAX	31.47	37.82	23.61	24.89	7.07	7.16	24.95	27.73	28.15	36.14	14.29	22.39
PUE	88.39	99.41	33.41	60.61	34.08	34.22	61.28	66.39	59.97	59.98	68.60	80.29
QRO	84.97	100	56.25	100	22.15	54.73	62.41	85.02	69.12	83.76	51.63	61.01
Q.ROO	100	100	100	100	20.29	20.39	64.25	66.31	100	100	70.71	86.67
S.L.P.	24.92	25.54	12.20	21.96	3.77	17.05	24.92	25.54	20.76	20.81	10.55	13.61
SIN	79.29	91.65	56.25	66.78	27.69	28.21	50.09	51.93	71.84	79.74	42.01	63.81
SON	42.05	42.36	21.00	28.02	6.85	12.80	37.42	42.36	14.70	15.20	38.70	38.81
TAB	35.73	40.40	34.92	40.25	5.28	5.34	23.66	25.73	33.92	40.40	24.64	30.89
TAMPS	100	100	80.21	92.31	26.56	26.58	86.52	100	100	100	22.19	28.48
TLAX	22.40	24.12	15.33	22.64	2.00	6.33	18.77	18.93	17.08	17.58	12.11	12.66
VER	28.63	35.90	16.36	17.73	5.11	5.31	23.17	23.94	11.91	12.17	26.33	34.49
YUC	55.66	70.10	35.19	67.27	10.19	44.42	50.59	67.56	43.20	57.26	28.39	47.08
ZAC	39.36	41.88	33.51	40.11	3.96	8.37	30.02	30.35	30.26	31.34	25.43	25.58

Fuente: Elaboración propia mediante xlDEA®.

La Tabla 20 muestra los resultados de eficiencia BCC (en %) y su correspondiente rendimiento de escala (RDE). Esta información permite conocer el tamaño de economía de escala a la cual operan los SRI. El RDE puede ser constante, creciente o decreciente. Al presentar un RDE constante, el SRI está operando al tamaño de escala más productivo (MPSS, por sus siglas en inglés), lo cual le confiere un mejor desempeño al

SRI. En cambio, un RDE creciente o decreciente, significa que el SRI puede alcanzar su MPSS incrementando sus inputs o reduciendo sus inputs, respectivamente. Un RDE creciente (decreciente) implica que por cada unidad de input utilizada se produce una mayor (menor) proporción de output.

Por ejemplo, se observa que Baja California Sur es ineficiente en todos los modelos, y presenta un rendimiento de escala decreciente en cada uno de ellos. Esto significa que está operando a un nivel de escala por encima de su nivel más productivo, lo cual implica que alcanzar la frontera de eficiencia requiere de reducir sus inputs y producir los mismos niveles de output.

Tabla 20: Rendimientos de escala

	MODELO GENERAL		MODELO POSG-CAL		MODELO GASTO I+D		MODELO SNIs		MODELO PATENTS		MODELO PUBLS	
	<i>BCC</i>	<i>RDE</i>	<i>BCC</i>	<i>RDE</i>	<i>BCC</i>	<i>RDE</i>	<i>BCC</i>	<i>RDE</i>	<i>BCC</i>	<i>RDE</i>	<i>BCC</i>	<i>RDE</i>
AGS	92.51	DEC	86.48	DEC	37.62	DEC	78.02	CRE	91.48	DEC	32.32	CRE
B.C.	84.96	CRE	28.56	DEC	30.95	CRE	52.86	DEC	31.56	DEC	84.96	CRE
B.C.S.	85.67	DEC	74.00	DEC	54.35	DEC	80.37	DEC	11.31	DEC	85.67	DEC
CAMP	100	CON	98.95	DEC	100	CRE	35.70	CRE	100	CON	100	CRE
CHIS	63.48	CRE	61.67	CRE	3.98	DEC	41.44	CRE	63.48	CRE	38.75	CRE
CHIH	100	CRE	41.84	DEC	26.64	CRE	60.78	CRE	95.36	CRE	79.74	CRE
COAH	90.40	CRE	53.86	DEC	37.05	CRE	68.85	CRE	81.04	CRE	51.37	CRE
COL	39.91	DEC	23.12	DEC	17.95	DEC	39.91	DEC	10.60	DEC	39.91	DEC
D.F.	100	CON	100	DEC	100	CON	100	DEC	100	CON	100	CON
DGO	59.24	CRE	43.81	DEC	7.95	DEC	49.77	CRE	49.87	CRE	31.09	CRE
MÉX	100	CRE	67.52	DEC	36.97	CRE	59.74	CRE	100	CRE	45.96	CRE
GTO	100	DEC	100	DEC	51.97	DEC	83.58	CRE	100	DEC	1.52	DEC
GRO	100	CRE	100	CRE	6.93	CRE	100	CRE	100	CRE	100	CRE
HGO	100	CON	100	CON	29.99	DEC	100	CON	25.38	DEC	100	CON
JAL	100	DEC	100	DEC	57.71	DEC	71.28	DEC	100	DEC	38.51	CRE
MICH	50.72	CRE	21.32	DEC	11.54	DEC	34.09	DEC	8.71	DEC	50.72	CRE
MOR	100	CON	100	DEC	71.16	DEC	89.61	DEC	34.81	DEC	100	CON
NAY	41.50	CRE	38.53	CRE	2.59	DEC	41.18	CRE	22.51	CRE	39.08	CRE
N.L.	100	CON	100	DEC	87.04	DEC	100	CON	100	CON	40.05	CRE
OAX	37.82	CRE	24.89	DEC	7.16	CRE	27.73	CRE	36.14	CRE	22.39	CRE
PUE	99.41	CRE	60.61	DEC	34.22	CRE	66.39	DEC	59.98	DEC	80.29	CRE
QRO	100	DEC	100	DEC	54.73	DEC	85.02	DEC	83.76	DEC	61.01	DEC

Q.ROO	100	CON	100	CON	20.39	CRE	66.31	CRE	100	CON	86.67	CRE
S.L.P.	25.54	DEC	21.96	DEC	17.05	DEC	25.54	DEC	20.81	CRE	13.61	DEC
SIN	91.65	CRE	66.78	DEC	28.21	CRE	51.93	CRE	79.74	CRE	63.81	CRE
SON	42.36	DEC	28.02	DEC	12.80	DEC	42.36	DEC	15.20	DEC	38.81	DEC
TAB	40.40	CRE	40.25	CRE	5.34	CRE	25.73	CRE	40.40	CRE	30.89	CRE
TAMPS	100	CON	92.31	DEC	26.58	CRE	100	CRE	100	CON	28.48	CRE
TLAX	24.12	DEC	22.64	DEC	6.33	DEC	18.93	CRE	17.58	DEC	12.66	DEC
VER	35.90	CRE	17.73	DEC	5.31	CRE	23.94	CRE	12.17	CRE	34.49	CRE
YUC	70.10	DEC	67.27	DEC	44.42	DEC	67.56	DEC	57.26	DEC	47.08	DEC
ZAC	41.88	DEC	40.11	DEC	8.37	DEC	30.35	CRE	31.34	DEC	25.58	CRE

Fuente: Elaboración propia mediante xIDEA®.

Por su parte, Chihuahua es BCC eficiente solamente en el modelo GENERAL, sin embargo, muestra una ineficiencia de escala al tener un rendimiento de escala creciente. Este mismo comportamiento se presenta para Chihuahua en los demás modelos, salvo el modelo POSG-CAL, lo cual indica que, en general, este sistema debería aumentar su escala de operación y obtener un aumento de output proporcionalmente mayor al de input para alcanzar la frontera de eficiencia.

Campeche muestra promedios de eficiencia por arriba del 80% tanto en CCR como en BCC. Sin embargo, al observar sus rendimientos de escala, encontramos que solamente tiene un rendimiento de escala constante en 2 de los 6 modelos, lo cual representa una oportunidad para que el estado incremente o reduzca su escala de operación, a fin de alcanzar su tamaño de escala más productiva.

Otro indicador indirecto del desempeño de un SRI es el número de unidades para el cual ese SRI es un *peer*¹⁴. Un SRI eficiente que es *peer* para un mayor número de unidades ineficientes muestra mayor fortaleza en su desempeño. La Tabla 21 muestra la relación de *peers* por cada modelo de producción bajo CCR y BCC. Los modelos bajo eficiencia BCC presentan mayor número de *peers*, debido a un mayor número de SRI que obtienen eficiencia de 100% cuando se asume un rendimiento de escala variable. Finalmente, resulta más relevante ser *peer* bajo los modelos con eficiencia CCR, ya que

¹⁴ En la metodología DEA, un *peer* es una unidad eficiente que es referente de una unidad ineficiente. La unidad ineficiente debe buscar *imitar* las características de operación del *peer* para posicionarse en la frontera de eficiencia. Una unidad ineficiente puede tener más de un *peer*.

estos vuelven a ser *peer* bajo los modelos con eficiencia BCC, mientras que lo inverso no se observa.

Tabla 21: *Peers* por modelo de producción

Modelo	CCR			BCC		
GENERAL	CAMP MOR TAMPS	D.F. N.L.	HGO Q.ROO	CAMP MÉX HGO N.L. TAMPS	CHIH GTO JAL QRO	D.F. GRO MOR Q.ROO
POSG-CAL	HGO Q.ROO			D.F. HGO N.L.	GTO JAL QRO	GRO MOR Q.ROO
GASTO I+D	D.F.			CAMP D.F.		
SNI	HGO N.L.			D.F. N.L.	GRO TAMPS	HGO
PATENTS	CAMP TAMPS	N.L.	Q.ROO	CAMP GTO N.L.	D.F. GRO Q.ROO	MÉX JAL TAMPS
PUBLS	D.F.	HGO	MOR	CAMP HGO	D.F. MOR	GRO

Fuente: Elaboración propia mediante xIDEA®.

Considerando lo anterior, al observar la Tabla 22, la cual muestra el promedio de SRI para los cuales cada unidad es *peer* tanto en el cálculo de eficiencia CCR como de BCC, nos percatamos que aquellos sistemas que son *peer* bajo CCR, generalmente tienen un mayor número promedio de sistemas ‘seguidores’ bajo BCC que aquellos que solamente aparecen como *peer* bajo BCC.

Tabla 22: Promedio de *peers*

	CCR	BCC		CCR	BCC
AGS	0.00	0.00	MOR	0.67	2.00
B.C.	0.00	0.00	NAY	0.00	0.00
B.C.S.	0.00	0.00	N.L.	9.33	8.17
CAMP	3.17	5.33	OAX	0.00	0.00
CHIS	0.00	0.00	PUE	0.00	0.00
CHIH	0.00	0.67	QRO	0.00	2.83
COAH	0.00	0.00	Q.ROO	9.50	5.17
COL	0.00	0.00	S.L.P.	0.00	0.00
D.F.	9.83	13.33	SIN	0.00	0.00

DGO	0.00	0.00	SON	0.00	0.00
MÉX	0.00	1.00	TAB	0.00	0.00
GTO	0.00	3.00	TAMPS	5.67	2.83
GRO	0.00	8.83	TLAX	0.00	0.00
HGO	15.17	10.17	VER	0.00	0.00
JAL	0.00	0.83	YUC	0.00	0.00
MICH	0.00	0.00	ZAC	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia mediante MINITAB16® 2012.

De la información presentada en la Tabla 22, destacan Hidalgo, D.F., Nuevo León, Quintana Roo, Tamaulipas, Campeche y Morelos, como los SRI que mantienen un mayor número promedio de SRI para los cuales son *peers*.

4.3.2 Clasificación de los SRI

Para facilitar el análisis de fortalezas y debilidades de los SRI, se realizó un análisis de conglomerados con los índices de eficiencia de los SRI. Siguiendo la estrategia de Lee y Park (2005), se descartaron algunos de los modelos a través de un análisis de correlación de Pearson a través de sus valores de eficiencia, para disminuir el efecto que una correlación significativa tiene sobre el análisis de conglomerados. La Tabla 23 muestra las correlaciones significativas, al nivel 0.05, entre los modelos de producción bajo programación CCR obtenidos en cada uno.

El análisis de correlación muestra dos parejas de modelos de producción no correlacionadas; SNIs con PATENTS, y PUBLS con PATENTS. Sin embargo, se eligieron los modelos PUBLS y PATENTS para realizar el análisis de conglomerados, ya que el coeficiente de correlación y su valor p , resultan fuertemente no significativos. Resulta interesante que los modelos con los cuales se calcula la eficiencia relativa enfocándose en un output (PATENTS y PUBLS), son los mejores candidatos para su uso en el análisis de conglomerados, considerando que el análisis DEA se realizó con una orientación al output. Esto coincide, en lo general, con los resultados del estudio realizado por Lee y Park (2005).

Tabla 23: Análisis de Correlación de Pearson para modelos de producción CCR

	GENERAL	POSG-CAL	GASTO I+D	SNIs	PATENTS	PUBLS
M. GENERAL	1					
M. POSG-CAL	0.819* (0.000)	1				
M. GASTO I+D	0.661* (0.000)	0.361* (0.042)	1			
M. SNIs	0.791* (0.000)	0.637* (0.000)	0.335 (0.061)	1		
M. PATENTS	0.755* (0.000)	0.550* (0.001)	0.725* (0.000)	0.639* (0.000)	1	
M. PUBLS	0.575* (0.001)	0.510* (0.003)	0.454* (0.009)	0.216 (0.236)	0.061 (0.740)	1

Fuente: Elaboración propia mediante MINITAB16® 2012.

* $p < 0.05$

Conglomerados bajo Modelos PATENTS y PUBLS con Programación CCR

Se realizó un análisis de conglomerados jerárquico con las eficiencias obtenidas bajo los modelos PATENTS y PUBLS, utilizando enlace Ward y distancia Manhattan. Se determinaron conglomerados para 2, 3, 4, 5, 6 y 7 grupos, y se realizó un ANOVA de un factor (número de grupos) para cada conglomerado, con el fin de encontrar una mejor diferenciación estadística entre ellos. La Tabla 24 resume los valores p y de R-cuadrada para los diferentes ANOVA realizados a los conglomerados.

Tabla 24: Valores p y R-cuadrada para ANOVAS de conglomerados

Modelo/ # de Conglomerados	CCR	
	P	R-Cuadrada
PATENTS/2	0.000	74.28%
PUBLS/2	0.930	0.03%
PATENTS/3	0.000	74.44%
PUBLS/3	0.000	50.99%
PATENTS/4	0.000	93.17%
PUBLS/4	0.000	51.12%
PATENTS/5	0.000	93.32%
PUBLS/5	0.000	79.94%
PATENTS/6	0.000	95.96%

PUBLS/6	0.000	82.26%
PATENTS/7	0.000	97.45%
PUBLS/7	0.000	84.98%

Fuente: Elaboración propia mediante MINITAB16® 2012.

Finalmente, se decidió trabajar con el conglomerado de 5 grupos, ya que esta es la primera configuración donde se logra agrupar SRI exclusivamente eficientes bajo al menos un modelo (PATENTS) con eficiencia CCR (ver Anexo B).

Conglomerado CCR

La configuración de los 5 grupos para los modelos bajo eficiencia CCR se muestra en la Tabla 25, la cual adicionalmente indica las medias para los índices de eficiencia por grupo en cada modelo de producción utilizado para el análisis de conglomerados. La Tabla 26 muestra algunas estadísticas básicas de las variables input y output por cada grupo.

Tabla 25: Configuración de conglomerados CCR

Grupos	No. de entidades	Estados integrantes	Índice de eficiencia promedio	
			PATENTS	PUBLS
1: Entidades con SCTI con mayor eficiencia en el output “patentes”	6	Aguascalientes, México, Guanajuato, Jalisco, Nuevo León, Tamaulipas	94.9	26.30
2: Entidades con SCTI con mayor eficiencia en el output “publicaciones científicas”	5	Baja California, Baja California Sur, Guerrero, Hidalgo, Morelos	22.8	84.9
3: Entidades con SCTI eficiente en los dos outputs considerados (patentes y publicaciones)	3	Campeche, Distrito Federal, Quintana Roo	100.0	84.1
4: Entidades con SCTI de eficiencia media-baja en ambos outputs considerados	8	Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Durango, Puebla, Querétaro, Sinaloa, Yucatán	56.8	42.9
5: Entidades con SCTI de eficiencia baja en ambos outputs considerados	10	Colima, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, San Luis Potosí, Sonora, Tabasco, Tlaxcala, Veracruz, Zacatecas	18.7	25.4

Fuente: Elaboración propia mediante MINITAB16® 2012.

Tabla 26: Estadísticas descriptivas de inputs/outputs por grupo

	Variable	Grupo	Media	Desv. Est.	Mínimo	Máximo
Inputs	POSG-CAL	1	0.3045	0.1792	0.1361	0.6294
		2	0.3420	0.2440	0.0240	0.6140
		3	0.4760	0.6840	0.0730	1.2660
		4	0.2773	0.1835	0.0396	0.5345
		5	0.2531	0.2118	0.0393	0.6137
	GASTO I+D	1	0.1873	0.0770	0.0856	0.3049
		2	0.3210	0.2450	0.0890	0.6090
		3	0.0969	0.0581	0.0309	0.1404
		4	0.2247	0.1806	0.0805	0.6124
		5	0.3461	0.2474	0.0988	0.7728
	SNIs	1	2.573	1.015	1.27	3.75
		2	7.160	6.65	0.47	15.75
		3	8.810	10.85	1.93	21.31
		4	2.853	1.894	0.895	5.747
		5	2.634	1.67	0.668	6.443
Outputs	PATENTS	1	1.593	0.816	0.750	2.948
		2	0.370	0.276	0.048	0.785
		3	1.547	1.594	0.583	3.387
		4	0.871	0.607	0.135	1.854
		5	0.2287	0.159	0.0393	0.5774
	PUBLS	1	2.231	1.67	0.165	4.596
		2	12.44	9.43	1.37	24.81
		3	13.60	18.40	2.50	34.90
		4	3.89	2.92	0.95	9.02
		5	2.376	1.894	0.605	6.259

Fuente: Elaboración propia mediante MINITAB16® 2012.

Grupo 1: La característica principal de estos SRI radica en índices de eficiencia predominantemente altos (promedio de 94.87%) bajo el modelo de PATENTS y muy bajos (promedio de 26.29%) para el modelo de PUBLS. Esto indica una orientación hacia la generación de propiedad intelectual patentable y no tanto en producción de publicaciones científicas. Con la excepción de Nuevo León y Tamaulipas, los demás SRI no logran total eficiencia bajo el modelo PATENTS, sin embargo, la mayoría

presentan índices por arriba del 90% (aunque México obtiene 82.30%). El tamaño del sistema no parece ser un factor determinante en el nivel de eficiencia obtenido, ya que los dos sistemas más eficientes, Nuevo León y Tamaulipas, difieren en la escala de operación. Del Anexo C se observa una diferencia notable entre los dos sistemas a través de las 3 variables input y la variable output de PATENTS. Inclusive, Tamaulipas es el último y penúltimo del grupo en términos del nivel de todas las variables input y output utilizadas bajo el modelo PATENTS; lo diametralmente opuesto en el caso de Nuevo León. Estos resultados parecen validar la naturaleza *relativa* de la eficiencia medida a través del método DEA.

Por otra parte, en términos del modelo PUBLS, el promedio de eficiencia del grupo queda por debajo del 30%. A pesar del bajo desempeño en este rubro, Nuevo León de nuevo lidera al grupo con un 39.46% de eficiencia, seguido de cerca por Jalisco con un 36.29% de eficiencia. En la Tabla 26 se observa que este grupo tiene el promedio más bajo de los 5 en el indicador output de publicaciones, aunque es de notarse que tienen el menor promedio en el indicador input de investigadores. Dado que un requisito principal para pertenecer al Sistema Nacional de Investigadores (SNI) es publicar resultados de investigación, tiene sentido que su indicador de publicaciones se encuentre por debajo de otros sistemas con mayor número de investigadores.

Grupo 2: En este grupo predomina la eficiencia para el modelo PUBLS, aunque con un promedio por debajo del 85%. En cambio, el promedio del grupo para el modelo PATENTS se encuentra cerca del 23%. De la Tabla 26 podemos observar que el grupo tiene el segundo promedio más alto en el indicador de SNIs, así como en el indicador de PUBLS. En cambio, el promedio del grupo para el indicador PATENTS es el segundo más bajo de todos los conglomerados. Este indicador está significativamente correlacionado con los indicadores input POSG-CAL y SNIs, lo cual significa una desventaja para el grupo en el modelo de producción PATENTS con respecto a otros grupos con niveles similares de estos indicadores, pero con mejores niveles en el indicador de producción de propiedad intelectual. Esta es la razón de su pobre desempeño para el modelo PATENTS.

A nivel individual, los líderes del grupo son Hidalgo y Morelos, ambos con una eficiencia del 100% para el modelo PUBLS, aunque altamente ineficientes bajo el

modelo de PATENTS con un 24.74% y 23.52% de eficiencia respectivamente. Guerrero se mantiene en el promedio del grupo para el modelo de PUBLS con un 84.27%, y un 27.19% para el modelo PATENTS, mientras que Baja California Norte y Sur se rezagan en el modelo PUBLS con un 71.81% y 68.40% respectivamente. En términos del modelo PATENTS, B.C.N y B.C.S. se encuentran en los extremos del grupo con la baja norte en la punta con 30.96%, y la sur al final con 7.50%.

La variabilidad de los indicadores input para los sistemas de este grupo es de los más altos de todos los conglomerados, sin embargo, al examinar los promedios de índice de eficiencia a través de los 6 modelos de producción, se observa que existen similitudes entre algunos sistemas a pesar de las diferencias en el tamaño de operación de los mismos. Por ejemplo, Baja California Norte y Sur obtienen un promedio similar de 43.31% y 41.39% respectivamente. Por su parte, Guerrero y Morelos también obtienen promedio similares entre el 60 y 61%. Solamente Hidalgo se distingue de los demás con un 73.42% de promedio.

Grupo 3: Este grupo tiene el menor número de miembros, y es el mejor evaluado en términos generales. Lidera a los conglomerados en el modelo PATENTS con un promedio del 100% bajo eficiencia CCR. Para el modelo PUBLS obtiene casi el mismo promedio de eficiencia que el grupo 2 con 84.10%. Dentro de este grupo se encuentran Campeche, Quintana Roo y el Distrito Federal, el cual es un SRI muy particular debido a su tamaño de operación. Es el sistema con mayores recursos de los 32 bajo análisis, y esto crea una disparidad en los datos de su grupo, el cual se refleja en los valores de la desviación estándar para la mayoría de las variables input y output. Sin embargo, DEA omite esta situación ya que no tienen efecto alguno sobre el índice de eficiencia obtenido, debido a que se trata de una medición relativa. Hacia el interior de su grupo, encontramos que las diferencias más grandes entre el D.F. y los otros dos SRI se dan en los índices para las variables POSG-CAL y SNIs en el caso de los inputs, y en ambas variables output, aunque aún más notable en la variable PUBLS.

En lo particular, no existen diferencias entre ninguno de los tres SRI para el modelo PATENTS, ya que todos obtienen un índice de eficiencia de 100%. En cambio, solamente el D.F. mantiene una eficiencia del 100% para el modelo PUBLS, mientras que Campeche obtiene una eficiencia de 81.60%, seguido de Quintana Roo con 70.71%.

En términos de su tamaño, Campeche y Quintana Roo son comparables, y las diferencias entre sus variables input y output son mínimas. Los miembros de este grupo se encuentran muy parejos en términos del promedio del índice de eficiencia CCR promediado para los 6 modelos de producción. Campeche obtiene un promedio de 83.52%, el D.F. obtiene 83.02% y Quintana Roo 75.87%. Por otra parte, si consideramos el número de modelos de producción para el cual los sistemas obtienen 100% de eficiencia CCR, el D.F. lidera el grupo con 4 modelos, seguido de Quintana Roo con 3 y Campeche con 2. El promedio general para los 6 modelos de producción del D.F. se ve reducido debido a los dos modelos donde se encuentra ineficiente, POSG-CAL y SNIs. Bajo estos modelos, el D.F. presenta una ineficiencia de escala, y un rendimiento de escala decreciente, lo cual indica que podría alcanzar la frontera de eficiencia bajo estos modelos reduciendo su tamaño de operación.

Por su parte, Quintana Roo obtiene índices de eficiencia muy bajos para aquellos modelos de producción donde no obtiene 100%, e incluso es el SRI con índices más bajos para el modelo PUBLS. Finalmente, Campeche obtiene índices altos en general, con la excepción del modelo SNIs, para el cual obtiene alrededor del 35% de eficiencia.

Grupo 4: Este grupo se caracteriza por bajos índices de eficiencia tanto en el modelo PATENTS (56.78%) como PUBLS (42.93%). Ningún sistema perteneciente al grupo alcanza el 100% de eficiencia en ninguno de los dos modelos de producción utilizados para la aglomeración. De la Tabla 26 se observa que no existen diferencias importantes entre los índices input y output dentro del grupo, lo cual indica sistemas similares en relación con su tamaño de operación. Aunque Querétaro y Yucatán dominan ligeramente en términos de su tamaño de operación, resulta ser Sinaloa quien obtiene un mejor índice de eficiencia (71.84%) dentro del grupo bajo el modelo PATENTS, y Puebla obtiene el mejor índice de eficiencia (68.60%) bajo el modelo PUBLS.

Considerando el promedio a través de los 6 modelos de producción, encontramos que 4 de los SRI, Coahuila, Puebla, Querétaro y Sinaloa, obtienen un promedio de eficiencia CCR entre el 54 y 58%; Chihuahua obtiene un 46.13%, mientras que Chiapas, Durango y Yucatán oscilan entre el 36 y 37% de eficiencia promedio. Ningún sistema de

este grupo obtiene eficiencia CCR del 100% para alguno de los 6 modelos de producción.

En lo particular encontramos que Chiapas obtiene índices de eficiencia CCR constantemente bajos, siendo el modelo GENERAL para el cual obtiene su mejor índice de eficiencia con 51.35%. Sin embargo, este resultado puede deberse a la configuración del modelo, el cual le confiere ciertas ventajas debido al uso de todos los indicadores input y output. Una situación similar se da para el caso de Chihuahua, el cual también obtiene su mejor resultado en el modelo GENERAL, aunque a diferencia de Chiapas, obtiene cerca del 70% de eficiencia.

Coahuila obtiene mejores resultados que los dos sistemas anteriores de manera general. Obtiene un índice de eficiencia CCR de 78.20% para el modelo GENERAL, 67.49% bajo el modelo SNIs y 69.67% para el modelo PATENTS, aunque debe observarse que siguen siendo ineficiencias importantes.

Durango obtiene resultados similares a Chiapas y Chihuahua, y al igual que estos SRI, obtiene su mejor resultado para el modelo GENERAL con 57.74%. Otro resultado notable de este sistema junto con Chiapas, es el desplome en el índice de eficiencia para el modelo GASTO I+D, para el cual Durango obtiene un 6.29% y Chiapas 2.26%. Sus indicadores de I+D se encuentran superados tan solo por Querétaro y Yucatán, mientras que los niveles de sus outputs son de los más bajos del grupo. Esto explica los resultados deficientes obtenidos para el modelo GASTO I+D.

Puebla obtiene un mejor resultado que los sistemas anteriores para el modelo GENERAL con un 88.39%, el cual no es un índice de eficiencia particularmente deficiente. También obtiene mejores resultados para los modelos PATENTS y PUBLS en comparación con los SRI anteriores, aunque aún con índices deficientes. Querétaro es muy similar a Puebla en términos de los resultados de eficiencia para la mayoría de los modelos de producción, aunque difieren un poco para los modelos PATENTS, donde Querétaro es un poco más eficiente, y PUBLS, donde Puebla obtiene mejor resultado.

Como se mencionó anteriormente, Sinaloa se distingue por obtener el mejor índice de eficiencia para el modelo PATENTS. Su resultado más deficiente lo obtiene para el modelo GASTO I+D (27.69%), lo cual es un patrón que se observa dentro de este grupo. Sinaloa y Querétaro obtienen el mejor índice de eficiencia bajo el modelo

POSG-CAL con 56.25%. Finalmente, Yucatán obtiene resultados similares a Chiapas a través de los 6 modelos, con la diferencia más notable en el resultado del modelo SNIs, donde Yucatán obtiene un 50.59% de eficiencia, mientras que Chiapas solamente obtiene un 35.85%.

Grupo 5: Los SRI miembros de este grupo obtienen el índice de eficiencia CCR promedio más bajo de todos los conglomerados tanto en el modelo PATENTS (18.71%), como en el modelo PUBLS (25.35%). Además, es el grupo más numeroso de los cinco, con 10 miembros. Aunado al conglomerado anterior, el cual también obtiene índices de eficiencia promedio significativamente bajos en ambos modelos de producción, representan poco más del 50% de los SRI en el país.

Como grupo, este conglomerado tiene valores altos de variabilidad en sus inputs comparado con los demás grupos, así como el promedio más bajo para el input PATENTS, y el segundo más bajo para el output PUBLS. Esto ilustra la diversidad dentro del grupo en términos de las variables input/output.

Considerando el promedio para los 6 modelos de producción, Zacatecas obtiene el índice de eficiencia CCR promedio más alto del grupo con 27.09%. Este sistema junto con Michoacán, Nayarit, Sonora y Tabasco, conforman un subgrupo con índices de eficiencia promedio entre el 25 y 27%, seguidos de cerca por Oaxaca con 21.59%. Finalmente, Colima, San Luis Potosí, Tlaxcala y Veracruz conforman un subgrupo con índices de eficiencia promedio entre el 14 y 18%. Al igual que el grupo anterior, ningún sistema de este conglomerado obtiene una eficiencia del 100% en alguno de los 6 modelos de producción.

En lo particular, Colima obtiene su mejor desempeño en el modelo GENERAL con 24.34%, y el peor para el modelo GASTO I+D con 3.26%. En general, es uno de los sistemas con peor desempeño de los 32, con un índice de eficiencia CCR promedio de 16.33% a través de los 6 modelos de producción evaluados. Es interesante notar que es el SRI de su grupo con los mayores valores para las 3 variables input, aunque no lo es para el output PATENTS. Esto se refleja en su eficiencia bajo el modelo PATENTS, para el cual obtiene el segundo índice más bajo con 7.66%.

Por su parte, Michoacán obtiene su mejor nivel de desempeño bajo los modelos GENERAL y PUBLS con un 45.21% de eficiencia en ambos. El índice más bajo lo obtiene para el modelo PATENTS con 8.64% de eficiencia CCR. Comparado con Colima, Michoacán tiene básicamente la mitad o menos de recursos input, mientras que produce niveles de output muy similares, especialmente para la variables PUBLS. Esto se refleja en un mejor índice de eficiencia para el modelo PUBLS comparado con Colima.

Nayarit obtiene su mejor nivel de eficiencia para el modelo GENERAL con 36.29%, seguido de cerca por el modelo POSG-CAL con 35.90%. Su peor nivel de eficiencia lo obtiene, al igual que Colima, bajo el modelo GASTO I+D con 0.63%. Este resultado es el peor de cualquiera de los 32 SRI, para cualquier modelo de producción. Sin embargo, no es el sistema con el índice de eficiencia CCR promedio más bajo, considerando los 6 modelos de producción. En este rubro obtiene un 25.68%, el cual sigue siendo deficiente.

Oaxaca, al igual que Colima y Nayarit, obtiene su mejor nivel de eficiencia para el modelo GENERAL con 31.47%, y el peor para el modelo GASTO I+D con 7.07%. Una diferencia notable con respecto a todos los sistemas del grupo anteriormente descritos, es que obtiene un mayor índice de eficiencia en el modelo PATENTS (28.15%) en comparación con el modelo PUBLS (14.29%). Comparado con los otros SRI, Oaxaca presenta una predominancia mayor de su input SNIs con respecto a los demás inputs. Por otra parte, su índice para la variable PUBLS es el más bajo del grupo.

Con San Luis Potosí, nuevamente encontramos el patrón de mejor índice de eficiencia para el modelo GENERAL (24.92%) y peor para el modelo GASTO I+D (3.77%). Su promedio del índice de eficiencia CCR a través de los 6 modelos de producción es de los más bajos (16.19%), junto con Colima, Tlaxcala y Veracruz, todos pertenecientes al grupo 5. Al igual que Oaxaca, al comparar los modelos PATENTS y PUBLS, el mejor índice lo obtiene en el primero. De nuevo se observa que su mezcla de input y outputs lo pone en desventaja para el modelo PUBLS, debido a que otros con menor o igual nivel de inputs, obtienen mayores niveles de output PUBLS.

Para el caso de Sonora, encontramos un patrón similar a los anteriores, donde el mejor índice de eficiencia se observa para el modelo GENERAL (42.05%), y el peor

para el modelo GASTO I+D (6.85%). Comparando los modelos PATENTS y PUBLS, encontramos que en esta ocasión predomina el segundo. Esto es de esperarse al examinar sus niveles de input y output. Sonora cuenta con índices de input similares e incluso menores a los de otros estados, como Michoacán o San Luis Potosí, aunque obtiene un índice mayor en comparación con estos sistemas para el output PUBLS. Analizando su desempeño promedio a través de los 6 modelos de producción, se observa que obtiene un índice de eficiencia CCR bajo con 26.79%, aunque se mantiene en el nivel de los mejor posicionados dentro del grupo, solo ligeramente por debajo de Zacatecas.

Tabasco se asemeja en resultados a Sonora, con su mejor desempeño obtenido para el modelo GENERAL (35.73%), y su peor para el modelo GASTO I+D (5.28%). Sin embargo, difieren con respecto a los resultados para los modelos output. Tabasco obtiene un mejor índice de eficiencia para el modelo PATENTS (33.92%) comparado con el modelo PUBLS (24.64%). Analizando los niveles de sus inputs, se observa que está en desventaja con respecto a la mayoría de los SRI del grupo 5. Sin embargo, su nivel de input PATENTS es equiparable con el de otros sistemas, lo cual explica su mejor desempeño para el modelo PATENTS con respecto a otros miembros del grupo. Al igual que Sonora, su promedio de eficiencia a través de los 6 modelos está entre los más altos del grupo con un 26.36%.

Tlaxcala es de los SRI más rezagados del grupo, e incluso del país, en términos de su desempeño en actividades productivas de ciencia y tecnología. El mejor resultado lo obtiene, al igual que los demás, para el modelo GENERAL con 22.40%, y el peor para el modelo GASTO I+D con 2% de eficiencia CCR. Obtiene un índice ligeramente mejor para el modelo PATENTS (17.08%) comparado con el modelo PUBLS (12.11%). Los resultados para el resto de los modelos son similares, lo cual le confiere el promedio de eficiencia CCR más bajo de los 32 SRI al considerar los 6 modelos de producción con 14.62%.

Por su parte, Veracruz no difiere del patrón del grupo, al obtener su mejor y peor índice de eficiencia para los modelos GENERAL (28.63%) y GASTO I+D (5.11%) respectivamente. Al igual que Colima, Michoacán, Nayarit y Sonora, este sistema obtiene un mayor índice de eficiencia para el modelo PUBLS (26.33%) comparado con

el modelo PATENTS (11.91%). Veracruz, junto con Tlaxcala, San Luis Potosí y Colima, obtiene uno de los promedios de índice de eficiencia CCR más bajos a través de los 6 modelos de producción con un 18.59%.

Finalmente, Zacatecas continúa con el patrón del grupo, y obtiene su mejor resultado para el modelo GENERAL (39.36%) y el peor para el modelo GASTO I+D (3.96%). Los resultados para los modelos output no presentan grandes diferencias, aunque el modelo PATENTS presenta un índice de eficiencia ligeramente mayor con un 30.26% contra el 25.43% para el modelo PUBLS. Dentro del grupo, Zacatecas obtiene el promedio de eficiencia CCR mayor a través de los 6 modelos de producción con un 27.09%.

4.3.3 Etapa 2: Análisis de Regresión Tobit

Para este estudio se ha partido de una adaptación de la estructura dimensional propuesta por Godinho et. al. (2006), la cual fue utilizada en el Capítulo 3. Estas dimensiones buscan describir 4 grandes aspectos: precondiciones para la innovación, entradas al sistema, características estructurales y salidas del sistema. De estos cuatro aspectos se desprenden 8 dimensiones definidas por un total de 24 indicadores, como se muestra en la Tabla 27.

Tabla 27: Dimensiones e indicadores de los SRI

<i>Dimensión</i>	<i>Indicadores</i>	<i>Descripción y fuentes</i>
1 Condiciones de Mercado	▪ PIB	Producto interno bruto en miles de pesos (transformado con log 10). INEGI (2010)
	▪ Densidad de Población	Densidad poblacional por km ² (transformado con log 10). INEGI (2010)
	▪ Ingreso Bruto	Ingreso bruto per cápita en miles de pesos. INEGI (2010)
2 Desarrollo institucional	▪ Calidad de Transparencia	Índice de calidad de transparencia calificada de 1-100. COMAIP (2008) Conferencia Mexicana para la Información Pública
	▪ Efectividad de Gobierno	Índice de opinión empresarial sobre marco regulatorio (más alto mejor). CEESP (2008) Centro de Estudios Económicos del Sector Privado, A.C.
	▪ Índice de Corrupción	Índice de corrupción y buen gobierno (1/Ind). Transparencia

		Mexicana (2008)
3 Inversión en intangibles y capital físico	▪ FBCF	Formación Bruta de Capital Fijo. INEGI (2008)
	▪ Gasto en Educación/ PIB	Gasto en educación como porcentaje del PIB (en millones de pesos). CIEP (2010) Centro de Investigación Económica y Presupuestaria
	▪ Gasto en Educación per cápita	Gasto en educación per cápita en millones de pesos (transformado con log 10). CIEP (2010)
	▪ Inversión de Gobierno	Presupuesto para Ciencia, Tecnología e Innovación como porcentaje del presupuesto total del estado. FCCyT (2009-2012)
4 Conocimiento científico	▪ Número de investigadores	Investigadores SNI de las áreas de Biotecnología, Físico matemáticas y ciencias de la tierra, medicina y ciencias de la salud, Biología y química e Ingenierías, por cada 10,000 de la PEA. CONACyT (2010/2011)
	▪ Publicaciones per cápita	Publicaciones per cápita (aproximado). CONACyT (2009)
	▪ Población con estudios de posgrado	Población con estudios de posgrado por cada 1000 de la PEA. CONACyT (2010)
	▪ Número de centros de investigación	Centros de investigación (UNAM, IPN, CINVESTAV, Universidades públicas estatales, CONACyT, Secretarías de estado y otros) por cada 10,000 de la PEA. INEGI (2011)
5 Estructura productiva	▪ Industria de exportación	Valor agregado de la industria manufacturera, maquiladora y servicios de exportación (aproximación). INEGI (2008)
	▪ Especialización en industria manufacturera	Porción del PIB del sector industria manufacturera. INEGI (2009)
	▪ Tamaño de las empresas	Razón de unidades económicas de tamaño grande y micro de las industrias manufactureras, comercio y servicios. INEGI (2009)
6 Comunicación externa e internacionalización de la economía.	▪ Comercio exterior	Exportación más importación entre el PIB. Secretaría de Economía (2008)
	▪ IED	Inversión extranjera directa como porcentaje del PIB. Secretaría de Economía (2008)
	▪ Acceso a Internet	Porcentaje de hogares con acceso a internet. INEGI (2008)
7 Capacidad de difusión	▪ Uso de computadoras	Computadoras por cada 100 habitantes. INEGI (2008)
	▪ Cobertura de la telefonía	Líneas telefónicas fijas y móviles por cada 100 habitantes. COFETEL (2008)
	▪ Empresas con ISO 9000	Empresas con ISO 9000 por cada millón de la PEA. CONACyT (2008)
8 Innovación	▪ Propiedad intelectual	Propiedad intelectual (patentes, modelos de utilidad y diseños) solicitadas por cada 10,000 de la PEA. IMPI (2010)

Fuente: Elaboración propia

De los indicadores de la Tabla 27, se descartaron aquellos que coincidieron como un recurso input u output para el análisis de eficiencia de los SRI. Adicionalmente, se realizó un análisis de correlación lineal, a partir del cual se definió el conjunto final de indicadores (factores ambientales), los cuales se usaron en el modelo Tobit como variables regresoras. Como variable dependiente se usó la ineficiencia (1 - eficiencia). La Tabla 28 muestra el conjunto final de indicadores para la regresión Tobit.

A partir de las ineficiencias calculadas, y los indicadores seleccionados como factores ambientales de los SRI, la Tablas 29 y 30 presentan las estimaciones del modelo Tobit para los 6 modelos de producción basados en programación CCR y BCC.

Tabla 28: Factores Ambientales para Análisis de Regresión

<i>Dimensión</i>	<i>Indicadores</i>
Condiciones de mercado	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Densidad de Población ▪ Ingreso Bruto
Desarrollo institucional	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Efectividad de Gobierno ▪ Índice de Corrupción
Inversión en intangibles y capital físico	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gasto en Educación/ PIB ▪ Inversión de Gobierno
Conocimiento científico Estructura productiva	No Aplica <ul style="list-style-type: none"> ▪ Industria de exportación ▪ Especialización en industria manufacturera ▪ Tamaño de las empresas
Comunicación externa	<ul style="list-style-type: none"> ▪ IED ▪ Acceso a Internet
Capacidad de difusión	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cobertura de la telefonía
Innovación	No Aplica

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29: Coeficientes y valores *t* de modelo Tobit para eficiencia bajo CCR

	Modelo General	Modelo POSG-CAL	Modelo GASTO I+D	Modelo SNI's	Modelo PATENTS	Modelo PUBLS
	Coef. (<i>t</i>)	Coef. (<i>t</i>)	Coef. (<i>t</i>)	Coef. (<i>t</i>)	Coef. (<i>t</i>)	Coef. (<i>t</i>)
Densidad de Población	.107 (0.92)	.101 (1.02)	-.009 (-0.28)	.1312 (1.81)**	.0100 (0.08)	-.0989 (-1.00)
Ingreso Bruto	.007 (1.51)	.010 (2.48)*	.003 (2.43)*	.0009 (0.31)	-.0103 (-1.90)**	.0103 (2.53)*
Efectividad de Gobierno	-.012 (-3.36)*	-.010 (-2.93)*	-.002 (-1.86)**	-.0101 (-4.07)*	-.0057 (-1.73)**	-.0059 (-1.73)**
Índice de Corrupción	-.001 (-0.07)	.007 (0.48)	-.013 (-2.61)*	.0124 (1.13)	-.0043 (-0.31)	-.0085 (-0.57)
Gasto en	-.025	-.108	-.022	-.0064	-.0279	-.0149

Educación (% PIB)	(-3.00)*	(-2.99)*	(-11.26)*	(-1.53)	(-2.73)*	(-2.61)*
Inversión de Gobierno	-1.25 (-2.42)*	-.801 (-1.89)**	-.130 (-0.91)	-.9890 (-2.85)*	-1.5138 (-3.07)*	.0471 (0.12)
Industria de Exportación	-.009 (-1.02)	.011 (1.34)	-0.005 (-1.95)**	-.0165 (-2.63)*	-.0260 (-3.10)*	.0125 (1.52)
Especialización en Industria manuf.	.005 (0.86)	-.001 (-0.22)	.003 (1.66)	.0036 (0.93)	.0211 (3.26)*	.0006 (0.13)
Tamaño de Empresas	-152.2 (-2.17)*	-136.28 (-1.86)**	-18.24 (-0.77)	-94.74 (-1.92)**	-46.96 (-0.74)	-143.13 (-2.12)*
Inversión Extranjera Directa	.013 (1.13)	.012 (1.07)	-.002 (-0.65)	.01808 (2.25)*	.0158 (1.36)	-.0151 (-1.41)
Acceso a Internet	.037 (2.59)*	.032 (2.29)*	-.001 (-0.40)	.0354 (3.60)*	.0312 (2.33)*	.0252 (1.94)**
Cobertura de Telefonía	-.004 (-2.36)*	-.005 (-2.78)*	-.0002 (-0.34)	-.0015 (-1.06)	.0050 (2.70)*	-.0086 (-4.20)*
Constante	1.155 (4.28)*	.978 (3.86)*	1.130 (15.39)*	.8922 (4.99)*	1.172 (4.19)*	1.386 (5.69)*
Log-verosimilitud	3.235	3.589	38.332	14.815	7.123	4.047

Fuente: Elaboración propia mediante STATA12®.

Donde * representa significancia en $p < 0.05$, y ** representa significancia en $p < 0.10$

Bajo programación CCR (rendimiento de escala constante), las variables ambientales de *ingreso bruto*, *efectividad de gobierno*, *gasto en educación*, *inversión de gobierno*, *tamaño de empresas*, *acceso a internet* y *cobertura de telefonía*, resultaron significativas para 4 o más de los 6 modelos de producción. En cambio, bajo programación BCC (rendimiento de escala variable), solamente *gasto en educación*, *inversión de gobierno* y *cobertura de telefonía* resultaron significativas para al menos 4 de los modelos de eficiencia.

Otra característica relevante de estos resultados es el signo de los coeficientes de las variables ambientales que resultaron significativas. Debido a que se usó la *ineficiencia* como variable dependiente en la regresión Tobit, los signos de los coeficientes se deben interpretar de manera invertida para la eficiencia. Es decir, un signo negativo representa un factor que aporta a una mayor eficiencia, mientras que un signo positivo tiene el efecto contrario.

Tabla 30: Coeficientes y valores t de modelo Tobit para eficiencia bajo BCC

	Modelo General	Modelo POSG-CAL	Modelo GASTO I+D	Modelo SNIs	Modelo PATENTS	Modelo PUBLS
	Coef. (t)	Coef. (t)	Coef. (t)	Coef. (t)	Coef. (t)	Coef. (t)
Densidad de Población	.1813 (0.93)	-.0090 (-0.05)	-.0288 (-0.45)	-.0294 (-0.27)	.1017 (0.49)	-.0285 (-0.25)
Ingreso Bruto	.0177 (1.62)	.0062 (0.82)	.0086 (3.39)*	-.0013 (-0.31)	-.0019 (-0.19)	.0133 (2.52)*
Efectividad de Gobierno	-.0098 (-1.84)**	-.0071 (-1.34)	-.0005 (-0.28)	-.0066 (-1.88)**	-.0025 (-0.52)	-.0061 (-1.64)
Índice de	-.0293	.0171	-.0039	.0036	-.0445	-.0198

Corrupción	(-0.96)	(0.81)	(-0.45)	(0.24)	(-1.43)	(-1.22)
Gasto en Educación (%) PIB	-0.0518 (-1.77)**	-0.0200 (-2.52)*	-0.0269 (-6.19)*	-0.0014 (-0.25)	-0.0647 (-2.20)*	-0.0241 (-2.19)*
Inversión de Gobierno	-2.519 (-2.40)*	-2.269 (-2.55)*	-6.004 (-2.46)*	-8.242 (-1.69)	-2.378 (-2.37)*	.3785 (0.84)
Industria de Exportación	-0.0083 (-0.62)	-0.0053 (-0.43)	-0.0026 (-0.55)	-0.0142 (-1.59)	-0.0183 (-1.34)	.0146 (1.61)
Especialización en Industria manuf.	.0037 (0.36)	.0029 (0.31)	-0.0027 (-0.86)	.0086 (1.51)	.0268 (2.54)*	.0024 (0.41)
Tamaño de Empresas	-203.70 (-2.24)*	-85.34 (-0.89)	-4.597 (-0.12)	-69.62 (-1.01)	-113.60 (-1.18)	-172.18 (-2.33)*
Inversión Extranjera Directa	.0191 (1.19)	.0154 (0.89)	-0.0029 (-0.44)	.0094 (0.82)	.0233 (1.33)	-0.0094 (-0.81)
Acceso a Internet	.0306 (1.43)	.0376 (1.91)**	-0.0086 (-1.15)	.0364 (2.59)*	.0293 (1.34)	.0241 (1.68)
Cobertura de Telefonía	-0.0069 (-2.16)*	-0.0081 (-2.54)*	-0.0047 (-4.05)*	-0.0052 (-2.57)*	.0066 (2.26)*	-0.0088 (-3.92)*
Constante	1.117 (2.54)*	1.137 (2.85)*	1.338 (8.94)*	1.124 (4.35)*	.8523 (1.80)**	1.224 (4.36)*
Log-verosimilitud	-2.613	-6.469	22.07	1.635	-3.948	0.070

Fuente: Elaboración propia mediante STATA12®.

Donde * representa significancia en $p < 0.05$, y ** representa significancia en $p < 0.10$

En este sentido, para los modelos bajo programación CCR, los factores ambientales *efectividad de gobierno*, *gasto en educación*, *inversión de gobierno*, *tamaño de empresas* y *cobertura de telefonía* aparecen con coeficientes negativos, por lo cual se relacionan directamente con la eficiencia de los SRI. Una excepción a este resultado es *cobertura en telefonía*, la cual está relacionada inversamente con la eficiencia de los SRI bajo el modelo de PATENTS. El caso contrario se observa para los factores de *ingreso bruto* y *acceso a internet*, las cuales aparecen con coeficientes positivos, por lo cual se relacionan inversamente con la eficiencia de los SRI.

Para los modelos bajo programación BCC, los factores ambientales de *gasto en educación*, *inversión de gobierno* y *cobertura de telefonía* aparecen con coeficientes negativos.

Finalmente, el término constante de los modelos de regresión Tobit, resultaron significativos y con signo positivo para ambas programaciones: CCR y BCC. No obstante, las constantes no tienen una interpretación analítica, ya que es imposible en el contexto real de los SRI que todas las variables ambientales sean simultáneamente cero.

Los factores ambientales de *gasto en educación* e *inversión de gobierno*, los cuales resultaron significativos, corresponden al concepto general de gasto público; mientras que cobertura de telefonía, la cual también resultó significativa, está ligada al

concepto de comunicación. Estos dos resultados son congruentes con la hipótesis de investigación planteada en este trabajo.

Por otro lado, hay que señalar dos resultados que ameritan un análisis más profundo: el *ingreso bruto* y el *acceso a internet* se correlacionan inversamente con la eficiencia de los SRI. El *ingreso bruto* mide una característica de las condiciones del mercado, mientras que el *acceso a internet* es una característica de capacidad de los actores dentro del SRI para entablar comunicación externa. Se podría argumentar que el ingreso bruto no es un buen indicador como factor ambiental, debido a que no mide equidad en la distribución de dicho ingreso entre la población, lo cual podría reducir su capacidad explicativa de la eficiencia como efecto de la capacidad del mercado para absorber nueva tecnología.

Por otra parte, para el *acceso a internet* se podría plantear que no es un indicador adecuado (en esta caso, para medir el efecto de la comunicación externa sobre la eficiencia) debido a que la diseminación de esta capacidad entre la población no implica un uso preponderante de la herramienta para actividades relacionadas a ciencia, tecnología e innovación. Adicionalmente, podría no tener la capacidad de diferenciar entre los usuarios de internet con un enfoque en dichas actividades (e.g. centros de investigación, universidades, empresas de alta tecnología, etc.) debido a que para cualquiera de los sistemas bajo análisis, al menos este tipo de instituciones cuentan con acceso a internet. Esto significaría que el acceso a internet como factor ambiental no tiene poder explicativo en función de la eficiencia productiva lograda por los SRI bajo estudio.

4.3.4 Ranking de los SRI en Base a Eficiencia

La primera etapa de la metodología para el ranking consistió en calcular dos conjuntos de valores promedio con las eficiencias de cada SRI para los 6 modelos de producción propuestos; para las programaciones CCR y BCC (ver Tabla 31). Los rankings para estas programaciones DEA se construyeron ordenando los valores de eficiencia promedio de mayor a menor. Las Tablas 32 y 33 muestran los rankings obtenidos.

Tabla 31: Promedio de índices de eficiencia (%)

	CCR	BCC		CCR	BCC
AGS	63.38	69.74	MOR	61.13	82.60
B.C.	43.31	52.31	NAY	25.68	30.90
B.C.S.	41.39	65.23	N.L.	74.89	87.85
CAMP	83.52	89.11	OAX	21.59	26.02
CHIS	36.29	45.46	PUE	57.62	66.82
CHIH	46.13	67.39	QRO	57.76	80.75
COAH	54.64	63.76	Q.ROO	75.87	78.89
COL	16.33	28.57	S.L.P.	16.19	20.75
D.F.	83.02	100	SIN	54.53	63.69
DGO	37.75	40.29	SON	26.79	29.93
MÉX	57.12	68.36	TAB	26.36	30.50
GTO	63.68	72.85	TAMPS	69.24	74.56
GRO	60.10	84.49	TLAX	14.62	17.04
HGO	73.42	75.89	VER	18.59	21.59
JAL	68.72	77.92	YUC	37.20	58.95
MICH	26.17	29.52	ZAC	27.09	29.60

Fuente: Elaboración propia mediante MINITAB16® 2012.

Tabla 32: Ranking por promedios de eficiencia CCR

1. CAMP	0.8351	9. AGS	0.6338	17. CHI	0.4612	25. TAB	0.2635
2. D.F.	0.8302	10. MOR	0.6113	18. BC	0.4331	26. MICH	0.2616
3. QR	0.7587	11. GUE	0.6010	19. BCS	0.4138	27. NAY	0.2567
4. NL	0.7489	12. QTO	0.5775	20. DUR	0.3775	28. OAX	0.2159
5. HGO	0.7342	13. PUE	0.5762	21. YUC	0.3720	29. VER	0.1858
6. TAM	0.6924	14. EDO MEX	0.5711	22. CHPS	0.3628	30. COL	0.1633
7. JAL	0.6871	15. COA	0.5463	23. ZAC	0.2708	31. SLP	0.1618
8. GTO	0.6367	16. SIN	0.5452	24. SON	0.2678	32. TLAX	0.1461

Fuente: Elaboración propia mediante MINITAB16® 2012.

Tabla 33: Ranking por promedios de eficiencia BCC

1. D.F.	1	9. HGO	0.7589	17. COA	0.6376	25. SON	0.2992
2. CAMP	0.8910	10. TAM	0.7456	18. SIN	0.6368	26. ZAC	0.2960
3. NL	0.8784	11. GTO	0.7284	19. YUC	0.5894	27. MICH	0.2951
4. GUE	0.8448	12. AGS	0.6973	20. BC	0.5230	28. COL	0.2856
5. MOR	0.8259	13. EDO MEX	0.6836	21. CHPS	0.4546	29. OAX	0.2602
6. QTO	0.8075	14. CHI	0.6739	22. DUR	0.4028	30. VER	0.2159
7. QR	0.7889	15. PUE	0.6681	23. NAY	0.3089	31. SLP	0.2075
8. JAL	0.7791	16. BCS	0.6522	24. TAB	0.3050	32. TLAX	0.1704

Fuente: Elaboración propia mediante MINITAB16® 2012.

Un ranking alternativo de los SRI se obtuvo mediante regresión logística binaria. La variable de respuesta, eficiencia, se definió de manera dicotómica mediante los eventos “eficiente” e “ineficiente” para cada SRI, de acuerdo como se detalló en la metodología. Las variables predictoras incluidas en el modelo fueron las 5 variables input y output utilizadas en el análisis DEA.

Los resultados generales de la regresión logística se presentan en las tablas 34 y 35 para las programaciones CCR y BCC, respectivamente. Para el caso CCR, todas las variables resultaron significativas ($p < 0.05$), mientras que las pruebas de ajuste del modelo no resultaron significativas ($p > 0.90$), indicando que el ajuste del modelo estimado es adecuado. Para el caso BCC, todas las variables resultaron significativas ($p < 0.10$), mientras que las pruebas de ajuste del modelo no resultaron significativas ($p > 0.10$), indicando que el ajuste del modelo estimado es adecuado.

Tabla 34: Regresión logística para modelos bajo CCR

Predictor	Coefficiente	Error Estd de Coeficiente	Z	P
Constante	-3.376	0.948631	-3.56	0.000
POSG-CAL	-27.559	10.1535	-2.71	0.007
GASTO I+D	-6.665	3.17752	-2.10	0.036
SNIs	-0.713	0.226949	-3.15	0.002
PATENTS	6.531	2.29253	2.85	0.004
PUBLS	0.952	0.252505	3.77	0.000
Razón de Máxima Verosimilitud		Pruebas de Bondad de Ajuste		
Log-verosimilitud = -36.786		Método	Ji-cuadrada	G.L. P
G = 54.739		Pearson	13.3026	26 0.981
G.L. = 5		Desviación	15.6058	26 0.945
$p = 0.000$		Hosmer-Lemeshow	2.0134	6 0.918

Fuente: Elaboración propia mediante MINITAB16® 2012.

Tabla 35: Regresión logística para modelos bajo BCC

Predictor	Coefficiente	Error Estd de Coeficiente	Z	P
Constante	-1.001	0.4566	-2.19	0.028
POSG-CAL	-17.883	4.6074	-3.88	0.000
GASTO I+D	-8.052	2.7347	-2.94	0.003
SNIs	-0.308	0.1867	-1.65	0.098
PATENTS	4.329	0.9620	4.50	0.000
PUBLS	0.572	0.1370	4.18	0.000
Razón de Máxima Verosimilitud		Pruebas de Bondad de Ajuste		
Log-verosimilitud = -62.148		Método	Ji-cuadrada	G.L. P
G = 79.943		Pearson	31.6980	26 0.203
G.L. = 5		Desviación	33.7030	26 0.143
$p = 0.000$		Hosmer-Lemeshow	8.3007	6 0.217

Fuente: Elaboración propia mediante MINITAB16® 2012.

A partir de estos dos modelos se calcularon las probabilidades de eficiencia para cada SRI, y con estos valores se determinaron los rankings mostrados en las tablas 36 y 37, bajo las programaciones CCR y BCC, respectivamente.

Tabla 36: Ranking con probabilidades bajo eficiencia CCR

1. D.F.	0.70861	9. TAM	0.10961	17. CHPS	0.00691	25. YUC	5.47743E-05
2. HGO	0.64104	10. AGS	0.07476	18. PUE	0.00618	26. BCS	4.23636E-05
3. QTO	0.38979	11. SIN	0.04429	19. OAX	0.00359	27. TLAX	2.64496E-05
4. QR	0.37247	12. GUE	0.03387	20. CHI	0.00263	28. MICH	1.74902E-05
5. JAL	0.25256	13. GTO	0.03369	21. ZAC	0.00128	29. SON	1.70527E-05
6. MOR	0.23126	14. EDO MEX	0.02765	22. COA	0.00053	30. BC	3.5976E-07
7. NL	0.20975	15. DUR	0.01135	23. VER	0.00052	31. SLP	6.84647E-10
8. CAMP	0.16966	16. TAB	0.00924	24. NAY	0.00045	32. COL	2.58437E-10

Fuente: Elaboración propia mediante MINITAB16® 2012.

Tabla 37: Ranking con probabilidades bajo eficiencia BCC

1. D.F.	0.96360	9. TAM	0.38797	17. DUR	0.09785	25. MICH	0.00222
2. QR	0.64710	10. AGS	0.32750	18. OAX	0.06508	26. BCS	0.00149
3. HGO	0.62168	11. SIN	0.29616	19. CHI	0.05917	27. SON	0.00137
4. CAMP	0.61908	12. EDO MEX	0.23864	20. CHPS	0.05494	28. YUC	0.00114
5. JAL	0.59164	13. GUE	0.21374	21. COA	0.02158	29. TLAX	0.00095
6. QTO	0.56376	14. GTO	0.17482	22. VER	0.01931	30. BC	0.00023
7. NL	0.51915	15. TAB	0.11261	23. ZAC	0.01908	31. SLP	5.85492E-07
8. MOR	0.44177	16. PUE	0.10014	24. NAY	0.00275	32. COL	2.32376E-07

Fuente: Elaboración propia mediante MINITAB16® 2012.

La concordancia entre los rankings por promedios y por regresión logística, para cada programación DEA, se contrastó mediante la prueba de Kendall. Las tablas 38 y 39 muestran los resúmenes de dicha prueba para los dos casos, CCR y BCC.

Ambas pruebas resultaron fuertemente significativas ($p \ll 0.05$), indicando que ambos los rankings contruidos por los dos métodos (promedios y regresión logística) no son independientes, por lo que se concluye que ambos ordenamientos son congruentes.

De estos resultados, se puede concluir desde una perspectiva estadística, que ambos métodos de ranking son apropiados para comparar entre los SRI en términos de eficiencia técnica.

Tabla 38: Prueba de independencia mediante coef. de Kendall eficiencias CCR

Tau de correlación de rango de Kendall	
Coeficiente tau	0.645161271095276
Valor p bilateral	2.30305147397303e-07
Puntaje	320
Var(Puntaje)	3802.66674804688
Denominador	496

Fuente: Elaboración propia mediante Wessa (2012).

Tabla 39: Prueba de independencia mediante coef. de Kendall eficiencias BCC

Tau de correlación de rango de Kendall	
Coeficiente tau	0.641129016876221
Valor p bilateral	2.73839873443649e-07
Puntaje	318
Var(Puntaje)	3802.66674804688
Denominador	496

Fuente: Elaboración propia mediante Wessa (2012).

La validez del método de ranking que se decida utilizar en un contexto real, se verá afectada por la calidad del análisis de eficiencia inicial, ya que cualquier método de ranking puede verse afectado principalmente por la calidad de los datos, la programación DEA elegida y la selección de inputs y outputs. Debido a lo anterior, se recomienda considerar técnicas cualitativas que complementen los métodos cuantitativos utilizados para generar los rankings.

4.4 Conclusiones

El presente estudio se enfocó en medir el desempeño en producción científica de los sistemas regionales de innovación en México. Un análisis de eficiencia DEA se aplicó a las 32 entidades federativas (SRI's) sobre sus actividades de CTI y un análisis de conglomerados jerárquico sobre los índices de eficiencia obtenidos mediante el DEA.

(1) En la primera parte del estudio de eficiencia, el análisis DEA y el análisis de conglomerados produjeron una clasificación de 5 grupos, con las siguientes características:

- **Grupo 1:** Predomina el rendimiento de escala decreciente, lo cual es indicativo de que los sistemas miembro de este grupo están operando bajo un tamaño de escala superior al ideal. Los niveles de eficiencia de escala apuntan hacia una mayor fuente de ineficiencia técnica.
- **Grupo 2:** Al igual que el Grupo 1, predomina el rendimiento de escala decreciente, aunque existe una mayor presencia de rendimientos constantes. En general, persiste una mayor presencia de ineficiencia técnica, aunque el modelo GASTO I+D presenta niveles altos de ineficiencia de escala.
- **Grupo 3:** Presenta un ligero predominio de rendimiento creciente, aunque también existe una presencia importante de rendimiento constante. Esto indica que el grupo en general tiene buenos niveles de eficiencia, y que están en una posición de incrementar su tamaño de operación. Los niveles de ineficiencia de escala apuntan hacia ésta como la mayor fuente de ineficiencia de los miembros de este grupo.
- **Grupo 4:** No existe predominio de algún rendimiento de escala particular, aunque no existe la presencia de rendimiento constante. Los índices de eficiencia de escala apuntan hacia una mayor presencia de ineficiencia técnica. Cabe resaltar que es uno de los grupos con índices de eficiencia más bajos.
- **Grupo 5:** Es el grupo más débil en términos de índices de eficiencia. Al igual que para el Grupo 4, no existe predominio de algún rendimiento de escala, y tampoco hay presencia de rendimiento constante. La ineficiencia de los miembros de este grupo varía en términos de la proporción de ineficiencia técnica y de escala.

(2) En la segunda parte del estudio se realizó un análisis, mediante regresión Tobit, de la relación entre eficiencia de las actividades de CTI y factores ambientales para la innovación. Los factores de *gasto en educación, inversión de gobierno y cobertura de*

telefonía resultaron significativos, mostrando una relación positiva con respecto a los niveles de eficiencia de los SRI, es decir, el aumento en el valor de estas variables implica un aumento en el nivel de eficiencia de los sistemas. Estos hallazgos confirman la hipótesis planteada inicialmente, de que los factores ambientales más relevantes para el desempeño de los SRI mexicanos están ligados a gasto público y comunicación. Por otro lado, se encontró una relación inversa entre eficiencia en actividades de CTI y los factores ambientales *ingreso bruto* y *acceso a internet*.

(3) En la tercera parte del estudio se construyeron dos rankings, mediante promedios simples y regresión logística binaria, de las eficiencias de los SRI en actividades de CTI, resultando congruentes ambos métodos de clasificación.

Bajo eficiencia CCR, los rankings, por ambos métodos, confieren las primeras 10 posiciones a: D.F., Hidalgo, Quintana Roo, Jalisco, Morelos, Nuevo León, Campeche, Tamaulipas y Aguascalientes; mientras que, las últimas 10 posiciones para Veracruz, Nayarit, Tlaxcala, Michoacán, Sonora, San Luis Potosí y Colima. Bajo eficiencia BCC encontramos a Zacatecas, Nayarit, Michoacán, Sonora, Tlaxcala, San Luis Potosí y Colima.

(4) Finalmente, la metodología desarrollada puede ser de utilidad para una primera aproximación a la toma de decisiones en materia de CTI. Desde un enfoque de SRI, la metodología permite: (i) identificar aquellos sistemas que presentan las mejores prácticas en el uso de los recursos para la producción de innovación; (ii) identificar las fortalezas y debilidades de los sistemas en función de los resultados de innovación producidos; (iii) identificar los factores ambientales más correlacionados con la eficiencia en producción de I+D de los SRI; (iv) identificar los SRI *benchmark*, a los cuales se debe observar y emular para alcanzar mejores niveles de desempeño.

La naturaleza de estos primeros resultados obtenidos bajo este enfoque de análisis, invita a la continuación de esta línea de investigación. De este estudio parecen surgir más preguntas que respuestas, y también muestra algunas limitaciones. Una limitante importante presente en este tipo de estudios es la falta de datos desagregados a nivel estatal para representar la aportación del sector privado en las actividades de los

SRI. Datos como inversión privada en I+D, porcentaje de fuerza laboral de I+D en empresas privadas, entre otros, han mostrado que el sector privado es un actor importante dentro del enfoque de los sistemas de innovación. Librar estas limitaciones para mejorar los análisis, y continuar este tipo de estudios para generar un acervo más amplio de trabajos empíricos que permita hacer comparaciones, quedan como retos para futuras investigaciones alrededor de la evaluación del desempeño de los sistemas de innovación en México.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES GENERALES

El objetivo del presente trabajo fue diseñar e implementar una metodología basada en clasificación taxonómica, eficiencia técnica e inferencia estadística, para evaluar el desempeño de los sistemas regionales de innovación (SRI) en México. Con el fin de identificar factores determinantes para su desempeño y proporcionar información pertinente para la toma de decisiones en las actividades de ciencia, tecnología e innovación de estos sistemas, se seleccionaron indicadores socio-económicos y de actividades de CTI, así como herramientas matemáticas y estadísticas cuantitativas, para responder a los cuestionamientos planteados en esta investigación.

La estrategia de investigación se dividió en 2 etapas, las cuales se resumen de manera general a continuación:

Taxonomía:

Con el fin de caracterizar los sistemas regionales de innovación mexicanos, se construyó una taxonomía mediante análisis de conglomerados a partir de información contenida en las 8 dimensiones siguientes: *infraestructura de CyT, recursos humanos, inversión, productividad científica, infraestructura empresarial, infraestructura en comunicación, condiciones institucionales y condiciones de mercado*. Estas 8 dimensiones, a través de un total de 18 indicadores socioeconómicos, científicos y tecnológicos, describen los SRI a partir de sus *precondiciones para la innovación, entradas, salidas y características estructurales*. Adicionalmente, se generó un ranking a partir de los valores promedios de los indicadores, de cada SRI, en las 8 dimensiones consideradas.

Eficiencia:

Para evaluar la eficiencia productiva de los SRI mexicanos, primero se definieron 6 modelos de producción en base a 3 indicadores de insumo (input) y 2 indicadores de producto (output). La eficiencia productiva de cada SRI, bajo cada modelo de producción, se calculó mediante metodología DEA, considerando dos programaciones matemáticas: CCR (rendimiento de escala constante) y BCC (rendimiento de escala variable).

Como segundo paso, regresión Tobit fue utilizada para estudiar la relación entre los índices de eficiencia calculados para los 32 SRI (bajo programación CCR y BCC) y factores ambientales, estos últimos definidos a través de los indicadores socio-económicos contenidos en las 8 dimensiones de innovación introducidas en el Capítulo III.

Finalmente, se generó un ranking de los SRI en base a sus índices de eficiencia calculados mediante DEA y los factores ambientales, usando promedios simples y regresión logística binaria.

5.1 Sobre la Clasificación de los SRI Mexicanos

A través del análisis de conglomerados se encontró la conformación de seis grupos o tipos de SRI para el caso mexicano:

- (1) SRI avanzados y consolidados;
- (2) SRI de nivel medio-alto, altamente internacionalizados y estructura productiva favorable;
- (3) SRI de nivel medio-alto, especializados en la generación de conocimiento científico y con alta capacidad de difusión de las tecnologías;
- (4) SRI de nivel medio, con ventajas en desarrollo institucional y en resultados de innovación;
- (5) SRI de nivel medio-bajo, con desventaja moderada en casi todas las dimensiones del sistema, y;
- (6) SRI rezagados, con capacidades y resultados sumamente limitados, y condiciones muy desfavorables.

Los recursos descritos por las 8 dimensiones de innovación para los SRI mexicanos, determinan en gran medida las diferencias entre los sistemas. De tal forma que entidades como el Distrito Federal y Nuevo León, encabezan los SRI con mejores condiciones y capacidades, reflejándose en una clara ventaja en la generación de conocimiento y propiedad intelectual.

En contraste, los SRI de entidades como Chiapas, Guerrero, Nayarit y Oaxaca, se encuentran muy rezagados en términos de sus condiciones y capacidades. Estas 4 entidades están debajo de la media nacional en prácticamente todas las dimensiones definidas, lo cual les reduce notablemente la capacidad para producir tanto conocimiento, como productos patentables.

Finalmente, el ranking de los SRI en base a sus condiciones y capacidades resultó congruente con el estudio similar del Foro Consultivo (FCCyT, 2014), el cual se construyó de manera similar, aunque con algunas diferencias en los indicadores y el manejo de los datos utilizados. El resultado del contraste entre ambos rankings de los SRI mexicanos, refuerza la validez de la metodología empleada en el presente trabajo.

5.2 Sobre la Eficiencia de los SRI Mexicanos

A partir de las eficiencias de los SRI, calculadas mediante DEA bajo programación CCR, se obtuvieron 5 grupos de clasificación con las siguientes características generales:

Grupo 1: *Aguascalientes, México, Guanajuato, Jalisco, Nuevo León y Tamaulipas.*

- Índices altos en Patentes y bajos en Publicaciones (bajo indicador de SIN's).
- Promedio más bajo entre los grupos para variables SNIs y PUBLS.
- Variabilidad baja dentro del grupo en términos de sus variables input y output, describen un grupo relativamente homogéneo.

Grupo 2: *Baja California, Baja California Sur, Guerrero, Hidalgo y Morelos.*

- Índices bajos en Patentes y altos en Publicaciones (alto indicador de SIN's).
- Promedios bajos en variables input POSG-CAL y SNIs (significativamente correlacionados con variable output PATENTS), respecto a los demás grupos.
- Grupo heterogéneo en términos del tamaño de operación de sus miembros (alta variabilidad de input y outputs).

Grupo 3: *Campeche, Distrito Federal y Quintana Roo.*

- Mejores índices en términos generales.
- Promedios más altos entre los grupos para variables POSG-CAL, SNIs, PATENTS y PUBLS.
- Destaca D.F. por su diferencia en tamaño con respecto a los otros miembros del grupo, aunque presentan un desempeño similar.

Grupo 4: *Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Durango, Puebla, Querétaro, Sinaloa y Yucatán.*

- Índices bajos en ambos modelos. Ningún sistema es eficiente en ninguno de los dos modelos de producción utilizados.
- Promedios bajos en variables input y output relativo a los demás grupos.
- Grupo muy homogéneo en términos del tamaño de operación de sus miembros (baja variabilidad de inputs y outputs).

Grupo 5: *Colima, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, San Luis Potosí, Sonora, Tabasco, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas.*

- Los índices de eficiencias más bajos en ambos modelos.

- Promedios relativamente bajos para variables input y output, comparado con los demás grupos.
- Grupo heterogéneo en términos del tamaño de operación de sus miembros (alta variabilidad de input y outputs).

El análisis de regresión Tobit de eficiencias, en términos de los factores ambientales, permitió identificar *gasto público* y *la comunicación* como los más significativos para las actividades de CTI en México. Lo anterior se explica por la significancia en el modelo de los indicadores de *gasto en educación, inversión de gobierno y penetración de líneas telefónicas*.

La regresión logística binaria de la eficiencia (dicotomizada) en función de los indicadores de condiciones y capacidades de los sistemas permitió construir un ranking de los SRI, el cual resultó congruente con el ranking construido a partir de los promedios de las eficiencias DEA, obtenidos bajo los 6 modelos de producción.

5.3 Aportaciones del Estudio

5.3.1 Aportaciones Teóricas

Una de las principales limitaciones del área de sistemas de innovación ha sido la imposibilidad de consolidarla como una teoría formal. Existen inconsistencias conceptuales en relación a la definición de términos utilizados (por ejemplo, *institución*), los límites funcionales de los sistemas o la descripción rigurosa de las relaciones entre las variables (Edquist, 2001). Una manera en la que se puede abordar esta problemática es a través de estudios empíricos y comparativos, de tal manera que se pueda encontrar una correspondencia entre los constructos teóricos del enfoque de sistemas de innovación y los hallazgos de estudios empíricos. En este sentido, el presente estudio es un ejercicio relevante para aportar evidencia sobre la pertinencia dichos constructos teóricos para explicar el rol e importancia de las actividades de CTI en el desarrollo de las regiones y los países.

El presente estudio aporta evidencia sobre algunas consideraciones teóricas que la literatura ha venido construyendo alrededor del enfoque de sistemas de innovación. Por ejemplo, se he encontrado que ciertos factores que se desprenden del rol del Estado dentro de los procesos de innovación, son determinantes para el desempeño de la productividad de los SRI. El factor *gasto público* resultó un determinante significativo en los índices de eficiencia presentados por los sistemas analizados, a través de variables exógenas como gasto en educación e inversión de gobierno.

Por otra parte, se ha teorizado sobre el hecho de que las condiciones y capacidades en términos de los recursos disponibles no implican un mejor desempeño de las regiones en términos de actividades de investigación y desarrollo (ver, Susiluoto, 2003). Al respecto, este estudio encontró que este supuesto parece comprobarse, al menos para el contexto de los SRI mexicanos, ya que no se encontró una correspondencia entre las posiciones de los SRI mexicanos en términos de sus recursos disponibles para la producción de innovación, y sus posiciones con respecto a la eficiencia con que producen innovación.

5.3.2 Aportaciones Prácticas

Con respecto a aportaciones prácticas, el estudio propone una metodología integral para estudiar el desempeño de los sistemas regionales de innovación mexicanos desde un enfoque macro. Las etapas para implementar esta metodología son:

- (1) Construir una taxonomía de los SRI mexicanos, la cual permite identificar de manera sencilla las fortalezas y debilidades de los sistemas en cuestión.
- (2) Llevar a cabo un análisis de eficiencia basado en DEA y análisis clúster para los SRI mexicanos.
- (3) Realizar un análisis de regresión Tobit para encontrar los determinantes socioeconómicos de la eficiencia de los SRI mexicanos, y
- (4) Construir rankings de los SRI a partir de la eficiencia técnica

Por otro lado, este trabajo aporta un esfuerzo cuantitativo y estadístico en el estudio de las actividades de CTI en México, el cual complementado con un enfoque cualitativo, permitirá alcanzar una mejor comprensión de las actividades de CTI y su relación con el desarrollo de las regiones y países.

Finalmente, este trabajo aporta un enfoque para estudiar la relación entre la eficiencia de las actividades de CTI y los factores ambientales ligados al desarrollo de los SRI.

Una de las motivaciones más importantes de este estudio fue precisamente aportar conocimiento útil para la elaboración de política pública, que coadyuve a mejorar la productividad de las actividades de CTI e impulsen el desarrollo de las regiones y el país.

5.4 Limitaciones del Estudio

Una de las limitaciones más importantes del trabajo radica en los indicadores relacionados con actividades de CTI, pues la obtención y recopilación de datos para los indicadores pertinentes es difícil para el caso mexicano:

- (1) no existen bases de datos oficiales que recopilen los indicadores considerados a nivel internacional en el contexto de los sistemas regionales de innovación,
- (2) entre los indicadores recopilados en México, la mayoría no están desagregados a nivel regional (estatal).
- (3) la influencia del sector privado en el desempeño de los SRI mexicanos fue difícil de evaluar, dada la falta de registros sobre la participación de este sector en actividades de CTI.

Finalmente, debido a que el marco contextual del estudio se limita a las regiones mexicanas, no aporta evidencia suficiente para generalizar los hallazgos de su parte empírica hacia otros contextos regionales.

5.5 Líneas de Investigación Futuras

No obstante la poca literatura alrededor de la evaluación de los sistemas de innovación en el contexto mexicano, el tema es relevante e importante en la actualidad para la política de ciencia, tecnología e innovación en México. Muestra de ello son los esfuerzos de diversos organismos (FCCyT, CONACyT, Aregional, OCDE, etc.) por llevar a cabo estudios enfocados a las actividades de CTI, desde un contexto tanto nacional, como regional.

Por ello resulta pertinente plantear líneas de investigación que pudieran aportar respuestas a los cuestionamientos actuales sobre el tema de CTI en México. Este tipo de estudios son un apoyo importante para el mejoramiento de los sistemas de innovación del país y para el impulso al desarrollo de sus regiones. Específicamente, algunas de las líneas de investigación que se desprenden del presente estudio son:

- Llevar a cabo aplicaciones de la metodología, a través de otros indicadores y contextos, que contribuyan a su validación.
- Profundizar en el estudio de características contextuales de los SRI desde enfoques tanto cualitativos como cuantitativos.
- Estudiar la construcción de nuevos indicadores que permitan complementar y mejorar la descripción de las actividades de CTI.
- Adecuar la aplicación de la metodología propuesta aquí, de manera que permita conocer la evolución de los SRI mexicanos a lo largo del tiempo.

Finalmente, la importancia de este tipo de estudio consiste en el potencial que tienen para generar conciencia sobre la situación de las actividades de CTI en México, así como de la necesidad de promover e incentivar este tipo de investigación, y la importancia de estudiar las regiones como una manera de acercarse a las realidades del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación.

BIBLIOGRAFÍA

- Ackoff, R.L. (1981) *Creating the corporate future*. New York: John Wiley & Sons.
- Acs, Z. J. y Audretsch, D. B. (1991) *Innovation and Technological Change*, Ann Arbor: University of Michigan Press.
- Adler, N., Friedman, L. y Sinuany-Stern, Z. (2002) Review of ranking methods in the data envelopment analysis context. *European Journal of Operational Research*, 140(2): 249-265.
- Andersen, P., Petersen, N.C., (1993) A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis. *Management Science*, 39(10): 1261–1294.
- Andersson, M. y Karlsson, C. (2006) Regional Innovation Systems in Small and Medium- Sized Regions. En: Börje Johansson, Charlie Karlsson y Roger Stough (eds.), *The Emerging Digital Economy. Entrepreneurship, Clusters and Policy*, Springer, Berlin. pp. 55–81.
- Antonelli, C. (2000) Collective knowledge communication and innovation: the evidence of technological districts. *Regional Studies*, 34(6):535–547.
- Aramyan, L., Ondersteijn, C., Van Kooten O. y Oude Lansink, A. (2006) Performance Indicators in agri-food production chains. En: Ondersteijn, C.J., Wijnands, J.H., Huirne, R.B. y Van Kooten O. (eds), *Quantifying the Agri-food Supply Chain*, Springer, Dordrecht. pp. 47-64.
- Archibugi, D. (2001) Pavitt's Taxonomy Sixteen Years On: A Review Article. *Economics of Innovation and New Technology*, 10(5): 415–425.
- Aregional (2010) "Índice de Innovación Estatal". Serie Innovación Regional, año 10, número 31/2010.
- Arnold, E. (2004) Evaluation research and innovation policy: a systems world needs systems evaluations. *Research Evaluation*, 13(1): 3-17.
- Arthur, W. B. (1994) *Increasing Returns and Path Dependence in the Economy*. University of Michigan Press.
- Asheim, B. (2007) Sistemas regionales de innovación y bases de conocimiento diferenciadas: un marco teórico analítico. En: Mikel Buesa y Joost Heijs (eds.), *Sistemas regionales de innovación: nuevas formas de análisis y medición*. Fundación de las Cajas de Ahorros, Madrid. pp. 65-89.

- Asheim, B. y Isaksen, A. (1996) Location, Agglomeration and Innovation: Towards Regional Innovation Systems in Norway, STEP Report R-13, Oslo.
- Asheim, B. y Cooke, P. (1999) Local learning and interactive innovation networks in a global economy. En: Edward Malecki y Paivi Oinas (eds.), *Making Connections: Technological Learning and Regional Economic Change*. Ashgate: Aldershot. pp. 145–178.
- Asheim, B. e Isaksen, A. (2002) Regional innovation systems: The integration of local ‘sticky’ and global ‘ubiquitous’ knowledge. *Journal of Technology Transfer*, 1(27): 77-86.
- Asheim, B. y Coenen, L. (2005) Knowledge bases and regional innovation systems: Comparing Nordic clusters. *Research Policy*, 34(8): 1173–1190.
- Asheim, B. y Gertler, M. (2006) The Geography of Innovation. Regional Innovation Systems. En: Jan Fagerberg, David Mowery y Richard Nelson (eds.), *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford University Press: Oxford. pp. 291-317.
- Audretsch, D. (1998) Agglomeration and the Location of Innovative Activity. *Oxford Review of Economic Policy*, 14(2): 18-29.
- Autio, E. (1998) Evaluation of RTD in Regional Systems of Innovation. *European Planning Studies*, 6(2): 131-140.
- Balzat, M. y Hanusch, H. (2003) “Recent trends in the Research on National Innovation Systems”, Institut für Volkswirtschaftslehre, Beitrag, No. 254, Augsburg, Germany: Augsburg University.
- Balzat, M., y Pyka, A. (2006) Mapping national innovation systems in the OECD area. *International Journal of Technology and Globalisation*, 2(1):158-176.
- Banker, R. D., Charnes, A., y Cooper, W. W. (1984) Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Sciences*, 30(9): 1078-1092.
- Banker, R.D. y Natarajan, R. (2008) Evaluating contextual variables affecting productivity using data envelopment analysis. *Operations Research*, 56(1): 48–58.
- Batterbury, S. (2006). Principles and Purposes of European Union Cohesion Policy Evaluation. *Regional Studies* 40(2), 179-188.
- Black, J. (1997) *A Dictionary of Economics*, Oxford: Oxford University Press.
- Bonaccorsi, A., y Daraio, C. (2005) Econometric Approaches to the Analysis of Productivity of R&D Systems. En: H. F. Moed, W. Glänzel, & U. Schmoch (Eds.), *Handbook of Quantitative Science and Technology Research*. Springer: Netherlands. pp. 51-74.

- Bosco, M. y Brugnoli, A. (2010) "Regional Efficiency, Innovation and Productivity", working paper, abril 2010.
- Braczyk, H.-J., Cooke, P. y Heindenreich, M. (1998) *Regional Innovation Systems. The role of governance in a globalized world*, London: UCL Press.
- Breschi, S. y Malerba, F. (1997) Sectoral innovation systems: Technological regimes, Schumpeterian dynamics, and spatial boundaries. En: Charles Edquist (Ed), *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*. Pinter: London. pp. 130-156.
- Broekel, T. y Brenner, T. (2007) "Measuring Regional Innovativeness - A Methodological Discussion and an Application to One German Industry". DIME Working Paper, 2007-13.
- Buesa, M., Heijs, J., Martínez-Pellitero, M. y Baumert, T. (2006) Regional systems of innovation and the knowledge production function: the Spanish case. *Technovation*, 26(4): 463-472.
- Cabrero, E., Ziccardi, A. y Arce, C. (Coord.)(2005) "Ciudades del siglo XXI. ¿Competitividad o cooperación?", Miguel Ángel Porrúa-Cámara de Diputados-CIDE, México.
- Cai, Y. y Hanley, A. (2012) "Building BRICS: 2-Stage DEA analysis of R&D Efficiency", Kiel Working Paper, No. 1788.
- Capron, H. y Cincera, M. (1998) "The Flemish innovation system: an external viewpoint", IWT-Observation, Brussels.
- Carlsson, B. and Stankiewicz, R. (1991) On the nature, function and composition of technological systems. *Journal of Evolutionary Economics*, 1(2): 93-118.
- CEC (1995) "The Green Paper on Innovation", Commission of the European Communities: Luxembourg.
- Charnes, A., Cooper, W. y Rhodes, E. (1978) Measuring the efficiency on Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*, 2(6): 429-444.
- Charnes, A., Cooper, W., Lewin, A.Y. y Seiford, L.M. (Eds.) (1994) *Data Envelopment Analysis. Theory, Methodology and Applications*. Massachusetts: Kluwer Academic Publishers.
- Cimoli, M. (2005) "Cambio estructural, heterogeneidad productiva y tecnología en América Latina", Heterogeneidad estructural, asimetrías tecnológicas y crecimiento en América Latina, documentos de proyectos, N° 35 (LC/W.35), Mario Cimoli (ed.), Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)/Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

- Cincera, M., Czarnitzki, D., y Thorwarth, S. (2009) “Efficiency of public spending in support of R&D activities: An international comparison”, Final report of a study commissioned by the European Commission (DG ECFIN).
- Clarysse, B. y Muldur, U. (2001) Regional cohesion in Europe? An analysis of how EU public RTD support influences the techno-economic regional landscape. *Research Policy*, 30(2): 275-296.
- Coccia, M. (2006) “Classifications of innovations: Survey and future directions”, CERIS Working Paper, Institute for Economic Research on Firms and Growth, Moncalieri.
- COECYTJAL (2003) *Programa Estatal de Ciencia y Tecnología de Jalisco*, Guadalajara: Gobierno del Estado de Jalisco.
- Cooke, P. (1992) Regional Innovation Systems: Competitive Regulations in the New Europe. *Geoforum*, 23(3): 365-382.
- Cooke, P. (1998) Introduction. Origins of the concept. En: Hans-Joachim Braczyk, Philip Cooke y Martin Heindenreich (Eds.), *Regional Innovation Systems*. London: UCL Press. pp. 2-25.
- Cooke, P. (2001) Regional innovation systems, clusters, and the knowledge economy. *Industrial and Corporate Change*, 10(4): 945-974.
- Cooke, P. (2003) The evolution of biotechnology in three continents: Schumpeterian or Penrosian?. *European Planning Studies*, 11(7): 757-764.
- Cooke, P. Uranga, M. G. y Etxebarria, G. (1997) Regional innovation systems: Institutional and organisational dimensions. *Research Policy*, 26(4-5): 475-491.
- Cooke, P. y Morgan, K. (1998) *The associational economy. Firms, Regions, and Innovation*, Oxford: Oxford University Press.
- Cooke, P., Uranga, M. G. y Etxebarria, G. (1998) Regional systems of innovation: an evolutionary perspective. *Environment and Planning A*, 30(9): 1563–1584.
- Cooke, P., Boekholt, P. y Tödting, F. (2000) *The governance of innovation in Europe*, London: Printer.
- Coombs R. y Metcalfe, S. (1998) “Distributed capabilities and the governance of the firm”, CRIC discussion paper, no16. University of Manchester.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M. y Tone, K. (2000) *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology, and Applications, References and DEA-Solver Software*, Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Cooper, W.W., Seiford, L.M. y Tone, K. (2006) *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software 2nd ed.*, New York: Springer.
- Corona, L. (1997) *Cien empresas emprendedoras en México*, DF: Miguel Angel Porrúa.

- Crespi, G. y D'Este, P. (2011) Análisis cuantitativo: la importancia del territorio en la conformación de los Sistemas Regionales de Innovación. En: Llisterri, J.J. y Pietrobelli, C. (Eds), *Los sistemas regionales de innovación en América Latina*. New York: BID. pp. 28-57.
- Crevoisier, O. y Camagni, R. (2000) *Les milieux urbains: innovation, systèmes de production et ancrage*, Neuchâtel: EDES.
- David, P. (1985) Clio and the economics of QWERTY. *American Economic Review*, 75(2): 332-337.
- David, P. y Foray, D. (1995) Accessing and expanding the science and technology knowledge base. *STI Review*, 16: 13-68.
- De Fuentes, C. y Ampudia, L. (2009) Los Sistemas Regionales de Innovación de Querétaro y Ciudad Juárez. En: Dutrénit, G. (Ed), *Sistemas Regionales de Innovación: un espacio para el desarrollo de las pymes*. D.F.:Textual. pp. 81-107.
- Den Hertog, P., Roelandt, T.J.A., Boekholt, P. y van der Gaag, H. (1995) *Assesing the Distribution Power of National Innovation Systems Pilot Study: The Netherlands*. Apeldoorn: TNO.
- Diaz-Balteiro, L., Herruzo, A. C., Martinez, M. y Gonzalez-Pachon, J. (2006) An analysis of productive efficiency and innovation activity using DEA: An application to Spain's wood-based industry. *Forest Policy and Economics*, 8(7): 762-773.
- Diez, J. R. (2002) Metropolitan innovation systems: a comparison between Barcelona, Stockholm, and Vienna. *International Regional Science Review*, 25(1): 63-85.
- Díez, M.A. (2002) Evaluating New Regional Policies. *Reviewing the Theory and Practice Evaluation*, 8(3): 285-305.
- Doloreux, D. (2002) What we should know about regional systems of innovation. *Technology in Society*, 24(3): 243-263.
- Doloreux, D. (2003) Regional innovation systems in the periphery: The case of the Beauce in Québec (Canada). *International Journal of Innovation Management*, 7(1): 67-94.
- Doloreux, D. y Parto, S., (2004) *Regional Innovation Systems: A Critical Synthesis*. United Nations University: Institute for New Technologies.
- Doloreux, D. y Parto, S. (2005) Regional innovation systems: Current discourse and unresolved issues. *Technology in Society*, 27(2): 133-153.
- Dutrénit, G. (Coord.)(2009) *Sistemas Regionales de Innovación: un espacio para el desarrollo de las PYMES. El caso de la industria de maquinados industriales*. México: Textual/UAM Press.

- Dutrénit, G., Capdevielle, M., Corona Alcantar, J.M., Puchet Anyul, M., Santiago, F. y Vera-Cruz, A.O. (2010) *El sistema nacional de innovación mexicano: estructuras, políticas, desempeño y desafíos*. México: UAM/Textual.
- Edquist, C. (1997) *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*. London: Pinter/Cassell.
- Edquist, C. (2000) Systems of Innovations – Their Emergence and Characteristics. En: Edquist, C. y McKelvey, M. (Eds) (2000), *Systems of Innovations: Growth, Competitiveness and Employment Volume 1*, Cornwall: MPG Books Ltd.
- Edquist, C. (2001) “Systems of Innovation for Development (SID)”, Background paper for UNIDO World Industrial Development Report 2002/3, Vienna: UNIDO.
- Edquist, C. (2001) “The System of Innovation Approach and Innovation Policy – An account of the state of the art”. Lead paper at the Neslon Winter Conference, DRUID, Aalborg, June 12-15, 2001.
- Edquist, C. y Johnson, B. (1997) Institutions and organisations in systems of innovation. En: Edquist, C. (Ed.), *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*. London and Washington: Pinter/Cassell Academic.
- Edquist, C., Eriksson, M.L. y Sjögren, H. (2000) Collaboration in product innovation in the East Gothia regional system of innovation. *Enterprise and Innovation Management Studies*, 1(1): 37-56.
- El-Mahgary, S. y Ladhelma. R. (1995) Data Envelopment Analysis: Visualizing the results. *European Journal of Operational Research*, 83(3): 700-710.
- Enright, M. (2003) Regional Clusters: What we know and what we should know. En: Johannes Bröcker, Dirk Dohse y Rüdiger Soltwedel (Eds.), *Innovation Clusters and Interregional Competition*, New York: Springer-Verlag. pp. 99-129.
- Estrada, S. (2006) Diferencias regionales en la conducta tecnológica de las empresas manufactureras mexicanas: el caso de Guanajuato. *Economía, Sociedad y Territorio*, 5(20): 821-869.
- Evangelista, R., Sandven, T., Sirilli, G. y Smith, K. (1998) Measuring innovation in European industry. *International Journal of Economics and Business*, 3(5): 311-333.
- Farrell, M.J. (1957) The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, 120(3): 253-290.
- FCCyT (2009) *Estadísticas de los Sistemas Estatales de Ciencia y Tecnología*. México: FCCyT.
- FCCyT (2010) *Diagnósticos en Ciencia, Tecnología e Innovación*. México: FCCyT.
- FCCyT (2012) *Diagnósticos en Ciencia, Tecnología e Innovación*. México: FCCyT.

- FCCyT (2014) *Ranking Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, capacidades y oportunidades de los Sistemas Estatales de CTI*. México: FCCyT.
- Feldman, M. P. (1994) *The Geography of Innovation*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Feldman, M.P. y Audretsch, D.B. (1999) Innovation in cities: science-based diversity, specialization and localized competition. *European Economic Review*, 43(2): 409-429.
- Fischer, M. M. (2001) Innovation, knowledge creation and systems of innovation. *The Annals of Regional Science*, 35(2): 199-216.
- Freeman, C. (1987) *Technology policy and economic performance: lessons from Japan*. London: Pinter.
- Freeman, C. (1998) Innovation. En: Newman, P. (Ed), *The New Palgrave Dictionary of Economics and Law*. London: Macmillan,.
- Freeman, C. y Pérez, C. (1988) Structural crises of adjustment, business cycles and investment behavior. En: Dosi et al. (Eds), *Technical Change and Economic Theory*. London: Printer Publishers. pp. 38-66.
- Friedman, L., Sinuany-Stern, Z. (1997) Scaling units via the canonical correlation analysis and the data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 100(3): 629–637.
- Fritsch, M. (2002) Measuring the Quality of Regional Innovation Systems - A Knowledge Production Function Approach. *International Regional Science Review*, 25(1):86–101.
- Fritsch, M. y Slavtechev, V. (2006) “Measuring the Efficiency of Regional Innovation Systems: An Empirical Assessment”. *Freiberger Arbeitspapiere*, 6.
- Furman, J.L., Porter, M.E., Stern, S. (2002) The determinants of national innovative capacity. *Research Policy*, 31(6): 899-933.
- Georghiou, L. (1998) Issues in the Evaluation of Innovation and Technology Policy. *Evaluation*, 4(1): 37-51.
- Gertler, M. y Wolfe, D. (1998) Dynamics of the Regional Innovation System in Ontario. En: John de la Mothe y Gilles Paquet (Eds), *Local and Regional Systems of Innovation*. Amsterdam: Kluwer Academic Publishers. pp. 211-238.
- Gertler, M., Wolfe, D., Garkut, D. (2000) No place like home? The embeddedness of innovation in a regional economy. *Review of international Political Economy*, 7(4): 688-718.
- Godinho, M.M., Mendonça, S. y Pereira, T. (2006) “A Taxonomy of National Innovation Systems: Lessons From an Exercise Comprising a Large Sample of Both

- Developed, Emerging and Developing Countries”, ponencia presentada en conferencia GLOBELICS 2006 de 4-7 October, Kerala, India.
- Gracia, A. G., Voigt, P., y Iturriagoitia, J. M. Z. (2005) “Evaluating the Performance of Regional Innovation Systems”. 5th Triple Helix Conference on “The Capitalization of Knowledge: Cognitive, Economic, Social & Cultural Aspects”, Turin, Italy, May 18.-21.
- Graves, S. B. y Langowitz, N. S. (1996) R&D Productivity: A Global Multi-industry Comparison. *Technology Forecasting and Social Change*, 53(2): 125-137.
- Greenacre, P., Gross, R. y Speirs, J. (2012) “Innovation Theory: A review of the literature”. ICEPT Working paper, London.
- Gregersen, B. y Johnson, B. (1996) Learning Economies, Innovation Systems and European Integration. *Regional Studies*, 31(5): 479-490.
- Grubler, A., Nakicenovic, N. y Victor, D. G. (1999) Dynamics of energy technologies and global change. *Energy Policy*, 27(1999): 247-280.
- Guan, J.C., Wang, J.X., (2004) Evaluation and interpretation of knowledge productive efficiency. *Scientometrics*, 59(1): 131–155.
- Guan, J.C., Yam, R.C.M., Mok, C.K. y Ma, N. (2006) A study of the relationship between competitiveness and technological innovation capability based on DEA models. *European Journal of Operational Research*, 170(3): 971–986.
- Guan, J.C. y Chen, K.H., (2010) Modeling macro-R&D production frontier performance: an application to Chinese province-level R&D. *Scientometrics*, 82(1): 165–173.
- Guellec, D., y de la Potterie, B. V. P. (2004) From R&D to productivity growth: Do the institutional setting and the source of funds of R&D matter? *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 66(3): 353–378.
- Hadjimichalis, C. (1986) *Uneven Development and Regionalism*. London: Croom Helm.
- Hall, A.D., y Fagen, R.E. (1956) “Definition of system. General Systems”, Yearbook of the Society for General Systems Research (SGSR - now ISSS).
- Harvie, C. (1994) *The Rise of Regional Europe*. London: Routledge.
- Helios, V. e Hidalgo, A. (2008) Towards a National Innovation System in Mexico Based on Knowledge. *The International Journal of Technology, Knowledge and Society*, 4(1): 225-236.
- Hernández, R.C. (2008) Sistema Nacional de Innovación y Complejidad: una evaluación crítica. *Economía Informa*, 352(mayo-junio 2008):104-126.

- Hoff, A. (2007) Second stage DEA: comparison of approaches for modeling the DEA score. *European Journal of Operational Research*, 181(1): 425–435.
- Hollanders, H. y Celikel-Esser, F. (2007) “Measuring innovation efficiency”, INNO Metrics 2007 report, Brussels: European Commission, DG Enterprise.
- Hollanders, H. (2007) *2006 European Regional Innovation Scoreboard (2006 RIS)*, Maastricht: MERIT.
- Hudson, R. (1999) The Learning Economy, the Learning Firm and the Learning Region: A Sympathetic Critique of the Limits to Learning. *European Urban and Regional Studies*, 6(1): 59-72.
- Hung, S.-C., Liu, N.-C. y Chang, J.-B. (2003) The taxonomy and evolution of technology strategies: a study of Taiwan’s high-technology-based firms. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 50(2): 219-227.
- Ingelstam, L. (2002) *Systems – att tänka över samhälle och teknik (Systems – thinking about society and technology) EB: 1:2002*. Eskilstuna: Swedish Energy Agency publishing.
- Isaksen, A. (2004) Knowledge-intensive industries, clustering, and regional development. The software industry in Norway. *Urban Studies*, 41(5-6): 1157-1174.
- Jang, J-H (2006) “Regional (Sub-national) Innovation System and the Policy Practice: The Korean Case” , trabajo presentado en el National Workshop on Sub-national Innovation System and Technology Capacity Building Policies to Enhance Competitiveness of SMEs, 21-22 de diciembre, Katmandu, Nepal.
- Johansson, B. (1992) *Ekonomisk Dynamik i Europa*. Malmö: Liber-Hermods.
- Johansson, B. (1998) *Infrastructure, Market Potential and Endogenous Growth*. Jönköping: JIBS.
- Johnson, B. (1992) Institutional Learning. En: Lundvall, B. (Ed.), *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. London: Pinter.
- Johnson, B., Edquist, C. y Lundvall, B-Å (2003) “Economic Development and National System of Innovation Approach”, First Globelics Conference, Rio de Janeiro, November 3–6, 2003.
- Jonsson, O., Persson, H. y Silbersky, U. (2000) *Innovativitet och Regionen – Företag, Processer och Politik (Innovativeness and the region – firms, processes and politics), Rapport 121*. Östersund: Swedish Institute for Regional Research.
- Joyce, L. (1980) Developments in Evaluation Research. *Journal of Occupational Behaviour*, 1(3): 181-190.

- Karadag, M., Onder, O. y Deliktas, E. (2005) Growth of factor productivity in the Turkish manufacturing industry at provincial level. *Regional Studies*, 39(2): 213-223.
- Kastelle, T., Potts, J. y Dodgson, M. (2009) “The Evolution of Innovation Systems”, Paper, Druid Summer Conference 2009 on Copenhagen Business School.
- Kendall, M.G. (1938) A new measure of rank correlation. *Biometrika*, 30(1-2): 81-93.
- Kirjavainen, T. y Loikkanen, H.A. (1998) Efficiency differences of Finnish senior secondary schools: an application of DEA and Tobit analysis. *Economics of Education Review*, 17(4): 377-394.
- Koschatzky, K., Kulicke, M. y Zenker, A. (Eds) (2001) *Innovation networks: concepts and challenges in the European perspective*. Heidelberg: Physica-Verlag.
- Kroll, H. y Stahlecker, T. (2009) “Europe’s Regional Research Systems: Current Trends and Structures”, European Commission Report.
- Kuhlmann, S. (2003) Evaluation of research and innovation policies: a discussion of trends with examples from Germany. *International Journal of Technology Management* 26(2/3/4): 131-149.
- Laszlo, A. y Krippner, S. (1998) Systems Theories: Their origins, foundations, and development. En: J.S. Jordan (Ed.), *Systems Theories and A Priori Aspects of Perception*. Amsterdam: Elsevier. 47-76.
- Latouche, D. (1998) Do regions make a difference? The case of science and technology policies in Quebec. En: H-J Braczyk, P. Cooke y M. Heindenreich (Eds), *Regional Innovation Systems: The Role of Governances in a Globalized World*. London: UCL Press.
- Lee, H.-Y. y Park, Y.-T. (2005) An international comparison of R&D efficiency: DEA approach. *Asian Journal of Technology Innovation*, 13(2): 207–222.
- Leydesdorff, L. (2001) Indicators of Innovation in a Knowledge-based Economy. Science & Technology Dynamics. *Cybermetrics*, 5(1), Paper 2.
- Lim, J. D. (2006) *Regional innovation system and regional development: Survey and a Korean case*. Kitakyushu: The international center for the study of East Asian development.
- List, F. (1841) *The National System of Political Economy*. London: Longman.
- Liu, X. y White, S. (2001) Comparing innovation systems: a framework and application to china’s transitional context. *Research Policy*, 30(7):1091–1114.
- Llisterri, J. y Pietrobelli, C. (2011) *Los sistemas regionales de innovación en América Latina*. Washington: BID.
- López-Leyva, S. (2003) Empresarios e innovación tecnológica en Sinaloa. *Región y Sociedad*, 15(27): 179-214.

- Lundvall, B.-Å. (1985) *Product Innovation and User-Producer Interaction*. Aalborg: Aalborg University Press.
- Lundvall, B.-Å. (1988) Innovation as an interactive process - from user-producer interaction to national systems of innovation. En: G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg and L. L. G. Soete (Eds.), *Technical Change and Economic Theory*. London: Pinter. pp. 349–367.
- Lundvall, B.-Å. (ed) (1995) *National Systems of Innovation – Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. London: Biddles Ltd.
- Lundvall, B.-Å. (2004) Introduction to ‘Technological infrastructure and international competitiveness’ by Christopher Freeman, in *Industrial and Corporate Change*, 13(3): 531-39.
- Lundvall, B.-Å., Johnson, B., Andersen, E. S., y Dalum, B. (2002) National systems of production, innovation and competence building. *Research Policy*, 31(2): 213-231.
- MacKinnon, D., Cumbers, A. y Chapman, K. (2002) Learning, innovation and regional development: a critical appraisal of recent debates. *Progress in Human Geography*, 26(3): 293-311.
- Maddala, G.S. (1986) *Limited-dependent and Qualitative Variables in Econometrics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Maillat, D. (1993) The Innovation Process and the Role of the Milieu. En: Bergman, E., Maier, G. y Tödtling, F. (Eds), *Regions Reconsidered*. Suffolk: Ipswich Book Co Ltd.
- Malmberg, A. y Maskell, P. (1997) Towards an explanation of regional specialization and industrial agglomeration. *European Planning Studies*, 5(1): 25-41.
- Martínez Cabrera, M. (2003) *La medición de la eficiencia en las instituciones de educación superior*. Bilbao: Fundación BBVA.
- Martínez Pellitero, M. (2007) Los sistemas regionales de innovación en Europa: tipología y eficiencia. En: M. Buesa y J. Heijs (Eds.), *Sistemas regionales de innovación: nuevas formas de análisis y medición*. Madrid: Fundación de las Cajas de Ahorros. pp. 215-256.
- Martínez Roget, F., Murias Fernández, P. y Miguel Domínguez, J.C.D. (2005) El análisis envolvente de datos en la construcción de indicadores sintéticos. Una aplicación a las provincias españolas. *Estudios de Economía Aplicada*, 23(3):753–771.
- Metcalf, S. (1995) The Economic Foundations of Technology Policy: Equilibrium and Evolutionary Perspectives. En: P. Stoneman (Ed.), *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*. Oxford (UK)/Cambridge (US): Blackwell Publishers.

- Moreno, R., Paci, R. y Usai, S. (2005) Geographical and sectoral clusters of innovation in Europe. *Annals of Regional Science*, 39(4): 715-739.
- Morgan, K. (2004) The exaggerated death of geography: learning, proximity and territorial innovation systems. *Journal of Economic Geography*, 4(1): 3-21.
- Müller, E. y Nauwelaers, C. (2005) “Enlarging the ERA: identifying priorities for regional policy focusing on research and technological development in the New Members States and Candidate Countries”, reporte final COP6-CT.2004.00001.
- Müller, E., Doloreux, D., Heraud, J.A., Jappe, A. y Zenker, A. (2008) Regional Innovation Capacities in New Member States: A Typology. *Journal of European Integration*, 30(5): 653-669.
- Nasierowski W. y Arcelus, F.J. (1999) Interrelationships among the elements of national innovation systems: a statistical evaluation. *European Journal of Operational Research*, 119(2): 235–53.
- Nasierowski ,W., y Arcelus, F.J. (2000) On the stability of countries’ national technological systems. En: Zanakis, S.H., Doukidis, G. y Zopounidis, C. (Eds.), *Decision making: recent developments and worldwide applications*. Boston: Kluwer. pp. 97–111.
- Navarro, L. (2003) “Industrial policy in the economic literature, Recent theoretical developments and implications for EU policy”, European Commission, Enterprise Paper No 12, 2003.
- Navarro, M., Gibaja, J. J., Bilbao-Osorio, B. y Aguado, R. (2009) Patterns of innovation in EU-25 regions: a typology and policy recommendations. *Environment and Planning C: Government and Policy*, 27(5): 815–840.
- Nelson, R.R. y Rosenberg, N. (1993) Technical innovation and national systems. En: Nelson, R.R. (Ed.), *National Innovation Systems: A comparative Analysis*. New York: Oxford University Press. pp. 3-21.
- Niosi, J. (2000) Regional systems of innovation: Market pull and government push. En: J. Adam Holbrook and David Wolfe Knowledge (Eds.), *Clusters and Regional Innovation: Economic Development in Canada*. Montreal: McGill-Queen’s University Press. pp. 39-55.
- Niosi, J. (2002) National systems of innovations are "x-efficient" (and x-effective): Why some are slow learners. *Research Policy*, 31(2): 291-302.
- Niosi, J., y Bas, T. G. (2001) The Competencies of Regions--Canada’s Clusters in Biotechnology. *Small Business Economics*, 17(1-2): 31-42.
- OCDE (1992) *Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data: Oslo Manual*. Paris: OECD.

- OCDE (1997) *The measurement of scientific and technical activities: Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data: Oslo Manual*. Paris: OECD.
- OCDE (2001) *OECD Science, Technology, and Industry Scoreboard*. Paris: OECD.
- OCDE (2005) *The Measurement of Scientific and Technological Activities. Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data*. Paris: OECD.
- OCDE (2007) *Science, Technology and Innovation Indicators in a Changing World*. Paris: OECD.
- OCDE (2009) *Estudios de la OCDE de Innovación Regional: 15 estados mexicanos*. Paris: OECD.
- Oksanen, J. (2000) "The contribution of evaluation information to decision-making. R&D evaluation in the field of science and technology policy in Finland". Evaluation and the new governance conference, Montreal, 14-17 May 2000.
- Park, K. M., Shin, J. S. y Park, Y. T. (2003) A Study on the Aggregation and Structuring of Technological Knowledge Indicators. *Technology Innovation Research*, 11(1): 125-145.
- Pavitt, K. (1984) Sectoral patterns of technical change: Towards a taxonomy and a theory. *Research Policy*, 13(6): 343–373.
- Porter, M. (1990) *The Competitive Advantage of Nations*. New York: Free Press.
- Porter, M. (1998) Clusters and the new economics of competition. *Harvard Business Review*, 76(6): 77-90.
- Potts, J. (2000) *The New Evolutionary Microeconomics*. Cheltenham: Edward Elgar.
- Ramanathan, R. (2006) Evaluating the comparative performance of countries of the Middle East and North Africa: A DEA application. *Socio-Economic Planning Sciences*, 40(2): 156–167.
- Rich, R.F. (1979) *Translating Evaluation into Policy*. London: Sage Publications.
- Romer, P. (1990) Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, 98(5): S71–S102.
- Rothwell, R. (1992) Successful Industrial Innovation: Critical Factors for the 1990s. *R&D Management*, 22(3): 221-239.
- Ruiz, D.C. (2008) México: Geografía Económica de la Innovación. *Comercio Exterior*, 58(11): 756-768.
- Ruthman, L. (1977) *Evaluation Research Methods: a Basic Guide*. London: SAGE.

- Sachs, J., Mellinger, A. y Gallup, J. (2001) The Geography of Poverty and Wealth. *Scientific American*, 284(3): 70-75.
- Sánchez, C. y Ríos, H. (2011) La economía del Conocimiento como base del crecimiento económico de México. *Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento*, 8(2): 43-60.
- Saxenian, A. (1994) *Regional Advantage. Culture and Competition in Silicon Valley and Routh 128*. London: Harvard University Press.
- Scherer, F. M. (1983) The Propensity to Patent. *International Journal of Industrial Organization*, 1(1): 107-128.
- Schumpeter, J. A. (1912) *Theorie der Wirtschaftlichen Entwicklung (The Theory of Economic Development*. Cambridge, MA: Harvard University Press). Leipzig, Duncker und Humblot.
- Schumpeter, J. (1975). *Capitalism, Socialism and Democracy*. New York: Harper Torchbooks.
- Serrano-Cinca, C., Fuertes-Callen, Y. y Mar-Molinero, C. (2005) Measuring DEA Efficiency in Internet Companies. *Decision Support Systems*, 38(4): 557-573.
- Sexton, T.R., Silkman, R.H. y Hogan, A.J. (1986) Data envelopment analysis: Critique and extensions. En: Silkman, R.H. (Ed.), *Measuring Efficiency: An Assessment of Data Envelopment Analysis*. San Francisco: Jossey-Bass. pp. 73–105.
- Sharma, S. y Thomas, V.J. (2008) Inter-country R&D efficiency analysis: an application of data envelopment analysis. *Scientometrics*, 76(3): 483–501.
- Siegel, D., Waldman, D. y Link, A. (2003) Assessing the impact of organizational practices on the relative productivity of university technology transfer offices: an exploratory study. *Research Policy*, 32(1): 27- 48.
- Simmie, J. (2001) *Innovative cities*. London: Spon Press.
- Sinuany-Stern, Z., Mehrez, A. y Barboy, A. (1994) Academic departments efficiency via data envelopment analysis. *Computers and Operations Research*, 21(5): 543–556.
- Sinuany-Stern, Z. y Friedman, L. (1998) Data envelopment analysis and the discriminant analysis of ratios for ranking units. *European Journal of Operational Research*, 111(3): 470–478.
- Smith, K. (2005) Measuring Innovation. En: Jan Fagerberg, David Mowery y Richard Nelson (Eds.), *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford: Oxford University Press. pp. 148-177.
- Souder, W. E. y Shrivastava, P. (1985) Towards a scale for measuring technology in new product innovation. *Research Policy*, 14(3): 151-160.

- Stern, S., Porter, M. E., y Furman, J. L. (2002) The Determinants of National Innovative Capacity. *Research Policy*, 31(6): 899–933.
- Storper, M. (1997) *The Regional World*. New York: The Guilford Press.
- Suchman, E.A. (1967) *Evaluation Research*. New York: Russell Sage Foundation.
- Suranyi-Unger, T. (1982) Innovation. En: Greenwald, D. (Ed.), *Encyclopedia of Economics*. New York: McGraw Hill.
- Susiluoto, I. (2003) “Effects of ICT on Regional Economic Efficiency”, Helsinki City Urban Facts Office Web Publications 2003(16), Helsinki.
- Swan, G.M., Prevezer, P.M. y Stout, D. (1998) *The Dynamics of Industrial Clustering*. New York: Oxford University Press.
- Tavistock Institute; GhK; IRS & European Commission (2003) *Evaluation of Socio Economic Development. The Guide*. Brussels: EC.
- Tobin, J. (1958) Estimation of Relationships for Limited Dependent Variables. *Econometrica*, 26(1): 24-36.
- Torgersen, A.M., Forsund, F.R. y Kittelsen, S.A.C. (1996) Slack-adjusted efficiency measures and ranking of efficient units. *The Journal of Productivity Analysis*, 7(4): 379–398.
- Tödttling, F. y Kaufmann, A. (2001) The role of the region for innovation activities of SMEs. *European Urban and Regional Studies*, 8(3): 203-215.
- Tödttling, F. y Trippel, M. (2005) One Size Fits All? Towards a Differentiated Regional Innovation Policy Approach. *Research Policy*, 24(8): 1203-1219.
- Unger Rubin, K. (2001) “La innovación tecnológica y la industrialización mexicana: una aproximación a clusters regionales”, Documentos de Trabajo del cide, vol. 205.
- Wadhwa S., Kumar, A. y Saxena, A. (2005) Modelling and Analysis of Technical Education System: A KM and DEA based Approach. *Studies in Informatics and Control*, 14(4): 235-250.
- Wakelin, K. (2001) Productivity Growth and R&D Expenditure in UK Manufacturing Firms. *Research Policy*, 30(7): 1079-1090.
- Wang, E.C. y Huang, W. (2007) Relative efficiency of R&D activities: A cross-country study accounting for environmental factors in the DEA approach. *Research Policy*, 36(2): 260-273.
- Werner, B. M. y Souder, W. E. (1997) Measuring R&D Performance: State of the Art. *Research Technology Management*, 40(2): 34-41.

- Wessa (2012) Kendall tau Rank Correlation (v1.0.11) en Free Statistics Software (v1.1.23-r7), Office for Research Development and Education. URL http://www.wessa.net/rwasp_kendall.wasp/.
- Wiig, H. (1996) “An Empirical Study of the Innovation System in Finnmark”, STEP Working Paper R-09, Oslo.
- Winkel, M. y Moran, B. (2008) *Innovation theory and low carbon innovation: Innovation processes and innovations systems*. Edinburgh: Edinburgh University.
- Wolfe, D. (2003) *Clusters Old and New: The Transition to a Knowledge Economy in Canada's Regions*. Kingston: Queen's School of Policy Studies.
- Yarkin, C. (2000) Assessing the Role of the University of California in the State's Biotechnology Economy. En: J. de la Mothe y J. Niosi (Eds.), *The Economic and Social Dynamics of Biotechnology*. Boston: Kluwer. pp. 115-131.
- Zabala-Iturriagoitia, J.M. y Jimenez-Saez, F. (2006) Regional Science, Technology And Innovation Policy Evaluation: Approaches and Methods. En: Innovation Pressure, International PROACT Conference, Rethinking Competitiveness, Policy and Society in a Globalised Economy, Book of Abstracts, p. 163.
- Zabala-Iturriagoitia, J.M., Voigt, P., Gutiérrez-Gracia, A. y Jiménez-Sáez, F. (2007) Regional Innovation Systems: How to Assess Performance. *Regional Studies*, 41(5): 661–672.
- Zhang, A., Zhang, Y. y Zhao, R. (2003) A Study of the R&D Efficiency and Productivity of Chinese Firms. *Journal of Comparative Economics*, 31(3): 444-464.

ANEXOS

Anexo A: Datos para variables input/output

Estados	POSG-CAL	GASTO I+D	SNIIs	PATENTS	PUBLS
AGS	0.2486	0.1703	2.2064	1.2741	2.2064
BC	0.6136	0.0951	4.6189	0.4686	6.6382
BCS	0.4913	0.6092	12.5625	0.2807	18.9491
CAMP	0.0896	0.0309	3.1803	0.6719	2.4636
CHPS	0.0396	0.2467	0.8950	0.1346	0.9504
CHI	0.2229	0.0805	1.5503	0.5066	2.0164
COA	0.4241	0.1264	2.4521	1.1266	2.9160
COL	0.6137	0.7728	6.4435	0.3068	6.2594
D.F.	1.2664	0.1404	21.3097	3.3872	34.8622
DUR	0.0828	0.1773	1.2629	0.2692	1.5942
MEX	0.1671	0.0856	1.7838	0.7496	1.4383
GTO	0.2779	0.3049	2.7198	1.7603	0.1654
GUE	0.0241	0.0895	0.4692	0.0481	1.3716
HGO	0.1546	0.2665	2.3888	0.2670	10.4547
JAL	0.3679	0.1885	3.7504	1.9548	3.7778
MICH	0.3244	0.1483	3.4371	0.1491	4.0246
MOR	0.4244	0.5454	15.7470	0.7852	24.8090
NAY	0.0393	0.5799	0.6684	0.0393	0.9043
NL	0.6294	0.2381	3.7100	2.9482	4.5961
OAX	0.0892	0.0988	1.1298	0.1685	0.6046
PUE	0.3764	0.1224	3.4197	1.0058	5.6259
QTO	0.4119	0.3470	5.7467	1.8538	9.0216
QR	0.0729	0.1192	1.9324	0.5834	3.3908
SLP	0.5914	0.6354	3.5064	0.5774	1.6194
SIN	0.1263	0.0851	1.9327	0.5684	2.1221
SON	0.3555	0.2624	3.1995	0.3028	4.4635
TAB	0.0498	0.1041	1.2444	0.1327	0.8296
TAM	0.1361	0.1363	1.2701	0.8732	1.2020
TLAX	0.1839	0.4448	2.5441	0.2146	1.3487
VER	0.1551	0.1172	1.7664	0.1120	1.4864
YUC	0.5345	0.6124	5.5633	1.5047	6.8501
ZAC	0.1288	0.2969	2.3964	0.2834	2.2161

Fuente: Elaboración propio mediante Excel 2010®.

Anexo B: Estadística descriptiva para 5 grupos bajo eficiencia CCR

M. PATENTS				
				ICs de 95% individuales para la media basados en Desv.Est. agrupada
Nivel	N	Media	Desv.Est.	-----+-----+-----+-----+-----
1	6	0.9487	0.0709	(---*--)
2	5	0.2279	0.0900	(--*---)
3	3	1.0000	0.0000	(---*---)
4	8	0.5678	0.1224	(--*--)
5	10	0.1871	0.0924	(-*--)
				-----+-----+-----+-----+-----
				0.25 0.50 0.75 1.00
Desv.Est. agrupada = 0.0942				
M. PUBLS				
				ICs de 95% individuales para la media basados en Desv.Est. agrupada
Nivel	N	Media	Desv.Est.	-----+-----+-----+-----+-----
1	6	0.2629	0.1362	(----*---)
2	5	0.8490	0.1500	(----*----)
3	3	0.8410	0.1481	(-----*-----)
4	8	0.4293	0.1316	(---*---)
5	10	0.2535	0.1143	(--*---)
				-----+-----+-----+-----+-----
				0.25 0.50 0.75 1.00
Desv.Est. agrupada = 0.1313				

Fuente: Elaboración propia mediante MINITAB16® 2012.

Anexo C: Índices de variables input y output por conglomerado

Grupo	Estados	POSG-CAL	GASTO I+D	SNIs	PATENTS	PUBLS
1	Aguascalientes	0.249	0.170	2.206	1.274	2.206
	Edo de México	0.167	0.086	1.784	0.750	1.438
	Guanajuato	0.278	0.305	2.720	1.760	0.165
	Jalisco	0.368	0.188	3.750	1.955	3.778
	Nuevo León	0.629	0.238	3.710	2.948	4.596
	Tamaulipas	0.136	0.136	1.270	0.873	1.202
2	Baja California	0.614	0.095	4.619	0.469	6.638
	B.C.S.	0.491	0.609	12.563	0.281	18.949
	Guerrero	0.024	0.089	0.469	0.048	1.372
	Hidalgo	0.155	0.267	2.389	0.267	10.455
	Morelos	0.424	0.545	15.747	0.785	24.809
3	Campeche	0.090	0.031	3.180	0.672	2.464
	D.F.	1.266	0.140	21.310	3.387	34.862
	Quintana Roo	0.073	0.119	1.932	0.583	3.391
4	Chiapas	0.040	0.247	0.895	0.135	0.950
	Chihuahua	0.223	0.081	1.550	0.507	2.016
	Coahuila	0.424	0.126	2.452	1.127	2.916
	Durango	0.083	0.177	1.263	0.269	1.594
	Puebla	0.376	0.122	3.420	1.006	5.626
	Querétaro	0.412	0.347	5.747	1.854	9.022
	Sinaloa	0.126	0.085	1.933	0.568	2.122
	Yucatán	0.535	0.612	5.563	1.505	6.850
5	Colima	0.614	0.773	6.443	0.307	6.259
	Michoacán	0.324	0.148	3.437	0.149	4.025
	Nayarit	0.039	0.580	0.668	0.039	0.904
	Oaxaca	0.089	0.099	1.130	0.168	0.605
	San Luis Potosí	0.591	0.635	3.506	0.577	1.619
	Sonora	0.355	0.262	3.199	0.303	4.463
	Tabasco	0.050	0.104	1.244	0.133	0.830
	Tlaxcala	0.184	0.445	2.544	0.215	1.349
	Veracruz	0.155	0.117	1.766	0.112	1.486
	Zacatecas	0.129	0.297	2.396	0.283	2.216

Fuente: Elaboración propia mediante Excel 2010®.

Anexo D: Eficiencias de Escala (EE) y Rendimiento de Escala (RDE)

	M. General		M. POSG-CAL		M. GASTO I+D		M. SNIs		M. PATENTS		M. PUBLS	
	EE	RDE	EE	RDE	EE	RDE	EE	RDE	EE	RDE	EE	RDE
AGS	98.62%	DEC	74.08%	DEC	82.48%	DEC	95.76%	CRE	98.95%	DEC	88.96%	CRE
BC	84.52%	CRE	63.83%	DEC	90.85%	CRE	73.64%	DEC	98.12%	DEC	84.52%	CRE
BCS	79.85%	DEC	77.06%	DEC	23.05%	DEC	42.89%	DEC	66.30%	DEC	79.85%	DEC
CAMP	100%	CON	94.75%	DEC	90.06%	CRE	99.99%	CRE	100%	CON	81.60%	CRE
CHPS	80.89%	CRE	78.27%	CRE	56.92%	DEC	86.52%	CRE	70.11%	CRE	91.58%	CRE
CHI	69.59%	CRE	67.90%	DEC	97.91%	CRE	94.29%	CRE	51.64%	CRE	57.84%	CRE
COA	86.51%	CRE	61.65%	DEC	99.69%	CRE	98.02%	CRE	85.97%	CRE	82.38%	CRE
COL	60.99%	DEC	69.97%	DEC	18.17%	DEC	60.99%	DEC	72.31%	DEC	55.62%	DEC
D.F.	100%	CON	49.74%	DEC	100%	CON	48.39%	DEC	100%	CON	100%	CON
DUR	97.47%	CRE	93.86%	DEC	79.21%	DEC	92.09%	CRE	93.60%	CRE	92.76%	CRE
MEX	82.36%	CRE	83.06%	DEC	98.20%	CRE	93.71%	CRE	82.30%	CRE	64.58%	CRE
GTO	98.06%	DEC	79.17%	DEC	46.06%	DEC	97.44%	CRE	98.06%	DEC	91.42%	DEC
GUE	86.77%	CRE	86.77%	CRE	89.07%	CRE	69.41%	CRE	27.19%	CRE	84.27%	CRE
HGO	100%	CON	100%	CON	52.69%	DEC	100%	CON	97.50%	DEC	100%	CON
JAL	98.68%	DEC	66.42%	DEC	74.51%	DEC	97.61%	DEC	98.32%	DEC	94.24%	CRE
MICH	89.13%	CRE	89.11%	DEC	94.72%	DEC	82.20%	DEC	99.14%	DEC	89.13%	CRE
MOR	100%	CON	88.06%	DEC	25.75%	DEC	41.18%	DEC	67.57%	DEC	100%	CON
NAY	87.45%	CRE	93.17%	CRE	24.22%	DEC	80.61%	CRE	62.36%	CRE	87.02%	CRE
NL	100.00%	CON	58.55%	DEC	58.98%	DEC	100%	CON	100%	CON	98.54%	CRE
OAX	83.21%	CRE	94.85%	DEC	98.82%	CRE	90.00%	CRE	77.89%	CRE	63.80%	CRE
PUE	88.92%	CRE	55.11%	DEC	99.59%	CRE	92.31%	DEC	99.99%	DEC	85.44%	CRE
QTO	84.97%	DEC	56.25%	DEC	40.46%	DEC	73.41%	DEC	82.52%	DEC	84.63%	DEC
QR	100%	CON	100%	CON	99.50%	CRE	96.89%	CRE	100%	CON	81.58%	CRE
SLP	97.56%	DEC	55.56%	DEC	22.10%	DEC	97.56%	DEC	99.80%	CRE	77.52%	DEC
SIN	86.52%	CRE	84.24%	DEC	98.18%	CRE	96.46%	CRE	90.09%	CRE	65.84%	CRE
SON	99.26%	DEC	74.94%	DEC	53.52%	DEC	88.33%	DEC	96.71%	DEC	99.71%	DEC
TAB	88.44%	CRE	86.77%	CRE	99.02%	CRE	91.93%	CRE	83.96%	CRE	79.77%	CRE
TAM	100%	CON	86.89%	DEC	99.92%	CRE	86.52%	CRE	100%	CON	77.91%	CRE
TLAX	92.89%	DEC	67.72%	DEC	31.57%	DEC	99.15%	CRE	97.14%	DEC	95.70%	DEC
VER	79.76%	CRE	92.25%	DEC	96.19%	CRE	96.76%	CRE	97.88%	CRE	76.35%	CRE
YUC	79.41%	DEC	52.30%	DEC	22.93%	DEC	74.88%	DEC	75.44%	DEC	60.30%	DEC
ZAC	94.00%	DEC	83.53%	DEC	47.30%	DEC	98.94%	CRE	96.53%	DEC	99.42%	CRE

Fuente: Elaboración propia mediante xlDEA®.

ANEXO E: Análisis de unidades económicas de la industria manufacturera, comercio y servicios

	SRI	UET(%)	UEMic	UEG	UEG/UEMic*
C1	AGS	1.1	50,677	124	0.00245
	BCN	1.9	89,408	461	0.00516
	CHI	2.3	109,958	480	0.00437
	COA	2.1	98,305	361	0.00367
	NL	3.1	144,913	703	0.00485
	QTO	1.5	74,022	237	0.00320
	SON	2.1	99,074	290	0.00293
	TAM	2.6	125,969	388	0.00308
C2	BCS	0.6	27,760	95	0.00342
	CAMP	0.9	42,821	102	0.00238
	COL	0.6	30,669	56	0.00183
	DUR	1.4	68,598	127	0.00185
	HGO	2.7	132,509	148	0.00112
	MOR	2	96,740	106	0.00110
	Q ROO	1.1	49,639	201	0.00405
	TLAX	1.3	64,121	70	0.00109
	SIN	2.3	112,904	180	0.00159
	YUC	2.2	107,369	173	0.00161
	ZAC	1.5	72,557	59	0.00081
C3	CHPS	4.4	219,325	122	0.00056
	GUE	3.9	194,058	132	0.00068
	MICH	4.8	238,910	157	0.00066
	NAY	1.2	57,302	63	0.00110
	OAX	4.6	229,838	93	0.00040
	TAB	1.8	86,246	149	0.00173
	VER	7.1	350,056	339	0.00097
C4	D.F.	8.1	380,147	1833	0.00482
C5	EDO MEX	11.4	563,294	919	0.00163
	GTO	4.8	232,441	349	0.00150
	JAL	6.4	310,976	614	0.00197
	PUE	6	298,537	264	0.00088
	SLP	2.4	117,927	220	0.00187

Fuente: Elaboración propia con información en INEGI. Datos corresponden a cifras de 2009.

UET(%): unidades económicas totales del sector privado y paraestatal, industrias manufactureras, comercio y servicios como proporción del total nacional.

UEMic: unidades económicas totales de la industria manufacturera, comercio y servicios correspondientes a empresas tamaño micro.

UEG: unidades económicas totales de la industria manufacturera, comercio y servicios correspondientes a empresas tamaño grande.

* El promedio nacional para esta razón es de 0.00217.

ANEXO F: Participación de diversos sectores productivos del PIB estatal

	SRI	IM(%)	COM(%)	TAC(%)	SFS(%)	ASP(%)	C(%)	EGA(%)	M(%)	SPCT(%)
C1	AGS	29.6	12.9	4.8	3.4	4.4	9.8	0.5	0.6	2.1
	BCN	20.5	15.7	6.8	2.1	3.3	8.8	2.3	0.2	3.1
	CHI	23.2	14.2	4.5	2	7	7	1.7	0.6	5.6
	COA	30.2	12.4	8.6	2.1	3.4	6.9	1.7	3.5	3.3
	NL	22.1	14.3	7.9	7.2	0.9	8.6	1.3	1.5	4.9
	QTO	23.4	16.1	10.7	2	2.9	9.7	1.3	1.1	3.1
	SON	18.7	15	5.9	2.6	9.2	7.9	1.6	2.2	2
	TAM	12.5	14.2	9.2	1.7	4	11.7	3.3	8.5	2.1
C2	BCS	2.8	15.3	7.8	3.4	5.1	16.6	2.1	2.9	1.6
	CAMP	0.8	2.6	2.2	0.4	0.9	6.5	0.2	75.3	1.7
	COL	9.8	14.7	12.9	1.9	6.5	8.7	3.9	0.7	1.4
	DUR	20.1	12.8	7	2.6	12.5	6.7	1.9	2.6	1.2
	HGO	28.4	10.4	8.4	1.6	5.2	7.5	2.5	0.9	0.8
	MOR	24.2	12.7	6.4	1.9	4	7.9	1.3	0.3	1.7
	Q ROO	2.3	16.2	8.2	3.9	0.8	8.7	1.2	0.3	3.4
	TLAX	26.1	11.2	12.3	0.9	4.7	2.8	0.8	0	0.8
	SIN	8.1	19.7	7.1	3.7	12.7	7.1	1.9	0.5	1.9
	YUC	14.4	17.5	6	2.3	4.4	8.4	1.8	0.5	2.4
	ZAC	13.6	13.2	3.6	1.3	11.6	9.7	0.5	6.4	1
C3	CHPS	7.8	14.9	6.1	1.1	9.6	6.5	4.1	5.4	1.4
	GUE	6.1	14.8	11.2	1.2	7.3	5	3.7	0.7	0.7
	MICH	11.8	17.1	7.6	1.8	11.2	5.7	1.3	0.4	1.5
	NAY	5.4	13.5	5.3	1.8	11.4	14.2	2.5	0.3	1.2
	OAX	14	14.8	6.1	1.1	10.2	5.6	1.4	0.1	1.1
	TAB	50.6	9	7.7	1.4	1.6	7.1	0.7	0.3	2.7
	VER	14.6	11.9	8	1.4	6.3	11.3	3.2	6.8	1.2
C4	D.F.	9.5	15	8.2	12.3	0.1	3.5	0.5	0	7.9
C5	EDO MEX	25.5	17.6	4.9	0.4	1.8	6.1	1.7	1.3	2.8
	GTO	28.6	14.1	7.7	2.3	4.3	6.6	1	0.3	4.5
	JAL	22.1	19.3	6.1	2.9	6.7	5.1	0.8	0.3	2.2
	PUE	26.1	13.9	6.7	2.5	4.7	4.9	0.9	0.9	1.8
	SLP	23.2	13.5	6.3	2.2	5	8.2	3.2	1.4	1.5

Fuente: Elaboración propia con información en INEGI correspondiente a 2009. Los sombreados fuertes indican las 2 participaciones mayores, los sombreados ligeros corresponden a las 2 participaciones menores.

IM(%): Proporción del PIB del sector industria manufacturera

COM(%): Proporción del PIB del sector comercio

TAC(%): Proporción del PIB del sector transporte, almacenaje y comunicaciones

SFS(%): Proporción del PIB del sector financieros, seguros, actividades inmobiliarias y de alquiler

ASP(%): Proporción del PIB del sector agropecuaria, silvicultura y pesca

C(%): Proporción del PIB del sector construcción

EGA(%): Proporción del PIB del sector electricidad gas y agua

M(%): Proporción del PIB del sector minería

SPCT(%): Proporción del PIB del sector servicios profesionales, científicos y técnicos

ANEXO G: Centros de investigación públicos y particulares por SRI

	SRI	CIUNAM	CIPN	CINVESTAV	UPES	CICONACyT	CIES	TOTAL CIs	Promedio CIs
C 1	AGS				1	3		4	9.50
	BCN	2	1		2	3	1	9	
	CHI				2	6		8	
	COA			1	3	4	1	9	
	NL			1	1	5		7	
	QTO	5	1	1	3	4	3	17	
	SON	2			1	5	2	10	
	TAM			2	1	4	3	2	
C 2	BCS		1		1	3	1	6	6.73
	CAMP	1			2	2	3	8	
	COL				1		1	2	
	DUR		1		4	1	2	8	
	HGO				5			5	
	MOR	5	1		3		3	12	
	Q Roo	1			2	2	1	6	
	TLAX	1	1		2			4	
	SIN	1	1		4	2	1	9	
	YUC			1	2	3	3	9	
	ZAC				4		1	5	
C 3	CHPS				5	3		8	9.00
	GUE				2			2	
	MICH	4	1		3	3	3	14	
	NAY				1		1	2	
	OAX	1	1		10	1	2	15	
	TAB		1		3	4	2	10	
	VER	3			2	2	5	12	
C 4	D.F.	22	7	2	2	10	7	50	50.00
C 5	EDO				7		5	12	9.00
	MEX								
	GTO			1	4	3	1	9	
	JAL	1		1	3	3	1	9	
	PUE				4	1	1	6	
SLP				2	6	1	9		

Fuente: Elaboración propia con información en FCCyT con datos correspondientes a 2011

CIUNAM: Total de centros de investigación científica de la UNAM (2011)

CIPN: Total de centros de investigación del IPN (2011)

CINVESTAV: Total de centros de investigación CINVESTAV (2011)

UPES: Total universidades públicas estatales (2011)

CICONACyT: Total de centros de investigación CONACyT (2011)

CIES: Total de centros de investigación dependientes de secretarías de Estado y otros CPI (2011)

TOTALCIs: Total de IES y centros de investigación (2011)