



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
(SISTEMAS) – (PLANEACIÓN)

ESTRUCTURA Y DINÁMICA DE LA COMPETITIVIDAD SUSTENTADA EN LA
INNOVACIÓN EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN REGIONAL

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
DOCTOR EN INGENIERÍA

PRESENTA:
EUGENIO MARIO LÓPEZ Y ORTEGA

TUTOR PRINCIPAL:
DR. FELIPE DE JESÚS LARA ROSANO

MÉXICO, D. F. OCTUBRE 2013

#

JURADO ASIGNADO:

Presidente: DR. GABRIEL DE LAS NIEVES SÁNCHEZ GUERRERO

Secretario: DR. JUAN PABLO ANTÚN CALLABA

Vocal: DR. FELIPE DE JESÚS LARA ROSANO

1^{er.} Suplente: DR. JOSÉ LUIS FERNÁNDEZ ZAYAS

2^{do.} Suplente: DRA. JUDITH ZUBIETA GARCÍA

MÉXICO, D.F.

TUTOR DE TESIS:

DR. FELIPE DE JESÚS LARA ROSANO

FIRMA

ÍNDICE

<u>Capítulo</u>	<u>Página</u>
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	2
1.2 Objetivos	7
1.3 Supuestos e hipótesis de investigación	7
1.4 Metodología	9
2. EL CONCEPTO DE COMPETITIVIDAD	11
2.1 El desarrollo del concepto de competitividad	11
2.1.1 La visión neoclásica del crecimiento	12
2.1.2 Antecedentes del concepto de competitividad	17
2.1.3 El concepto de competitividad	22
2.2 El enfoque cuantitativo de la competitividad	25
2.2.1 Dimensiones de la competitividad regional	25
2.2.2 Mediciones totales de la competitividad	28
2.2.3 Otras mediciones de la competitividad	36
2.3 Competitividad estructural y sistémica	37
3. EL ENFOQUE SISTÉMICO DE LA INNOVACIÓN	43
3.1 El concepto de Sistema Nacional de Innovación (SNI)	43
3.2 Líneas de desarrollo del concepto SNI	51
3.2.1 Desarrollo de bases conceptuales	52
3.2.2 Relación con el concepto de competitividad	53
3.2.3 Relación con el análisis de la creación y aplicación del conocimiento	55
3.2.4 La aplicación práctica del concepto SNI	56
4. MODELO DE UN SISTEMA REGIONAL DE INNOVACIÓN	60
4.1 Modelos propuestos de un SNI	60
4.2 Análisis de los modelos propuestos	72
4.3 Bases para un modelo dinámico de una SNI	79
4.3.1 Utilización de una concepción amplia del proceso de innovación	80
4.3.2 Modelación de un sistema de producción (SP)	82

4.3.3	Limitación del nivel a modelar	84
4.3.4	Limitación del alcance territorial del sistema a modelar	85
4.3.5	Incorporación del conocimiento como fuente de innovación	86
4.3.6	Énfasis en los recursos humanos	89
4.3.7	El Sistema de Producción Regional (SPR) expresado a través de su estructura y resultados	91
4.3.8	La inversión como elemento de cambio	95
4.3.9	Utilización de DS para la modelación	100
5.	MODELO DÍNAMICO DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN REGIONAL SUSTENTADO EN LA INNOVACIÓN	102
5.1	Dinámica de sistemas	102
5.2	Bases del modelo propuesto	106
5.3	Competitividad y ambiente de innovación en la región	110
5.4	Subsistema regional de producción de bienes y servicios	116
5.5	Subsistema regional de inversión	122
5.6	Subsistema regional de empleo	129
5.7	Subsistema regional de formación de recursos humanos	134
6.	CONCLUSIONES	141
	BIBLIOGRAFÍA	155

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo presenta una propuesta de modelado de un sistema de producción regional que contempla los fundamentos que permitan generar competitividad en un ambiente de innovación en todo el tejido productivo. Para fundamentar esta propuesta, en primer lugar se analiza el concepto de competitividad, su significado y la manera en que ha sido utilizado como parámetro para la comparación entre las economías de diferentes países o regiones.

Asimismo, se estudia la aparición del enfoque sistémico de la innovación. Bajo este enfoque se considera que la innovación es un proceso social complejo en el que intervienen diferentes elementos que interactúan para mejorar un sistema productivo ubicado en un territorio en particular: nación, región o distrito.

Estos dos enfoques han convergido en el presente siglo lo cual ha motivado, entre otras líneas de estudio, el desarrollo de propuestas de modelación de sistemas de innovación. Por ello, se presenta una identificación de los trabajos publicados en esta línea y se señalan los aspectos más relevantes de cada uno de ellos.

Con base en la revisión del significado del concepto de competitividad y del análisis sistémico de la innovación y, en particular, del contenido de las propuestas de modelación, se plantean las bases a considerar en una nueva propuesta de modelación de un sistema innovativo de producción. Esta propuesta contempla no solamente a las organizaciones relacionadas con las actividades de investigación y desarrollo tecnológico, sino a todas las entidades productivas que conforman el sistema de producción de una región.

A partir de las bases señaladas, se construye una nueva propuesta para modelar un sistema de producción regional cuyo nivel de competitividad se sustente en el desarrollo de un ambiente de innovación que permee a todas las organizaciones productivas.

1.1 Antecedentes

A mediados de la década de los 80 del siglo XX fueron propuestos dos conceptos que a la fecha son ampliamente utilizados en relación con el desarrollo económico. Se trata del concepto de competitividad y del enfoque sistémico del proceso de innovación a nivel nacional conocido como sistema nacional de innovación.

Ambas propuestas fueron motivadas por la insuficiencia de la teoría económica neoclásica para explicar los diferentes ritmos de desarrollo que registraban diversos países en la posguerra. A pesar de este motivo común, durante las décadas de los 80 y 90 del siglo pasado, ambos conceptos no presentaron una relación evidente, por el contrario su desarrollo inicial se presentó independiente uno del otro.

Se puede decir que el concepto de competitividad corresponde a una visión ecléctica del pensamiento económico dirigida a entender el proceso de desarrollo de las diferentes economías de finales del siglo XX. En este sentido, uno de sus principales sustentos corresponde a la escuela estructuralista del pensamiento económico. Esta escuela presenta una crítica del pensamiento neoclásico de la economía dándole especial relevancia al análisis de la estructura que presenta el sistema productivo de cada país.

El concepto de competitividad también recibe gran influencia de la corriente de desarrollo sostenible iniciada en la década de los 80. Asimismo, toma el principio de apertura de mercados como una forma de evitar las posibles ineficiencias de un sistema productivo sujeto a condiciones proteccionistas.

Con base en la integración de diversas ideas, la competitividad se concibe como una *habilidad* para lograr el desarrollo de un país, abierto al mercado mundial, incrementando el nivel de vida de sus habitantes en general y haciendo esto con bases sustentables.

Por su parte, el enfoque sistémico de la innovación fue propuesto inicialmente por dos autores: Freeman (1987) y Lundvall (1985), y a su vez se nutre de las ideas surgidas en los siglos XIX y XX por autores tales como List (1942) y Schumpeter (1978). List propone un enfoque sistémico de la economía lo que supone que el estado del sistema productivo depende de lo realizado y acumulado en los periodos

previos. Es decir, el desarrollo económico es concebido como un proceso social en que lo realizado en un periodo previo determina la manera en que se realizará el siguiente.

Por su parte Schumpeter, al analizar el sistema capitalista, toma la idea de Marx con respecto al agotamiento de la plusvalía como motor del crecimiento económico. Sin embargo, Schumpeter encuentra dos nuevas fuentes de plusvalor: la innovación y el emprendedor como promotor de la innovación.

Así, el enfoque de sistemas nacionales de innovación explica las diferencias en los niveles de desarrollo de los países con base en la capacidad acumulada que cada sociedad tiene para realizar el proceso de innovación, así como en la manera que se organiza para efectuar dicho proceso de manera eficiente.

A pesar de que ambas corrientes de pensamiento (competitividad y sistemas de innovación) respondían a un motivo común, durante las décadas de los 80 y 90 del siglo pasado no se presentó una relación evidente; por el contrario, su desarrollo inicial se presentó independientemente una de la otra.

Es hasta el presente siglo cuando se observa vinculación entre el análisis de la competitividad y los estudios relacionados con el enfoque sistémico de la innovación. Para ello, existe una tercera línea de pensamiento que ha servido como catalizador entre ambos enfoques y corresponde al análisis de la manera en que se genera, difunde y utiliza el conocimiento en las organizaciones productivas.

Con esta integración, la innovación aparece como la principal fuente de creación y sustentabilidad de la competitividad de un país a través de la creación, acumulación y aprovechamiento de conocimientos puestos en práctica en el sistema productivo.

En los últimos años del siglo pasado, estos conocimientos fueron relacionados con las actividades de investigación y desarrollo tecnológico (I+D+T) que presuponían la generación de nuevos productos o procesos productivos. Sin embargo, en el presente siglo esta visión se ha ampliado considerando relevantes aquellos conocimientos que no necesariamente surgen de la I+D+T pero que también generan mejoras en la forma de producir mercancías (OECD, 2009). En este sentido, el proceso de innovación se considera ya no solamente ligado a la I+D+T sino a todos

los cambios que producen mejoras en la calidad de los bienes o servicios o en la productividad del proceso productivo.

El desarrollo del Manual de Oslo¹ ejemplifica muy bien este cambio en cuanto a la comprensión del alcance de la innovación. En su primera edición de 1992, el Manual trata esencialmente de la manera de expresar y evaluar la innovación tecnológica de productos y de procesos en el sector manufacturero. La segunda edición de 1997, amplía las actividades consideradas de innovación al sector de servicios. La tercera y más reciente edición de 2005, incorpora actividades en mercadotecnia y en la organización de la producción que considera *innovaciones no tecnológicas*, pero igualmente importantes para el desarrollo productivo. Asimismo, esta última edición señala la importancia de la visión sistémica de la innovación por lo que también se ocupa de la manera de expresar los vínculos que se establecen dentro de un sistema de innovación.

La integración de las tres vertientes de pensamiento (competitividad, sistemas de innovación y gestión del conocimiento) le ha dado gran impulso a los estudios relacionados con el enfoque sistémico de la innovación y de la competitividad. En el enfoque sistémico subyace la idea que la innovación representa una actividad social en la que se generan conocimientos que se van acumulando a través de un proceso de aprendizaje (Lundvall. 1992). Por lo tanto, se debe favorecer que en el proceso productivo que se realiza en un territorio (país, región o distrito) se genere un ambiente de innovación que permita sustentar el desarrollo de la competitividad de dicho espacio.

Un punto medular para el diseño de políticas que fomenten el desarrollo de un ambiente de innovación consiste en comprender la estructura y comportamiento de un sistema nacional de innovación. Por ello, existen en el mundo diversos grupos que trabajan en este tema². En particular, una línea que ha tomado gran impulso en

¹ El Manual de Oslo es una guía para el levantamiento e interpretación de datos referentes a la innovación. Es promovido y publicado por la OECD y a la fecha se cuenta con tres ediciones: 1992, 1997 y 2005 (OECD, 2005).

² Para ejemplificar este punto, se puede mencionar el programa de la Universidad de las Naciones Unidas en su sede en Maastricht (Maastricht Economic and Social Research Institute on Innovation and Technology), referentes a conocimiento y dinámica industrial

los últimos años es la modelación de los sistemas de innovación con el objeto de comprender mejor la estructura y relaciones entre las partes del sistema (ver tabla 4.1).

Los modelos propuestos buscan generar una herramienta que sirva como laboratorio para analizar diferentes hipótesis que se pueden plantear en el estudio del comportamiento de un sistema de innovación. Los trabajos relacionados con esta línea presentan dos características. En primer lugar consideran que un sistema de innovación corresponde a un sistema complejo. Por esta razón, buena parte de los modelos desarrollados utilizan la técnica de dinámica de sistemas la cual, consideran, es pertinente para expresar la complejidad del sistema. Además, la incorporación del enfoque de sistemas complejos permite tomar el concepto de *aptitud*³ para expresar la idea de *habilidad* utilizada en las definiciones de la competitividad.

En segundo lugar, en los trabajos identificados persiste la idea que la innovación se encuentra asociada a las actividades de investigación y desarrollo tecnológico (IyDT). Por consiguiente, la modelación no incluye a todo el sistema productivo sino únicamente a las entidades asociadas a dichas actividades.

Esta concepción de la innovación deja fuera del análisis a una gran parte de las organizaciones productivas que, en países como México, no realizan actividades de IyDT⁴; pero que sin embargo conforman una parte relevante del sistema productivo. Por lo tanto, el análisis de la construcción de la competitividad se reduce a solamente un sector de la economía que, generalmente, lo conforman las organizaciones de mayor desarrollo.

Es en este punto en donde se ubica el problema al que se ocupa el presente trabajo: proponer un modelo de un sistema de producción regional que contemple las bases

(knowledge and industrial dynamics). (UNU, 2013)

³ El concepto de *aptitud* (del inglés fitness) es tomado de la biología para expresar la capacidad de adaptación al medio ambiente de un conjunto de individuos de la misma clase. Ha sido utilizado en la aplicación de sistemas complejos para el estudio de las organizaciones (Roos, J. y Oliver, D., 1999).

⁴ Esta visión parcial de la innovación es compartida, en gran medida, por el Programa Nacional de Innovación publicado en noviembre de 2010 (CII, 2011).

sobre las que se construye un ambiente de innovación dentro de dicho sistema y que represente el elemento de sustentabilidad para el crecimiento de la competitividad. Este modelo proporcionaría una herramienta para avanzar en la comprensión del proceso social de innovación y, en consecuencia, en el mejor diseño de políticas y programas dirigidos a su fomento.

El modelo considera los elementos fundamentales para desarrollar un ambiente de innovación en todo el sistema productivo regional. Estos elementos se concentran en la mayor participación de recursos humanos con calificación y en la creciente participación de la inversión en innovación, vista esta última no solamente ligada a las actividades de I+D+D sino a todas aquellas que motivan la eficiencia operativa.

En este sentido, la propuesta de este trabajo coincide con lo señalado por Cimoli (2000) quien plantea que las competencias para emprender procesos de innovación pueden expresarse a través de indicadores tales como las habilidades educativas (educational skills), los gastos en I+D+D y la propensión a la transferencia tecnológica de las organizaciones. En el modelo aquí propuesto los gastos en I+D+D se asocian a la inversión en innovación: Por su parte, la propensión a la transferencia tecnológica es considerada en el modelo como parte de la variable llamada *propensión regional a la innovación*.

La competitividad regional es expresada a través de la estructura y resultados del sistema productivo regional. La estructura es modificada con base en la *aptitud* que acumulan las organizaciones productivas para emprender procesos de innovación y, de esta manera, generalizar un ambiente de innovación en todo el sistema productivo.

Para expresar los resultados del sistema productivo regional asociados a su nivel de competitividad se utiliza el concepto de términos de intercambio. Este concepto fue desarrollado por la llamada teoría del desarrollo de la CEPAL (Rodríguez, 1980) para explicar las diferencias en los ritmos de acumulación entre los países ricos (centrales) y pobres (periféricos). En el presente trabajo, la diferencia en los términos de intercambio se genera por la mayor productividad y/o mejor calidad de los bienes

y servicios que produce una región con respecto a otras regiones que concurren a los mismos mercados.

1.2 Objetivos

El objetivo general de este trabajo es el proponer un modelo de un sistema de producción regional que represente una herramienta útil para avanzar en la comprensión de la complejidad existente en los procesos de construcción de la competitividad de una región sustentada en la formación de un ambiente de innovación.

Para ello, se plantean los siguientes objetivos parciales:

- Analizar el desarrollo de los enfoques relacionados con el concepto de competitividad y el análisis sistémico de la innovación
- Revisar la manera en que se han integrado ambos enfoques
- Revisar el desarrollo de modelos dirigidos a la integración de ambos enfoques
- Revisar la manera en que dichos modelos expresan la complejidad de los sistemas de innovación
- Proponer las bases de un modelo que contemple la formación de un ambiente de innovación en un sistema productivo regional
- Desarrollar un modelo dinámico que responda a las bases propuestas

1.3 Supuestos de investigación

El primer supuesto de este trabajo consiste en considerar que la competitividad se puede definir como una *aptitud* de los sistemas productivos de países o regiones. Esta *aptitud* se expresa a través del intercambio favorable de los bienes y servicios producidos en condiciones de mercados abiertos y que los resultados de este intercambio generen crecientes niveles de ingresos para sus habitantes. El intercambio favorable es expresado a través del concepto de *relación de intercambio* que significa que los precios de los bienes y servicios producidos en una región mantienen una relación favorable con respecto a los precios de las mercancías producidas en otras regiones.

La *aptitud* de un sistema productivo se desarrolla a través de un cambio de la estructura que privilegie la construcción de un ambiente de innovación en todas las organizaciones productivas que lo conforman. Así, la innovación se considera el elemento que permite que se desarrolle dicha *aptitud*; por lo tanto, es un factor fundamental para que la competitividad nacional o regional se desarrolle de manera sustentable.

Otro supuesto relevante es el considerar a la innovación como un proceso social que se desarrolla en todo el sistema productivo y no solamente en aquellas organizaciones relacionadas con las actividades de IyDT. Por lo tanto, el análisis de la competitividad sustentada en procesos de innovación debe contemplar a todo el sistema productivo y no solamente a aquellas organizaciones relacionadas con dichas actividades, como lo suponen la mayor parte de las propuestas de modelación de sistemas de innovación.

Finalmente, el cambio en la estructura de un sistema productivo que motiva el desarrollo de un ambiente de innovación se fundamenta en dos aspectos: la estructura de la inversión y del empleo. En la medida que aumenta la inversión destinada a la innovación y el empleo se conforma con una creciente participación de personal calificado, las organizaciones regionales contarán con mayor *aptitud* para innovar⁵.

Estos dos aspectos se consideran los elementos básicos para fortalecer la consolidación de una ambiente regional de innovación que podría ser potenciado a través de adecuadas políticas que promuevan la vinculación entre los diferentes actores.

⁵ Cimoli (2000) plantea que las competencias para emprender procesos de innovación pueden expresarse a través de indicadores tales como las habilidades educativas (*educational skills*), los gastos en IyDT y la propensión a la transferencia tecnológica de las organizaciones. En este trabajo se consideran a los dos primeros indicadores como los promotores de un ambiente de innovación en las organizaciones, pero considerando a la inversión en innovación con un enfoque más amplio que el restringido a las actividades de IyDT.

1.4 Metodología

Desde su presentación, el concepto de sistemas nacionales de innovación (o simplemente sistemas de innovación) ha tenido gran éxito como un marco teórico para analizar el desarrollo económico registrado en diferentes países. Esto ha motivado el interés por generar instrumentos que permitan su utilización de una manera práctica (Niosi, 1993).

Asimismo, otros trabajos que han abordado el estudio del desarrollo económico han propuesto y utilizado el concepto de competitividad. Este concepto se ha desarrollado de manera contemporánea al enfoque de sistemas de innovación y también ha motivado el interés por lograr su utilización práctica (WEF, 2013) (Porter, A. et al, 2008) (IIMD, 2012).

En este punto radica el principal objetivo de este trabajo; es decir, abonar al estudio del proceso de innovación a partir de un enfoque sistémico y que considere de manera explícita la construcción de la competitividad regional. Por ello, en una primera etapa de la investigación se identificaron y revisaron los trabajos relacionados con el desarrollo de los conceptos de competitividad y de sistemas de innovación.

Con base en esta revisión, se realizó un análisis de la manera en que se han desarrollado ambos enfoques y de las principales ideas, conceptos y líneas de investigación que se han abordado. Una línea creciente en los últimos años corresponde a la construcción de modelos de simulación basados en un enfoque sistémico de la innovación. Esta línea responde al interés por lograr una utilización práctica de los conceptos señalados: sistemas de innovación y competitividad.

De esta manera, en una segunda etapa de la investigación se identificaron y analizaron los trabajos que proponen modelos y/o bases para modelar sistemas de innovación. Varios de estos modelos relacionan la construcción de la competitividad con el buen funcionamiento de los sistemas de innovación presentes en diversas regiones.

Se realizó un análisis de cada una de las propuestas de modelación con el objeto de identificar los principales elementos sobre los que se sustentan. A partir de este

análisis se realizó una crítica basada en uno de los principales supuestos de este trabajo; es decir, que la innovación es un proceso social que se desarrolla en todo el sistema productivo y no solamente asociado a las actividades de I+D+D.

En una tercera etapa de la investigación y con base en la crítica de los trabajos previamente identificados, se tomaron los elementos que se consideraron adecuados para expresar el comportamiento de un sistema de producción cuyo desarrollo se sustente en la generación de un ambiente de innovación. De esta manera, se identificaron las bases a considerar en la construcción de un nuevo modelo.

Finalmente, la cuarta etapa de la investigación se dirigió al desarrollo de la propuesta de un nuevo modelo que permitiera analizar la estructura y dinámica de la competitividad de un sistema productivo sustentada en la generación de un ambiente de innovación y contemplando los supuestos de la investigación antes señalados.

Esta propuesta integra cinco subsistemas regionales que se consideran elementales en la construcción de la competitividad regional sustentada en procesos de innovación. Para cada uno de estos subsistemas se contemplaron las variables que podrían expresar su comportamiento fundamental.

Los cinco subsistemas fueron integrados en uno solo el cual fue construido en el software de simulación dinámica llamado Stella. Los resultados de las simulaciones ante varios escenarios se analizaron y comentaron en las conclusiones de la investigación realizada.

2. EL CONCEPTO DE COMPETITIVIDAD.

Hasta mediados del siglo pasado, la medición de la capacidad económica de una nación era expresada a través del volumen de producción. A partir de los años 60 del siglo XX, crecieron los argumentos en contra de esta expresión dada su insuficiencia para reflejar diversos aspectos considerados relevantes. En particular, el progreso técnico y la sustentabilidad del proceso productivo no eran adecuadamente valorados.

Durante la década de los 80 cobró fuerza el concepto de competitividad como una manera de expresar la aptitud económica de una unidad productiva. A pesar de su breve historia, dicho concepto ha registrado un gran auge durante los últimos años.

Este capítulo presenta un análisis del concepto de la competitividad. En primer lugar se estudian sus antecedentes, evolución y su aplicación como expresión de la aptitud de una unidad productiva para hacer frente a las nuevas condiciones del mercado en el corto, mediano y largo plazos,. En segundo término se analiza el enfoque en el estudio de la competitividad dirigido a la cuantificación del concepto; se reseñan los principales esfuerzos emprendidos a la fecha para la medición de la competitividad y se analizan sus principales sustentos metodológicos. Posteriormente, se presenta un segundo enfoque llamado competitividad sistémica que busca, a través del análisis de sistemas, estudiar el desarrollo de la competitividad de una unidad económica.

2.1 El desarrollo del concepto de competitividad.

El concepto de competitividad es el resultado de diversos cambios ocurridos en la segunda parte del siglo XX en relación con el estudio del crecimiento y la capacidad económica de una región (país) o de una unidad productiva.

Durante la primera mitad del siglo pasado dominó la visión neoclásica del crecimiento económico. A partir del período de la posguerra, se observaron limitaciones en dicha visión, principalmente para incorporar aspectos tales como el cambio técnico y la sustentabilidad del proceso productivo. Esto provocó el surgimiento y fortalecimiento de otros enfoques que, a mediados de los 80, dieron origen al concepto de

competitividad.

A continuación se reseña brevemente la visión neoclásica del crecimiento económico y las principales limitaciones que propiciaron el desarrollo del concepto de competitividad. Posteriormente se presenta una descripción histórica del desarrollo del concepto de competitividad como respuesta a las limitaciones del mencionado enfoque neoclásico.

2.1.1 La visión neoclásica del crecimiento.

La teoría neoclásica es una visión fundamentalmente cuantitativa; en este sentido, el desarrollo económico se expresa a través del crecimiento del producto.

La teoría neoclásica afirma que toda unidad productiva combina dos factores para obtener un determinado producto: el capital y el trabajo. Esta combinación se expresa a través de la función de producción la cual presenta la siguiente forma.

$$Q = f(K, L)$$

en donde:

Q es la cantidad de producto obtenido

K es el capital aportado a la producción

L es el trabajo aportado a la producción

La función de producción más utilizada es la llamada Cobb-Douglas que presenta la siguiente forma:

$$Q_t = A e^{\lambda t} K_t^\alpha L_t^{1-\alpha} \quad (1)$$

en donde:

Q_t es la cantidad de producto obtenido en el tiempo t

K_t es el monto de capital invertido en el tiempo t

L_t es la cantidad de trabajo aportado en el tiempo t

A es una constante

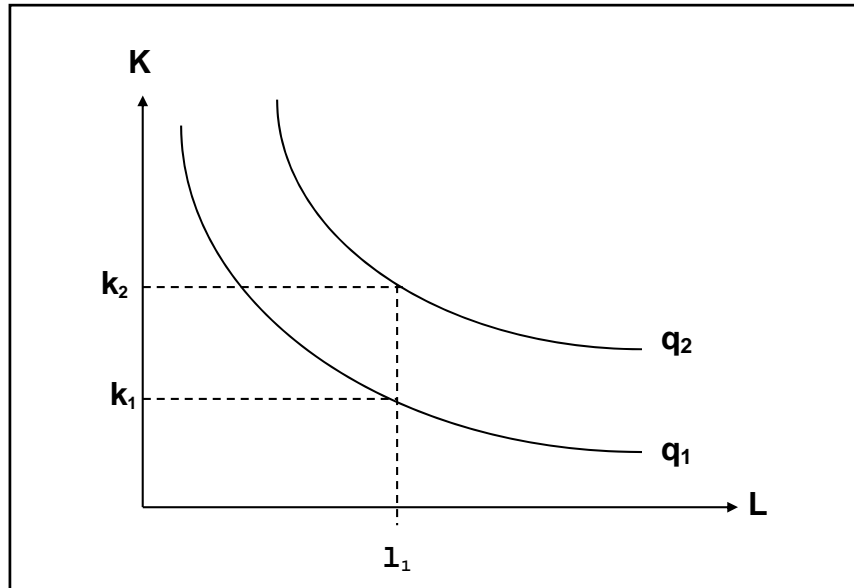
λ es la tasa de crecimiento de la productividad del factor total⁶

α es la participación del capital y del trabajo en el producto total.

La expresión (1) genera curvas de producción como las que muestra la figura 2.1

⁶ Factor total se refiere a la productividad conjunta de los factores de la producción: capital y trabajo.

Figura 2.1 Representación de curvas de producción.



Cada punto situado en la curva q_i representa un mismo monto de producto que se puede alcanzar con las combinaciones de los dos factores de producción disponibles: capital (K) y trabajo (L). La combinación de factores definida por el punto k_1l_1 permite alcanzar una producción equivalente a q_1 . Si la misma unidad productiva desea incrementar su producción al nivel q_2 , deberá aumentar la cantidad de factores aportados a la producción. Por ejemplo, incrementar la aportación de capital (K) para alcanzar el punto k_2l_1 .

La expresión (1) establece otra posible fuente de incremento del producto sin aumentar la aportación de los factores de la producción; dicha fuente corresponde a la productividad del factor total definida como λ . Si la productividad aumenta, entonces las curvas q_i se desplazarán hacia la izquierda y, en consecuencia, la combinación de factores representada por el punto k_1l_1 podrá alcanzar una curva de producción superior. Es decir, con la misma aportación de recursos se logrará una mayor producción.

En la década de los 60 se consideró que el progreso técnico podía representarse a través del incremento de la productividad λ . Una línea de estudio consistió precisamente en cuantificar la aportación del progreso técnico a la producción final.

Para ello, Solow (1957) consideró que la incorporación de tecnología le correspondía el diferencial obtenido entre la producción real y la estimada de acuerdo a la función de producción. Es decir, el progreso técnico se expresaría a través de un incremento de la productividad de los factores. Así, Solow (1957) estimó en 1.5% anual el valor de λ (crecimiento de la productividad) para la economía de los Estados Unidos durante el período 1909-45.

Esta representación del progreso técnico a través de la productividad generó diversas objeciones. Por ejemplo, el desarrollo de nuevos productos no necesariamente incrementa la productividad pero indudablemente sí es una expresión del progreso técnico; además, le ofrece a la firma ventajas comerciales que le permiten mantenerse y/o acrecentar su mercado.

Para responder a tales consideraciones, se propuso la inserción explícita del progreso técnico en la función de producción, a través de la siguiente forma:

$$Q_t = A e^{\lambda t} C_t^\gamma K_t^\alpha L_t^\beta \quad (2)$$

en donde:

C corresponde al *stock* de conocimientos.

γ, α, β son constantes cuya suma es igual a 1.

Con base en la expresión (2) Richardson (1971), resume la visión neoclásica del crecimiento económico señalando que el crecimiento de una ciudad, una región o una nación está determinado por su tasa de crecimiento poblacional, su tasa de crecimiento de la inversión y su tasa de crecimiento tecnológico, interpretado éste con amplitud.

El crecimiento poblacional permite el incremento del factor trabajo (L), la inversión provoca un aumento del factor capital (K) y el crecimiento tecnológico del factor conocimientos (C).

El problema que plantea la expresión (2) radica en la manera en que se podría expresar el valor de C y, principalmente, de la constante γ . Se propuso la estimación de dicha constante a través de la participación de los gastos en actividades de investigación y desarrollo tecnológico (IyDT) (Griliches, 1984).

Este planteamiento también tuvo objeciones (Stoneman, 1987). Los gastos en IyDT frecuentemente repercuten en la producción de períodos posteriores por lo que la función propuesta no podría expresar adecuadamente los efectos de tales gastos en la producción del mismo período en que se efectúan. Además, no todo el *stock* de conocimientos incorporado a la producción corresponde a actividades de IyDT. El incremento en el conocimiento puede concretarse en otros aspectos tales como una mejor organización del trabajo, la mejor y más racional utilización de la maquinaria (capital) disponible, etc.

Los señalamientos acerca de la insuficiencia conceptual de la teoría neoclásica para incorporar al progreso técnico dentro de la función de producción no se limitaron a la parte teórica. También algunos resultados prácticos habían manifestado sus limitaciones. Un ejemplo corresponde a la diferencia en el crecimiento de la productividad industrial registradas en algunos países miembros de la OECD. En el período 1973-1985, el incremento promedio de la productividad en países como la antigua Alemania Federal y Japón fue superior al 5% anual en tanto que en los Estados Unidos fue inferior al 2%. Ésta marcada diferencia en el crecimiento de la productividad no respondía a la diferencia en los gastos de IyDT registrados en los Estados Unidos⁷.

La insuficiencia de la teoría neoclásica para explicar este hecho motivó el desarrollo de nuevos análisis que abandonaron las bases conceptuales de dicha teoría. En 1985 se publicó el estudio realizado por investigadores de la Universidad de Harvard titulado: *La Competitividad de los Estados Unidos en la Economía Mundial* (Scott y Lodge, 1985). Este trabajo fue uno de los primeros que plantearon el concepto de competitividad. En él se señala que la competitividad de una nación es un asunto de estrategia económica y que la teoría de las ventajas comparativas ya no *...se puede considerar adecuada como una base para el diagnóstico y la determinación de políticas...*

⁷ Por el contrario, al inicio del período señalado, algunos autores planteaban la desventaja en el avance económico de los países europeos debido a que la sociedad norteamericana (firmas y sector público) invertían más en IyDT que los países europeos (Servan-Schreiber, 1970).

La teoría de las ventajas comparativas es también uno de los pilares teóricos de la economía neoclásica ampliamente utilizada para establecer políticas económicas tendientes a lograr un crecimiento del producto nacional. Fue propuesta por David Ricardo hace casi 200 años. Según esta teoría, un país (región) adquiere ventajas comparativas factoriales con respecto a otro al especializarse en la producción de los bienes que requieren aquellos factores de la producción de los cuales se dispone ampliamente. De esta manera, un país registra ventajas comparativas con respecto a otro en aquellos productos en los que logra el menor costo unitario relativo. Así, los países con abundancia de mano de obra poco capacitada serán más eficientes en la producción de bienes en los que se requieren amplios ingredientes de dicho factor. Por el contrario, los países que han acumulado capital y cuya mano de obra resulta más cara por su mayor capacitación, serán más eficientes en la producción de bienes técnicamente más sofisticados.

Esta especialización les otorga, a ambos tipos de países, ventajas comparativas en el comercio internacional lo cual, en principio, les redituará beneficios mutuos.

Sin embargo, existen diversos ejemplos que difícilmente eran adecuadamente explicados por la teoría de las ventajas comparativas. Por ejemplo, Porter señala los casos de Corea del Sur y los Estados Unidos. Corea del Sur, que virtualmente no contaba con capital al término de la guerra de Corea (mediados de los 50), fue capaz de participar sustancialmente en el comercio mundial en sectores intensivos en capital tales como acero, construcción de barcos y automotriz. Los Estados Unidos *...con mano de obra capacitada, científicos preminentes y abundante capital ha visto erosionarse su participación en los mercados de exportación de sectores en donde menos se esperaba, tales como máquinas-herramientas, semiconductores y productos electrónicos sofisticados*⁸ (Porter, 1990).

Al igual que en el concepto de función de producción, en la teoría de las ventajas comparativas, la tecnología aparece *...como un perturbador crónico (de la teoría) de*

⁸ Porter (1990) propone la renovación del concepto de ventajas comparativas por el de ventajas competitivas. Estas últimas ventajas no estarían dadas por la disponibilidad y precio de los factores de la producción sino por un conjunto de relaciones establecidas dentro de una región que favorecen la producción muy eficiente de sectores productivos específicos.

las ventajas comparativas, dado que ella (la tecnología) ha suministrado la principal fuente de cambio de las firmas, de las regiones y de las naciones (Chesnais, 1986),

En conclusión, algunos conceptos fundamentales de la teoría neoclásica relativos al crecimiento económico resultaban insuficientes para incorporar adecuadamente al progreso técnico, el cual se presentaba como un rasgo fundamental del proceso económico. Este hecho motivó el desarrollo de otras referencias de análisis que han coadyuvado al nacimiento del concepto de competitividad. A continuación se presenta un breve análisis de tales referencias.

2.1.2 Antecedentes del concepto de competitividad

En la primera mitad del siglo XX, Joseph Schumpeter consideraba que el crecimiento de la producción no solamente respondía a los factores productivos ortodoxos: capital y trabajo. También dependía de aspectos relacionados con la tecnología y con la organización social. Esta última podía propiciar la presencia de agentes de cambio con capacidad para innovar los procesos productivos existentes.

Si bien el crecimiento económico estaba basado en el incremento de los factores ortodoxos, la innovación y la organización social eran la fuente de lo que Schumpeter llamó el desenvolvimiento económico (Schumpeter, 1978).

Cuatro décadas después de publicada una de las principales obras de Schumpeter, en el período de la posguerra aparece el llamado pensamiento económico de la CEPAL (Comisión Económica Para América Latina). Este pensamiento se basaba en un enfoque estructural para explicar el subdesarrollo de los países de la América Latina y planteaba que *...la economía mundial está compuesta por dos polos, el centro y la periferia, cuyas estructuras productivas difieren de modo sustancial* (Rodríguez, 1980).

Debido a su desarrollo histórico, la estructura de los países llamados periféricos se caracterizaba por su especialización y heterogeneidad. La especialización se refería a la concentración productiva alrededor de los sectores productivos primarios (minería, agricultura, etc) los cuales eran fuertes exportadores de materias primas hacia los países centrales. La heterogeneidad consistía en el hecho de que los

sectores industriales de la periferia eran poco relevantes y principalmente importadores. Esta situación motivaba que *...los incrementos de la productividad del trabajo -consecuencia de la incorporación del progreso técnico al proceso productivo- son más intensos en la industria del centro que en los sectores primario-exportadores de la periferia, hecho que a su vez se refleja en la disparidad de los ritmos de aumento de las respectivas productividades medias.* (Rodríguez, 1980).

Por lo tanto, el progreso técnico, y su consecuencia la productividad, se concentraba en los países centrales. Esto provocaba que la capacidad para acumular y crear riqueza fuera cada vez mayor en los países centrales con respecto a los países periféricos⁹. Así, la creciente diferencia en las capacidades económicas de los dos tipos de países se fundamentaba en las estructuras productivas que existían en cada uno de ellos y sus correspondientes consecuencias en el progreso técnico y sus frutos.

Es decir, el ritmo de crecimiento del producto en el mediano y largo plazos dependería, en gran medida, de la estructura productiva existente y no solamente en la cantidad de factores aportados a la producción.

Las ideas de la CEPAL dieron origen a la llamada escuela estructuralista la cual fijó su atención en el estudio de la estructura económica de los países, como un aspecto relevante para determinar su capacidad para establecer un proceso de crecimiento productivo.

Esta escuela retomó el concepto de desarrollo económico propuesto por Schumpeter (1978) y planteó, durante la década de los 70, la diferencia entre la idea neoclásica de crecimiento del producto y el significado de desarrollo económico. Al respecto, Flammang (1979) señala que *...las definiciones que se enfocan en el ingreso total o per-cápita nos expresan incremento pero no necesariamente cambio. Ellas miden crecimiento más que desarrollo...*

⁹ Esta idea genera otra teoría referente al deterioro en los términos del intercambio. Según esta teoría, la tendencia en los precios de las mercancías comercializadas entre los países del centro y de la periferia favorecían a aquellos en detrimento de los últimos. Este mecanismo era la manera de concentrar la riqueza en los países centrales y, en consecuencia, la inversión en el cambio técnico.

Es decir, el desarrollo se relaciona con cambios en la estructura productiva. La bondad de tales cambios se mide, no a través del simple incremento del producto, sino de acuerdo al mejoramiento en la calidad de vida de la población que ellos provocan.

Así, la cantidad de producto obtenido expresa el crecimiento económico. Por el contrario, el desarrollo económico se expresa a través del mejoramiento en la calidad de vida que se logra debido a un cambio en la estructura productiva.

De esta manera, para la teoría estructuralista¹⁰ el desarrollo económico se refiere a *...un incremento en la calidad de vida asociada con cambios -no necesariamente incrementos- en el tamaño y composición de la población, en la cantidad y naturaleza de los empleos, en la cantidad y precios de los bienes y servicios producidos localmente.* (Conroy, 1975).

La idea del cambio en la estructura productiva que plantea la escuela desarrollista tiene gran relación con la capacidad de innovación de los agentes productivos propuesta por Schumpeter (1971). El cambio de la estructura productiva se relaciona, a nivel de firma, con su capacidad de innovación. Asimismo, el proceso de innovación se expresa a través de un cambio en la estructura productiva ya sea a través de nuevos productos, nuevos procesos, nuevas formas de organizar el proceso productivo, etc.

Malecki (1994) refiriéndose a la controversia entre crecimiento y desarrollo económicos, escribe lo siguiente: *El desarrollo económico se puede diferenciar ampliamente del crecimiento económico. Crecimiento -incremento en la población de un área específica, o de la cantidad o el valor de los bienes y servicios producidos por la economía local- no necesariamente involucra un mejoramiento en la calidad de vida.*

Otra línea de pensamiento que influyó en el surgimiento del concepto de competitividad fue el movimiento mundial hacia un desarrollo sustentable.

¹⁰ Algunos autores nombran a la teoría estructuralista del desarrollo como desarrollista por la diferenciación que presenta con respecto al concepto de crecimiento económico del enfoque neoclásico.

De acuerdo con Carl Mitcham (1995), los orígenes cercanos del concepto de desarrollo sustentable se ubican en el libro publicado a principios de la década de los 70 titulado *Los Límites del Crecimiento*. El principal argumento de este libro era que el crecimiento no podía continuar indefinidamente con los mismos parámetros en que se había presentado en los últimos 100 años. En consecuencia, el crecimiento económico tenía un límite relacionado con la capacidad del planeta para sustentarlo.

La visión de que el crecimiento tiene límites fue modificada a partir de los años 80 por la idea de que la estructura económica debería permitir un desarrollo sustentable. Así, el concepto de desarrollo sustentable *...no implica límites absolutos sino limitaciones impuestas por el estado actual de la tecnología y de la organización social...Pero la tecnología y la organización social pueden ser administrados y mejorados para construir el camino de una nueva era de crecimiento económico* (WCED, 1987).

La World Conservation Strategy (1980) establecía que el desarrollo económico se define como la *...modificación de la biósfera y la aplicación de recursos humanos, financieros y vivientes y no vivientes para satisfacer las necesidades humanas y mejorar la calidad de vida humana* (tomado de Mitcham, 1995).

En 1987 se propone el concepto de desarrollo sustentable (o sostenible) a partir de una iniciativa de la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo de las Naciones Unidas (WCED, 1987). Esta iniciativa genera un documento conocido como informe Brundtland que señala que: *la satisfacción de las necesidades y aspiraciones humanas es el principal objetivo del desarrollo*. Es decir, al igual que la escuela estructuralista, la línea del desarrollo sustentable propone la idea de calidad de vida como la medida de dicho desarrollo.

Por otra parte, durante el período 1950-1980 se registró un importante crecimiento en la internacionalización de la economía promovido por el comercio mundial y la expansión de las empresas en diferentes países.

En la década de los 80 la internacionalización entra a una fase de globalización como resultado de dos elementos: las políticas de desregulación y la difusión de las tecnologías informáticas y de la comunicación (Hatzichronoglou, 1996). La

consecuencia de este proceso de globalización ha sido el incremento sin precedente del comercio internacional y de la competencia entre firmas.

Entre los principales efectos en las políticas empresariales que ha provocado el proceso de internacionalización y, en particular de globalización, se pueden señalar la evaluación de sus actividades a precios internacionales y la preocupación por localizar sus actividades en medios que le permitan asegurar sus condiciones de competitividad.

Con base en las ideas anteriores, la capacidad para mantener un crecimiento económico depende de la estructura productiva, la cual debe evolucionar en dos sentidos. En primer lugar, manteniendo las condiciones que le permitan enfrentar a la competencia mundial cada vez más intensa debido al proceso de globalización. Además, asegurando las condiciones de reproducibilidad del proceso económico, no solamente desde el punto de vista de los recursos naturales sino de todos los aspectos relacionados con la producción; por ejemplo, el desarrollo de los recursos humanos disponibles en la entidad productiva.

Esto representa el concepto de desarrollo económico el cual deberá medirse a través de un incremento en el nivel de vida de los participantes en la estructura económica. De esta manera, el concepto de competitividad aparece como la capacidad de una entidad para realizar, de una manera sustentable, el proceso productivo el cual genere un mejor nivel de vida de la población.

La tabla 2.1 presenta un resumen de las principales ideas económicas que han influenciado el desarrollo del concepto de competitividad.

Tabla 2.1 Antecedentes del concepto de competitividad

TEORÍA	PERÍODO	PRINCIPALES IDEAS
Crecimiento vs Desarrollo	Segunda mitad de la década de los 70.	<ul style="list-style-type: none"> - El desarrollo significa cambio en la estructura económica y social. - El crecimiento representado a través de la función de producción, no expresa mejoramiento del nivel de vida. Puede haber incremento del producto sin mejorar dicho nivel de vida.
Globalización	Década de los 80	<ul style="list-style-type: none"> - La competencia entre firmas se incrementa sustancialmente. - Los precios domésticos pueden distorsionar la evaluación de los resultados económicos. Por lo tanto, es necesario considerar precios internacionales los cuales reflejan mejor el valor real de las mercancías.
Sustentabilidad	Década de los 80	<ul style="list-style-type: none"> - El desarrollo económico se presenta cuando la economía tiende a mejorar el nivel de vida y se sustenta en condiciones de reproducibilidad. - Originalmente se enfoca a la reproducibilidad de los recursos naturales pero se puede ampliar a todos los recursos (personas en particular).
Competitividad	Segunda mitad de la década de los 80	<ul style="list-style-type: none"> - El desarrollo significa cambio estructural con base en la sustentabilidad del proceso productivo. - La competitividad es la aptitud de las unidades económicas para crear estructuras que permitan un incremento eficiente de la producción y esto lleve al incremento del nivel de vida de los participantes.

Fuente: Elaboración propia

2.1.3 El concepto de competitividad.

El concepto de competitividad se ha desarrollado durante los últimos 25 años y su utilización se ha referido a tres ámbitos diferentes: regional, sectorial y a nivel de firma. A lo largo de su vida, dicho concepto ha ido acumulando diversas definiciones.

En los primeros trabajos sobre el concepto de competitividad, Cohen y coautores (1984) establecen que la *...competitividad internacional de una nación está basada en un mejor desempeño de la productividad y en la habilidad de la economía para modificar su producto hacia actividades de mayor productividad lo cual genera altos*

niveles de salarios.

Un año después, Scott (1985) presenta un estudio sobre la competitividad de los Estados Unidos y establece que *...(la) competitividad nacional se refiere a la habilidad de un Estado-nación para producir, distribuir (), en competencia en la economía internacional, con bienes y servicios producidos en otros países, y hacer esto de tal manera que obtenga incrementos en los estándares de vida.*

En las dos definiciones anteriores resalta el término de *habilidad* de un Estado-nación o de la economía. La habilidad es algo que no puede cuantificarse a través de una función de producción como lo propone la teoría neoclásica. Esto evidencia la búsqueda de un nuevo marco conceptual para analizar la capacidad económica de una nación¹¹.

Asimismo, en la definición que propone Scott (1985) se aprecian dos bases teóricas de la competitividad señaladas en la tabla 2.1; es decir, la diferencia entre crecimiento y desarrollo y la internacionalización o globalización.

La diferencia entre crecimiento y desarrollo aparece al condicionar a la competitividad a que produzca *incrementos en los estándares de vida*. La internacionalización es evidente al establecer como requisito que *la habilidad de un Estado-nación se verifique en competencia en la economía internacional*.

El tercer sustento teórico relacionado con la sustentabilidad del desarrollo no aparece explícitamente en esta definición. Sin embargo, en el mismo trabajo referido, Scott menciona la necesidad de construir la competitividad sobre bases firmes que permitan un incremento sustentable de los estándares de vida. Señala que se puede presentar lo que califica como *tomar prestada una ganancia en los estándares de vida*. Pone como ejemplo el incremento de los niveles de vida experimentados en diversos países de América Latina durante el período 1975-1982 motivado por el gran flujo de préstamos internacionales. Al no sustentarse este incremento en condiciones reproducibles, sobrevino la crisis de la deuda en muchos países de la

¹¹ La habilidad que señalan estas definiciones se puede considerar como equivalente al concepto de aptitud (*fitness*) de las organizaciones productivas para sobrevivir en el medio ambiente cambiante en que se desarrollan. Este concepto de aptitud se utiliza en el enfoque de sistemas complejos como se verá más adelante en este trabajo (Stacey, 2001).

región con la consecuente pérdida de los estándares de vida ganados previamente.

Cinco años después, Porter (1990) define a la competitividad como *...la producción de bienes y servicios de mayor calidad y de menor precio que los competidores domésticos e internacionales, que se traduce en crecientes beneficios para los habitantes de una nación al mantener y aumentar los ingresos reales* (Porter, 1990).

Esta definición mantiene las dos bases teóricas de la competitividad mencionadas por Scott; es decir, la internacionalización y el desarrollo manifestado por un incremento de los ingresos reales de los habitantes.

Además, Porter identifica a la calidad y al precio como los factores fundamentales para lograr la realización de las mercancías producidas en el mercado internacional. Ya no es solamente la productividad la que define la competitividad como lo señalaban Cohen y coautores (1984) seis años antes, sino también es relevante la calidad de los productos obtenidos.

Unos años más tarde, la OECD presenta una nueva definición del concepto. Para este organismo, la competitividad es *...la habilidad de compañías, industrias (sectores), regiones, naciones o regiones supranacionales para generar, mientras se encuentran expuestas a la competencia internacional, altos factores de ingresos (relativos) y niveles de empleo con una base sustentable*. (Hatzichronoglou, 1996).

En esta definición propuesta por la OECD se mantienen las ideas básicas de internacionalización y diferenciación entre crecimiento y desarrollo. En este último caso, el desarrollo se expresa a través de los ingresos y niveles de empleo. Aparece también explícitamente la vertiente sustentable dentro del concepto de competitividad.

Asimismo, se insiste en señalar a la competitividad como una *habilidad*; sin embargo, ya no solamente se refiere a un Estado-nación como lo propone Scott, sino que también dicha *habilidad* es aplicable a las firmas y los sectores económicos.

Si la competitividad es una habilidad, entonces ¿cómo se puede medir y de qué manera se puede desarrollar?. Estas dos preguntas han delineado el desarrollo de los estudios sobre la competitividad los cuáles se pueden dividir en dos grandes

grupos:

- Los dirigidos a la cuantificación del concepto.
- Los que estudian la manera de establecer las bases para impulsar la competitividad de una entidad económica.

Al primer grupo se le puede llamar enfoque cuantitativo de la competitividad mientras que el segundo correspondería a lo que algunos autores denominan competitividad estructural. En las siguientes secciones se analizan estos dos grupos.

2.2. El enfoque cuantitativo de la competitividad

Existe un grupo de trabajos que analizan a la competitividad con el objetivo de realizar la medición del concepto. A esta línea de estudio se le puede llamar el enfoque cuantitativo de la competitividad.

Los intentos de medir a la competitividad se han ubicado en tres diferentes niveles: competitividad regional, sectorial o a nivel de firma. La mayor parte de los trabajos se refieren a la competitividad regional en donde frecuentemente se mezcla también una visión sectorial. Es decir, se analizan los sectores productivos localizados en diferentes regiones con el objeto de establecer en cuáles sectores es más competitiva una región y el porqué de dicha competitividad¹².

A continuación se señalan las bases sobre las que se ha realizado la medición de la competitividad regional y sectorial y los principales trabajos que existen al respecto.

2.2.1 Dimensiones de la competitividad regional.

Las definiciones de competitividad se fundamentan en las bases teóricas señaladas en la tabla 2.1. Por lo tanto, se pueden establecer tres dimensiones para su medición asociadas a dichas bases; es decir:

- El desarrollo que involucra un mejoramiento del nivel de vida.
- La sustentabilidad del proceso productivo.
- La capacidad de realización de las mercancías en el mercado internacional.

¹² Este enfoque de análisis de la competitividad que relaciona la región con los sectores productivos recibió un gran impulso a partir de la publicación del libro de Porter, M. (1990).

Cada dimensión de la competitividad se manifiesta de dos maneras distintas:

- Por medio de los resultados obtenidos durante un período por la utilización de la estructura productiva.
- A través de las características de la estructura productiva.

En el primer caso (resultados) se puede hablar de una manifestación ex-post. Es decir, se expresa la competitividad de una región por medio de los resultados que se obtienen después de haber utilizado la capacidad productiva disponible.

En el segundo caso se puede hablar de una manifestación ex-ante. Esto significa que la competitividad se expresa por medio de las características mismas de la capacidad económica de una región, independientemente de los resultados obtenidos.

Con las tres dimensiones de la competitividad y las dos maneras de expresarla, se puede construir la tabla no. 2.2 que muestra ejemplos de los indicadores utilizados en cada dimensión.

Tabla 2.2 Ejemplos de indicadores según la dimensión de la competitividad.

	Resultados de un período	Condiciones estructurales(*)	
D I M E N S I Ó N	Desarrollo	<ul style="list-style-type: none"> - Productividad - PIB per cápita 	<ul style="list-style-type: none"> - Capacidad empresarial. - Distribución del ingreso. - Nivel de escolaridad.
	Sustentabilidad	<ul style="list-style-type: none"> - Crecimiento del PIB 	<ul style="list-style-type: none"> - Capacidad de tratamiento de aguas residuales. - Número de ingenieros por habitante. - Formación de recursos humanos.
	Intercambio internacional	<ul style="list-style-type: none"> - Saldo en el comercio exterior - Participación en las exportaciones de bienes manufacturados. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tendencia en crecimiento del valor agregado. - Tendencia de las exportaciones con base en productos con mayor ingrediente tecnológico.

Fuente: Elaboración propia

En general para su medición, los resultados de un período son más accesibles que las condiciones estructurales. Esto en parte se debe a que existe mayor información disponible referida a los resultados por período. Además, las condiciones estructurales frecuentemente presentan mayores dificultades para su expresión. Por ejemplo, es evidente que la capacidad empresarial es un elemento estructural relevante en la competitividad de una región; pero resulta difícil su medición.

Por estas razones, frecuentemente se recurre a la evaluación de las condiciones estructurales a partir de la tendencia que muestran diversos resultados por período. Por ejemplo, la capacidad empresarial podría expresarse a través de la tendencia, durante varios períodos, en la inversión realizada por agentes locales.

Así, los indicadores de tipo estructural pueden ser de dos tipos:

- Aquellos que expresan las características de la estructura productiva; por ejemplo, capacidad de generación de energía eléctrica.
- Indicadores asociados a las tendencias que muestran los resultados en varios períodos.

Por otra parte, las mediciones de la competitividad que se han desarrollado hasta ahora se pueden dividir en dos tipos: aquellas que tratan de incorporar a las seis zonas de medición que muestra la tabla 2.2 y aquellas que solamente consideran algunas de ellas.

El objetivo del primer tipo (que se podría llamar medición total), es generar una medición de la competitividad que contemple todas las dimensiones que la afectan. Esto conlleva un esfuerzo de identificación y evaluación de indicadores relacionados con las condiciones estructurales las cuales, como se mencionó, presentan mayores dificultades para su expresión.

El segundo tipo de medición de la competitividad corresponde a aquellas que consideran solamente a una parte de las seis zonas establecidas en la tabla 2.2. A este tipo de medición se le podría llamar medición parcial de la competitividad.

A continuación se señalan los principales trabajos relacionados con la medición total de la competitividad.

2.2.2 Mediciones totales de la competitividad.

Las mediciones totales de la competitividad que existen actualmente consideran indicadores relacionados con las seis zonas que presenta la tabla 2.2. Estos indicadores se relacionan con la medición de la competitividad a través de una relación matemática que muestra la siguiente forma:

$$C = f(a_i, Y_i) \quad (3)$$

en donde:

C es el nivel de competitividad

a_i es un factor de ponderación

Y_i es uno o un conjunto de indicadores (ejemplos de la tabla 2.2)

i es el número de indicadores considerados en la medición.

El nivel de competitividad total de una región *C* sirve para ordenar a las regiones (países) consideradas de acuerdo al valor obtenido; es decir, no se utiliza como un valor cardinal sino de manera ordinal comparando el nivel de competitividad con otras regiones.

En los 80 se iniciaron dos esfuerzos de medición total de la competitividad: el Reporte Anual de la Competitividad (World Competitiveness Report – WCR) y el proyecto llamado *Indicadores de la Competitividad Basada en Tecnología*.

El Reporte Mundial de Competitividad (WCR).

Uno de los esfuerzos más importantes de medición de la competitividad fue iniciado a finales de la década de los 80 por el IIMD (*International Institute of Management Development*) establecido en Suiza y presentado anualmente en el *World Economic Forum* (WEF). Estas instituciones publicaban, de manera conjunta, el llamado Reporte Mundial de la Competitividad (WCR por sus siglas en inglés) el cual *...analiza y ordena la capacidad del medio ambiente nacional para sustentar la creación de valor agregado y, por extensión, la competitividad de sus compañías* (IIMD, 1997). El análisis de 1997 incluía 46 países.

La evaluación de la competitividad estaba sustentada en 220 indicadores para cada uno de los países considerados y que cubrían las seis zonas de medición presentadas en la tabla 2.2; es decir $i = 220$ en la expresión (3). Estos indicadores

eran cuantificados con datos estadísticos (136 datos *duros*) y con los resultados de una encuesta (84 datos *blandos*) dirigida a ejecutivos de todo el mundo y que rebasaba los 2,500 encuestados.

Los indicadores utilizados se integraban en ocho grandes grupos o también llamados factores de competitividad. Tales factores eran los siguientes:

- 1) Las características de la economía doméstica
- 2) La internacionalización de la economía
- 3) Las características del gobierno
- 4) Las finanzas
- 5) La infraestructura disponible
- 6) Las características de las organizaciones
- 7) La capacidad científica y tecnológica
- 8) Las características de los recursos humanos.

Cada factor era *medido* a través de un promedio de 28 indicadores que correspondían tanto a condiciones estructurales como a resultados por período. En lo que se refiere a las dimensiones de la tabla 2.2, la mayor parte de los indicadores utilizados se asociaban con el desarrollo y, en menor medida, con la realización internacional y con la sustentabilidad.

El principal resultado que proporcionaba el WCR era una jerarquización de los 46 países analizados de acuerdo al lugar que ocupaban, de manera general y en cada factor de competitividad. Es decir, el resultado no era un valor cardinal de la C en la expresión (3), sino un valor ordinal que permitía ordenar a los países de acuerdo a su nivel de competitividad.

En la evaluación de cada factor de competitividad los indicadores participaban con el mismo peso; es decir, los a_i de cada indicador Y_i tenían el mismo valor en la expresión (3). A su vez, el valor de cada factor de competitividad participaba con un octavo para conformar un valor total de la competitividad de cada país.

Como ejemplo de los resultados aportados por el WCR durante el periodo 1993-97, México se situaba en lugares que variaban entre el 29 y el 42 de acuerdo a su nivel de competitividad global como se puede observar en la tabla 2.3.

La abrupta caída de México del lugar 29 que ocupó en 1994 al lugar 42 en 1995 se explicaría por la crisis económica iniciada a finales del primer año. Analizando esta caída para cada uno de los factores de competitividad se observa que la modificación más acentuada se ubicó en el factor correspondiente a *características de gobierno* en la que pasó del lugar 9 al lugar 39 en solo un año.

El segundo factor en cuanto a caída entre 1994 y 1995 fue la *capacidad científica y tecnológica* la cual pasó del lugar 37 al 46 que correspondió al último del total de países considerados en el estudio.

Tabla 2.3 Competitividad de México según el WCR (1993-1997)

Factor de Competitividad	Año				
	1993	1994	1995	1996	1997
Las características de la economía doméstica.	30	33	37	41	41
La internacionalización de la economía.	40	38	43	40	38
Las características del gobierno.	16	9	39	38	29
Las finanzas.	22	31	44	42	42
La infraestructura disponible.	33	30	31	31	26
Las características de las organizaciones.	31	30	37	35	38
La capacidad científica y tecnológica.	42	37	46	46	46
Las características de los recursos humanos.	39	36	38	39	40
Posición general	33	29	42	42	40

Fuente: WCR, años señalados

Esta modificación tan radical de la competitividad de un país, en este caso México, resulta difícil de explicar, principalmente en lo que se refiere a la *capacidad científica y tecnológica*. ¿Cómo es posible que esta capacidad sea superada en solamente un año por nueve países? Resulta más difícil de explicar esta pronunciada caída si se

observan los indicadores que contenía este factor¹³ los cuales, en su mayoría representaban condiciones estructurales que difícilmente se modificarían sustancialmente en un solo período anual.

Durante la primera década del presente siglo, el WCR sufrió dos cambios: la separación de las instituciones iniciadoras y la revisión de los *factores de competitividad*. En efecto, el WEF y el IIMD se separaron y cada una de estas instituciones continuó estimando el nivel de competitividad de los países.

En el caso del WEF, amplió el alcance del reporte considerando 144 países en su última edición 2012-2013; asimismo cambió el nombre a *Global Competitiveness Report* (GCR). También amplió y reestructuró los factores de competitividad considerados llamándoles ahora pilares de la competitividad. En el reporte señalado considera a 12 pilares de la competitividad agrupados en tres temas:

Requerimientos básicos:

Pilares: (1) Instituciones, (2) Infraestructura, (3) Ambiente macroeconómico, (4) Salud y educación primaria.

Promotores de la eficiencia:

Pilares: (5) Educación superior y entrenamiento, (6) Eficiencia del mercado de mercancías, (7) Eficiencia del mercado de trabajo, (8) Desarrollo del mercado financiero, (9) Disponibilidad tecnológica, (10) Tamaño del mercado.

Factores de innovación y sofisticación:

Pilares: (11) Sofisticación de los negocios, (12) Innovación

Por su parte, el IIMD amplió a 59 países analizados a través de su ahora llamado *World Competitiveness Yearbook* (WCY). Asimismo, reagrupó a los *factores de competitividad* en solamente cuatro conformados por 20 subcategorías:

¹³ Algunos de los indicadores utilizados por el WCR en este factor de competitividad son los siguientes: personal dedicado a la IyDT, número de ingenieros calificados, desarrollo y aplicación de tecnología, premios Nobel, patentes concedidas a residentes, gastos totales en investigación y desarrollo (IyDT), etc.

Factor Desempeño económico:

Subcategorías: (1) Economía doméstica, (2) Comercio internacional, (3) Inversión internacional, (4) Empleo, (5) Precios.

Factor Eficiencia de gobierno:

Subcategorías: (6) Finanzas públicas, (7) Política fiscal, (8) Marco institucional, (9) Legislación para negocios, (10) Educación.

Factor Eficiencia de los negocios:

Subcategorías: (11) Productividad gerencial, (12) Mercado, (13) Finanzas, (14) Prácticas gerenciales, (15) Impacto de la globalización.

Factor Infraestructura:

Subcategorías: (16) Infraestructura básica, (17) Infraestructura tecnológica, (18) Infraestructura científica, (19) Salud y medio ambiente, (20) Sistema de valores.

La metodología de ambas mediciones de la competitividad (GCR y WCY) no se modificó sustancialmente; es decir, se mantuvo la forma de adquisición de datos (estadísticos y basados en encuestas a *informantes calificados*). Con respecto a la ponderación de los valores de cada uno de los indicadores, el WEF sí realizó cambios. Por ejemplo, en el GCR 2012-2013 (WEF, 2013), en lugar de considerar una ponderación equivalente entre indicadores y entre pilares, se asignan diferentes ponderaciones (a_i en la expresión 3), de acuerdo al nivel de desarrollo de cada país; definido éste por el PIB per cápita (producto interno bruto por habitante). Así, en los países de menor PIB per cápita (menos de \$2,000 dólares al año), los pilares asociados a los requerimientos básicos les asigna un peso del 60%. Por el contrario, a los países que registran más de \$17,000 dólares per cápita, este peso se reduce al 20% del valor de C , de acuerdo a la expresión (3).

Proyecto sobre indicadores de la competitividad basada en tecnología

Otro esfuerzo en la medición de la competitividad corresponde al proyecto emprendido por el Instituto Tecnológico de Georgia de los Estados Unidos, a través del *Technology Policy and Assesment Center* (TPAC), con el apoyo de la *National Science Foundation* (NSF). El proyecto del TPAC se inició en 1987 (Roessner et al,

1996) con el objeto de desarrollar indicadores que expresaran la competitividad de un país para producir bienes de alta tecnología; por lo tanto, es conocido por las siglas en inglés HTI (*High Tech Indicators*). Al igual que el WCR, el HTI se basa en una combinación de indicadores los cuales son cuantificados tanto a través de datos estadísticos como con la opinión de *informantes calificados* seleccionados. Se publica cada tres años y en la evaluación de 2008¹⁴ se contemplaron 33 países.

Los indicadores son integrados en cinco grupo de los cuales cuatro son considerados *input* que corresponderían a la estructura de la economía (en términos de la columna de estructura señalada en la tabla 2.2) y un quinto grupo considerado como *output*, que correspondería a los resultados logrados por la estructura. Los grupos considerados son los siguientes:

- 1) La orientación nacional
- 2) La infraestructura socioeconómica
- 3) La infraestructura tecnológica
- 4) La capacidad productiva
- 5) El posicionamiento tecnológico (resultados)

Este proyecto, desde el punto de vista metodológico, es muy similar a la evaluación de la competitividad realizada por el IIMD y por el WEF. Sin embargo, el HTI sí establece una diferencia entre aquellos indicadores que corresponden a la estructura del sistema productivo de un país y aquellos asociados a los resultados que arroja la operación de dicha estructura (ver tabla 2.2).

Como se señaló, los resultados de la evaluación de la competitividad del HTI se presentan de manera trianual. Los resultados correspondientes a México en los años 1993 y 2008 se muestran en la tabla 2.4.

¹⁴ Los resultados de 2008 son los últimos disponibles de manera gratuita.

Tabla 2.4 Competitividad de México según el HTI generado por TPAC (1993-2008)

Grupo de competitividad	Posición en 1993 con 28 países)	Posición en 2008 (con 28 países)*	Posición en 2008 (con 33 países)
Orientación nacional	25	21	24
Infraestructura socioeconómica	25	27	31
Infraestructura tecnológica	26	24	28
Capacidad productiva	27	19	22
Posicionamiento tecnológico	27	15	16
General	26	21	24

* En 1993 fueron evaluados 28 países; en 2008 se incrementó a 33 países. Para fines de comparación 1993-2008, se eliminan los cinco países agregados al HTI después de 1997. Fuente: High Tech Indicators. 2008 Report.

Comparando el mismo número de países evaluados (28 países), se observa que durante los 15 años del periodo 1993-2008, México avanza en cuatro de los cinco grupos de competitividad considerados. En donde se registra el mayor avance es en los grupos correspondientes a la capacidad productiva y, principalmente en el posicionamiento tecnológico. Este último grupo representa a los resultados obtenidos en el mercado internacional de bienes de alta tecnología. Es decir, a pesar de que en los tres primeros indicadores, México no registró avances relevantes, en el desempeño productivo sí mejoró importantemente su posición.

Comparación entre indicadores de la competitividad

Las tres mediciones de la competitividad reseñados anteriormente arrojan un ordenamiento de los países evaluados. Como se señaló, la metodología para la construcción del nivel de competitividad es semejante: combinación de datos estadísticos y respuestas de *informantes calificados* seleccionados. La principal diferencia radica en los indicadores considerados en cada medición para expresar cada grupo, pilar o factor de la competitividad.

Se puede comparar los resultados de las tres mediciones de la competitividad con el objeto de establecer su coincidencia o posible discrepancia. La tabla 2.5 muestra el

lugar ocupado por México, España y Brasil en cada una de las tres mediciones. Dado que no todas las mediciones contemplan el mismo número de países, para fines de comparación se consideraron solamente los 33 que incluye el HTI. Por lo tanto, en cada una de las mediciones se ordenaron los 33 países en orden descendente.

Tabla 2.5 Comparación entre el lugar que ocupan México, España y Brasil considerando los 33 países contemplados por el HTI en 2008.

País	GCR (2011)*	WCY (2011)*	HTI (2008)*
México	27	23	21
España	24 (+3)	24 (-1)	23 (-2)
Brasil	19 (+8)	29 (-6)	25 (-4)

* Indica la posición estimada por cada indicador de competitividad considerando solamente los 33 países analizados por el HTI en 2008.

Fuente: High Tech Indicators (HTI), 2008 Report. World Competitiveness Yearbook (WCY) 2011. The Global Competitiveness Report (GCR) 2011-2012.

De la tabla anterior se observa que, de acuerdo al GCR, en 2011 México ocupó el lugar 27, entre los 33 países comparados. España se ubicó en el lugar 24, superando a México en tres lugares. Brasil se posicionó mejor dado que ocupó el lugar 19, superando a México en 8 lugares.

Este orden no coincide con las otras dos mediciones (WCY y HTI). En el WCY y en el mismo año 2011, México ocupó el lugar 23 (dentro de un total de 33). España se ubicó en el lugar 24 (un lugar inferior a México) y Brasil en la posición 29 (seis lugares detrás de México).

El HTI es congruente con el orden de los tres países reportados por el WCY aunque no coincide con el número de lugares en que México supera a España y Brasil.

Estas inconsistencias entre las mediciones de la competitividad muestran que el desarrollo de las mediciones asociadas al enfoque cuantitativo de la competitividad, a pesar de registrar 25 años de desarrollo aún se encuentra en un proceso de consolidación.

2.2.3 Otras mediciones de la competitividad.

Existen otros trabajos que has propuesto mediciones de la competitividad y que no han sido sistemáticamente realizadas como las anteriormente mencionadas.

En este caso se encuentran las mediciones (ordenamiento) de algunos países en términos de su competitividad realizados por el MERIT (*Maastricht Economic and Social Research Institute on Innovation and Technology*) perteneciente a la Universidad de las Naciones Unidas.

Asimismo, a partir de mediados de los 90 se empezó a construir el *Innovation Index*, promovido por el *Council on Competitiveness* de los Estados Unidos. Esta medición no responde estrictamente al concepto de competitividad sino que se enfoca a la medición de la capacidad de innovación de los países considerados; sin embargo, se asemeja en gran medida al GCR. Esta medición de la capacidad de innovación se analiza en el siguiente capítulo.

Existen también ejemplos de mediciones de la competitividad sectorial cuyo objetivo ha sido evaluar la capacidad de un sector económico en particular. Por ejemplo, Papadakis (1995) realiza una clasificación sectorial de la competitividad de los Estados Unidos a partir de dos indicadores del comercio exterior: la participación de las importaciones en el mercado americano (penetración de importaciones) y la tendencia en el saldo comercial; ambos indicadores referidos a cada sector considerado. Con estos datos se establece una clasificación de sectores basada en su competitividad medida por los indicadores señalados. De acuerdo a este trabajo, los sectores competitivos de los Estados Unidos corresponden entre otros al aeroespacial, químicos, alimentos y bebidas y tabaco.

Existen también esfuerzos para estudiar la competitividad a nivel de la firma los cuales no plantean una medición sino el establecimiento de las mejores prácticas de las compañías líderes en los diversos sectores establecidos en un país o en un conjunto de países. En este caso se ubica el trabajo conjunto que realizan la Boston University, el Instituto Europeo de la Administración de Negocios (INSEAD) y la Universidad de Waseda del Japón (De Meyer, 1996).

El objetivo de este trabajo conjunto consiste en determinar tres aspectos

fundamentales:

- Indicadores de mejoramiento del desempeño
- Programas emprendidos en los últimos años asociados al mejoramiento del desempeño
- Capacidades competitivas relevantes a desarrollar.

El método utilizado se basa en una encuesta bianual dirigida a directivos de empresas. En 1996 se contó con 461 respuestas de firmas ubicadas en los Estados Unidos, Europa y el Japón¹⁵.

Existen más esfuerzos por medir la competitividad considerando diferentes alcances pero se puede decir que los más representativos por su antigüedad y persistencia en el tiempo son los que se señalaron en la sección 2.3.2.

2.3 Competitividad estructural y sistémica

Existe otra línea de estudio de la competitividad que no se dirige a la evaluación del concepto sino principalmente al análisis de la estructura productiva que permite lograr un mejor desempeño económico. Uno de los principales objetivos de esta línea consiste en estudiar la manera en que se construye la competitividad de los países o regiones. Este enfoque se le conoce con los nombres de competitividad estructural o sistémica.

Como se señaló anteriormente, uno de los fundamentos teóricos del concepto de competitividad corresponde a la relevancia que se otorga a la estructura económica¹⁶. Por esto, un grupo de estudios acerca de la competitividad se enfoca al análisis de las interacciones que se suceden en la estructura económica de un país para, de esta manera, dilucidar las condiciones en que puede sustentarse un proceso de desarrollo.

¹⁵ En esta investigación bianual también participan algunas otras instituciones asociadas al proyecto. En el caso de México, el IPADE participa como socio del proyecto realizando la encuesta en algunas firmas que operan en México (Llano, M.A. y León, M, 1997)

¹⁶ De acuerdo a la OECD, la competitividad está relacionada fundamentalmente con dos aspectos: los precios y las condiciones estructurales de la economía (Hatzichronoglou, 1996). El efecto de los precios se asocia a la productividad con la que trabaja el sistema productivo y cualquier distorsión en ellos se disuelve a través de la internacionalización.

A este grupo de estudios se le conoce como competitividad estructural (OECD, 1992). La competitividad estructural se refiere a la *...especialización en la economía, la innovación tecnológica, la calidad de las redes de distribución y los factores de localización (host) todo lo cual constituye el estado de suministro de bienes y servicios* (Hatzichronoglou, 1996).

En dicha línea, la estructura económica se conceptualiza como un conjunto de sistemas que interactúan entre ellos para permitir un resultado específico que puede ser el nivel de producción, el valor agregado, el nivel de vida, etc. En la manera en que interactúan los sistemas se obtiene una mayor o menor competitividad: *...la interacción, dentro de la economía nacional, de los componentes de los sistemas que la componen -el financiero, el de producción, el de innovación y el de gobierno- suministran la palanca más importante para el futuro crecimiento y el empleo* (Bradford, 1994).

De esta forma, una preocupación de los estudios acerca de la competitividad estructural consiste en identificar los componentes e interacciones del sistema productivo que deben mejorarse para avanzar en el desarrollo. Señalan que la construcción de la competitividad va más allá de la *...liberación de las relaciones económicas externas y ajustes estructurales de la economía doméstica para realinear los precios nacionales con los internacionales para mejorar las condiciones de los mercados locales* (Bradford, 1994) como lo propone la visión neoclásica.

Por el contrario, la competitividad estructural establece la necesidad de crear una estructura económica competitiva a partir de una visión estratégica de mediano y largo plazos. Esta construcción no se basa solamente en el mejoramiento de las condiciones en las que opera el mercado doméstico sino principalmente en la identificación y reforzamiento de las partes de la estructura económica que se encuentran débiles y en la consolidación de las fuertes. En la operación de los lineamientos estratégicos se pueden aprovechar las fuerzas del mercado cuando ellas conducen a los objetivos establecidos. Sin embargo, cuando esto no sucede, se establece la necesidad de una intervención de la sociedad (pública y privada) que permita lograr las metas previamente definidas, inclusive anteponiéndose a la libre

circulación de bienes y factores de la producción que promueve la visión neoclásica.

Dentro de los estudios relacionados con la competitividad estructural se registran numerosos estudios de caso. Uno de los más conocidos corresponde al trabajo de Porter (1990) acerca de la competitividad de las naciones. En él analiza diferentes regiones que han sido muy competitivas en ciertos sectores específicos. El éxito de las regiones-sectores lo evalúa a través de los resultados que han tenido en el mercado mundial para posteriormente analizar las condiciones estructurales que les han permitido ser competitivos¹⁷.

Asimismo, la OECD ha promovido el estudio de diversas experiencias nacionales entre las que se puede citar el documento editado por Bradford (1994) en donde varios autores analizan la competitividad de sectores industriales específicos en algunos países de América Latina. La agencia de la Organización de las Naciones Unidas dirigida al comercio también promovió la realización de diversos estudios de caso para analizar la competitividad estructural de diversos países (UNCTAD, 1996).

Por otra parte, algunos autores han propuesto la utilización del enfoque de sistemas para analizar el comportamiento de la estructura productiva de una región; esto ha llevado a nombrar esta línea de estudio también como competitividad sistémica. En este punto destacan los trabajos desarrollados por el Instituto Alemán para el Desarrollo (IAD).

De acuerdo a autores ligados a este Instituto, la competitividad de un país debe sustentarse en acuerdos sociales. Así, la competitividad sistémica *...se basa...en un concepto multidimensional de conducción que incluye competencia, diálogo y toma conjunta de decisiones, en donde se entrelazan los principales grupos de actores.* (Messner, 1996).

Se plantean cuatro niveles de acuerdo necesarios. El metanivel que corresponde a una visión compartida y aceptada por la sociedad con respecto a los objetivos nacionales y a las estrategias para alcanzarlos en el mediano y largo plazos. El

¹⁷ El trabajo de Porter (1990) podría considerarse dentro del enfoque de competitividad estructural. En sus siguientes trabajos ha privilegiado el análisis de la innovación como el sustento fundamental de la competitividad.

macronivel que representa a los acuerdos sociales del nivel previo y se expresa por las grandes políticas de Estado que proporcionan un ambiente estable para lograr los objetivos de mediano y largo plazos¹⁸; por ejemplo, la política fiscal, presupuestal y monetaria, de comercio exterior, etc. En el mesonivel se *aterrizan* las grandes políticas anteriores a partir de las definiciones de políticas industriales, de infraestructura, educativas, tecnológicas, del medio ambiente, etc. Finalmente, el micronivel corresponde a las firmas en donde se concretan las políticas del nivel previo y se expresa la competitividad del país.

La competitividad sistémica tiene que ver no solamente con los aspectos puramente económicos sino en la manera en que se ha organizado la sociedad para desarrollar el proceso productivo a través de las organizaciones; es decir, *...la competitividad de las firmas está basada en un arreglo social en el cual interactúan factores relevantes de competición, actores y políticas a diferentes niveles, más una estructura (frame) de referencias sobre las cuales estos niveles pueden interactuar para lograr ventajas competitivas* (Esser et al. 1996).

El grupo del IAD promotor del enfoque de competitividad sistémica ha dirigido el análisis hacia la manera en que se pueden concertar los acuerdos sociales en los cuatro niveles propuestos (meta, macro, meso y microniveles), con el fin de construir una competitividad sistémica (Altenburg et al, 1998). Asimismo, el análisis se ha centrado en los ámbitos local y regional (Meyer-Stamer, 2008) considerando que es en ellos en donde es más evidente y analizable el logro de los acuerdos señalados.

Se observa una gran oportunidad en la convergencia de los dos enfoques en que se ha analizado la competitividad: el cuantitativo y el estructural o sistémico. Esta oportunidad radica en integrar el enfoque sistémico al gran desarrollo que ha tenido la medición de la competitividad.

En efecto, la medición de la competitividad ha identificado y cuantificado una gran cantidad de indicadores los cuales se integran en diversos factores o grupos que

¹⁸ El metanivel expresa la visión de país acordada por la sociedad y plasmada en los apartados socioeconómicos de la Constitución. El macronivel corresponde a lo que en México recientemente se ha llamado una política de Estado con relación al desarrollo económico.

intentan expresar las condiciones en que se encuentran los elementos que influyen en la competitividad. Un enfoque sistémico aportaría la identificación de las relaciones que podrían existir entre los elementos considerados relevantes para la construcción de la competitividad de un país.

Así, sería posible avanzar en la comprensión de la lógica del desarrollo de la competitividad de un país. Los indicadores seleccionados provenientes del enfoque cuantitativo permitirían estimar el comportamiento de la competitividad ante posibles comportamientos de los diversos factores considerando las interrelaciones entre ellos. Igualmente, se podrían prever los efectos de una modificación en el nivel de competitividad provocada por cambios en las características de cada subsistema de la estructura y/o de las interrelaciones.

Sin embargo, las mediciones de la competitividad referidas anteriormente consideran a los factores de competitividad por separado sin establecer las relaciones que se presentan entre ellos. Para la visión sistémica existirían numerosas interrelaciones que supondrían que el comportamiento de cada factor afectaría el desarrollo de los demás y viceversa. Es decir, el desarrollo de un factor de competitividad puede apalancar el crecimiento de otros; por el contrario, el deterioro o falta de dinamismo de alguno puede obstaculizar el adecuado desarrollo de los demás.

El acercamiento entre ambos enfoques no se ha manifestado en trabajos específicos. En el caso del enfoque cuantitativo de la competitividad, el desarrollo se ha centrado en la identificación de indicadores más precisos para expresar adecuadamente la situación de cada factor o pilar de la competitividad. Asimismo, las relaciones entre cada factor o pilar de la competitividad se han limitado a la modificación de los pesos en que cada uno participa en la competitividad total de un país.

Una vertiente de la competitividad estructural que sí se ha acercado al enfoque cuantitativo es el liderado por Porter, quien junto con otros autores cercanos a él, han trabajado en la medición de la capacidad de innovación de las regiones como el principal sustento de la competitividad (Porter y Stern, 2002). Esta tendencia ha respondido al gran auge que ha manifestado otro concepto desarrollado de manera

contemporánea al de competitividad y que corresponde a los sistemas nacionales de innovación.

En el siguiente capítulo se presenta el desarrollo de los llamados sistemas nacionales de innovación y su utilización como otro cambio fundamental en el marco teórico para el estudio del desarrollo económico.

3. EL ENFOQUE SISTÉMICO DE LA INNOVACIÓN.

De manera paralela al desarrollo del concepto de competitividad, se propuso un enfoque sistémico para el análisis del proceso de innovación. Este enfoque se conoce como Sistemas Nacionales de Innovación (SNI). En los últimos años este enfoque ha establecido gran cercanía con el concepto de competitividad.

Se puede decir que el análisis del proceso de innovación a través de un enfoque sistémico ha coincidido con el llamado enfoque sistémico de la competitividad (ver punto 2.3.1). Esta coincidencia ha llevado a consolidar la idea que la innovación es el proceso que le proporciona el elemento de sustentabilidad a la competitividad de un país o una región.

En la primera parte de este capítulo se presenta una revisión del origen del enfoque sistémico de la innovación y la manera en que ha evolucionado durante los últimos 25 años.

En la segunda parte se establecen las líneas actuales de desarrollo de este enfoque dentro de las cuales se encuentra el modelado de un SNI. Es en esta línea en donde se ubica el presente trabajo.

3.1 El concepto de Sistema Nacional de Innovación (SNI)

El enfoque sistémico de la innovación se gestó de manera contemporánea al concepto de competitividad; es decir, a mediados de los años 80 del siglo pasado. Durante los últimos años ha registrado un rápido crecimiento en los cuales se distinguen dos etapas. La primera correspondiente al periodo de 1985 a mediados de los 90; la segunda a partir de la mitad de la década de los 90 a la fecha.

Los primeros 10 años corresponden al planteamiento del concepto de Sistema Nacional de Innovación a partir de dos principales autores: Freeman, Ch. y Lundval, A. En este mismo periodo se observa una rápida aceptación del enfoque para el análisis de los procesos de innovación en diversos países. La segunda etapa representa la consolidación del enfoque sistémico como herramienta teórica para el análisis del proceso de innovación y, en consecuencia, la proliferación de trabajos

relacionados con los SNI. Es también en esta última etapa en donde se configuran las principales líneas de investigación y estudio alrededor del SNI.

Freeman (1995) señala que la idea de emplear un enfoque sistémico en el análisis de la economía no es nueva sino que tiene su origen en la obra de Friedrich List titulada Sistema Nacional de Economía Política originalmente publicada en 1841 (versión en español de 1942).

Friedrich List fue un economista alemán perteneciente a la escuela historicista del pensamiento económico. Se opuso a la teoría de Adam Smith dada la visión ahistórica de dicho pensamiento. List (1942) escribió a este respecto que ...Smith ha tomado a la palabra capital en el sentido que requieren los rentistas o mercaderes en su libro-mayor (book-keeping) y en sus estados contables...Él ha olvidado que (el capital) incluye a las habilidades intelectuales y físicas de los productores... List agrega que: El presente estado de las naciones es el resultado de la acumulación de todos los descubrimientos, invenciones, mejoramientos y perfeccionamientos de todas las generaciones que han vivido antes de nosotros.

Estas ideas expresadas por List en la primera mitad del siglo XIX se basan en la idea histórica de la economía; es decir, no puede analizarse un proceso social, como lo es el proceso económico, sin considerar sus antecedentes históricos.

También se observa un enfoque sistémico de la economía al plantear la interrelación de diferentes aspectos, principalmente los relacionados con la innovación, como un elemento fundamental para expresar el estado de una nación.

En el siglo veinte, a mediados de la década de los 80, Lundvall (1985) y Freeman (1987) proponen por separado el concepto de Sistema Nacional de Innovación para analizar la capacidad de un país para incorporar el progreso técnico a sus actividades económicas. Su desarrollo fue motivado por dos aspectos fundamentales:

- La insuficiencia de la teoría económica neoclásica (basada en el pensamiento de Adam Smith) para incorporar el proceso de innovación dentro de su estructura teórica

- La creciente importancia del proceso de innovación en el desarrollo económico y en la formación de la competitividad.

Al respecto, Lundvall (1992) señala que: En los modelos económicos estándares, la innovación aparece como eventos extraordinarios, venidos del exterior y ocasionando disturbios temporales al equilibrio general; ...sin embargo, en el capitalismo moderno, la innovación es un fenómeno fundamental e inherente; el término competitividad de las firmas y de las economías nacionales refleja su capacidad innovativa.

Freeman (1987) utiliza el concepto de SNI para explicar el incremento de la competitividad del Japón de la post-guerra basado en la asimilación, adaptación y difusión del conocimiento tecnológico. El caso del Japón era difícilmente explicable a través del llamado *modelo lineal de la innovación*¹⁹. En este modelo, el proceso de innovación se inicia con el desarrollo científico que produce nuevos conocimientos los que generan oportunidades para el mejoramiento tecnológico. En el caso del Japón en el período de la post-guerra, su desarrollo científico era menor con respecto a los EUA y Europa Occidental. Por lo tanto, Freeman atribuye el éxito económico del Japón, no a su potencial científico sino a su capacidad para organizar socialmente, y de una manera eficiente, el proceso de innovación. Así, la innovación se concibe como un proceso social en el que participan diversos actores y cuya fuente de conocimientos no se localiza únicamente en el conocimiento científico.

La concepción de la innovación que plantea este enfoque, rompe así con la idea de

¹⁹ La teoría lineal de la innovación fue ampliamente aceptada en las primeras décadas del período de la postguerra. De acuerdo a esta teoría, el desarrollo científico nutre al desarrollo tecnológico el cual, a su vez, satisface a las necesidades del mercado. La principal crítica a esta teoría radica en la carencia de retroalimentación en las diferentes etapas del desarrollo. De acuerdo a Kline y Rosenberg (1986), *...los atajos y los fracasos son parte esencial del proceso de aprendizaje que crea innovación*. Por lo tanto, la linealidad del proceso de innovación no se cumple en la práctica.

De acuerdo a Edquist (1999), la aceptación en su origen de la teoría lineal de la innovación se debió a que, a pesar de ser poco realista, resultaba altamente legitimadora de la política de subsidio público a las actividades de Investigación y Desarrollo Tecnológico (I+D+T) llevada a cabo en países con enfoques neoclásicos en su economía. El apoyo público a la investigación industrial a través de subsidios o a través de financiamiento se justificaba por la explicación de *fallas del mercado* para ubicar correctamente los recursos a la investigación científica llamada *aplicada*.

la creatividad aislada e individual del inventor (o grupo innovador) vinculado al conocimiento científico. Por el contrario, establece como fundamental el sistema social que propicia la asimilación de nuevos conocimientos y estimula la creatividad de todos los individuos participantes en el proceso productivo.

Así, la concepción del desarrollo tecnológico de tipo lineal y especializado en grupos sociales específicos (inventores, universidades, etc) se contrapone a una idea sistémica en la que el impulso a la innovación puede venir de diversas fuentes y no solamente de los nuevos conocimientos científicos.

Estas dos visiones relacionadas con el proceso de innovación (la especializada y la social), son expresadas por Gibbons (1994) en lo que llama Modo 1 y Modo 2 de generar conocimientos relacionados con la producción.

En el Modo 1 se considera que el conocimiento es producido en cierto tipo de instituciones (universidades, laboratorios públicos y privados, etc.) y posteriormente trasciende a las organizaciones productoras de bienes y servicios en donde se concreta su utilización práctica. Con este enfoque resulta clara la necesidad de desarrollar instituciones de transferencia de tecnología que unan a los productores del conocimiento con los usuarios (Mansell, 1998).

En el Modo 2 no existe esta especialización. El conocimiento surge tanto en las instituciones dedicadas a la investigación tecnológica como en las organizaciones productivas. Se sustenta en un enfoque de resolución de problemas, en donde la identificación y solución conlleva una complicada interacción entre especialistas, usuarios e inversionistas.

Para Lundvall (1992), una de las principales fuentes de conocimientos que nutre a la innovación tecnológica radica en la interacción entre productor y usuario de bienes y servicios. Es en esta interacción en donde surge la mayor parte de las ideas de mejora que dan inicio al proceso de innovación.

Según Lundvall, esta interacción es más intensa y homogénea al interior de una nación por diversas razones que van desde la cercanía física entre usuario-productor hasta la facilidad de comunicación entre los participantes por razones culturales e institucionales. Las razones culturales se sustentan en el idioma, los valores sociales,

etc. Las razones institucionales se refieren, entre otras, a la presencia de mismas prácticas productivas y reglas comunes, tanto formales como informales. Debido a esta mayor intensidad, el enfoque sistémico de la innovación tiene su mejor expresión a nivel nacional.

Un sistema de innovación representa, por lo tanto, la capacidad social para asimilar y crear nuevos conocimientos relacionados con el proceso productivo. Esta capacidad no depende solamente del tamaño de las instituciones capaces de asimilar y generar conocimientos sino también, de manera relevante, de la intensidad en las relaciones que se establecen entre todos los elementos del sistema.

Es decir, el enfoque sistémico de la innovación hace énfasis en las relaciones que se presentan entre todos los elementos que participan en la innovación tecnológica en una sociedad. Así, el nivel de gastos en actividades de I+D+T no necesariamente representa la capacidad de una sociedad para generar innovaciones; solamente expresan una parte formal de esta actividad social. Para que la actividad de I+D+T aporte, de manera eficiente, resultados al desarrollo tecnológico de una organización y/o de una sociedad, los demás elementos involucrados deberán estar adecuadamente relacionados entre sí.

Esta idea conduce a establecer la eficiencia de los recursos utilizados para lograr la innovación en una sociedad u organización. Es decir, puede haber organizaciones (o sociedades) mejor estructuradas para el cambio técnico las cuales, ante una misma cantidad de recursos asignados a I+D+T, pueden producir mejores resultados que otras.

Durante los primeros diez años de su desarrollo, el concepto de SNI experimentó un creciente interés como instrumento teórico para estudiar el progreso técnico y en consecuencia generó diversas definiciones. Algunas se concentran en los elementos participantes en el proceso de innovación y a las relaciones que se establecen entre ellos al interior de un país.

Por ejemplo, Lundvall (1992) señala que un Sistema Nacional de Innovación está ...constituido por elementos y relaciones que interactúan en la producción, difusión y utilización de conocimientos nuevos y económicamente útiles... todos ellos

localizados dentro de las fronteras de una nación-estado.

Por su parte, Freeman (1987) define a un SNI como ...una red de agentes participando en la creación, uso y difusión de nuevas tecnologías en un contexto nacional.

Otras definiciones enfatizan el tipo de elementos que constituyen a un SNI. Nelson (1993) señala que los ...Sistemas Nacionales de Innovación son institucionalmente complejos. En tanto que comprenden actores institucionales y firmas privadas, también incluyen a universidades, a fondos gubernamentales y programas. Las firmas privadas con afán de lucro están en el corazón de todos estos sistemas.

Por su parte, Patel y Pavitt (1994) mencionan que un SNI está conformado por ...las instituciones nacionales, su estructura de incentivos y competencias, que determinan la tasa y dirección del aprendizaje tecnológico (o el volumen y composición de las actividades generadoras de cambio), en un país.

Otros autores como Autio y Hameri (1995) enfatizan los aspectos comerciales que debe producir un SNI el cual ...es un sistema dirigido a promover la emergencia, difusión y utilización de nuevas tecnologías en el contexto nacional, combinado la innovación con la explotación comercial de dichas tecnologías.

También existen definiciones que consideran la utilidad del concepto para entender mejor el proceso social de innovación y así propiciar mejores políticas para su fortalecimiento. Es el caso de la definición que propone Metcalfe (1995) quien señala que un SNI es: ...conjunto de diversas instituciones las cuales individual o de manera conjunta contribuyen al desarrollo y difusión de nuevas tecnologías y suministran (los instrumentos para)implementar políticas para influir en el proceso de innovación. ...es un sistema de instituciones interconectadas para crear, almacenar y transferir conocimientos, habilidades y artefactos que definen a las nuevas tecnologías.

Además de los esfuerzos por definir claramente el concepto de SNI, durante la primera etapa también se observa un gran interés por su desarrollo teórico y por su adopción como marco conceptual para el entendimiento de la realidad. Destacan dos publicaciones que ejemplifican los principales enfoques emprendidos durante este período inicial del concepto. Se trata de las obras editadas por Lundvall (1992) y por

Nelson (1993). La primera corresponde a diversos ensayos teóricos acerca de la manera en que se concibe el proceso social de la innovación. La segunda se compone de 15 ensayos que describen las principales características de los SNI en sendos países.

El libro editado por Lundvall (1992), analiza al sistema nacional de innovación desde el punto de vista de un aprendizaje colectivo; es decir, se estudian los procesos a través de los cuales las diversas sociedades aprenden y aplican lo aprendido en la esfera productiva. Al respecto, Lundvall señala que el libro ...asume que el principal recurso en una economía moderna es el conocimiento y, en consecuencia, el proceso más importante es el aprendizaje....Se asume que el aprendizaje es predominantemente un proceso interactivo y, por lo tanto, de naturaleza social y el cual no puede ser entendido sin tomar en consideración su contexto cultural e institucional.

En esta obra aportan sus trabajos investigadores de la Universidad de Aalborg (el grupo IKE en el que participa Lundvall) quienes han trabajado en el tema relativo al análisis del proceso de innovación.

Las ideas que presentan los diferentes participantes en el libro señalan que el proceso de innovación va más allá de las actividades comúnmente asociadas al desarrollo tecnológico tales como la investigación y desarrollo tecnológico. Al ser la innovación un proceso social, resulta mucho más relevante el aprendizaje que se presenta en las actividades rutinarias y en las interacciones entre los actores del proceso productivo.

El libro enfatiza los aspectos institucionales de la innovación; éstos corresponden, entre otros, a los hábitos, costumbres y reglas que rigen el desarrollo de la actividad productiva de una sociedad y que se reproducen día con día. Esta institucionalidad ofrece una manera de hacer las cosas que propicia estabilidad a la sociedad para la reproducción continua de las actividades productivas; asimismo, contiene elementos que pueden facilitar o frenar el cambio técnico. El promover la innovación en una sociedad significa identificar previamente los aspectos institucionales que propician u obstaculizan la generación y asimilación de conocimientos que conducen al progreso

tecnológico.

Esta idea coincide con lo expuesto en el libro editado por Nelson. Por ejemplo, en el estudio correspondiente al SNI del Japón (Odagiri, 1993), se señalan diversos aspectos del comportamiento de las grandes empresas japonesas que les han permitido contar con una gran disposición al cambio técnico²⁰. En contraposición, en los Estados Unidos no han sido las grandes empresas sino las pequeñas firmas de alta tecnología las que han impulsado el desarrollo tecnológico del aparato productivo²¹.

Una de las principales conclusiones que se desprenden de ambos libros tiene que ver las diferencias institucionales entre países; por lo tanto, los SNI difieren entre sí dado que el proceso de innovación y aprendizaje se realiza en cada sociedad de diferentes maneras.

Niosi y coautores (1993) coinciden con la heterogeneidad de cada SNI pero establecen que cada elemento del sistema le corresponde una función que debe realizarse de manera adecuada, independientemente del tipo de organización o aspectos institucionales prevalecientes en cada país. De esta manera, plantean la posibilidad de caracterizar a un SNI sin importar las especificidades relativas a la nación a la que pertenece. Esta caracterización considera tres niveles:

²⁰ De acuerdo a Odagiri (1993), las grandes firmas japonesas presentaban una fuerte capacidad de innovación por los siguientes aspectos.

- Un alto porcentaje de los directores de las empresas japonesas provenían de las áreas de producción, o de I+D+D o de mercado (ventas); a diferencia de otros países de la OECD (principalmente los Estados Unidos y la Gran Bretaña) en donde los directores provenían en mayor porcentaje del área de finanzas. Esta mayor familiaridad de los directores japoneses con la tecnología y el mercado da como resultado una mayor disposición a la innovación.
- También resalta la institucionalización del entrenamiento de los trabajadores y la práctica de rotación de puestos lo cual le otorga a las empresas japonesas una gran flexibilidad a partir de sus recursos humanos. Esto facilita que exista un mayor flujo de conocimientos a través de toda la empresa y la mayor integración entre el departamento de I+D+D y el resto de la empresa.
- Ha existido una estrecha cooperación técnica entre comprador-proveedor, lo que ha favorecido la rápida difusión del conocimiento y respuesta al mercado.

²¹ Niosi et al (1993) señalan que *...la existencia de pequeñas firmas de alta tecnología en los Estados Unidos fue facilitada por una amplia disponibilidad de capital de riesgo (venture capital) y por una cultura en la que la movilidad social, geográfica e institucional eran percibidas como aspectos positivos del comportamiento individual.*

- Las unidades (elementos del sistema) que pueden expresarse como número de firmas privadas con infraestructura para actividades de investigación y desarrollo, número de laboratorios de investigación, etc.
- Los flujos entre las unidades que pueden manifestarse a través de flujos tecnológicos, difusión social de las innovaciones en donde el flujo de personas entre las instituciones es relevante, etc.
- El desempeño del Sistema que puede expresarse de manera indirecta a través del impacto en el comportamiento de la economía.

Se puede considerar que la publicación de las obras editadas por Lundvall (1992) y Nelson (1993) marca la amplia aceptación del concepto de SNI como un enfoque válido en el análisis del proceso social de la innovación. A partir de mediados de los 90 se inicia una abundante utilización del enfoque cuyas principales vertientes de desarrollo se identifican y comentan en el siguiente subcapítulo.

3.2 Líneas de desarrollo del concepto SNI

Durante las dos últimas décadas el concepto de SNI ha sido ampliamente utilizado por diversos grupos académicos como un nuevo paradigma en el estudio de la innovación tecnológica. En 1997 el Comité de Política Científica y Tecnológica de la OCDE publica un documento en el que promueve la aplicación del concepto entre los países miembros con el objeto de utilizarlo en el análisis de las políticas dirigidas a la promoción de la innovación (OCDE, 1997). El documento señala que: El entendimiento de estos sistemas puede ayudar a los diseñadores de políticas a desarrollar enfoques que mejoren el desempeño de los procesos de innovación en las economías actuales basadas en el conocimiento.

A partir de la segunda mitad de los 90 a la fecha se presenta un creciente número de trabajos relacionados con el enfoque sistémico de la innovación; además de ampliarse el número de interesados en dicho enfoque. A través del análisis de parte de estos trabajos, se pueden identificar los principales temas de estudio los cuales se pueden clasificar en los siguientes grupos:

- El desarrollo de bases conceptuales sólidas

- La relación con el concepto de competitividad
- La relación con el concepto de gestión del conocimiento y su consecuente revisión del alcance del concepto de innovación
- La aplicación práctica para fines de política científica y tecnológica²².

A continuación se comenta cada una de estos temas de estudio.

3.2.1 Desarrollo de bases conceptuales

El concepto de SNI se originó en la búsqueda de un nuevo marco conceptual para el estudio del proceso de innovación. Sin embargo, dicho proceso no se presenta de manera aislada sino que forma parte de la actividad económica de la sociedad. Así, la debilidad conceptual del SNI radicaría en el hecho de no ser parte de un modelo general del fenómeno económico. Esta supuesta debilidad se desvanece con la gran concordancia teórica que tiene el concepto del SNI con el pensamiento evolucionista del proceso económico.

En efecto, desde la década de los 80 se venía desarrollando una nueva escuela del pensamiento económico llamada evolucionista. De acuerdo a Saviotti (1996), el año de 1982 se puede considerar como el nacimiento formal de la teoría económica evolucionista con la publicación del libro de Nelson y Winter titulado Una teoría evolucionista del cambio económico. Esta teoría se basa en considerar a las organizaciones como especies en evolución al igual que la teoría de la evolución de las especies de Darwin. El cambio en las organizaciones es un fenómeno complejo dirigido por cuatro aspectos sustanciales:

- El sistema económico está formado por multitud de organizaciones (agentes) que interactúan entre ellas.
- Existen cambios cualitativos que cambian la composición del sistema a través de la selección natural: desaparición o aparición de nuevos tipos de organizaciones.
- El sistema es inestable y los estados por los que atraviesa son dependientes del

²² Archibugi y Michie (1997). señalan que: *muy recientemente, la OCDE... está haciendo intentos para hacerlo operativo* (el concepto de sistema nacional de innovación) *a través de la recolección y análisis de indicadores.*

estado anterior; es decir, es un sistema dependiente de la trayectoria.

- Los agentes no son homogéneos; por el contrario existe una heterogeneidad entre ellos.

El propio Nelson (1987) señala que: El cambio técnico claramente es un proceso evolucionista... Se trata de superar, en cada nuevo estado, las condiciones técnicas del estado anterior; difiere de la teoría neoclásica la cual supone que en cada estado se logran condiciones óptimas debido a decisiones tomadas racionalmente.

Los trabajos que relacionan el concepto de SNI con la teoría evolucionista de la economía han ocupado un lugar relevante en los últimos años. Prueba de ello es el libro editado por Edquist (1997) en el que cinco de los 17 trabajos que integran la obra, argumentan acerca de los estrechos vínculos que existen entre el concepto de SNI y la teoría económica evolucionista.

Se puede decir que el origen de ambos pensamientos es el mismo, no solamente en cuanto a la cercanía de motivos; es decir, lograr una mejor explicación del fenómeno económico de lo que permitía la teoría neoclásica. También existe una gran cercanía entre los principales autores. Por ejemplo, Nelson, quien es uno de los principales creadores de la aplicación de las ideas evolucionistas en la economía, también es autor y editor de importantes trabajos relacionados con el concepto de SNI.

Dentro de los trabajos relacionados con el desarrollo de bases conceptuales del SNI destaca la propuesta que presenta Edquist (1997) en la que elimina la connotación de nacional refiriéndose simplemente a sistemas de innovación. Con esta propuesta se abre la posibilidad de estudiar el concepto de Sistema de Innovación (SI) independientemente de la unidad de análisis a la que se aplique: nacional, sectorial o regional. Esta propuesta abre un nuevo nivel de abstracción del concepto y ha dado pie a trabajos en los que se analizan sistemas regionales o sectoriales de innovación como se menciona más adelante.

3.2.2 Relación con el concepto de competitividad

Como se señaló, los conceptos de competitividad y de SNI tuvieron un inicio común, tanto en el tiempo como en las razones que motivaron a sus autores iniciales. Ambos

conceptos se gestaron durante la década de los 80 motivados por la insuficiencia de la economía neoclásica para explicar las diferencias en el desarrollo de diversos países.

Esta relación entre ambos conceptos motivó que durante la década de los 90 diversos trabajos relacionados con el análisis de los SNI mencionaran el concepto de competitividad como un resultado de la adecuada operación del sistema de innovación. Sin embargo, son Porter y Stern (1999) quienes inician el análisis de la relación entre la capacidad de innovación y el nivel de competitividad a través del estudio de las condiciones de los Estados Unidos.

En el año 2002 formalizan la propuesta que integra el concepto de competitividad al enfoque de SNI. Furman y Porter (2002) proponen la idea de capacidad nacional de innovación de un país y señalan lo siguiente: El enfoque de la capacidad nacional de innovación busca integrar tres perspectivas....: las ideas relacionadas con la teoría del crecimiento, los modelos de ventajas competitivas y conglomerados (clusters) industriales y la investigación en sistemas nacionales de innovación. En el mismo año 2002, toman datos utilizados por el Reporte de Competitividad Global de 2001 (GCR, 2001) para construir un índice de la capacidad de innovación de 71 países (Porter y Stern, 2002). En este trabajo, correlacionan los valores del índice de capacidad de innovación con el producto interno bruto per cápita de los 71 países considerados²³. El resultado que obtienen es un índice de regresión $R^2 = 0.83$.

La idea de generar un índice de la capacidad de innovación, a semejanza del índice de competitividad global, es retomada por el Instituto Europeo de Administración de Negocios (INSEAD) y la Organización Mundial de Propiedad Intelectual (WIPO, por sus siglas en inglés). Desde 2007 estas dos instituciones generan el Índice Global de Innovación (GII, 2012)²⁴. Este índice relacionado con la capacidad de innovación de cada país se adiciona al generado por el Instituto Tecnológico de Georgia comentado en el capítulo 2. Ambos índices relacionan la capacidad de innovación de un país con el nivel de competitividad. La construcción de ambos índices responde al enfoque

²³ En este índice, México es ubicado en el lugar 53 de un total de 71 países.

²⁴ En el Global Innovation Index (GII) de 2012, México es ubicado en el lugar 79 entre 141 países.

cuantitativo de la competitividad señalado también en el capítulo 2.

3.2.3 Relación con el análisis de la creación y aplicación del conocimiento

Drucker (1968) planteó la relevancia de la generación de conocimientos en las organizaciones como un aspecto fundamental en su desarrollo.

Es en la década de los 90 cuando Nonaka y otros autores japoneses inician el análisis detallado del proceso de creación, difusión y aplicación del conocimiento en las organizaciones. Para Nonaka (1994), la interacción entre los miembros de la organización es una fuente relevante en la generación de conocimientos. La generación de conocimientos aplicados en el proceso productivo resulta fundamental en la detección e implementación de las oportunidades de innovación.

El trabajo de Cooke y Schienstock (2000) diferencia los conceptos de conocimientos y aprendizaje. Señalan que la estructura de conocimientos potenciales en una región está representada por la infraestructura en ciencia y tecnología, educación y capacitación y capacidad de investigación. Por su parte, la capacidad de aprendizaje se sitúa en el sistema productivo y las instituciones y organizaciones que transfieren conocimientos. Es decir, en el SNI se ubica la estructura de conocimientos asociados a las actividades de IyDT; por su parte, la capacidad de aprendizaje representa una característica del sistema productivo.

Esta separación entre la estructura de conocimientos y la capacidad de aprendizaje regionales no concuerda con los estudios de Nonaka relativos a la generación de conocimientos. Para Nonaka (1994) la innovación puede ser entendida como un proceso en el que la organización crea y define problemas y entonces, activamente desarrolla nuevo conocimiento para resolverlos. Por lo tanto, la generación de conocimientos que se materializan en innovación se realiza en todas las actividades productivas de una economía, incluyendo las asociadas a IyDT. Es decir, en las actividades tecnológicas se identifican problemas y se solucionan a través de la creación de conocimientos. Esto mismo sucede en otras actividades no-tecnológicas como serían la mejor organización de la producción, la distribución más eficiente de los productos, entre otros.

Uno de los creadores del concepto de SNI coincide con el planteamiento de Nonaka, destacando la importancia del proceso de aprendizaje para el desempeño de las economías (Lundvall et al. 2002). Señalan estos autores que los estudios relacionados con los SNI han dado poco énfasis al subsistema relacionado con el desarrollo de los recursos humanos como un aspecto fundamental en el proceso de aprendizaje y generación de conocimientos en las empresas. En este mismo trabajo los autores consideran que las innovaciones están presentes: ...en las actividades del día a día de las empresas y en las competencias y capacidades de la gente común.

Popadiuk y Choo (2006) analizan la relación entre innovación y creación del conocimiento. Concluyen que la creación de conocimiento se enfoca al fortalecimiento de las capacidades de las empresas. Por su parte de innovación concierne a cómo esas nuevas capacidades pueden convertirse en productos y servicios que tengan valor económico en el mercado.

La relación entre el concepto de innovación y la creación de conocimientos en las empresas ha motivado que dicho concepto amplíe su alcance a no solamente aquellas actividades asociadas a la I+D+T. También la llamadas formas no tecnológicas de la innovación (mejoras en la organización, en el procesos productivo, en la distribución de los productos y las formas de comercializarlos, etc) se incorporan como parte de la innovación y, por ende, de los SNI. Este es el caso de las ideas propuestas por la OECD para impulsar la innovación en las economías. En un documento, la OECD (2009) señala que en años recientes, la noción de innovación se ha ampliado. En particular, el interés ha crecido en las formas no tecnológicas de la innovación y su contribución al crecimiento de la productividad.

3.2.4 La aplicación práctica del concepto SNI

Otro conjunto importante de estudios se refieren a la aplicación práctica del concepto de SNI. El principal objetivo buscado en esta vertiente consiste en conocer mejor el fenómeno de la innovación con el fin de diseñar políticas adecuadas y eficientes para su desarrollo. La OCDE (1997) establece que para los diseñadores de políticas *...la comprensión del Sistema Nacional de Innovación puede ayudarles a identificar*

puntos de apalancamiento para mejorar la capacidad innovativa y la competitividad.

En este conjunto de estudios destacan tres temas:

- Análisis regionales, sectoriales y tecnológicos de sistemas de innovación
- La medición de los diferentes aspectos de un SNI.
- La modelación de sistemas de innovación

El primer tema recoge la propuesta de Edquist (1997) señalada anteriormente en la que se elimina o se reduce el alcance territorial de un sistema de innovación. Esta delimitación permitiría una mejor comprensión del proceso de innovación en casos prácticos y más acotados.

La reducción del alcance territorial de un SNI a un ámbito regional se fundamenta en la noción de proximidad la cual motiva que las relaciones entre los agentes productivos adquieran rasgos más intensos.

De acuerdo a Knoben y Oerlemans (2006), la proximidad puede ser expresada a través de siete dimensiones: geográfica, organizacional, cultural, institucional, cognitiva, industrial y social. La proximidad geográfica se refiere a la cercanía física entre los elementos que interactúan entre sí, en tanto que la organizacional corresponde a las relaciones entre las partes de una misma organización o empresa. La cultural comprende las relaciones que se verifican entre individuos que poseen visiones compartidas de la realidad y formas comunes de comunicación. La institucional comprende a las normas y reglas que rigen el comportamiento de los actores económicos. La industrial corresponde a las relaciones entre elementos que interactúan en el mismo sector productivo. La dimensión cognitiva se refiere al tipo de conocimientos con los que cuentan los actores que facilita la comunicación en tanto que la social representa aspectos de los actores que permiten lograr rápidamente confianza para la colaboración.

De esta manera, la delimitación regional de un sistema de innovación respondería a las dimensiones geográfica, cultural, institucional y social. Es decir, la existencia de la cercanía física en conjunto con rasgos culturales semejantes, instituciones comunes y rutinas sociales parecidas, harían más estrechas las relaciones entre los actores

que integran un Sistema Regional de Innovación (SRI).

En el caso de un sistema sectorial de innovación o un sistema tecnológico, la proximidad responde a la dimensión industrial y cognitiva dado que los actores participan en los mismos mercados y presentan requerimientos de conocimientos tecnológicos semejantes²⁵.

Los trabajos que se ubican en este tema (Laursen, 1996), (Senker, 1996), (Furtado, 1997), (Breschi, 1997), (Alcorta, 1998), (Kumaresan, 1999), (Isaksen, 1999), delimitan el análisis de sistemas de innovación considerando solamente el ámbito regional o el sectorial o ambos, como en el caso de análisis de sectores específicos actuando en una región (Angelico et al. 2010).

La concepción de un sistema de innovación sin la connotación geográfica (nacional, regional o local) ha sido retomada por diversos autores los cuales hacen especial énfasis en el entendimiento de la dinámica de cambio de un sistema de innovación (Radošević, 1998, Etkowitz, 2000). Es decir, en el análisis de un sistema de innovación, interesa establecer las funciones y relaciones que pueden generar una dinámica sostenible y relevante en el proceso de innovación. Ejemplo de este interés es el trabajo de Park (2000) en el que analiza las condiciones que presentan los actores que cumplen diversas funciones dentro de un sistema de innovación y que permiten acelerar la dinámica del cambio técnico. Este ejercicio lo refiere al caso específico del sector de tecnología de manufactura avanzada.

Por su parte, el tema regional responde a la noción de proximidad tanto en su ámbito cultural como geográfico. Se sustenta en el hecho de que, debido a la proximidad cultural y geográfica, los procesos sociales de producción y de aprendizaje que llevan al cambio técnico se concretan con mayor intensidad en el ámbito regional.

Los trabajos agrupados en este tema (Cooke, 1997, Malmberg, 1997) plantean la

²⁵ El enfoque sectorial es muy semejante a lo que algunos autores llaman sistemas tecnológicos para referirse al ambiente en el que se desarrollan cuerpos tecnológicos integrados; por ejemplo, la biotecnología tiene aplicaciones es diferentes actividades industriales como la alimentaria, la farmacéutica, la petroquímica, etc. Un sistema tecnológico es definido como *...una red de agentes que interactúan en un área tecnológica específica bajo una infraestructura institucional particular con el propósito de generar, difundir y utilizar la tecnología* (Carlsson, 1991)

identificación de los diferentes elementos y relaciones de un sistema de innovación en el ámbito regional con el objeto de analizar con mayor detalle los diferentes aspectos de un sistema de innovación.

El segundo enfoque dentro de la aplicación práctica del concepto corresponde al desarrollo de indicadores que permitan medir los diferentes aspectos relacionados con un SNI: estructura, relaciones entre las partes que lo conforman, resultados, etc.

En particular, la OECD (OECD, 1998) ha dedicado un esfuerzo especial para desarrollar indicadores que permitan la cuantificación de la operación y estructura de un SNI. La intención explícita de esta organización es establecer un marco de análisis que permita la utilización del concepto de SNI para fines de definición de políticas relacionadas con el desarrollo científico y tecnológico y con la evaluación de programas. El segundo tema dentro de los llamados estudios prácticos del concepto de SNI corresponde a las propuestas de modelado del sistema y comprende dos tipos de enfoques. El primero consiste de estudios de tipo teórico relativos a la estructura de un SNI (Autio y Hameri, 1995). Un interesante ejemplo de este tipo de estudios son los trabajos de Padmore y coautores (Padmore, 1998a, 1998b) en los que desarrollan diversas ideas relacionadas con el modelado de un SNI considerando las necesidades que emanan desde una empresa que busca insertarse en dicho sistema.

Finalmente, el tercer enfoque se refiere a lo que se podría llamar modelado duro del concepto utilizando técnicas de simulación. Es en este enfoque en donde se inserta el presente trabajo por lo que en el siguiente capítulo se analizan con mayor detalle los trabajos que conforman este grupo y se proponen las bases para el modelado de un sistema de producción regional cuya competitividad se sustente en la creación de un ambiente de innovación.

4. MODELO DE UN SISTEMA REGIONAL DE INNOVACIÓN.

Como se señaló en el capítulo anterior, a partir de la década de los 80's el enfoque sistémico se ha utilizado con el fin de aplicarlo en el análisis de la capacidad de innovación de una región. De esta manera, surgió el concepto de Sistema Nacional de Innovación (SNI) como un nuevo paradigma en el estudio del desarrollo económico de los países. Este enfoque también se observa en estudios relacionados con la competitividad de las naciones.

Durante los últimos años el concepto de SNI ha sido ampliamente utilizado y se han desarrollado variantes tales como sistema regional de innovación, sistema tecnológico de innovación, etc. Una vertiente relevante para el presente trabajo ha sido el desarrollo de propuestas dirigidas a modelar el concepto.

En este capítulo se revisan las propuestas publicadas dirigidas a modelar un SNI o sus variantes. Un aspecto que resalta en las propuestas identificadas es el hecho que la innovación se ha asociado predominantemente a las actividades de Investigación y Desarrollo Tecnológico (IyDT).

Con base en la revisión de los modelos de SNI y las consideraciones que los sustentan, se proponen nuevas bases para construir un modelo de un sistema regional de innovación que permita relacionar su operación con la competitividad de la región.

Finalmente, se propone la estructura de un modelo que relacione el funcionamiento de un SNI con el comportamiento de la competitividad regional.

4.1 Modelos propuestos de un SNI

La línea de investigación referente a la modelación del concepto de Sistema Nacional de Innovación ha sido abordada por diversos autores. Uno de los primeros trabajos relacionado con este enfoque es el correspondiente a dos académicos europeos (Autio, E. y Hameri, 1995).

En su trabajo estos autores señalan que un Sistema Nacional de Innovación es un metasistema en el que se incluye un Sistema Tecnológico (ST). Define al ST como

...una red de agentes interactuando en un área tecnológica bajo una infraestructura institucional específica o conjunto de infraestructuras involucradas en la generación, difusión y utilización de la tecnología. Proponen diversos principios básicos relacionados con un modelo que represente la estructura y funcionamiento de un sistema tecnológico.

Por lo tanto, los autores limitan el alcance de la modelación a un sector tecnológico en particular, inmerso dentro de un SNI. Proponen que la modelación de un metasistema, como lo es un SNI, debe de considerar cuatro niveles o capas (*layers*).

El primer nivel corresponde a las instituciones y condiciones nacionales como la educación, la política, la cultura y los acuerdos nacionales referentes a la promoción de la ciencia y los incentivos tecnológicos, la interacción y cooperación entre los diferentes actores (empresas e instituciones), entre otros.

En el segundo nivel se encuentran los sectores productivos integrados por el conjunto de empresas que comparten los mismos mercados y proveedores. Cada sector productivo puede manifestar comportamientos diferentes dentro del mismo SNI.

El tercer nivel lo conforman las firmas (empresas) con sus características particulares: recursos humanos, experiencia, infraestructura productiva, etc.

Finalmente, el cuarto nivel está representado por el comportamiento de los individuos con respecto a su disposición al cambio, a la toma de riesgo, a la capacidad de aprendizaje, al ambiente para el emprendurismo, entre otros.

La idea de cuatro niveles o capas de un SNI que plantean estos autores se asemeja mucho a la propuesta asociada a la competitividad sistémica. Como se señaló en el punto 2.3.1, dentro de esta vertiente se plantean cuatro niveles de acuerdos y negociaciones necesarios para avanzar en la competitividad de una nación: el *metanivel* que corresponde a una visión compartida y aceptada por la sociedad con respecto a los objetivos nacionales; el *macronivel* representado por los acuerdos sociales expresados a través de las grandes políticas de Estado; el *mesonivel* integrado por políticas industriales, de infraestructura, educativas, tecnológicas, del

medio ambiente; y el *micronivel* correspondiente a las firmas en donde se expresa la competitividad del país (Messner, 1996).

El trabajo de Autio y Hameri (1995) no concluye en una propuesta específica de un modelo de SNI. Se limita a presentar la manera en que debe abordarse la construcción de un modelo general de dicho sistema tecnológico con base en los cuatro niveles planteados.

En 1998 se publica la primera propuesta de modelado de un SNI por conducto de dos académicos holandeses (Janszen, F. y Degenaars, G., 1998). Se fundamenta en el enfoque de Dinámica de Sistemas²⁶ (DS), dado que los autores la consideran apropiada para el manejo de sistemas complejos. Para sustentar que un SNI es un sistema complejo, los autores señalan que: *... cuando las relaciones entre los diversos elementos del sistema de innovación son caracterizadas por la existencia de numerosos ciclos de retroalimentación que se refuerzan positivamente o se inhiben negativamente, la dinámica del proceso deviene altamente no lineal, haciendo que la extrapolación de tendencias sea azarosa e imposible la predicción de los resultados (salidas) del sistema. Estos sistemas se conocen como sistemas complejos.*

El modelo que proponen se basa en el comportamiento de dos compañías ficticias que realizan actividades de IyDT y sus productos se enfrentan en el mercado mundial (de exportación). Comparan los posibles resultados de ambas compañías las cuales se ubican en diferentes SNI. Los SNI son expresados por nueve indicadores: infraestructura científica, proveedores de tecnología, disponibilidad de capital de riesgo (venture capital), subsidios gubernamentales, entre otros. Realizan una prueba del modelo aplicándolo al sector biotecnológico de Holanda.

Concluyen que la utilidad de la modelación de un SNI radica principalmente en la posibilidad de aumentar la visión (*insight*) de la dinámica del proceso de innovación y

²⁶ La Dinámica de Sistemas (DS) es una técnica para el diseño y análisis de políticas. Se aplica a problemas dinámicos y complejos que surgen en la sociedad, en la administración, en el ámbito económico y ecológico; en cualquier sistema dinámico que se caracterice por relaciones de interdependencia, de interacción mutua, de retroalimentación y causalidad circular. Tomado de la página electrónica System Dynamics Society (www.systemdynamics.org) y consultado el 15 febrero 2013.

así ayudar a formular preguntas de investigación para futuros estudios sobre los ambientes asociados a los sistemas de innovación.

Otro trabajo de interés para el enfoque de modelación de un SNI lo constituye el publicado en 1999 (Nasierowski, W. y Arcelus, F.J., 1999). Este estudio no desarrolla un modelo sino que propone un conjunto de variables que pueden caracterizar a un SNI.

Los autores señalan que un obstáculo que enfrentan los países para aumentar los niveles de vida de su población consiste en un débil sistema nacional de innovación. En este sentido, relacionan el funcionamiento del SNI con el desarrollo de la competitividad de un país. Conciben a dicho sistema como un subsector de la economía sustentado en actividades de IyDT y todas aquellas que las promueven. Así, definen un conjunto de variables vinculadas a las actividades de IyDT y que caracterizan a un SNI.

Presentan diversos análisis estadísticos a través de los cuales asocian la situación y comportamiento del SNI, expresado por las variables propuestas, con la productividad del sector productivo. Por lo tanto, retoman la idea de la teoría neoclásica de la economía que establece que el progreso técnico se expresa a través de un incremento de la productividad de los factores (ver punto 2.1.1).

Durante los primeros años del presente siglo no se publicaron trabajos relacionados directamente con la modelación de un SNI. Sin embargo, a partir del 2005 resurge este enfoque en el estudio de los sistemas de innovación. En efecto, en 2005 se publica una nueva propuesta de un modelo dinámico de un SNI (Lee, TL. y Tunzelmann, N., 2005) (Lee, TL., 2006).

También parten de la consideración que un SNI es un sistema complejo y que la DS es una técnica apropiada para su modelación. Para sustentar lo anterior, hacen referencia a lo expresado por Lundvall (1992) ... *el sistema nacional de innovación es un sistema social... También es un sistema dinámico, caracterizado por ...retroalimentación positiva y su reproducción. Causalidad acumulativa y círculos virtuosos y viciosos, son característicos de los sistemas y subsistemas de innovación.*

El modelo propuesto contempla dos componentes: uno industrial y otro tecnológico; este último vinculado con las actividades de IyDT. El modelo considera cinco subsistemas: ciencia y tecnología; recursos humanos; mercado de productos; mercado de capital (financiero) y comercialización de innovación (innovación de productos y procesos).

El principio básico del modelo consiste en un diagrama de causalidad con un ciclo positivo²⁷ con la siguiente lógica: *...al crecer los ingresos por ventas, mayor es la inversión en IyDT, motivando que los procesos de innovación bajen los costos.* Aplican el modelo a la industria de circuitos integrados en Taiwán con el objeto de analizar cuatro diferentes acciones para el desarrollo de la IyDT en este sector. Las cuatro posibles acciones son:

- Compra de tecnología en el extranjero;
- Desarrollo de institutos tecnológicos locales;
- Desarrollo de IyDT dentro del presupuesto de las empresas y,
- Apoyos y subsidios gubernamentales.

Con base en los resultados de la aplicación del modelo, los autores concluyen que los subsidios gubernamentales no ofrecen el impulso fundamental para el desarrollo de la industria de circuitos integrados en Taiwán. La transferencia de IyDT foráneo resulta aún un factor esencial para el crecimiento de dicha industria.

Contemporáneo al trabajo anterior existe otra propuesta de modelo dinámico de un SNI (Galanakis, K., 2006). Este trabajo propone cinco principales subsistemas en el modelo: creación de conocimientos; diseño y desarrollo de nuevos productos; el éxito/fracaso del producto en el mercado; factores internos que influyen a las firmas a innovar y el ambiente nacional de innovación.

Resaltan en este trabajo algunos aspectos. En primer lugar, al igual que la propuesta de Janszen, F. y Degenaars, G. (1998), este nuevo modelo se basa en el

²⁷ Un diagrama causal o de causalidad es un gráfico que permite visualizar las relaciones causa-efecto de variables que serán utilizadas en un modelo. Un ciclo positivo (*positive causal loop*) consiste en un diagrama causal que empieza y termina en la misma variable y todas sus relaciones con las demás variables incluidas en el diagrama presentan efectos positivos.

comportamiento de una empresa inserta en lo que Galanakis (2006) denomina, un ambiente de innovación. Es decir, se considera que el SNI genera un ambiente que propicia o motiva el desarrollo de la innovación en las empresas. Asimismo, enfatiza el proceso de creación de conocimientos como un subsistema del modelo y lo asocia a los recursos humanos que participan en la empresa.

El trabajo de Galanakis (2006) no presenta un modelo como tal sino que el análisis se sustenta en los diagramas causales de los subsistemas propuestos. Una de las conclusiones del trabajo señala que el proceso de diseñar y desarrollar un nuevo producto se basa en la utilización y transformación del conocimiento disponible en la empresa o fuera de ella; y su éxito en el mercado depende de las competencias funcionales del mismo (el nuevo producto) y de las competencias organizacionales de la empresa para producirlo a un precio razonable y posicionarlo adecuadamente en el mercado.

En 2008 se publica una nueva propuesta relacionada con la modelación de un SNI (Chen, Ch.K., 2008). Este modelo no se sustenta en DS sino que utiliza la técnica de análisis de trayectoria (*path analysis*) con el objeto de identificar relaciones causa – efecto en el comportamiento de un SNI.

El trabajo plantea que un sistema de innovación promueve la competitividad en una economía basada en el conocimiento. Señala que el comportamiento del sistema de innovación depende de tres variables fundamentales: el ambiente económico, los recursos humanos y la disponibilidad y utilización de tecnologías de información que permitan la difusión del conocimiento.

Utiliza los datos publicados por el Banco Mundial (World Bank, 2005) correspondientes a 132 países. A través del *path analysis* deduce que las variables más relevantes para el desarrollo de un sistema nacional de innovación son la calidad de los recursos humanos y la disponibilidad de tecnologías de información para la transmisión del conocimiento acumulado.

Entre los años 2008 y 2012 se publican tres propuestas más para modelar un SNI a través de DS. La primera corresponde a un trabajo presentado en el Congreso de la Sociedad de Dinámica de Sistemas²⁸ en 2008 (Stramboulis, Y., 2008).

En este trabajo el autor presenta varias ideas que difieren de las propuestas antes reseñadas. En primer lugar el trabajo señala que: *Lo que distingue un sistema de innovación de un “simple” sistema de producción sería que el primero tiene un enfoque natural a la innovación.* Es decir, se considera que el proceso de innovación se encuentra inmerso en el sistema de producción y no se puede tratar como una parte externa o ajena a la misma producción de bienes y servicios. Esta idea la enfatiza al señalar que *...la innovación se relaciona con actividades de diseño, IyDT, inversión en infraestructura productiva, ventas y marketing, administración de la calidad, entre otras.* Es decir, concibe a la innovación con una visión amplia y no solamente relacionada con las actividades de IyDT.

El trabajo no llega a proponer un modelo dinámico sino que solamente plantea el conjunto de diagramas causales previos a la construcción del modelo. En los diagramas causales que presenta propone la explicación del comportamiento de las organizaciones del sistema productivo que las motiva a innovar. Señala que activos intangibles inmersos en el sistema productivo juegan un papel relevante tales como la confianza, las competencias y las capacidades para innovar de los recursos humanos.

El autor concluye que el enfoque de DS provee una estructura de modelación y simulación que resulta compatible con los requerimientos ontológicos del enfoque evolucionista como sustento teórico del concepto de SNI.

En 2010 se publica una nueva propuesta para modelar un SNI con base en DS (Dangelico, RM. et al, 2010). Los autores establecen como premisa que la proximidad geográfica facilita la transferencia de conocimientos que, a su vez,

²⁸ La Sociedad de Dinámica de Sistemas (System Dynamics Society) reúne, desde 1982, a los interesados a nivel mundial en la utilización de este enfoque para modelar diversos fenómenos empresariales y sociales. Desde 1983 realiza anualmente un congreso internacional.

genera capacidad de innovación. Por esta razón, delimitan el modelo que proponen a un área geográfica relativamente pequeña a la que llaman *distrito*.

El modelo que proponen se sustenta en cuatro variables de estado²⁹:

- Número de actores en el *distrito* (empresas, instituciones de investigación y universidades),
- Número de actores fuera del *distrito*,
- Inventario de conocimientos dentro del *distrito* (conocimientos disponibles por parte de los actores),
- Inventario de conocimientos compartidos (conocimientos compartidos por dos o más actores).

Utilizan como ejemplo el *distrito* de Seattle, EUA, especializado en el sector aeroespacial con la empresa líder *Boeing*.

El objetivo del modelo es simular el comportamiento de distritos tecnológicos por lo que la salida de la simulación se refiere al número de actores dentro del *distrito*.

Concluyen señalando que: *Este modelo puede ser particularmente útil para entender cómo ...la interacción entre el conocimiento y la proximidad pueden afectar el comportamiento de un distrito tecnológico.*

Más recientemente, en 2012 se publica una nueva propuesta para modelar un SNI (Samara, E. et al., 2012). Los autores también presentan un modelo basado en DS con el fin de utilizarlo *...como una herramienta experimental para conducir análisis condicionales (what-if) que generen escenarios respecto a políticas de innovación alternativas.*

En su propuesta consideran seis subsistemas que permiten explicar el comportamiento de un SNI: recursos humanos y de conocimientos; actividades de investigación; condiciones de mercado; condiciones institucionales; sistema

²⁹ Variables de estado y auxiliares son conceptos utilizados en la técnica de dinámica de sistemas. En el siguiente capítulo se explica en qué consisten estos tipos de variables.

financiero y desempeño tecnológico. Los seis subsistemas son expresados a través de 39 variables, tanto de estado como auxiliares³⁰.

Aplican el modelo utilizando datos de Grecia del año 2008. Contemplan diversos escenarios cuya salida se expresa a través del porcentaje de pequeñas y medianas empresas griegas que realizan e introducen algún tipo de innovación tanto de productos como de procesos productivos.

El trabajo concluye señalando que la DS resulta un método apropiado para el desarrollo de modelos dinámicos que traten con la complejidad estructural y funcional del proceso de innovación a nivel nacional. En el presente año se publica un nuevo trabajo dirigido a analizar la dinámica de los SNI (Castellacci y Natera, 2013). Los autores señalan que no obstante que existen muchos estudios dirigidos al análisis del impacto de la innovación en el crecimiento económico, existen muy pocos dirigidos a investigar los mecanismos que expliquen la evolución y crecimiento de los SNI.

Proponen un modelo que considera dos conceptos: capacidad de innovación, capacidad de absorción tecnológica. Relacionan la dinámica de estos dos conceptos con el nivel de ingresos de un país. La capacidad de innovación la expresan por medio de variables relacionadas con actividades de I+D+D. La capacidad de absorción la expresan a través de cinco apartados: apertura internacional, el capital humano disponible, la infraestructura (transporte, energía, telecomunicaciones, etc), la calidad institucional y la cohesión e igualdad social en cuanto al acceso a la educación y conocimiento. Utilizan un método econométrico basado en series de tiempo y la información disponible en una base de datos construida por los mismos autores que integra datos de 41 indicadores correspondientes a 134 países durante el periodo 1980-2008.

Entre las principales conclusiones señalan que las actividades de I+D+D representan un factor fundamental en la evolución de los SNI en economías avanzadas. En el caso de economías de renta media, la infraestructura y la apertura internacional son los factores claves para el desarrollo de la capacidad de absorción tecnológica.

³⁰ Ver nota 25.

Concluyen señalando que los SNI son sistemas dinámicos que evolucionan dirigidos por un complejo conjunto de relaciones de retroalimentación.

La tabla 4.1 muestra un resumen de las propuestas anteriormente comentadas y relacionadas con la modelación de un SNI.

Tabla 4.1 Trabajos publicados relacionados con la modelación de un SNI

No.	Título	Autores	Principales ideas
1	<i>The structure and dynamics of technological systems: a conceptual model</i>	Autio, E. Hameri, AP. (1995)	Señala los conceptos que deben considerarse al tratar de modelar un Sistema Tecnológico. No llega a proponer un modelo. Al modelar se deben considerar <u>cuatro capas (layers) o niveles</u> : individual, organizacional, sectorial o industrial y nacional o global.
2	<i>A dynamic analysis of the relations between the structure and the process of National Systems of Innovation using computer simulation: the case of the Dutch biotechnological sector.</i>	Janszen, F. Degenaars, G. (1998)	Señalan que un SNI es un sistema complejo y son los primeros en utilizar <u>Dinámica de Sistemas (DS)</u> para proponer su modelación. Consideran dos compañías que realizan actividades de IyDT insertas en dos diferentes SNI, es decir, en diferentes <u>ambientes para la innovación</u> . Concluyen que la utilidad de la modelación propuesta es aumentar la visión (insight) de la dinámica del proceso de innovación y así ayudar a formular preguntas de investigación para futuros estudios.
3	<i>Interrelationships among the elements of National Innovation System: A statistical evaluation</i>	Nasierowski, W. Arcelus, F.J. (1999)	Establece que un SNI representa un sector de la economía. Señala un conjunto de variables que pueden caracterizar a un SNI, todas ellas relacionadas con una concepción de la innovación vinculada a las actividades de IyDT. A través de análisis estadísticos <u>relaciona el comportamiento del SNI con la productividad del sector productivo</u> .
4	<i>A dynamic analytic approach to national innovation systems: The IC industry in Taiwan*</i>	Lee, TL. Tunzelmann, N. (2005)*	Proponen un <u>modelo basado en DS</u> y lo sustentan haciendo referencia a Lundvall (1992): <i>un SNI es un sistema social,y dinámico caracterizado ...por retroalimentación positiva ...con ciclos virtuosos y viciosos</i> . Proponen dos subsistemas en el modelo: un sistema tecnológico y un sistema industrial. El sistema tecnológico vinculado con actividades de IyDT. Integra el modelo con cinco subsistemas: ciencia y tecnología; <u>recursos humanos</u> ; mercado de productos; mercado de capital (financiero) y <u>comercialización de innovación (patentes en productos y procesos)</u> . Utiliza el caso de la industria de circuitos integrados en Taiwán para analizar cuatro diferentes opciones para su desarrollo.
5	<i>Innovation process. Make sense using systems thinking</i>	Galanakis, K. (2006)	Sustenta la <u>modelación de un SNI en DS</u> y la delimita al desarrollo de nuevos productos como una expresión de la innovación. Plantea cinco subsistemas principales: <u>creación de conocimientos</u> ; diseño y desarrollo de nuevos productos (NPDD); éxito del producto en el mercado; factores internos que influyen a las firmas a innovar y el <u>ambiente nacional de innovación</u> . El éxito de la innovación está ligada a la aceptación del nuevo producto en el mercado lo que depende a las competencias del propio producto y de la organización. Solamente presenta diagramas causales de los subsistemas; no realiza simulación.
6	<i>Indicators for complex innovation systems</i>	Katz, S. (2006)	Establece que un <u>sistema de innovación es un sistema complejo</u> . La intensidad en IyDT, el PIB per cápita y las citas por artículo son indicadores de desempeño utilizados para comparar sistemas de innovación.

7	<i>Causal modeling of knowledge-based economy</i>	Chen, Ch.K. (2008)	Señala que el <u>sistema de innovación promueve la competitividad</u> en una economía basada en el conocimiento. El desarrollo de estos dos conceptos dependen de tres variables: el ambiente económico, los <u>recursos humanos</u> y la disponibilidad y utilización de tecnologías de información que permitan la <u>difusión del conocimiento</u> . Realiza un análisis estadístico (<i>path analysis</i>) y concluye que las variables más relevantes para el desarrollo del sistema de innovación son la <u>calidad de los recursos humanos</u> y la disponibilidad de tecnologías de información para la transmisión del conocimiento acumulado.
8	<i>Exploring the system dynamics of innovation systems</i>	Stamboulis, Y. (2008)	Un <u>SNI es un sistema de producción con un enfoque a la innovación</u> . La <u>innovación se relaciona con diversas actividades</u> , por ejemplo, de diseño, IyD, inversión en infraestructura productiva, ventas y marketing, administración de la calidad, entre otras. Presenta diagramas causales para modelar el comportamiento entre los actores relacionados con la innovación. Propone <u>modelar a través de DS</u> que representa una técnica compatible con el enfoque evolucionista.
9	<i>A system dynamics model to analyze technology districts' evolution in a knowledge-based perspective</i>	Dangelico, RM. Garavelli, AC. Petruzzello, AM. (2010)	La proximidad geográfica facilita <u>la transferencia de conocimientos que genera capacidad de innovación</u> . El <u>modelo que proponen se sustenta en DS</u> ; los conocimientos disponibles en el distrito son relevantes. Concluyen señalando que el <u>modelo es útil para entender</u> la interacción entre el conocimiento y la proximidad pueden afectar el comportamiento de un distrito tecnológico.
10	<i>The impact of innovation policies on the performance of national innovation systems: A system dynamics analysis</i>	Samara, E., Georgiadis, P. Bakouros, I. (2012)	Presentan un <u>modelo basado en DS</u> . Consideran seis subsistemas: <u>recursos humanos y de conocimientos</u> ; actividades de investigación; condiciones de mercado; condiciones institucionales; sistema financiero y desempeño tecnológico. Concluyen que la DS resulta un método apropiado para el desarrollo de modelos dinámicos que ayuden a entender la <u>complejidad estructural y funcional del proceso de innovación</u> a nivel nacional.
11	<i>The dynamics of national innovation systems: A panel cointegration analysis of the coevolution between innovative capability and absorptive capacity</i>	Castellaci, F. Natera JM. (2013)	Realizan una revisión documental del concepto SNI; establecen que los <u>Sistemas Nacionales de Innovación son claves para el crecimiento económico y la competitividad</u> . Utilizan un modelo econométrico basado en <i>series de tiempo</i> considerando el periodo 1980-2008. Consideran dos categorías: capacidad de innovación y capacidad de absorción tecnológica. El primer grupo lo expresan a través de diversas variables: gasto en IyDT, número de patentes, etc. El segundo grupo lo representan con variables asociadas a recursos humanos disponibles, infraestructura, comercio internacional, etc. Una de sus principales conclusiones observa que un SNI es un sistema dinámico cuya evolución está <u>dirigida por un complejo conjunto de efectos de retroalimentación</u> .

* El mismo contenido de este artículo fue publicado un año después (2006) en la revista *International Journal of Technology, Policy and Management* firmado solamente por Lee, TL.

4.2 Análisis de los modelos propuestos

Un primer punto que surge del análisis de la tabla 4.1 corresponde al interés creciente por modelar el concepto de SNI. Este interés es más notorio a partir del año 2005 y responde al objetivo de construir herramientas que permitan mejorar el estudio de dicho concepto. Es decir, la modelación de un SNI se considera como una herramienta que permite mejorar el entendimiento del proceso de innovación y su relación con la construcción de la competitividad de una nación.

La relación entre los conceptos de competitividad y de SNI está presente en varios de los trabajos reseñados. En particular se encuentra un punto de coincidencia entre las propuestas de Autio y Hameri (1995) refiriéndose a los sistemas de innovación (ver trabajo 1 de la tabla 4.1), y de Messner (1996) con relación a la competitividad sistémica de un país (ver punto 2.3.1). Ambos trabajos proponen que en los estudios de ambos conceptos se deben considerar diversos niveles de análisis.

El trabajo de Autio y Hameri (1995) señala que el SNI es un metasistema en el que se deben considerar cuatro niveles o capas (*layers*). El trabajo de Messner (1996) plantea cuatro niveles de acuerdos sociales necesarios para avanzar en la competitividad sistémica de una nación.

Esta coincidencia se puede visualizar en la tabla 4.2 la cual presenta una comparación entre los niveles que proponen los dos trabajos señalados.

Tabla 4.2 Comparación entre las propuestas de Autio y Hameri (1995) y de Messner (1996)

Propuesta	Autio y Hameri (1995) (Modelado de un SNI)	Messner (1996) (Competitividad sistémica)
Primer nivel (Autio y Hameri) Metanivel (Messner)	Representado por instituciones y condiciones nacionales como la educación, la política, la cultura y los acuerdos nacionales referentes a la promoción de la ciencia y los incentivos tecnológicos, la interacción y cooperación entre los diferentes actores (empresas e instituciones)	Corresponde a una visión compartida y aceptada por parte de la sociedad con respecto a los objetivos nacionales y a las estrategias para alcanzarlos en el mediano y largo plazos
Segundo nivel (Autio y Hameri) Macronivel (Messner)	Corresponde a los sectores productivos integrados por el conjunto de empresas que comparten los mismos mercados, proveedores, insumos, etc.	Representado por los acuerdos sociales y se expresa a través de las grandes políticas de Estado que proporcionan un ambiente estable para lograr los objetivos de mediano y largo plazos; por ejemplo, las políticas fiscal, la financiera, la presupuestal y monetaria, de comercio exterior, etc.
Tercer nivel (Autio y Hameri) Mesonivel (Messner)	Integrado por empresas (firmas) con sus características particulares (recursos humanos, experiencia, infraestructura productiva, etc) y en las que se manifiesta la innovación a través de la producción de bienes y servicios	Corresponde a las grandes políticas anteriores a partir de la determinación de programas industriales, sectoriales, de infraestructura, educativas, tecnológicas, del medio ambiente, etc.
Cuarto nivel (Autio y Hameri) Micronivel (Messner)	Expresado por el comportamiento de los individuos con respecto a su disposición al cambio, a la toma de riesgo, a la capacidad de aprendizaje, al ambiente para el emprendurismo, etc.	Corresponde a las empresas (firmas) en donde se concretan las políticas y programas de los niveles previos y se expresa la competitividad del país

Fuente: Elaboración propia con base en los trabajos citados.

Tanto Autio y Hameri (1995) como Messner (1996) consideran a las empresas como las organizaciones en las que se expresa la innovación y la competitividad de las actividades económicas que se realizan en un territorio (nación o región). Sin embargo, las dos propuestas colocan a las organizaciones productivas en diferentes niveles.

Por su parte, Messner (1996) concede relevancia en la construcción de la competitividad sistémica a lo que llama, una visión compartida de la sociedad con respecto a los objetivos nacionales (metanivel). Esta visión se expresa a través del siguiente nivel (macro) constituido por las políticas acordadas en los diferentes ámbitos de la sociedad. En el trabajo de Autio y Hameri (1995), tanto el metanivel como el macronivel están considerados dentro de las instituciones y las políticas acordadas por la sociedad; es decir, corresponden al primer nivel propuesto por estos autores.

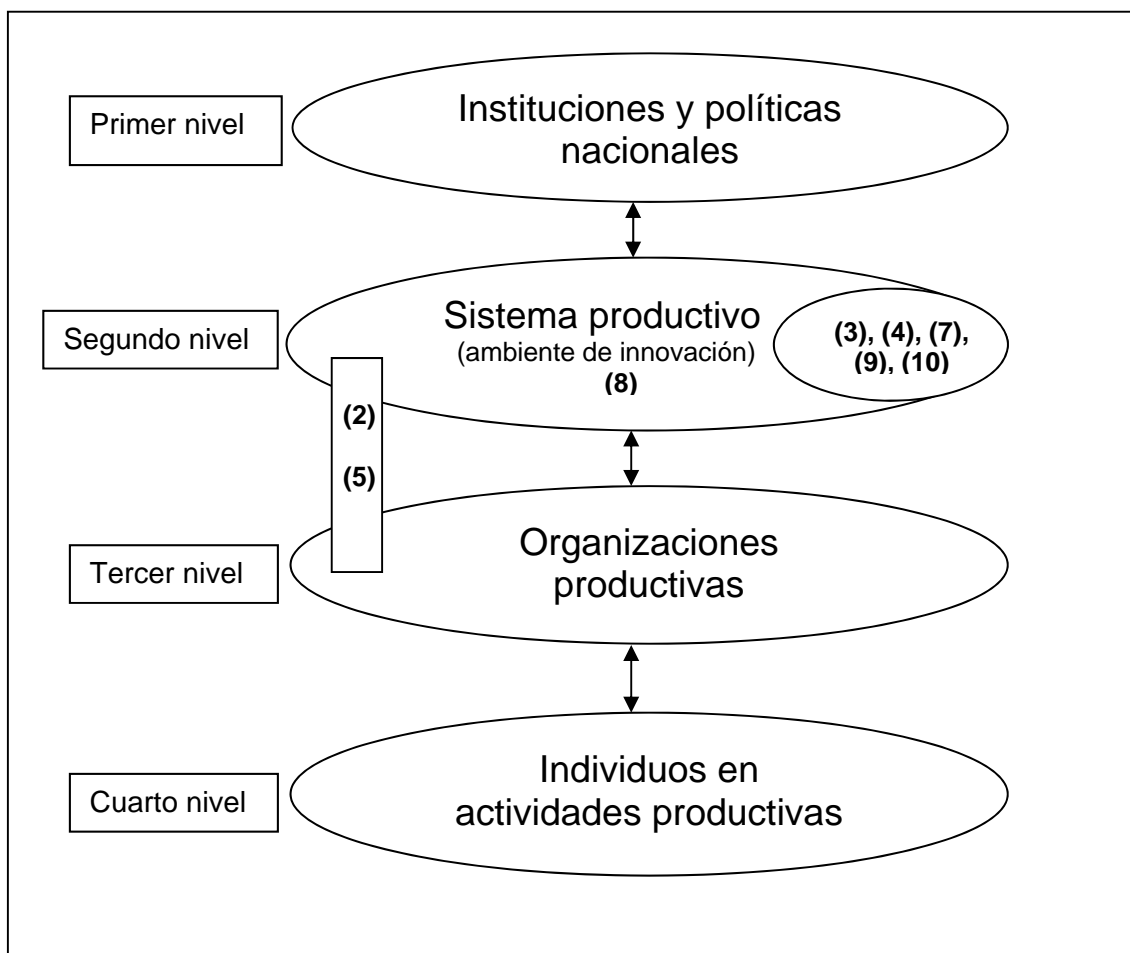
Ambos planteamientos también difieren en la relevancia del comportamiento de los individuos. Autio y Hammeri (1995) consideran el comportamiento de los individuos como una capa o nivel a considerar en la modelación de un SNI³¹; por el contrario, Messner (1996) no contempla la actuación individual como un elemento importante para construir la competitividad sistémica de una nación.

Las dos propuestas reseñadas en la tabla anterior pueden ser integradas a través del esquema que muestra la figura 4.1. Se consideran cuatro niveles en los que se manifiesta la complejidad del proceso de innovación y de la construcción de la competitividad de una región o país. El primer nivel está integrado por los acuerdos sociales que se traducen en instituciones³² y políticas específicas que influyen en la construcción de la competitividad y el desarrollo de la innovación.

³¹ El comportamiento de los individuos ha sido un elemento fundamental en las teorías económicas, especialmente en la clásica y la llamada neoclásica. El término *homo economicus* expresa el comportamiento racional de un individuo para calcular el costo y beneficio de sus decisiones económicas con el fin de alcanzar el máximo bienestar.

³² Se entiende por instituciones a las estructuras y organizaciones que regulan y administran los procesos sociales.

Figura 4.1. Niveles de complejidad a considerar en la modelación de un SNI y en la construcción de la competitividad sistémica.



Fuente: Adaptado de Messner (1996) y Autio y Hammeri (1995).

El segundo nivel está representado por el sistema productivo nacional o regional. Lo integra el conjunto de organizaciones productivas que generan los bienes y servicios que produce el país o la región. En este mismo nivel las organizaciones productivas pueden agruparse por sectores. Un sector es un conglomerado de organizaciones productivas que presentan una característica común, por ejemplo: el tipo de insumos, bienes y servicios producidos³³.

El tercer nivel corresponde a cada organización productiva establecida en la nación o región en tanto que el cuarto nivel lo conforman los individuos que realizan actividades económicas en cada una de las organizaciones productivas.

³³ Estos conglomerados de organizaciones productivas también reciben el nombre de *cluster*. Porter, M. (2000) utiliza este concepto para analizar las razones por los que ciertos sectores ubicados en diferentes países resultan mundialmente competitivos.

La figura 4.1 permite identificar la ubicación de los modelos revisados y señalados en la tabla 4.1.

Por ejemplo, el trabajo de Nasierowski y Arcelus (1999) (correspondiente al número 3 en la tabla 4.1), señala que un SNI es un sector del sistema productivo y con ese sustento limita su análisis a solamente las actividades relacionadas con la IyDT. Es decir, para estos autores el SNI está conformado por la parte del sector productivo asociada a dichas actividades. Por esta razón, en la figura 4.1 este trabajo se incluye dentro del segundo nivel y considerando solamente una parte del sector productivo.

Esta visión es compartida por los modelos señalados con los números 4, 7, 9 y 10 en la tabla 4.1, los cuales también suponen que los componentes de un SNI corresponden a las organizaciones relacionadas con actividades de IyDT. En consecuencia, una parte de ellos proponen como variables a utilizar en los modelos las correspondientes a gastos y personal asociados a IyDT, desarrollo de nuevos productos, número de patentes, entre otras.

Los trabajos que aparecen con los números 2 y 5 en la tabla 4.1, consideran las actividades de IyDT realizadas a nivel de empresa. Suponen dos empresas que desarrollan actividades de IyDT. Cada empresa hipotética realiza sus actividades en diferentes países o regiones; es decir, en diferentes SNI o, como lo señalan ambos trabajos, en diferentes *ambientes para la innovación*. Los trabajos asocian los resultados que obtendría cada empresa en el mercado a las diferentes condiciones regionales que promueven o inhiben a las actividades de IyDT. Por consiguiente, estos trabajos son ubicados en la figura 4.1 considerando el segundo y tercer nivel.

Finalmente, el trabajo señalado con el número 8 en la tabla 4.1 es ubicado en todo el segundo nivel en la figura 4.1. Esto responde a que es el único de los trabajos revisados en la sección anterior que asocia al proceso de innovación con una amplia gama de actividades (diseño, mejoras productivas y en la administración de la producción, *marketing*, etc), y no solamente con aquellas relacionadas con la IyDT. Es decir, considera tanto la innovación tecnológica

como la no tecnológica³⁴. Establece que un SNI es un sistema productivo con un enfoque a la innovación por lo que el concepto debe contemplar a todo el sistema productivo.

Otro aspecto que surge del análisis de los trabajos referidos en la tabla 4.1 es la amplia utilización de la técnica de Dinámica de Sistemas (DS) en las propuestas de modelación de un SNI. En efecto, seis de los once trabajos referidos se sustentan en el enfoque de DS; dos trabajos (5 y 8) presentan solamente los diagramas causales (ver nota 23) que servirían para construir un modelo dinámico de un SNI, en tanto que cuatro trabajos (2, 4, 9 y 10) llegan a la construcción del modelo y muestran resultados de la simulación realizada.

La utilización de DS se sustenta en la idea que un SNI corresponde a un sistema complejo. Este punto responde a las propuestas de los iniciadores del concepto de SNI. Por ejemplo, se hace referencia a Ludvall (1992) quien señala que: *el sistema nacional de innovación es un sistema social.... También es un sistema dinámico, caracterizado por ...retroalimentación positiva. Causalidad acumulativa y círculos virtuosos y viciosos, son característicos de los sistemas y subsistemas de innovación.* Por lo tanto, parten de la consideración que el proceso de innovación es un fenómeno social y como tal, un SNI corresponde a un sistema complejo.

De acuerdo con Janszen y Degenaaars (1998) un sistema complejo se caracteriza por la presencia de numerosos ciclos de retroalimentación entre los elementos del sistema los cuales se refuerzan positiva o negativamente por lo que la dinámica de todo el sistema resulte azarosa.

Una de las áreas en las que más se ha aplicado el paradigma de sistemas complejos es sin duda la biología y, en particular, la evolución de los seres vivos. Por ejemplo, Flores J. y Martínez, G. (2010) señalan que *...la biología ...es el*

³⁴ La innovación no tecnológica es aquella no asociada a las actividades de IyDT. De acuerdo a Fernandez, JL. (2009), ejemplos de innovación no tecnológica son: la innovación en procesos (desde el diseño hasta la distribución); en la organización gerencial; en la conquista de mercados (diseño de empaques, publicidad, mercadeo, etc).

nicho para la realización de estudios con el enfoque de los sistemas complejos, o dicho de otra forma, los seres vivos son un prototipo de un sistema complejo.

Dentro de la biología existen trabajos que diferencian distintos niveles en los que se manifiesta la complejidad en los seres vivos. Es el caso del trabajo de Álvarez-Buylla y Benítez, M. (2010), refiriéndose al proceso de desarrollo de los seres vivos; señalan que dicho proceso *...depende de la interacción compleja entre numerosos actores en las escalas molecular, celular, organísmica y ambiental.* Es decir, la complejidad se manifiesta en distintos niveles que conforman a un ser vivo.

Esta idea coincide con lo señalado por Stephens, Ch. (2010) en cuanto a que los sistemas complejos *...inducen interacciones a lo largo de diferentes bloques constitutivos y que son tales que requieren una integración de las contribuciones de diferentes bloques a distintos niveles.* Lo anterior es congruente con el planteamiento expresado en la figura 4.1 en la que se considera, tanto para el desarrollo de la competitividad como para la modelación de un SNI, la presencia de cuatro niveles dentro del sistema a modelar.

Por lo tanto, la complejidad asociada a la construcción de la competitividad puede ser analizada considerando cada nivel propuesto en la figura 4.1. De hecho, los modelos reseñados en la sección anterior se refieren fundamentalmente a la modelación de un sistema complejo ubicado en el segundo nivel.

Otro punto a destacar en los trabajos revisados es la importancia de los recursos humanos en la modelación de un SNI. En efecto, la calidad y/o disponibilidad de recursos humanos es considerado como un factor clave en el proceso de innovación y, en consecuencia, una variable contemplada en parte de las propuestas de modelación de un SIN (Lee, TL. y Tunzelmann, N., 2005) (Chen, Ch., 2008) (Samara, et al., 2012).

También se observa la incorporación de conceptos e ideas provenientes de otras líneas de pensamiento económico u organizacional como se mencionó en el punto 3.1.2 al señalar las tendencias recientes en el estudio de los SNI. En particular, varios de los trabajos señalan como conceptos relevantes en sus

propuestas de modelación, la idea de creación y difusión de conocimientos. Galanakis (2006) y Samara et al (2012) contemplan en sus modelos la presencia de un subsistema asociado a la creación de conocimientos. Chen (2008) asocia el desarrollo de las llamadas TIC (tecnologías de la información y comunicación) con la eficiente transmisión de conocimientos dentro del SNI. Dangelico et al. (2010) consideran que la disponibilidad de conocimientos y recursos humanos dentro de un distrito son condiciones relevantes en el desarrollo de un SNI.

Finalmente, los trabajos de Lee y Tunzelman (2005) y Galanakis (2006) incorporan el éxito de los productos en el mercado como una consecuencia del funcionamiento de un SNI. Esta consideración se vincula con la relación que guardan los conceptos de innovación y de competitividad.

En efecto, en el capítulo 2 se observó que una de las dimensiones del concepto de competitividad el éxito en el mercado internacional (ver tabla 2.2).

4.3 Bases para un modelo dinámico de una SNI

Los conceptos de competitividad y de innovación tienen una estrecha relación de acuerdo a lo tratado en los capítulos anteriores. Varios de los modelos de un SNI reseñados en la sección anterior asocian el buen funcionamiento del sistema de innovación con la promoción de la competitividad de la economía.

Porter (1990) señala que la competitividad consiste en lograr *...la producción de bienes y servicios de mayor calidad y de menor precio que los competidores domésticos e internacionales, que se traduce en crecientes beneficios para los habitantes de una nación al mantener y aumentar los ingresos reales*. En esta definición se reproducen las tres dimensiones de la competitividad señaladas en el capítulo 2; es decir:

- Se logra el éxito en el mercado (abierto) de los bienes y servicios
- Se generan beneficios para los habitantes de la nación que les permite una adecuado nivel de vida y,
- Se logra acrecentar de manera sostenida los beneficios y el nivel de vida.

El factor clave que permite que se verifique este último punto es precisamente el concepto de innovación. A través de la innovación el sistema productivo se transforma con el objeto de mantener y acrecentar su éxito en el mercado y, en consecuencia, generar beneficios crecientes para los habitantes de una nación. En este sentido, la innovación corresponde al factor que le da sustentabilidad a la operación del sistema productivo y, en consecuencia, le permite acrecentar sostenidamente el nivel de vida de la población.

Por lo tanto, en este trabajo se recoge la idea que la innovación es el motor de la competitividad de una nación por lo que el SNI se inserta en el sistema productivo, no como un sector específico sino como una forma de actuar de todas sus partes.

Bajo esta premisa, a continuación se presentan las bases sobre las cuales se propone la modelación de un SNI que refleje el desarrollo de la competitividad. En consecuencia, la modelación no contempla solamente a las actividades relacionadas con la IyDT sino se sustenta en las características de todo el sistema productivo que le permitan realizar procesos de innovación y así acrecentar su competitividad.

4.3.1 Utilización de una concepción amplia del proceso de innovación

Como se señaló, la mayor parte de los modelos de un SNI reseñados en la sección anterior consideran el concepto de innovación asociado a las actividades de IyDT.

Sin embargo, el origen del concepto de SNI no restringía la innovación a solamente las actividades de IyDT. Por ejemplo, Freeman (1987) atribuía el éxito económico del Japón, no a su potencial científico sino a su capacidad para organizar socialmente y de manera eficiente, el proceso de innovación. Así, la innovación era concebida como un proceso social en el que participaban diversos actores y cuya fuente de conocimientos no se localizaba únicamente en el conocimiento científico.

Más recientemente, se ha retomado el interés por estudiar el fenómeno de la innovación en el sector productivo más allá de exclusivamente las actividades de I+D+D. La OECD (2009) señala que en años recientes *...la noción de innovación se ha ampliado. En particular, el interés ha crecido en las formas no tecnológicas de la innovación y su contribución al crecimiento de la productividad. Hay también un reconocimiento creciente que la innovación comprende un amplio rango de actividades, incluyendo cambios organizacionales, mercadeo y diseño, en adición a la I+D+D.*

En efecto, restringir la construcción de modelos de un SNI a solamente las actividades de I+D+D es dejar fuera del análisis a una parte del sistema productivo que, en países como México, puede significar la inmensa mayoría de las organizaciones productivas.

Además, dentro de la propuesta del concepto de SNI, el proceso de innovación se presenta como el motor de la competitividad de una región. Lundvall (1992) señala que: *En los modelos económicos estándares, la innovación aparece como eventos extraordinarios, venidos del exterior y ocasionando disturbios temporales al equilibrio general....sin embargo, en el capitalismo moderno, la innovación es un fenómeno fundamental e inherente; el término competitividad de las firmas y de las economías nacionales refleja su capacidad innovativa.*

Si la competitividad es el reflejo de la capacidad de innovación de una economía, entonces los procesos de innovación deben estar presentes en todo el sistema productivo y no concentrarse en solamente el sector que genera actividades relacionadas con la I+D+D. De esta manera, el modelo de un SNI debe responder a lo que señala Stramboulis (2008) *...un sistema nacional de innovación es un sistema productivo con un enfoque a la innovación.* Este concepto de innovación ya no se limitaría a las actividades de I+D+D sino, como señala la OECD, contemplaría una amplia gama de actividades que contribuyan al incremento de la productividad del sistema productivo.

Por lo tanto, este trabajo considera a la innovación como toda mejora que se realiza en la actividad productiva que genera cambios en los bienes y servicios

producidos lo que les permite ser más atractivos en los mercados a los que se dirigen. Estos cambios pueden provenir de actividades de I+D+D, expresados por nuevos productos o procesos, pero también en mejoras en la organización de la producción, en la forma de distribución, en la mejoría de los procesos administrativos, etc.

4.3.2 Modelación de un sistema de producción (SP)

En la mayor parte de los modelos reseñados en la sección 4.1 prevalece la asociación del concepto de innovación con las actividades de I+D+D. Por lo tanto, la utilización de una concepción amplia del proceso de innovación modifica el marco de referencia de buena parte de tales modelos.

En una concepción amplia de la innovación, resulta pertinente la propuesta de Nonaka (1994) señalando que *...la innovación puede ser mejor entendida como un proceso a través del cual la organización (productiva) crea y define problemas y entonces activamente desarrolla nuevo conocimiento para resolverlos*. Estos problemas pueden estar asociados al desarrollo de un nuevo producto o proceso pero también a otras actividades dirigidas a mejorar las diversas actividades de la organización: productivas, administrativas, de ventas y mercadotecnia, etc.

Esta concepción del proceso de innovación lo sitúa en toda la actividad productiva y lo relaciona con la capacidad de identificar problemas productivos y resolverlos. Coincide con lo propuesto por Tidd et al (2005) quienes conciben a la innovación como un proceso dirigido a transformar las oportunidades en nuevas ideas y colocarlas ampliamente en la práctica. Las oportunidades surgen a través de la identificación de problemas: mejorar un producto o introducir uno nuevo, reorganizar a la producción, desarrollar un nuevo proceso, mejorar la comercialización de un producto, etc. El llevarlo a la práctica significa que el sistema productivo es capaz de asimilar las soluciones a los problemas y convertirlas en nuevas condiciones de la producción: mejores productos, organización más eficiente, comercialización más eficaz, etc.

Por su parte, Cimoli et al (2009) señalan que las instituciones y las políticas dirigidas al aprendizaje tecnológico deben de construir, lo que llaman, un sistema de producción e innovación.

Así, bajo una amplia concepción de la innovación una nueva propuesta de modelación del concepto de SNI deberá contemplar todo el sistema productivo y no solamente aquella parte relacionada con las actividades de IyDT. Esta ampliación de los procesos de innovación a todo el sistema productivo llevan a la idea expuesta por algunos de los trabajos reseñados en la sección anterior y que consideran que el SNI forma un *ambiente de innovación* (Nasierowski y Arcelus, 1999) (Galanakis, 2006). Este *ambiente de innovación* deberá estar presente en todo el sistema productivo y no solamente en las actividades asociadas a la IyDT.

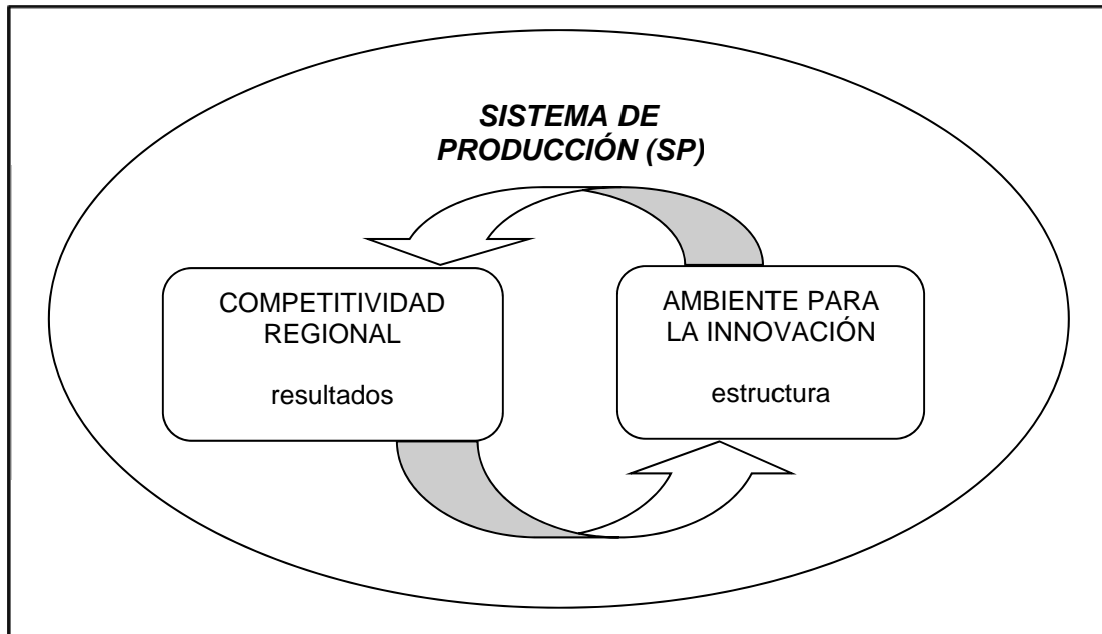
Una propuesta de modelación deberá considerar la manera en que se construye un *ambiente de innovación* favorable en todo el sistema productivo. De esta manera, una nueva propuesta del concepto de SNI se convierte en la modelación de un sistema de producción con un enfoque a la innovación como lo señala Stamboulis (2008).

Esta idea coincide con el señalamiento de Porter y Stern (2002); para estos autores, la *...capacidad (de innovación) no es simplemente el nivel de innovación observado (en un periodo) sino que también refleja las condiciones fundamentales, inversiones y políticas adecuadas para crear un ambiente de innovación en una región o país específico.*

Un *ambiente de innovación* concebido de esta manera tiene que ver con las características estructurales del sistema productivo y no solamente con el subsector del mismo relacionado con las actividades de IyDT. Así, la propuesta que se presenta más adelante considera la modelación de un sistema de producción en donde se construye un *ambiente de innovación* que permita aumentar, de manera sostenida, la competitividad de la economía correspondiente. El aumento de la competitividad puede retroalimentar favorablemente al desarrollo del *ambiente de innovación* que permea a todo el sistema productivo. La figura 4.2 esquematiza esta relación positiva de

retroalimentación entre el ambiente de innovación y la competitividad de una economía.

Figura 4.2 Relación entre la competitividad regional y el SRI



Fuente: Elaboración propia

4.3.3 Limitación del nivel a modelar

Revisando nuevamente la figura 4.1, en una economía se contemplan cuatro niveles cuyo comportamiento afecta al proceso de innovación de una economía. Cada nivel presenta su propia complejidad e interrelaciones con los demás niveles.

Los trabajos reseñados anteriormente ubican al SNI principalmente en el nivel 2 y algunos consideran los niveles 2 y 3. Es decir, contemplan la modelación de las características del sistema productivo y/o de las organizaciones productivas que motivan el proceso de innovación.

Evidentemente el comportamiento de cada uno de los niveles que presenta la figura 4.1 afecta al proceso de innovación y, por ende, a la competitividad de una nación. Además, el comportamiento de cada nivel también impacta a los niveles restantes. Es claro que si en el primer nivel existen instituciones y políticas nacionales estables, esto favorecerá la identificación y puesta en marcha de

programas de fomento a la innovación. Estos programas, en la medida que se generalicen a todas las organizaciones productivas (nivel 3) y que éstas cuenten con individuos aptos para emprender continuamente procesos de innovación (nivel 4), el sistema productivo (nivel 2) generará bienes y servicios exitosos en el mercado lo que promoverá mayor competitividad de la región.

Los niveles 2, 3 y 4 han sido objeto de propuestas de modelos dinámicos dirigidos a analizar el comportamiento de cada nivel con el objeto de entender mejor su comportamiento y los resultados de acciones o programas específicos³⁵.

Un modelo que intente representar de manera completa el proceso de innovación que se sucede en una economía debe contemplar los cuatro niveles de la figura 4.1. Sin embargo, es en el sistema productivo en donde se manifiestan los resultados del proceso de innovación que funciona como el motor de la competitividad. Es en el sistema productivo en donde se expresa el *ambiente de innovación* que propicia el desarrollo de la competitividad como lo señalan Galanakis, K. (2006) y Chen, Ch.K. (2008).

Por lo tanto, el alcance de la propuesta que se presenta más adelante para modelar un sistema de innovación se limita al segundo nivel de la figura 4.1; es decir, considera la modelación de las características del sistema de producción (nivel 2) que favorecen el proceso de innovación.

4.3.4 Limitación del alcance territorial del sistema a modelar

Para el desarrollo de una propuesta de modelación de un SNI se adopta la idea propuesta por Dangelico et al. (2010) en cuanto al alcance territorial. Estos autores introducen en su modelo una de las líneas de desarrollo del concepto de

³⁵ Ejemplos de propuestas de modelación para los niveles 2 y 3 son los trabajos señalados en la tabla 4.1 y esquematizados en la figura 4.1. En el caso de modelos del comportamiento de los individuos en actividades productivas (nivel 4) se puede señalar el célebre trabajo de Hershauer y William (1978). En él los autores proponen diagramas causales para analizar la forma en que diversos factores intervienen en el crecimiento de la productividad de un trabajador. Durante varios años este artículo recibió un gran número de citas de trabajos relacionados con el tema de la productividad. Basado en esa propuesta, López-Ortega y Saloma (2002) construyen un modelo dinámico que permite realizar simulación del comportamiento de la productividad del trabajador ante diferentes acciones.

SNI señaladas en el capítulo 3. Esta línea consiste en acotar el alcance territorial de un sistema nacional de innovación a un ámbito regional. De esta manera el concepto se transforma en sistema regional de innovación.

La razón para acotar el alcance territorial del concepto se basa en la idea que la proximidad geográfica facilita la transferencia de conocimientos lo que genera capacidad de innovación. Por consiguiente, delimitan el alcance de su modelo al ámbito de un distrito tecnológico y lo aplican a la región de Seattle en los Estados Unidos.

De hecho, el concepto de proximidad forma parte del planteamiento original del concepto de SNI. Lundvall (1985) al proponer la idea de un sistema nacional de innovación, presupone que las fronteras nacionales definen formas diferentes de comportamiento que afectan al proceso de innovación. En el caso de Dangelico et al. (2010), justifican la reducción del alcance territorial señalando que no solamente la proximidad geográfica facilita la comunicación entre los actores económicos; también *...otras dimensiones de la proximidad tales como la organizacional, la cultural, la social, etc.* En general, en un mismo territorio confluyen las diferentes dimensiones de la proximidad lo que hace que la comunicación entre organizaciones e individuos pueda resultar más eficiente.

De esta manera, la propuesta que más adelante se presenta se dirige a modelar un Sistema de Producción Regional (SPR) considerando que la presencia de un *ambiente de innovación* impulsaría el desarrollo de la competitividad de la región.

4.3.5 Incorporación del conocimiento como fuente de innovación

Como se señaló en la última sección del capítulo anterior, una de las vertientes de estudio dentro del concepto de SNI corresponde a la forma en que la creación del conocimiento sustenta al proceso de innovación.

Por esta razón varios de los trabajos reseñados en la sección 4.1 consideran de manera explícita la creación y difusión del conocimiento como una parte relevante de sus propuestas para modelar un SNI. Galanakis (2006) plantea como uno de los subsistemas de un SNI el correspondiente a la creación de conocimientos.

Chen (2008) concluye que una de las variables más relevantes en un SNI es la disponibilidad de tecnologías de la información que faciliten la transmisión del conocimiento acumulado en la región. Dangelico et al (2010) delimitan el modelo de un SNI a un distrito señalando que la proximidad geográfica facilita la transferencia de conocimientos lo que genera capacidad de innovación. Por su parte, el modelo que proponen Samara et al (2012) establece seis subsistemas, uno de los cuales se refiere a los recursos humanos y conocimientos disponibles.

El tema relacionado con la gestión del conocimiento, que incluye su creación, difusión y aplicación, ha sido abordado de manera sistemática desde la década de los 60's del siglo XX. En un célebre libro, Drucker (1968) señalaba la importancia de la generación de conocimiento como palanca del desarrollo económico y del nacimiento de lo que llamó una economía basada en el conocimiento: *El incremento del conocimiento es el factor clave para el fortalecimiento de un país en la economía internacional*. El conocimiento al que se refería Drucker era aquel aplicado en la mejora práctica del proceso productivo: *“Conocimiento” más que “ciencia” se ha convertido en los cimientos de la moderna economía*.

Por otra parte, Nonaka (1991) estudia el proceso de creación de conocimiento dentro de las organizaciones productivas, aplicando los conceptos de conocimiento tácito y explícito³⁶; además, propone un marco conceptual para analizar la creación del conocimiento en las organizaciones³⁷ (Nonaka, 1994). Señala que el proceso de creación de conocimientos es un proceso social y dinámico a través del cual se identifican problemas y se establecen y aplican las soluciones requeridas.

³⁶ Nonaka (1994) toma la clasificación propuesta por Polanyi, M. (1966) quien divide el conocimiento en:

- Explícito, es aquel que se puede transmitir a través de un lenguaje formal y sistemático.
- Tácito tiene una cualidad personal que lo hace difícil de formalizar y comunicar; está fuertemente relacionado con las acciones, compromisos e involucramiento del individuo en un contexto específico.

³⁷ Establece que el proceso de creación de conocimientos se divide en cuatro etapas: Socialización, Externalización, Combinación e Internalización. A este proceso le llama SECI. (Nonaka, 1994).

Asimismo, este proceso social de creación de conocimientos se realiza en un contexto o ambiente en el que el conocimiento es compartido, creado y utilizado. A este ambiente le llama *Ba* y lo define como el contexto en el que la información es interpretada por los integrantes de una organización y convertida en conocimiento compartido (Nonaka et al, 2000)³⁸.

Stacey (2001) analiza la creación de conocimientos y el aprendizaje y señala que: *la nueva tarea de la administración consiste en gestionar la creación de conocimientos...* dentro de la organización.

Para Stacey, el conocimiento emerge en las organizaciones a través de procesos de respuesta³⁹ positiva y compleja entre personas. De esta manera, la administración debe promover el flujo de conocimientos y la discusión abierta a través de un diálogo productivo⁴⁰. Señala que dentro de la organización se debe construir un ambiente social que motive el aprendizaje efectivo y la creación de conocimientos. Estos conocimientos resultaran nuevos dentro de la organización aunque no necesariamente nuevos *per se*.

No solamente Nonaka et al. (2004) como Stacey (2001) coinciden en la relevancia de la creación de conocimientos en las organizaciones como un elemento fundamental para el proceso de innovación. También señalan el ambiente que debe crearse para promover el aprendizaje y la creación de conocimientos. Este ambiente puede corresponder a lo señalado anteriormente referente a la formación de un *ambiente de innovación* en el sistema productivo el cual promueva el desarrollo de procesos de innovación.

³⁸ *Ba* significa lugar en japonés y representa un ambiente social, dentro de la organización, que resulta propicio para el proceso de creación de conocimientos.

³⁹ La idea en inglés es expresada como: *complex responsive processes*. De acuerdo al diccionario de Oxford University Press, *responsive* significa reaccionar rápidamente y de manera positiva.

⁴⁰ Argyris (2004) considera que existen dos modos de aprendizaje en una organización. El modo I es dominado por un razonamiento defensivo que obstaculiza el intercambio de conocimientos y el diálogo creativo. En el modo II prevalece el razonamiento productivo en el cual se logra un verdadero diálogo y, lo que llama, un doble ciclo (*double-loop*) en el flujo de información, datos o conocimientos entre los individuos.

Por lo tanto, en la propuesta de modelado que se presenta más adelante, estos dos puntos serán considerados en conjunto; es decir, la creación de conocimientos al interior del sistema productivo y el desarrollo de un *ambiente de innovación*.

4.3.6 Énfasis en los recursos humanos

Otro elemento recurrente en los trabajos referidos en la tabla 4.1 corresponde a la importancia de los recursos humanos disponibles en el SNI. Esta relevancia es expresada de manera directa como en el caso de las propuestas de Lee, TL. y Tunzelmann, N. (2005), Chen, Ch. (2008) y Samara et al. (2012). También se puede considerar que los trabajos que mencionan la importancia de los creación y transmisión de conocimientos se refieren de manera indirecta a los recursos humanos con los que cuenta un SNI.

La relevancia de los recursos humanos en el funcionamiento de un SNI resulta lógica debido a la concepción de la innovación como un proceso social. Como se señaló en el punto anterior, la creación de conocimientos es un elemento fundamental en la innovación y dicha creación se produce por la interacción de los individuos que comparten información para generar conocimientos que se convierten en innovaciones al interior de las organizaciones. Por consiguiente, la adecuada disponibilidad de recursos humanos resulta un elemento clave en el desarrollo de un SNI.

La idea de la innovación como un proceso social parecería contraponerse con la propuesta de Joseph Schumpeter, y posteriormente Peter Drucker, quienes enfatizan el papel del emprendedor como la pieza fundamental de la innovación en las organizaciones. Drucker (1985) señala que *...el fundamento del emprendedor ...es la práctica de la innovación sistemática*. Para Schumpeter (1978), el emprendedor es un personaje fundamental en el capitalismo el cual promueve la innovación y, a partir de ella, se generan las utilidades y, en consecuencia, señala que: *Sin desarrollo no habría ganancia y sin ganancias no habría desarrollo*.

Sin bien la figura del emprendedor es relevante en el proceso de innovación, éste juega el papel de promotor y organizador del proceso social llamado innovación. Es el líder de un grupo de individuos que, de manera organizada, producen bienes y servicios que generan utilidades en el sentido propuesto por Schumpeter⁴¹. El concepto de competitividad, al considerar el incremento del nivel de vida de los participantes en el proceso productivo, arroja una idea social de la producción. Como lo señala McCraw (2007) al referirse a las aportaciones de Schumpeter, *...la innovación puede ser también ...realizada por un equipo de personas.*

El señalamiento de Lundvall et al. (2002) resulta muy apropiado para sustentar la importancia de los recursos humanos en la operación de un sistema productivo. Este autor señala que: *La única forma de explicar el alto desempeño económico de Dinamarca y otras pequeñas economías con una débil especialización en productos de alta tecnología es a través del capital social que facilita a los individuos aprender, colaborar y comerciar.*

El Banco Interamericano de Desarrollo también insiste en la relevancia de los recursos humanos en el proceso de innovación al señalar que (BID, 2010): *La propensión a innovar y la intensidad de la innovación de una economía tienden a guardar una relación con la cantidad y la calidad de las aptitudes acumuladas en la fuerza de trabajo.*

En conclusión, la disponibilidad de recursos humanos capacitados deberá ser un elemento fundamental en la modelación de un sistema productivo regional cuyo desarrollo se sustente, en buena medida, en procesos de innovación.

⁴¹ De acuerdo a Schumpeter (1978), la utilidad o ganancia es un sobrepago que recibe una empresa debido a que a través de una innovación, se genera una posición dominante sobre las demás empresas competidoras. Temporalmente la empresa actúa como un cuasi-monopolio hasta que las ventajas generadas por la innovación son asimiladas por las restantes empresas.

4.3.7 El Sistema de Producción Regional (SPR) expresado a través de su estructura y resultados

Como se estableció en el capítulo 2 (sección 2.2.1), la competitividad presenta tres dimensiones que pueden ser expresadas de dos maneras diferentes: una relacionada con las características de la estructura del sistema productivo y la otra con los resultados que dicho sistema genera en cada periodo (ver tabla 2.2). Forman parte de las características de la estructura del sistema productivo los aspectos señalados anteriormente referentes al *ambiente de innovación* y la creación de conocimientos para fines de innovación.

Por su parte, la manifestación de la competitividad a través de los resultados tiene que ver con la aceptación de los bienes y servicios producidos por parte de los consumidores; es decir, que sean exitosos en los mercados a los que se dirigen y que éstos se encuentren abiertos a la competencia internacional.

El éxito en el mercado por parte de los bienes y servicios producidos en una región también es contemplado en los estudios relacionados con la innovación. Esta consideración responde a la convicción de que los procesos de innovación deben evidenciar un beneficio económico. Fernández, J.L. (2009.) señala que *...la innovación es frecuentemente el resultado de llevar al mercado una nueva forma de proveer beneficios y valor agregado al cliente, o bien, de resolver problemas de tal manera que pueda obtenerse un beneficio económico de la inversión.*

Algunos de los trabajos reseñados en la sección anterior consideran el éxito en el mercado. En el modelo propuesto por Lee y Tunzelmann (2005), se señala la importancia del éxito en el mercado de los bienes y servicios de una nación. Uno de sus principales diagramas causales que fundamentan su modelo establece que a mayores ingresos por las ventas de los bienes y servicios, mayor capacidad para invertir en innovación, lo que a su vez conduce a disminuir los costos de fabricación de los bienes y servicios producidos y, de esta manera, se incrementa su atractivo en el mercado.

Por su parte, Galanakis (2006) incorpora en su modelo el éxito en el mercado de un nuevo producto lo que permite obtener recursos que fortalezcan los procesos de innovación sustentados en IyDT.

Samara et al. (2012) consideran en su modelo el aumento de la participación en el mercado y de los ingresos generados por el SNI. El crecimiento de estas variables promueve el incremento de las ganancias lo que favorece la inversión en capacidad para realizar actividades de IyDT.

De esta manera, la modelación de un SPR considerando tanto la competitividad como la capacidad de innovación, comprendería características de la estructura y de los resultados obtenidos en cada periodo. La figura 4.3 presenta un esquema en el que se pueden visualizar las ideas anteriores. El sistema productivo regional opera con una estructura que le permite producir bienes y servicios que se convierten en mercancías⁴². Las mercancías se enfrentan a un mercado abierto y el efecto esperado consiste en lograr un reconocimiento de su valor, lo que genera un intercambio favorable de la región en donde está establecido el sistema productivo en cuestión. Si este reconocimiento es mayor al recibido en un periodo previo, el nivel de vida de la población involucrada en la producción podrá ser incrementado.

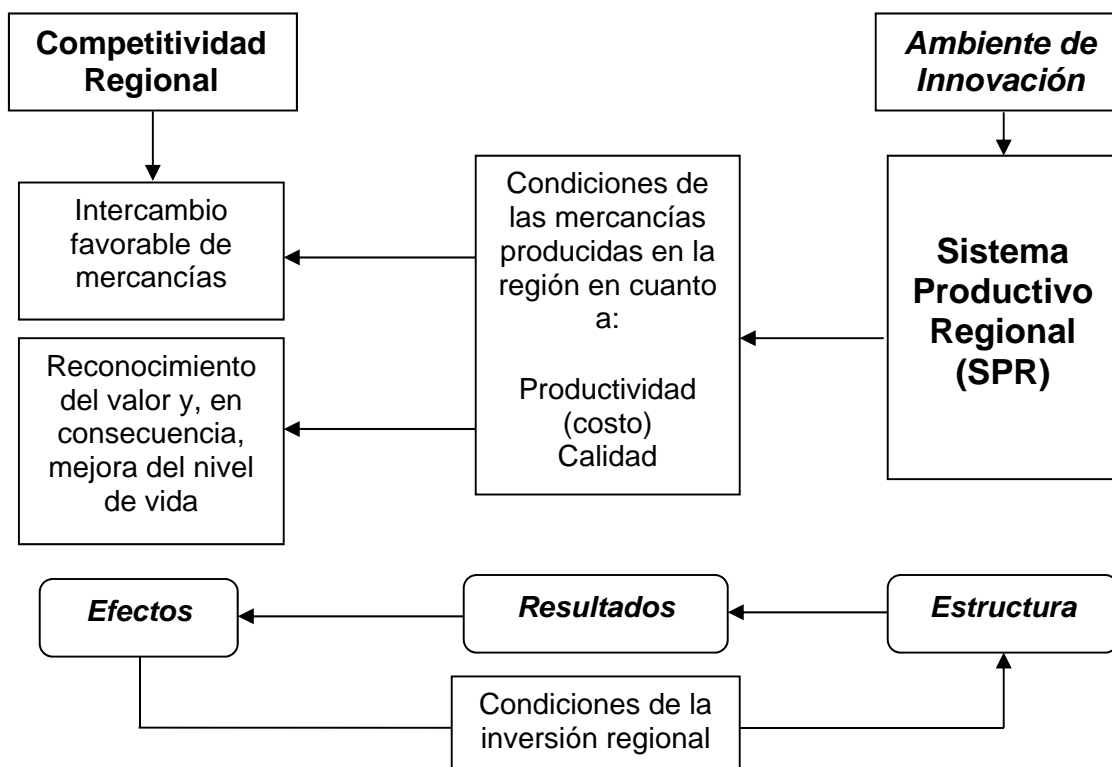
Las frases anteriormente subrayadas corresponden a dos de las tres dimensiones de la competitividad señaladas en la tabla 2.2. La mejora en el nivel de vida corresponde a la dimensión desarrollo, en tanto que el contemplar un mercado abierto asegura la dimensión referente al mercado internacional.

La dimensión faltante corresponde a la sustentabilidad del nivel de competitividad regional lo que se logra a través del *ambiente de innovación* que puede existir en el sistema productivo. En efecto, la presencia de un *ambiente de innovación* permite que periodo tras periodo el sistema productivo mejore su estructura. Esta mejora promueve que las mercancías generadas por el sistema productivo se enfrenten al mercado con mejores características que las correspondientes a un

⁴² Mercancía es todo bien o servicio que se vende o se compra.

periodo previo; lo que aumenta las posibilidades del reconocimiento de las mercancías en el mercado y así mejorar el intercambio favorable a la región.

Figura 4.3 Relación entre estructura, resultados y *efectos* en la operación de un sistema productivo regional.



Fuente: Elaboración propia

Este planteamiento se sustenta en lo señalado por Schumpeter (1978) con respecto al concepto de utilidad en las empresas (ver nota 37). Para este autor, en un mercado competido la utilidad se presenta cuando una empresa capitaliza una innovación que le permite tener ventajas sobre sus competidores. Esta ventaja se convierte en un sobrepago (utilidad) a la empresa que posee la innovación hasta que dicha innovación se difunde y, en consecuencia, la empresa pierde la ventaja que le generaba la utilidad. Esto la obliga a buscar nuevas oportunidades de innovación que le generen nuevas fuentes de utilidad.

El plantear esta idea en un ámbito regional significa que el conglomerado de empresas que conforman el SPR presenta una propensión a innovar, de tal

manera que en la mayoría de ellas se reproduce el comportamiento anterior que genera utilidad. Esta propensión a innovar estará fortalecida y promovida por el *ambiente de innovación* que prevalezca en la región.

Repasando la figura 4.3 de derecha a izquierda se tiene la siguiente explicación. El SPR presenta una estructura y, como parte de ella, existe un *ambiente de innovación* que puede registrar diferentes niveles de desarrollo. En un periodo dado, el funcionamiento del SPR genera resultados expresados a través de las mercancías que produce. De acuerdo a Porter (1990), para lograr competitividad estas mercancías deben lograr dos atributos: mayor calidad y menor precio.

El menor precio está directamente relacionado con la productividad con la que el SPR produce las mercancías. En economía existe una tradición en la que se relaciona la innovación y el crecimiento de la productividad (BID, 2010). Como se señaló en la sección 2.1.1, Solow (1970) afirmó que la innovación tecnológica explicaba gran parte del crecimiento de la productividad. A través de la productividad se logra que los bienes y servicios se ofrezcan en condiciones de competencia en el precio. El incremento en la productividad puede motivarse por mejor control de la producción, reingeniería de procesos, un nuevo proceso de fabricación, el rediseño del producto, la sustitución de equipos, etc⁴³, es decir, por una amplia gama de actividades de innovación.

Por su parte, la calidad representa la manera en que el consumidor juzga a la mercancía en términos de la necesidad que satisface⁴⁴. La calidad le permite a una empresa diferenciarse de los competidores y así lograr una mejor aceptación en el mercado, lo que puede representar un mayor precio y/o más ventas de sus

⁴³ La consultoría especializada puede generar un importante aumento en la productividad y en la calidad de las mercancías. En un estudio reciente (López-Ortega, 2012) en el que se evaluó el impacto de dos servicios de intervención rápida impartidos por el Comité Nacional de Productividad e Innovación Tecnológica (COMPITE) en micro, pequeñas y medianas empresas en México, las empresas que recibieron estos servicios entre 2008 y 2011 en diez entidades federativas incrementaron su productividad entre el 35% y el 40% y la calidad en un promedio del 30%.

⁴⁴ De acuerdo a Feigenbaum, A. (1994), la calidad de una mercancía se define como el nivel de satisfacción de las necesidades del cliente.

productos⁴⁵. La mejora en la calidad puede ser originada por innovaciones en los procesos de fabricación, implantación de sistemas de gestión de la calidad, desarrollo de mejores proveedores, el diseño de un nuevo producto, etc.

Con estas características, las mercancías se presentan en los mercados a los que se dirigen y en ellos se registra un reconocimiento de su valor; es decir, las mercancías son comercializadas recibiendo por ello un determinado pago. Con base en el agregado de los pagos recibidos, el SPR puede registrar un intercambio favorable de mercancías en términos monetarios. Esto significa que los efectos logrados por el SPR son favorables en el periodo correspondiente.

Los efectos favorables logrados por el SPR permiten generar un proceso de inversión por parte del SPR el cual puede modificar la estructura con la que operó dicho sistema en el periodo anterior.

4.3.8 La inversión como elemento de cambio

En la parte inferior de la figura 4.3 se esquematiza la relación entre los efectos logrados por el SPR en un periodo y el desarrollo de la estructura de dicho sistema. Siguiendo con la idea establecida por Samara et al (2012), el éxito en el mercado genera ganancias las cuales aumentan el potencial de inversión en actividades de innovación, en específico en IyDT. El monto de los recursos disponibles para la inversión regional dependen de los efectos obtenidos por las mercancías en los mercados abiertos a los que se dirigen⁴⁶. En la medida que los efectos logrados sean favorables, existirán recursos que permitan la inversión regional dirigida a modificar la estructura productiva

Giddens (2011) establece que la acción humana se da en una estructura social que la delimita, pero también la acción del hombre paulatinamente cambia la

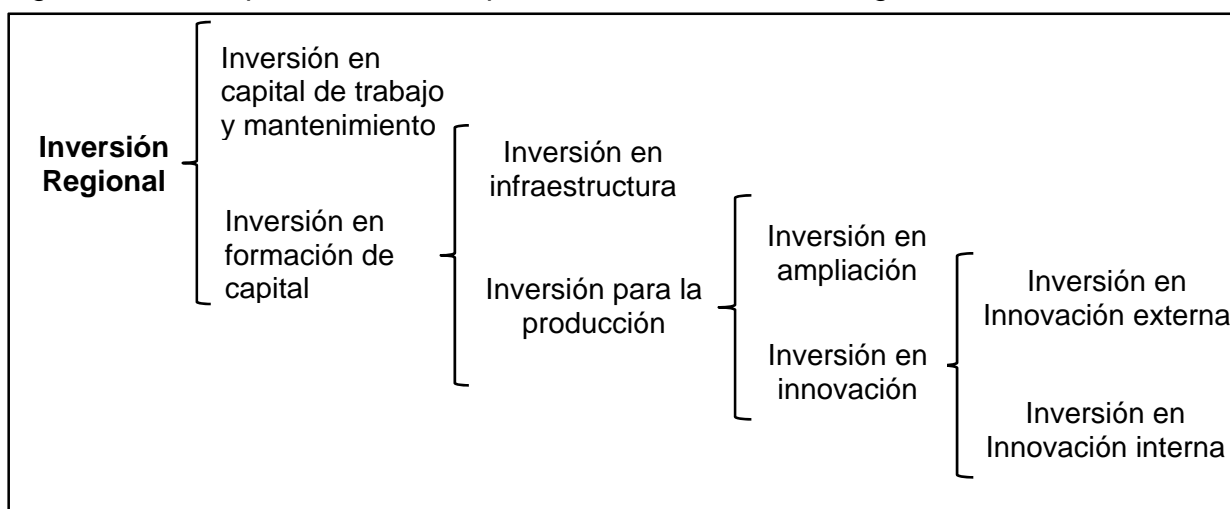
⁴⁵ La calidad de un producto también puede asociarse a la marca. Si bien el prestigio de una marca puede lograrse a través de la publicidad, la calidad es la característica fundamental que le dará sustentabilidad a la marca (Smit, E. et al. 2007). En años recientes algunos países europeos han impulsado el concepto de Marca de Calidad Territorial (MCT); el objetivo es asociar la producción realizada en una región con la calidad para lograr el reconocimiento del mercado (AMCTE, 2013)

⁴⁶ Otro origen puede ser la inversión extrarregional; es decir, proveniente de unidades económicas que en el período inmediato anterior no operaron en la región.

estructura social. De acuerdo a la propuesta expresada en la figura 4.3, es la inversión regional la acción que modifica la estructura en la que se desarrolla la producción regional en un periodo. De esta manera, la inversión regional representa el flujo de recursos que permiten el cambio de la estructura productiva regional.

Si se considera que el concepto de innovación no se limita solamente a las actividades asociadas con la IyDT entonces, ¿cuál es el tipo de inversión que conduce a un cambio en la estructura productiva y propicia el desarrollo de un *ambiente de innovación* en el sistema productivo? Para responder a esta pregunta, se propone la clasificación de la inversión regional que se presenta en la figura 4.4.

Figura 4.4 Principales rubros en que se divide la inversión regional.



Fuente: Elaboración propia

El primer nivel de clasificación de la inversión regional consiste en dos rubros:

- Capital de trabajo y mantenimiento.
- Formación de capital

La inversión en capital de trabajo y mantenimiento representa al capital destinado a la compra de insumos para hacer producir a la capacidad productiva existente en la región. También incluye a los recursos destinados a mantener en buen estado a la infraestructura y a la capacidad productiva regional.

En este caso la inversión es neutra en el sentido de que no modifica ni la capacidad ni la estructura del SPR, simplemente la complementa para permitir su operación.

Por el contrario, la inversión en formación de capital sí se dirige a modificar la capacidad productiva regional. Este tipo de inversión se puede dividir en dos grupos:

- Inversión en infraestructura.
- Inversión para la producción de mercancías.

La inversión en infraestructura modifica la capacidad de aquellas instalaciones que no están directamente relacionadas con la producción regional de bienes y servicios pero que resultan indispensables para permitir la actividad económica (carreteras, puertos, aeropuertos, red de energía, etc)⁴⁷.

Por su parte, la inversión para la producción de mercancías (bienes y servicios) es aquella que incrementa y/o modifica la capacidad productiva de una región. Si bien la inversión regional en infraestructura es importante, es la inversión para la producción de bienes y servicios la que genera fundamentalmente la demanda regional para hacer atractiva la inversión en infraestructura.

La inversión para la producción se puede dirigir en dos sentidos: aumentando la capacidad productiva con base en las mismas relaciones técnicas de la producción⁴⁸ existentes en la región, o modificándolas.

Si se mantienen las mismas relaciones técnicas de la producción predominantes, entonces se puede hablar de una inversión en ampliación. Esta inversión corresponde a un aumento de la capacidad instalada sin modificar la manera en

⁴⁷ La inversión en infraestructura puede representar parte de la capacidad de producción regional, fundamentalmente en lo que se refiere a servicios tales como transporte, comunicaciones y energía. En general, estos servicios están limitados a satisfacer el mercado regional generado por el resto del sistema productivo que produce mercancías y cuyos mercados pueden trascender los límites regionales

⁴⁸ Las relaciones técnicas de la producción se refieren a la relaciones entre los factores de la producción, principalmente capital y trabajo. Para fines prácticos se considera que no se modifican las condiciones técnicas de la producción si no existe una modificación de la organización del proceso productivo.

que se realizan los procesos productivos; es decir, se utiliza la misma tecnología y la misma organización del proceso productivo para ampliar la capacidad de producción. En este caso, el incremento de la producción regional se sustenta en un aumento del número de personas incorporadas a la producción y, en consecuencia, el valor agregado generado por trabajador presentaría una tendencia a mantenerse constante. Así, el comportamiento del salario promedio regional obedecerá principalmente a las condiciones del mercado laboral⁴⁹ y no a una modificación de la productividad en la región.

Por el contrario, la inversión en innovación se asocia a la modificación de las relaciones técnicas de la producción con las que se realiza la producción de un bien o servicio. Este tipo de inversión no necesariamente representa un incremento físico de la capacidad instalada pero sí conlleva una mejora en las condiciones en que se realiza el proceso productivo. Es decir, este tipo de inversión representa un cambio en los resultados de la producción (mercancías generadas) en términos de la productividad o de la calidad como se menciona en la figura 4.3.

A su vez, la inversión en innovación se puede realizar de dos maneras: innovación externa e innovación interna. La innovación externa consiste fundamentalmente en la adquisición de maquinaria y equipo que contenga una mejoría tecnológica con respecto a la actualmente utilizada. Se llama innovación externa debido a que es producto de procesos de innovación realizados en otras regiones y que son asimilados por la región a través de mercancías adquiridas. Como ejemplos de este tipo de innovación se puede señalar la sustitución de maquinaria y equipo, la compra de tecnología a través de licenciamientos, la adquisición de franquicias; todos estos casos provenientes de otras regiones⁵⁰.

⁴⁹ Si en la región existe una escasez de personal y no existe un incremento en la productividad, entonces el salario promedio podría aumentar en detrimento de las utilidades regionales.

⁵⁰ Una franquicia representa una forma de producir un bien o servicio que fue desarrollada por un tercero (franquiciador) y adquirido por el franquiciado. El diccionario de la RAE define a una franquicia como: *Concesión de derechos de explotación de un producto, actividad o nombre comercial, otorgada por una empresa a una o varias personas en una zona determinada.*

La innovación interna representa las actividades realizadas dentro de la región y que permiten al SPR lograr una mejora en sus resultados expresados en la productividad o la calidad de las mercancías.

La innovación interna comprende actividades dirigidas al desarrollo de nuevos productos o procesos pero también aquellas que permiten la mejor organización del proceso productivo o que mejoran la distribución de las mercancías o el aprovisionamiento de materiales (logística), o aquellas dirigidas al desarrollo de los procesos de comercialización, entre otras. Todas estas actividades generan mejores resultados del SPR en un periodo específico lo que, de acuerdo a la figura 4.3, lleva a un mejor reconocimiento del valor de las mercancías producidas en la región.

La presencia de un adecuado *ambiente de innovación* promueve que en la región se presenten los dos tipos de innovación: externa e interna. Además, ambas innovaciones no son excluyentes; es frecuente la combinación de ambas para alcanzar una mejoría específica. Por ejemplo, el diseño de un nuevo producto puede realizarse fuera de la región en tanto que la ingeniería de producción se podría hacer dentro de la región.

Se considera que la innovación interna promueve la construcción de un *ambiente de innovación* en la región dado que se fortalecen, dentro del sistema productivo, a las organizaciones que colaboran con las empresas en las actividades de innovación: consultoría especializada en diversas áreas, laboratorios, empresas de ingeniería, centros e institutos de investigación, etc. De esta forma, al fortalecerse la inversión en innovación interna se construye lo que señala Stamboulis (2008): un sistema de producción con un enfoque a la innovación.

La inversión en actividades de IyDT ha sido un indicador ampliamente utilizado para expresar el esfuerzo que hacen los países para emprender procesos de innovación. Este indicador se construye como el porcentaje de la inversión en GIDE⁵¹ con respecto al producto total que genera un sistema productivo (PIB).

⁵¹ La OECD nombra a la inversión en actividades de investigación y desarrollo como GIDE, que significa Gastos en Investigación y Desarrollo Experimental.

Este indicador en México se ha situado, en los últimos años, en alrededor del 0.4% del PIB. Sin embargo, si se considera que la innovación no solamente corresponde a las actividades de I+D+T sino a todas aquellas que mejoran los resultados (mercancías) que produce el SPR, entonces este indicador debería expresar la inversión realizada en todas ellas.

Lo que interesa para fines de visualizar el desarrollo de un *ambiente de innovación* es determinar cuál es el porcentaje que una región gasta en innovación en general y en innovación interna en particular. De esta manera, la modelación de un SPR en que su competitividad se sustente en procesos de innovación deberá considerar la dinámica de la inversión en innovación, principalmente la del tipo interno, como se señaló anteriormente.

4.3.9 Utilización de DS para la modelación

En los trabajos reseñados en la sección anterior (ver tabla 4.1) se observa la frecuente modelación de un SNI con base en la técnica llamada Dinámica de Sistemas (DS) Systems Dynamics en inglés). Seis de los 11 trabajos de la tabla 4.1 utilizan esta técnica. Estos trabajos sustentan la utilización de DS por la facilidad de modelar los procesos de retroalimentación y otras características de los sistemas complejos. Además, facilita la comprensión de lo modelado por parte de terceros interesados que no hayan participado en la construcción del modelo.

Samara et al (2012) señalan que *... DS representan un método apropiado para desarrollar modelos dinámicos que expresen la complejidad estructural y funcional de los procesos de innovación en un nivel nacional.*

Los fundamentos de la técnica se deben a Forrester (1961) y su rápida difusión en el mundo llevó a la creación, en 1981, de una organización llamada *system dynamics society* dedicada a difundir la técnica y promover el intercambio de ideas entre los usuarios. En la página electrónica de esta sociedad se establece la siguiente definición:

La Dinámica de Sistemas (DS) es un enfoque sustentado en computación dirigido al análisis y diseño de políticas. Se aplica a problemas dinámicos que emergen en

sistemas complejos de tipo social, gerencial, económico o ecológico - en general a todo sistema dinámico caracterizado por interdependencia, interacción mutua, retroalimentación de información y causalidad circular (SDS, 2013).

Por lo tanto, se adopta el enfoque de DS en la propuesta de modelación de un SNI que se presenta en el siguiente capítulo.

5. MODELO DINÁMICO DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN REGIONAL SUSTENTADO EN LA INNOVACIÓN.

En este capítulo se presenta una propuesta para modelar un sistema productivo cuya competitividad se sustente en un ambiente de innovación, de acuerdo a las bases presentadas en el capítulo anterior.

El modelo propuesto está integrado por cuatro subsistemas regionales que se relacionan con la construcción de un ambiente de innovación y, en consecuencia, con el nivel de competitividad de la región sujeta a estudio. Asimismo, la propuesta se sustenta en la técnica llamada dinámica de sistemas.

El capítulo se inicia señalando brevemente los elementos fundamentales de la técnica utilizada (dinámica de sistemas). Posteriormente se reseñan las consideraciones básicas que sustentan el modelo propuesto.

En seguida se presentan los diagramas dinámicos de cada uno de los subsistemas que integran el modelo y se comentan cada una de las variables que expresan el comportamiento del subsistema correspondiente.

5.1 Dinámica de sistemas

Como se señaló en el capítulo anterior, la mayor parte de los modelos analizados utilizan la técnica llamada dinámica de sistemas. En el inciso 4.3.9 se propone su utilización para modelar el comportamiento de la competitividad de un sistema de producción sustentado en la innovación.

Antes de describir brevemente esta técnica, es conveniente comentar para lo que puede ser útil un modelo dinámico. Como señala De Geus (1994), es imposible construir un modelo que represente la realidad suficientemente bien y, en consecuencia, que permita realizar una predicción confiable del futuro. Por lo tanto, la predicción no debe ser el principal objetivo al modelar un problema o situación; entonces, ¿en dónde radica su utilidad?

El mismo autor y otros más que utilizan el enfoque de dinámica de sistemas asocian los esfuerzos de modelación a la posibilidad de aprender acerca del comportamiento del objeto modelado. El modelo se convierte en un modelo mental

de la realidad que puede ser analizado, criticado y enriquecido por diversos actores interesados en el problema, fenómeno o situación objeto de la modelación. Así, el motivo para proponer un modelo referente a la competitividad e innovación regionales, es el aportar una nueva propuesta que abone al estudio de estos conceptos a través de la utilización del enfoque de dinámica de sistemas. Esta propuesta se adiciona al creciente número de trabajos publicados en los últimos años que utilizan este mismo enfoque para el estudio de los llamados sistemas nacionales de innovación (ver tabla 4.1).

El modelo que se construye con base en la técnica de dinámica de sistemas es de tipo endógeno; lo que significa que la dinámica del sistema se genera a partir de las relaciones entre las variables que se encuentran dentro del sistema. Las perturbaciones exógenas provenientes del exterior de los límites del sistema son consideradas como iniciadoras del comportamiento interno del modelo. Este principio permite el análisis de políticas que se consideran modificadoras de la dinámica del sistema; es, decir, las acciones asociadas a una política disparan un comportamiento específico dentro de la estructura del sistema analizado. Las variables exógenas corresponden a variables de control a través de las cuales se especifica la intensidad de una política que afectará las condiciones iniciales del modelo.

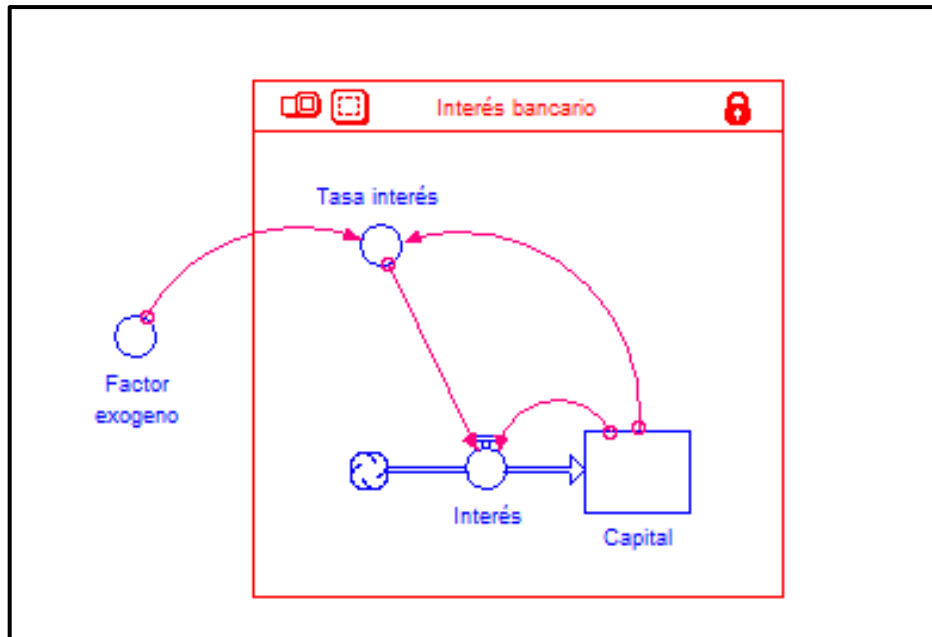
La estructura del modelo es expresada por las relaciones entre los componentes del sistema. La estructura se representa por dos tipos de variables: de nivel (o estado) y de flujo. Existe otro tipo de variable, llamada auxiliar, que permite expresar conceptos que no corresponden a los dos tipos de variables anteriores. Por lo tanto, los tres tipos de variables que utiliza esta técnica son: variable de nivel, de flujo y auxiliar.

Entre las variables existen conectores activos que expresan una relación causa-efecto entre el par de variables que conecta. El efecto corresponde a la variable a la que llega el conector (indicada por la flecha), en tanto la causa corresponde a la variable de la que parte.

La figura 5.1 muestra un ejemplo del tipo de variables que se utilizan en un modelo

basado en dinámica de sistemas.

Figura 5.1 Representación de las variables utilizadas en dinámica de sistemas



Fuente: Elaboración propia

En la figura, la variable *Capital* (representada por un rectángulo) corresponde a una variable de nivel. En este ejemplo, indicará el monto de capital acumulado durante cada periodo de análisis.

La variable *Interés* (representada por la figura de una válvula atravesada por una flecha) expresa una variable de flujo. En el ejemplo de la figura 5.1 la variable *Interés* sirve para estimar la cantidad de dinero que en cada periodo de análisis se incorpora al *Capital*. A esta variable de flujo llegan dos conectores lo que significa que su valor, en cada periodo, depende de las variables de donde inician dichos conectores; es decir, de la variable *Capital* y de la variable *Tasa de interés*.

En el ejemplo, el valor de la variable *Interés* se calcula multiplicando el valor de la *Tasa de interés* por el valor de la variable *Capital* correspondiente al periodo anterior.

La variable *Tasa de interés* (representada por un círculo) corresponde a una variable auxiliar. Como lo indican los conectores que llegan a esta variable, su valor depende de dos variables: *Capital* y *Factor exógeno*.

La variable *Factor exógeno*, es una variable auxiliar (representada por un círculo) que se encuentra fuera del sistema llamado *Interés bancario*. El *Factor exógeno* determina un valor inicial de la variable *Tasa de interés*. Su valor es determinado por el analista con el objeto de realizar procesos de simulación e identificar el comportamiento del sistema *Interés bancario* ante diversos valores del *Factor exógeno*.

De esta manera, la variable *Tasa de interés* depende del valor asignado al *Factor exógeno* y del valor de la variable de nivel *Capital* correspondiente al periodo anterior. La relación (conector) entre la variable *Capital* y la correspondiente a la *Tasa de interés* se basa en que al incrementarse aquella, la *Tasa de interés* también se incrementa a través de una función de escalón. Por lo tanto, la *Tasa de interés* no será constante durante los periodos de análisis sino que se incrementará de acuerdo al valor que registre, en cada periodo, la variable *Capital*.

En el ejemplo, la variable *Factor exógeno* representa a una variable de control del modelo. A través de esta variable de control se caracteriza a la política que se quiere evaluar dentro del modelo llamado *Interés bancario*.

Con este simple ejemplo se explica la manera en que la técnica de sistemas dinámicos permite la construcción de modelos que presentan las características de retroalimentación, no linealidad y circuitos causales. Existen diversos software que permiten la construcción de sistemas dinámicos⁵². En este trabajo se utiliza el conocido como Stella versión 10.

⁵² Los más conocidos son los siguientes: VenSim de la empresa Ventana Simulation; Stella y IThink de ISEE Systems; PowerSim y AnyLogic de las empresas con el mismo nombre del software.

5.2 Bases del modelo propuesto

El modelo propuesto consta de cuatro subsistemas regionales y de un quinto subsistema correspondiente a la formación de la competitividad y el ambiente de innovación de la región.

El subsistema correspondiente a la competitividad y el ambiente de innovación depende del comportamiento de los siguientes cuatro subsistemas regionales son:

- Subsistema de producción de bienes y servicios
- Subsistema de inversión
- Subsistema de empleo
- Subsistema de formación de recursos humanos

El subsistema de producción de bienes y servicios es en donde se materializa el comportamiento económico de la región a través de las características de las mercancías producidas. Por lo tanto, corresponde al subsistema en el que se expresan dos de los aspectos asociados a la competitividad regional: la exposición al mercado internacional y el mejoramiento del nivel de vida.

Si las mercancías producidas en la región son bien aceptadas por los mercados en los que se intercambian, los ingresos de los habitantes se verán favorecidos y, de esta manera, su nivel de vida podrá registrar una tendencia a mejorar.

En el modelo propuesto, el mejoramiento en el nivel de vida regional se relaciona con el comportamiento de la remuneración regional promedio al trabajo. Por su parte, la exposición al mercado internacional se manifiesta a través del concepto de relación de intercambio.

La relación de intercambio expresa el comportamiento del promedio de los precios en los que se venden las mercancías producidas en la región con respecto al promedio de los precios de las mercancías producidas en otras regiones. Como se señaló en el inciso 2.1.2, este concepto fue utilizado por la teoría de la CEPAL como un elemento para explicar las diferencias en la acumulación de riqueza entre los países señalados como centrales y periféricos (Rodríguez, 1980). En este trabajo se considera que la idea de relación de intercambio puede ser una

expresión del concepto de plusvalor utilizado por Schumpeter (Schumpeter, 1978) para señalar la importancia de la innovación en el desarrollo de la economía capitalista. En el inciso 4.3.6 se mencionó que para Schumpeter la plusvalía es lograda por una empresa en la medida que, a través de la innovación, logra ventajas con respecto a sus competidores⁵³. Esta plusvalía se mantiene en tanto los competidores integran a sus productos y/o procesos productivos la ventaja que generó la empresa innovadora.

A nivel regional, es decir, considerando un conglomerado de organizaciones productivas que se localizan en el mismo territorio, la plusvalía se logra cuando dichas organizaciones mantienen permanentemente procesos de innovación que les permiten generar ventajas comerciales sobre sus competidores localizados fuera de dicho territorio. Al mantener de manera sostenida procesos de innovación, las empresas regionales generan plusvalía que se manifiesta a través del concepto de relación de intercambio.

De esta manera, el tercer aspecto de la competitividad correspondiente a la sustentabilidad se relaciona con la construcción de un ambiente de innovación. Dicho ambiente se forma en una región a través de las relaciones que integran los subsistemas de inversión, de empleo y de formación de recursos humanos.

El subsistema regional de inversión representa el motor de cambio del sistema productivo. Es a través del monto de la inversión, pero principalmente de su orientación, como un sistema productivo se modifica en el tiempo.

Como se señaló en el capítulo anterior, la inversión regional se clasifica en varios apartados. En este trabajo se considera únicamente el correspondiente a la inversión para la producción de bienes y servicios (ver figura 4.4).

La inversión para la producción es aquella que incrementa y/o modifica la

⁵³ Las ventajas que logra una empresa innovadora sobre sus competidores se plasma en una mejor retribución de sus productos y/o servicios. Esta mejor retribución se puede deber a un precio más elevado con respecto a la competencia debido a la calidad para satisfacer las necesidades de los consumidores. También se puede sustentar en el mismo precio que sus competidores pero con un mayor margen de utilidad debido a procesos productivos más eficientes que generan una ganancia en la productividad lograda por la empresa innovadora.

capacidad productiva de una región. Se divide en inversión en ampliación e inversión en innovación. La inversión en innovación es la que contribuye directamente a la construcción de un ambiente de innovación en la región. Por lo tanto, en la medida que este tipo de inversión se incrementa, dicho ambiente se consolidará en la región en estudio.

La inversión en innovación genera una oferta regional de empleo caracterizada por un nivel de calificación superior al promedio regional. Por lo tanto, al incrementarse la participación de la inversión en innovación en el total de la inversión regional para la producción de bienes y servicios, la estructura del empleo regional se modifica, aumentando el porcentaje de empleos que demandan niveles de calificación superiores a la media regional.

En la medida que el empleo regional muestre relevancia por el empleo calificado, se expresará adecuadamente lo señalado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2010) y referido en el inciso 4.3.6: *la propensión a innovar y la intensidad de la innovación de una economía tienden a guardar una relación con la cantidad y la calidad de las aptitudes acumuladas en la fuerza de trabajo.*

La mayor demanda de empleos con calificación presiona al subsistema regional dedicado a la formación de recursos humanos calificados. En consecuencia este último subsistema debe incorporar, a las organizaciones encargadas de formar personal calificado, más recursos humanos calificados. Estos recursos humanos calificados permitirán formar, en cada periodo y al interior de la región, un mayor contingente de personal con calificación.

Como se señaló en el inciso 4.3.6, los recursos humanos corresponden a un elemento fundamental a considerar en un modelo dirigido a analizar el desarrollo de la competitividad regional. Las organizaciones encargadas de formar recursos humanos calificados corresponden a las instituciones de educación superior e institutos tecnológicos. En este trabajo también se contempla otro tipo de organizaciones tales como las firmas de ingeniería y de consultoría y las empresas dedicadas a ofrecer capacitación especializada para formar competencias para el trabajo productivo.

Así, el subsistema regional de formación de recursos humanos debe generar personas que cuenten con las aptitudes necesarias para enfrentar y desarrollar adecuadamente procesos de innovación en las empresas.

El ambiente de innovación se desarrolla en las empresas a partir de dos condiciones:

- La estructura de la inversión regional, en la que se debe incrementar la participación de la inversión dirigida a la innovación
- La estructura del empleo regional, en el que aumenta paulatinamente la participación del empleo que requiere calificación.

La competitividad de la región se alimenta de los resultados logrados por el subsistema productivo durante cada periodo. Estos resultados se asocian a la aceptación de las mercancías producidas en la región en los mercados en donde se intercambian y permite que los ingresos logrados incrementen el nivel de vida de la población regional.

La interacción de los subsistemas arriba señalados puede lograr un comportamiento de la estructura del modelo que permita el desarrollo de un ambiente de innovación que sustente el desarrollo de la competitividad regional. Este comportamiento estará fortalecido por políticas regionales dirigidas a promover un desarrollo sinérgico de los productos que genera cada subsistema. Dentro de estas políticas regionales se consideran tres principales:

- Política para mejorar la propensión regional a la inversión
- Política regional para promover el desarrollo de procesos de innovación
- Política regional para la formación de recursos humanos calificados

En el modelo propuesto, estas tres políticas se consideran como variables de control, cuyos valores alimentaran la experimentación, a través de la simulación, del comportamiento de la competitividad de una región.

A continuación se reseña la estructura de cada uno de los subsistemas considerados en el modelo que se propone. Se inicia por comentar el subsistema que expresa la construcción del ambiente de innovación y del nivel de

competitividad regionales.

5.3 Competitividad y ambiente de innovación en la región

Como se propuso en el capítulo 4, existe una fuerte relación entre el concepto de competitividad y la creación de un ambiente de innovación en el sistema productivo de una región. Dicho ambiente representa un factor fundamental en la sustentabilidad de la competitividad de la región.

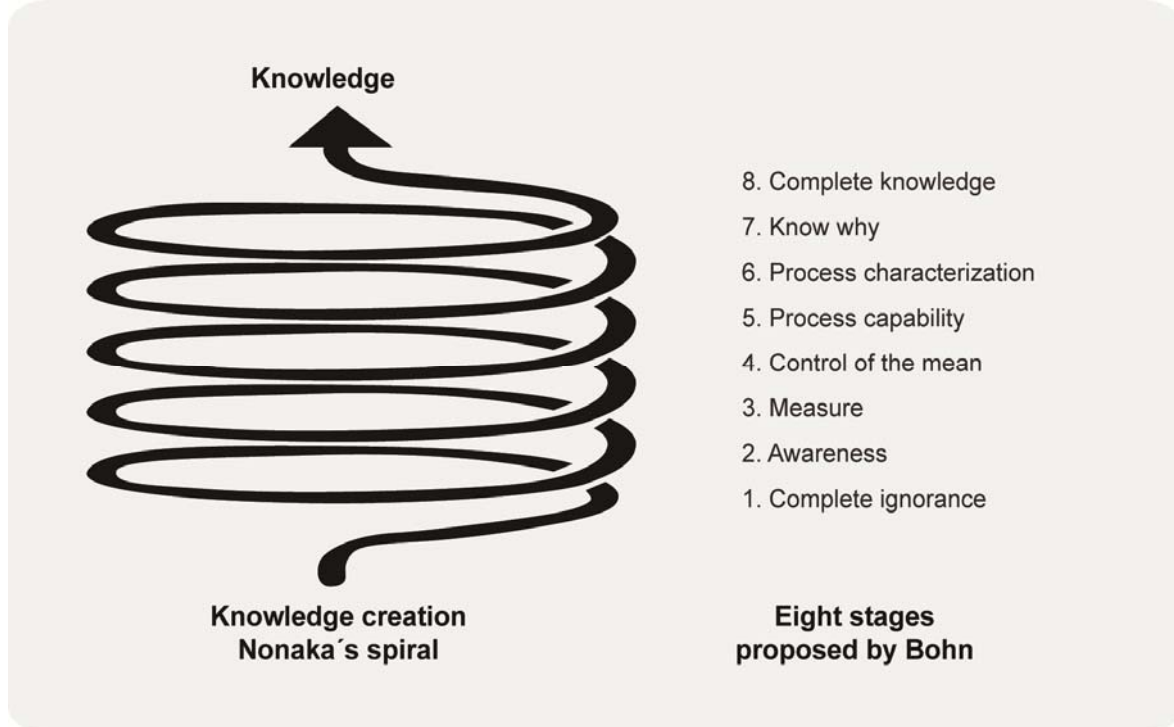
El ambiente de innovación se nutre de diversos elementos que generan sinergia en la región y se expresa a través del comportamiento de las organizaciones productivas. Gracias a estos elementos tales organizaciones desarrollan aptitud para realizar procesos de innovación.

La generación de conocimiento relacionado con la producción de bienes y servicios es un elemento fundamental que desarrolla dicha aptitud. Esta generación de conocimientos se acumula en las organizaciones productivas permitiendo que se incremente su aptitud para la innovación. Se adopta la idea de Nonaka señalada en el inciso 3.2.3 (Nonaka, 1994) con respecto a la innovación, la cual puede ser entendida como un proceso en el que la organización crea y define problemas y entonces, activamente desarrolla nuevo conocimiento para resolverlos. Esta idea da pie a la propuesta del mismo autor en el sentido que el conocimiento de las organizaciones evoluciona como una espiral que permite a las empresas acceder a estados de desarrollo superiores; es decir, aumenta su aptitud para emprender y concluir exitosamente procesos de innovación.

Otro autor (Bohn, 1994) también señala que las empresas evolucionan a través de la acumulación de conocimientos por lo que transitan por diversos niveles de desarrollo. Propone una clasificación de las empresas que agrupa, según el autor, ocho niveles de conocimientos.

Las propuestas de Nonaka (2000) y Bohn (1994) expresan la misma idea relativa al desarrollo de las empresas a través de la acumulación de conocimientos. La figura 5.2 esquematiza las propuestas de estos dos autores.

Figura 5.2. Espiral de Nonaka referente a la creación de conocimientos en las empresas y las etapas de conocimientos en las empresas propuestas por Bohn.



Fuente: Adaptado de Nonaka (2000) y Bohn (1994) y tomado de López-Ortega, E. et al. (2013)

Para el modelo que aquí se propone, la generación de conocimientos al interior de cada organización sustenta la creación de un ambiente de innovación. Por esta razón, se considera fundamental para la creación de dicho ambiente el desarrollo de los niveles de calificación de los recursos humanos que participan en el sistema productivo regional. Asimismo, el esfuerzo de las empresas para invertir en procesos de innovación complementa a las competencias de los recursos humanos.

A continuación se propone la manera en que, a través de dinámica de sistemas, se puede analizar el desarrollo de un ambiente de innovación que sustente el desarrollo de la competitividad de una región. La figura 5.3 muestra el diagrama lógico referente a las variables que representan la formación de un ambiente de innovación y el desarrollo de la competitividad regional. En este diagrama se presentan las variables de estado (nivel) y las variables auxiliares que lo conforman. En la figura 5.3 también se muestran variables pertenecientes a otros subsistemas regionales y de las cuales el subsistema correspondiente a la

competitividad e innovación obtiene o envía información. Estas variables pertenecientes a otros subsistemas regionales se comentan más adelante en los apartados correspondientes a cada subsistema.

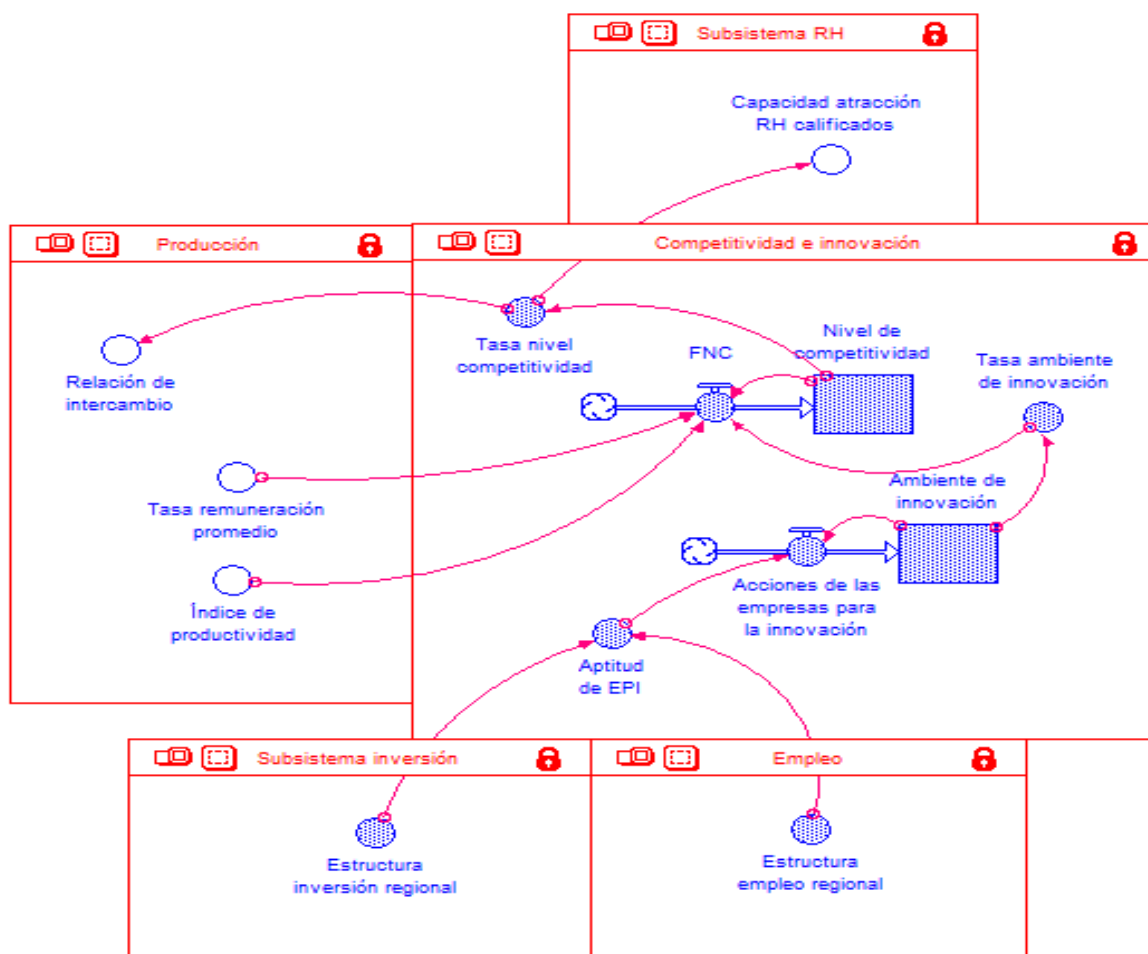
El subsistema referente a la competitividad e innovación consta de dos variables de estado, dos variables de flujo y tres auxiliares como se muestra en la figura 5.3.

Variables de estado.

Ambiente de innovación. Representa el concepto de ambiente de innovación. Se expresa a través de un índice que inicia con un valor de 1.000. Este valor es modificado a través de la variable de flujo llamada Acciones de las empresas para la innovación. Esta variable de flujo determina las entradas (positivas o negativas) que, periodo a periodo, modifican el valor del ambiente de innovación.

El ambiente de innovación puede asociarse a lo que Nonaka (2000) llama *Ba* y que significa lugar en japonés. El *Ba* representa un ambiente social al interior de las organizaciones que propicia el intercambio de información y la creación de nuevo conocimiento. Por lo tanto, este ambiente social se desarrolla en la medida que las empresas acumulan experiencia en procesos de innovación y, de esta manera, se desarrolla su aptitud para la innovación.

Figura 5.3 Diagrama lógico del subsistema de formación de la competitividad (subsistema competitividad - innovación)



Fuente: Elaboración propia

Nivel de competitividad. Corresponde a la medición del concepto de competitividad. También se expresa a través de un índice con un valor inicial de 1.000. Si se compara esta medición de la competitividad con las señaladas en el inciso 2.2.2, existen dos diferencias importantes para fines del análisis de la competitividad y la planeación de las acciones para fortalecerla:

- En el índice aquí propuesto se identifican las relaciones entre los subsistemas que conforman a la competitividad. En el caso de los reportes señalados en el inciso 2.2.2, los factores o pilares que conforman a la competitividad se integran a través de una suma ponderada.
- El índice propuesto se puede estimar en periodos futuros a partir de un proceso de simulación considerando los valores que se asignen a las variables de control. En el caso de los reportes mencionados, los valores son históricos.

El valor del nivel de competitividad se modifica a través de una variable de flujo llamada FNC (Flujo del Nivel de Competitividad).

Variables de flujo

Acciones de las empresas para la innovación. Esta variable expresa la modificación del ambiente de innovación que se registra en cada periodo del análisis.

Como se comentó, el ambiente de innovación se forma al interior de las organizaciones productivas establecidas en la región. La intensidad de estas acciones se sustenta en la aptitud de las empresas para emprender procesos de innovación. Por esta razón, en el diagrama lógico el valor de esta variable de flujo depende de la variable auxiliar referente a dicha aptitud y del ambiente de innovación existente en el periodo anterior.

Flujo del Nivel de Competitividad (FNC). Corresponde al incremento o decremento del nivel de competitividad de la región en cada periodo.

De acuerdo a lo expresado en la figura 4.3 del capítulo anterior, el comportamiento de la competitividad de una región responde, tanto a los resultados logrados por el

sistema productivo en cada periodo, como a las condiciones estructurales de dicho sistema. Los resultados logrados por el sistema productivo se expresan a través de dos variables pertenecientes al subsistema de producción: el índice de productividad y la tasa de remuneración al trabajo. Las condiciones estructurales representan el elemento que le da sustentabilidad a la competitividad y, en el modelo propuesto, se representa por el nivel del ambiente de innovación que se logra en la región.

El índice de productividad expresa uno de los efectos más importantes de la innovación en las empresas; es decir, el comportamiento de la productividad. El incremento de la productividad regional permite que las mercancías que se generan en la región puedan competir en precio con aquellas producidas en otras regiones. Además, coadyuva al incremento de la tasa de remuneración promedio regional.

La tasa de remuneración al trabajo expresa los resultados del intercambio de las mercancías producidas en la región. Un intercambio favorable (por calidad y/o precio), permite elevar dicha remuneración y, en consecuencia, elevar el nivel de vida de la población regional.

Así, el valor de la variable de flujo FNC depende de la manera en que se modifican estas dos variables pertenecientes al subsistema de producción regional.

Por su parte, la sustentabilidad de la competitividad regional se basa en el desarrollo del ambiente de innovación en las empresas. Por lo tanto, la variable de flujo FNC también depende de la tasa con la que se modifica el ambiente de innovación en la región.

La combinación de las tasas de variación de las tres variables anteriores generan un porcentaje de cambio del nivel de competitividad el cual se aplica al nivel de competitividad existente en el periodo anterior.

Variables auxiliares.

Aptitud de EPI. Expresa la aptitud de las empresas para la innovación. Se considera que esta aptitud se fundamenta en dos factores: las capacidades y

competencias de los recursos humanos y en el ambiente de colaboración y creación de conocimientos que se logra crear en las empresas⁵⁴. De esta forma, en el modelo propuesto, la variable correspondiente a la aptitud de las empresas para la innovación depende de dos variables: de la estructura del empleo regional y de la estructura de la inversión regional.

La estructura del empleo regional es una variable que pertenece al subsistema de empleo y expresa el nivel de participación de recursos humanos que cuenten con calificación en el total del empleo regional. Por su parte, la estructura de la inversión regional indica la participación de la inversión en innovación en el total de la inversión regional destinada a la producción de bienes y servicios.

Entre mayor sea la participación del empleo calificado en las empresas, mayor será su aptitud para la innovación. Asimismo, una creciente inversión en innovación por parte de las empresas, reforzará el desarrollo de su aptitud para la innovación.

Tasa ambiente de innovación. Corresponde a la tasa en que se modifica en cada periodo la variable de estado correspondiente al ambiente de innovación en la región. Su valor afecta el comportamiento del nivel de competitividad (FNC).

Tasa nivel de competitividad. Corresponde a la tasa en que se modifica en cada periodo la variable de estado correspondiente al nivel de competitividad de la región. Su valor afecta el comportamiento de variables pertenecientes a dos subsistemas regionales: la relación de intercambio y la capacidad de atracción de recursos humanos calificados. La explicación de estas dos variables se presenta en los incisos correspondientes a dichos subsistemas.

5.4 Subsistema regional de producción de bienes y servicios

Como se señaló, el subsistema de producción de bienes y servicios es en donde se materializa el comportamiento económico de la región. Por lo tanto, corresponde al subsistema en el que se expresa la competitividad regional.

⁵⁴ A este ambiente que propicia el intercambio de información y la creación de nuevo conocimiento, Nonaka (2000) le llama *Ba* que en japonés significa lugar.

Este subsistema está compuesto por dos variables de estado:

- Valor agregado regional
- Remuneración al trabajo

El registro que adquiere la primera variable de estado corresponde al valor de la producción regional en cada periodo de simulación del modelo; es decir, representa el valor total que se agregó a las mercancías producidas en el periodo correspondiente.

Asimismo, el registro de la segunda variable de estado representa el valor de la remuneración al trabajo en cada periodo considerado. La remuneración al trabajo corresponde a la parte del valor agregado generado en cada periodo y que fue distribuido al factor trabajo⁵⁵.

Las dos variables de estado son modificadas en cada periodo por las entradas que se calculan a través de las variables de flujo señaladas como FVA (flujo del valor agregado) y FRRT (flujo regional de remuneración al trabajo).

La figura 5.4 presenta el diagrama lógico del subsistema de producción de una región; muestra las variables que conforman este subsistema. La figura también incorpora variables pertenecientes a otros subsistemas regionales y de las cuales el subsistema de producción obtiene o envía información. Estas variables se comentan en los apartados correspondientes a cada subsistema.

Variables de estado

Valor agregado regional. Corresponde al monto de la producción que se genera en cada periodo. Depende de una tasa de comportamiento (crecimiento o decremento) del valor agregado regional que corresponde a una variable de flujo (FVA). Este flujo (FVA) indica la manera en que se modifica el monto de la producción de un periodo a otro. Si este flujo es neutro en un periodo (no aporta ni disminuye el monto de valor agregado producido en el periodo), entonces el valor agregado regional registra el mismo monto que el periodo anterior. Si el FVA no es

⁵⁵ El complemento a la remuneración al trabajo corresponde a la retribución al capital en la que se incluyen utilidades, intereses, depreciaciones, impuestos, entre otros.

neutro, entonces el valor agregado regional se modificará.

Remuneración al trabajo. El monto del valor agregado que se genera en una región se distribuye entre los dos factores de la producción: capital y trabajo. De esta manera, la variable de nivel correspondiente a la remuneración al trabajo corresponde al monto de la producción que se genera en cada periodo y que se distribuye al factor trabajo.

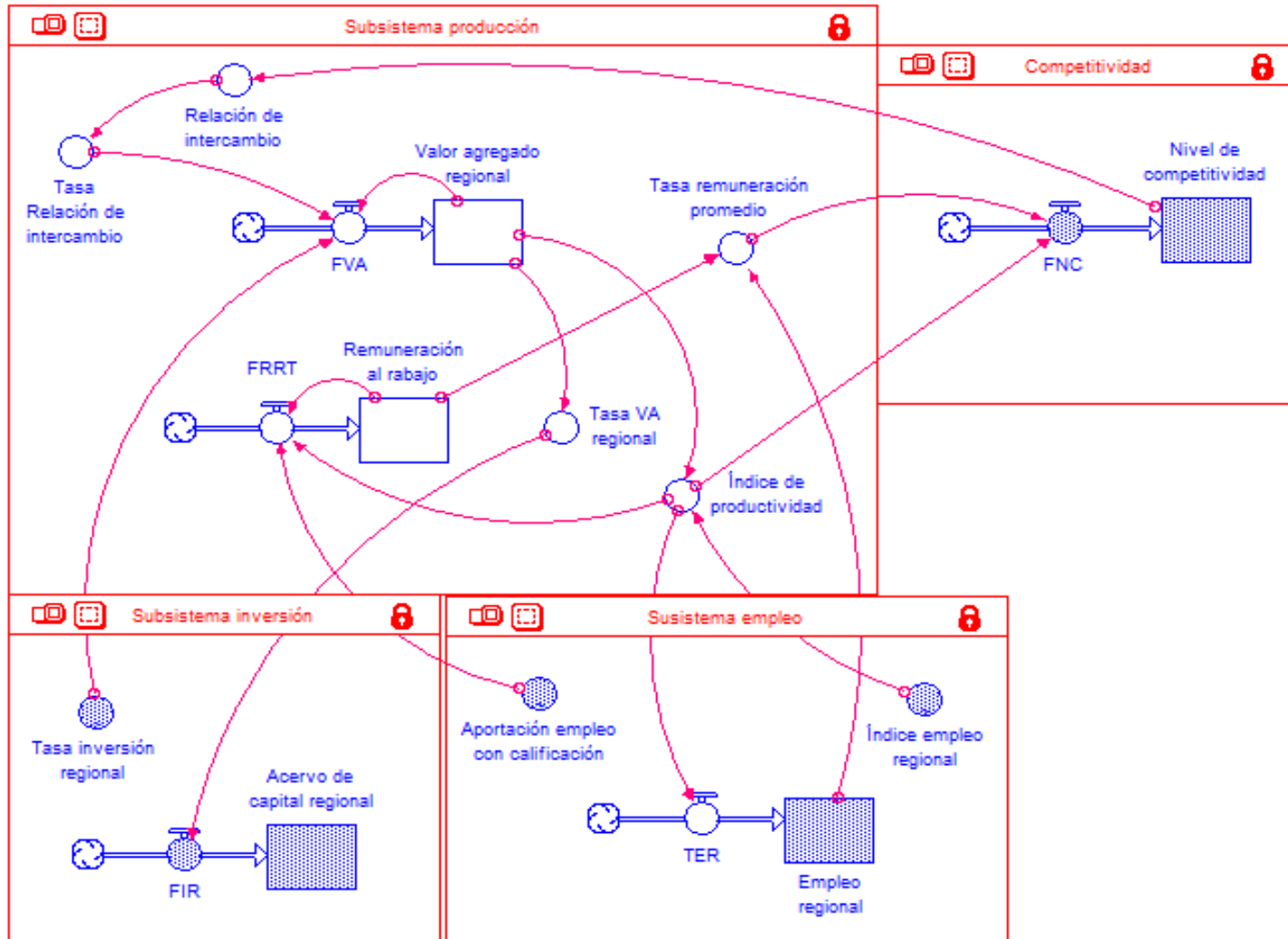
La distribución del valor agregado entre los factores de la producción depende de las condiciones estructurales de la economía regional. Por esta razón, la variable de flujo que modifica el valor de la remuneración al trabajo (FRRT) se vincula con la manera en que se comportan dos variables auxiliares: la productividad regional y la estructura del empleo regional. A continuación se comentan las variables de flujo consideradas en el subsistema de producción.

Variables de flujo

Flujo del Valor Agregado (FVA). Indica la manera en que se incrementa (o disminuye) el monto de la producción de un periodo a otro. La FVA depende de la inversión regional que se realizó en el periodo anterior y de la relación de intercambio correspondiente al periodo.

Si la relación de intercambio permanece igual, la única fuente de modificación del valor agregado regional corresponderá al comportamiento de la inversión regional. Por el contrario, si la relación de intercambio se modifica, ésta afectará a la FVA. Este supuesto significa que el valor agregado regional aumentaría debido a una mejor remuneración de las mercancías producidas en la región con respecto a aquellas producidas fuera de la región. Es decir, las mercancías producidas en la región serían bien apreciadas por los mercados a los que se dirigen debido a su productividad (bajo costo de producción que se manifiesta en un precio atractivo para los consumidores), a su calidad (apreciada por los consumidores con respecto a los competidoras), o por su flexibilidad (las mercancías expresan adecuadamente las necesidades de los consumidores en el periodo correspondiente).

Figura 5.4 Diagrama lógico del Subsistema de producción regional de bienes y servicios (subsistema producción)



Fuente: Elaboración propia

Flujo Regional de Remuneración al Trabajo (FRRT). Expresa la forma en que se modifica en cada periodo la remuneración al factor trabajo en la región en estudio. Como se señaló, el comportamiento de la remuneración regional al trabajo depende de dos variables auxiliares: de la tendencia del índice de productividad en cada periodo y de la aportación del empleo con mayor calificación que el promedio regional.

La primera fuente de incremento de la remuneración regional al trabajo corresponde a un aumento en la productividad regional. La productividad permite producir más bienes y servicios con la misma cantidad de trabajo invertido y la misma aportación de capital. Por lo tanto, la ganancia en productividad es una fuente para incrementar, tanto la remuneración al trabajo, como la retribución al capital.

Al incrementarse la productividad regional, la remuneración al trabajo y al capital se modificarían en la misma proporción. Es decir, el plusvalor que las empresas logran a través de la mejora en la productividad se repartiría por igual entre el capital y el trabajo invertido y de esta manera, el crecimiento de la productividad tendría un impacto equivalente en la remuneración regional al trabajo.

De esta forma, el modelo propuesto considera que se mantiene la distribución inicial del valor agregado entre los dos factores de la producción: capital y trabajo. La remuneración por unidad de ambos factores responderá conforme el comportamiento de la productividad.

Por otra parte, el cambio en la estructura del empleo regional también afectará a la remuneración regional al trabajo. En la medida que el empleo con calificación aumenta su aportación en el total de empleo regional, la remuneración al trabajo también tenderá a incrementarse.

Es decir, el empleo con calificación no solamente será una fuente para el aumento de la productividad sino también permitirá la producción de bienes y/o servicios con mayor valor agregado unitario. Por lo tanto, al aumentar la participación del empleo con calificación en la región, también se podrían modificar las características de las mercancías producidas lo que promovería el incremento de

la remuneración al trabajo⁵⁶.

Por lo tanto, el valor de la FRRT se forma a partir de la tasa de crecimiento del índice de productividad y del empleo calificado; esta última, ponderada considerando la participación del empleo calificado con respecto al empleo total regional.

Variables auxiliares

Relación de intercambio. La relación de intercambio expresa el comportamiento del promedio de los precios a los que se venden las mercancías producidas en la región con respecto al promedio de los precios de las mercancías producidas en otras regiones. Como se comentó, en este trabajo se considera que la relación de intercambio puede ser una expresión regional representativa del concepto de plusvalor señalado por Schumpeter (1978).

Por ejemplo, si se presenta un aumento en la productividad y las mercancías regionales se siguen vendiendo al mismo precio que en el periodo anterior, existirá un aumento del valor agregado unitario debido a que las mercancías reciben el mismo monto de dinero por una menor cantidad de trabajo invertido en su producción. Si las mercancías regionales se venden a precios superiores a su competencia gracias a su calidad o flexibilidad⁵⁷, en tanto que el trabajo invertido es el mismo, entonces también se presentará un aumento del valor agregado unitario.

En el modelo aquí propuesto se considera que la modificación de la relación de intercambio responde directamente al comportamiento de la competitividad de la región en estudio. En efecto, en la figura 4.3 del capítulo anterior se plantea que

⁵⁶ Por ejemplo, una región en donde se impulse al sector de servicios para la producción de software (programas de cómputo), requerirá de personal calificado. Al aumentar la relevancia regional de este sector, aumentará la aportación del empleo calificado con respecto al empleo total de la región. Asimismo, los productos y/o servicios ofrecidos por dicho sector, aumentarían el valor agregado unitario de las mercancías producidas en la región.

⁵⁷ Como se comentó en el punto 4.3.7 y se esquematiza en la figura 4.3, las condiciones de las mercancías que permiten a una región el intercambio favorable de mercancías son: la productividad, la calidad y la flexibilidad.

las condiciones que presentan las mercancías producidas en la región motivan un intercambio favorable con respecto a las producidas en otras regiones. Este intercambio favorable motiva que la competitividad de la región evolucione positivamente lo que afectará la relación de intercambio del periodo subsecuente. Por esta razón, en la figura 5.4, el valor de la relación de intercambio depende directamente del nivel de competitividad regional.

Índice de productividad. Representa a la productividad del trabajo que se registra en la región en cada periodo. Se calcula dividiendo el valor agregado producido en la región entre el empleo regional total correspondiente a cada periodo.

Se observa en la figura 5.4 que el valor del índice de productividad afecta, dentro del mismo subsistema de producción, al flujo regional de remuneración al trabajo (FRRT). Como se señaló, el crecimiento de la productividad es una fuente para la mejora de la remuneración al trabajo.

El índice de productividad también afecta al flujo del empleo regional (FER) y al flujo del nivel de competitividad (FNC). Esta última relación se comentó en el inciso anterior. La correspondiente a la variable FER se comenta más adelante en el inciso correspondiente al subsistema de empleo regional.

Tasa de la relación de intercambio. Corresponde a la tasa en que se modifica la relación de intercambio en cada periodo.

Tasa de la remuneración promedio. Corresponde a la tasa en que se modifica la remuneración al trabajo en cada periodo. Su valor afecta el comportamiento del flujo del nivel de competitividad (FNC) como se comenta más adelante.

Tasa VA regional. Es la tasa en que se modifica el valor agregado regional en cada periodo. Su valor afecta al flujo de inversión regional (FIR) de la manera en que se comenta en el inciso correspondiente al subsistema de inversión.

5.5 Subsistema regional de inversión

Se señaló anteriormente que el subsistema de inversión regional es la herramienta del cambio estructural del subsistema de producción de bienes y servicios. A

través de la orientación de la inversión regional se modifica la estructura productiva y, en consecuencia, la competitividad regional y se motiva el desarrollo de un ambiente de innovación (ver figura 4.3).

La propuesta de modelado del subsistema regional de inversión se sustenta en lo señalado en la figura 4.4 referente a los rubros en que se puede dividir la inversión regional. En el caso del subsistema regional de inversión que aquí se propone, se toma en cuenta solamente el rubro señalado como inversión para la producción. Este rubro se divide en inversión en ampliación e inversión en innovación (véase el inciso 4.3.8).

La inversión para la producción y la inversión en innovación son los aspectos que aquí interesan en el análisis del comportamiento económico de la región y, en particular, en la construcción de la competitividad con base en la creación y fortalecimiento de un ambiente de innovación. De esta manera, las variables de estado que expresan el comportamiento del subsistema de inversión son las siguientes:

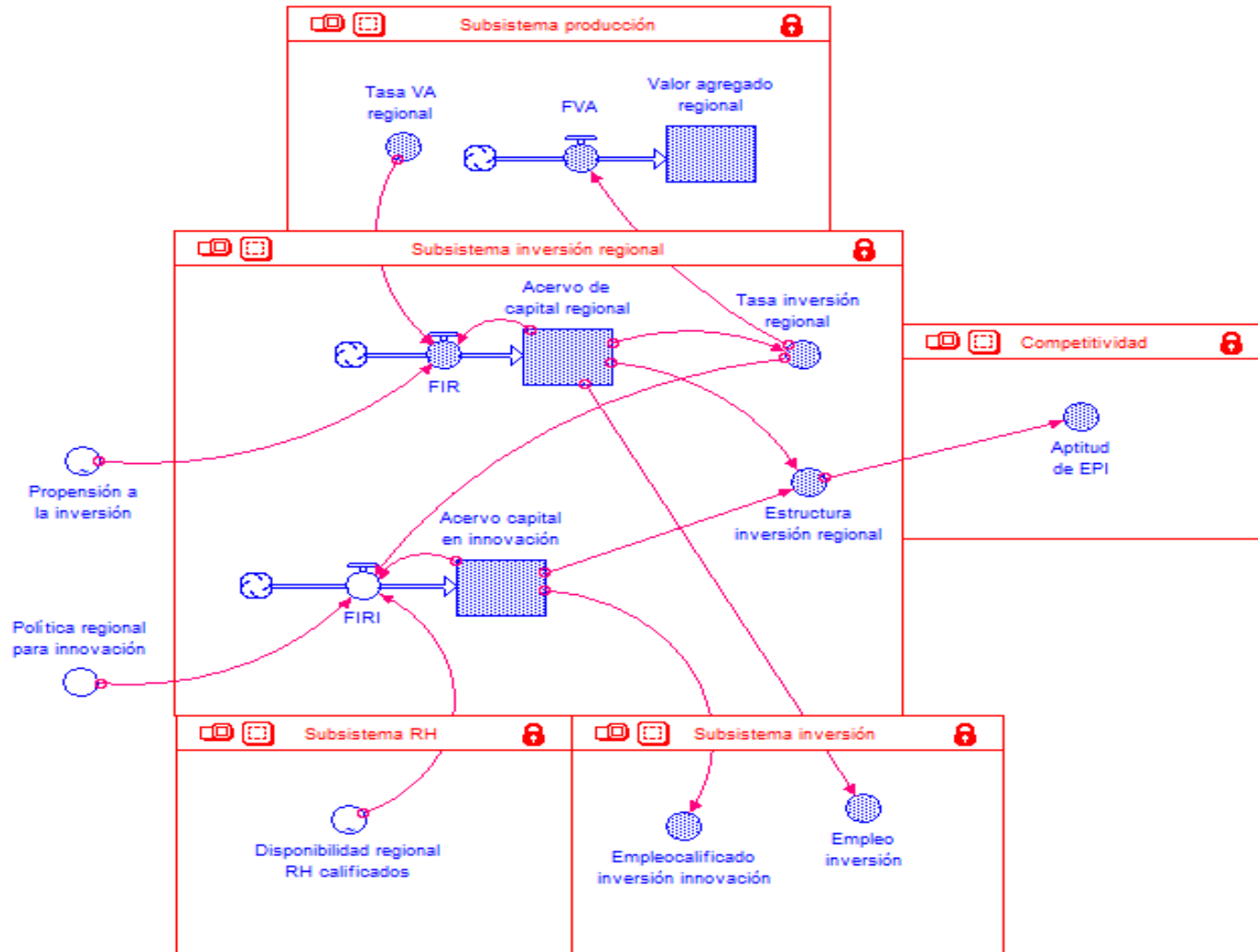
- Acervo de capital regional para la producción
- Acervo de capital en innovación

La figura 5.5 presenta el diagrama lógico del subsistema de inversión de una región y muestra las variables que conforman este subsistema.

Al igual que la figura 5.3, en la figura 5.5 también se muestran variables pertenecientes a otros subsistemas regionales y de las cuales el subsistema de inversión obtiene o envía información. Las variables pertenecientes a otros subsistemas diferentes al correspondiente a la inversión regional, se señalan y comentan en los apartados correspondientes a cada subsistema.

A continuación se comentan las variables contenidas en el subsistema de inversión regional.

Figura 5.5 Diagrama lógico del Subsistema de inversión regional (subsistema inversión)



Fuente: Elaboración propia

Variables de estado

Acervo de capital regional. Corresponde al monto del capital acumulado que existe en una región para la producción de bienes y servicios. Esta variable se sustenta en la propuesta de clasificación de la inversión regional señalada en la figura 4.4; por lo tanto, no se considera el acervo de capital asociado a la infraestructura, ni el capital de trabajo y mantenimiento.

En el modelo, el acervo de capital para la producción se expresa en un monto de dinero⁵⁸. El acervo de capital regional para la producción se modifica con base en la variable de flujo llamada flujo de inversión regional (FIR) la cual se comenta más adelante.

Acervo de capital en innovación. Expresa el monto del capital acumulado que se ha invertido en innovación. Incluye la inversión en innovación tanto interna como externa de las empresas. Como se señaló en el inciso 4.3.8, la inversión interna es aquella que realizan las empresas dirigida al desarrollo de nuevos productos y/o procesos, pero también aquellas que permiten una mejor organización del proceso productivo o administrativo, o que mejora la distribución de las mercancías o el aprovisionamiento de materiales (logística), o aquellas dirigidas al desarrollo de los procesos de comercialización, entre otras.

La inversión en innovación externa es aquella que realizan las empresas adquiriendo bienes (tangibles o intangibles) que mejoran la productividad de sus procesos o la calidad de sus productos o servicios. Este tipo de inversión generalmente se expresa en la adquisición de equipo o maquinaria más moderna, el licenciamiento de patentes, el pago por los derechos de una franquicia, entre otros.

De lo anterior se observa que el modelo aquí propuesto difiere de la concepción dominante relativa a que la innovación se relaciona solamente con actividades de IyDT o, como la considera la OECD, Gastos en Investigación y Desarrollo Experimental (GIDE). Por el contrario, el modelo propone considerar como

⁵⁸ También podría expresarse a través de un índice que iniciaría con el valor 1.000.

inversión en innovación a una amplia gama de actividades que generan mejoras en la productividad del proceso productivo, en la calidad de los bienes producidos o en la flexibilidad de ambos (proceso productivo o bienes) para satisfacer los requerimientos de los mercados en esquemas abiertos.

Variables de flujo

Flujo de inversión regional (FIR). Indica la manera en que se modifica el acervo de capital regional; es decir, expresa el monto del flujo de inversión por cada periodo de la inversión dirigida a ampliar la base productiva de la región. Si la FIR es nula, el acervo permanecerá constante.

La FIR depende de dos variables auxiliares: del comportamiento del valor agregado que se genera en el subsistema de producción regional de bienes y servicios y de la propensión regional a la inversión.

El crecimiento sostenido del valor agregado regional es el principal estímulo para que en una región las organizaciones establecidas mantengan el interés por invertir en ella. Asimismo, el crecimiento del valor agregado regional también generará un atractivo a la inversión de las organizaciones que aún no se encuentran establecidas en la región pero que ven con interés la demanda de bienes y servicios que promueve el crecimiento económico. También, el auge del valor agregado regional motivará el emprendimiento de nuevas empresas dirigidas a satisfacer las necesidades crecientes del mercado.

De esta manera, el ritmo con el que crece la producción (el valor agregado), expresado por la variable auxiliar Tasa VA regional (perteneciente al subsistema de producción regional), representa un insumo para la definición del comportamiento del flujo de inversión regional en el periodo subsiguiente.

Otra variable que afecta al flujo que nutre al acervo de capital regional (FIR) corresponde a la propensión a la inversión. Esta variable expresa el interés y capacidad de inversión que muestra la región y representa diversos aspectos tales como: programas de fomento a la inversión productiva (nacional y local)⁵⁹,

⁵⁹ Por ejemplo, incentivos fiscales al establecimiento de empresas y a su operación

capacidad y actitud empresarial⁶⁰, desarrollo de emprendedores⁶¹, entre otros.

Esta variable presenta un comportamiento que puede diferir entre las regiones sujetas a análisis a partir del modelo aquí propuesto. Asimismo, la propensión regional a la inversión representa una variable que no solamente refleja la condición existente en una región sino también el interés del sector público y privado por fomentar la inversión. Por esta razón, en el modelo propuesto se considera a esta variable como una de control cuyo valor es establecido por el analista para fines de simular el comportamiento del modelo ante diversos valores de la propensión a la inversión.

Flujo de inversión regional en innovación (FIRI). Indica la manera en que se modifica el acervo de capital regional dedicado a la innovación.

El valor de la FIRI está determinado por tres variables auxiliares: la tasa de inversión regional, la disponibilidad regional de recursos humanos calificados y la política regional de innovación. La primera de estas variables corresponde al propio subsistema de inversión y expresa el ritmo al que crece la inversión regional. Es decir, el comportamiento de toda la inversión regional dirigida a la producción de bienes y servicios determina, en parte, la tendencia que muestra la inversión en innovación.

La disponibilidad regional de recursos humanos calificados corresponde a una variable del subsistema de formación de RH. En la medida que en la región exista disponibilidad positiva de este tipo de recursos humanos, las organizaciones tendrán mayor sustento para invertir en procesos de innovación. Por el contrario, una disponibilidad negativa generará dificultades a las organizaciones para

(reducción de impuestos prediales y de nómina durante los primeros años), desarrollo de parques industriales que facilitan el establecimiento de empresas (caso Aguascalientes y México), oficinas estatales y/o municipales de atención a inversionistas, etc.

⁶⁰ Drucker (1968), le asigna un gran peso a la figura del emprendedor como palanca del desarrollo económico y, en consecuencia, de la promoción de las inversiones productivas. En consecuencia, la presencia en una región de este tipo de perfiles le otorgarían mayor propensión a la inversión.

⁶¹ A partir de la década de los 90, los programas de fomento a las llamadas incubadoras de empresas han tenido gran auge en diversos países. En México, hace menos de 10 años se ha desarrollado el programa de incubadoras dirigido a capacitar y apoyar a jóvenes con interés en desarrollar proyectos de inversión.

realizar procesos de innovación que resulten exitosos. Es por esta razón que se establece una relación del comportamiento de la FIRI con el nivel de disponibilidad regional de RH calificados.

La política regional para innovación representa el interés del sector público de la región para promover en las organizaciones productivas procesos de innovación. Esta política se conforma por varios tipos de acciones tales como: incentivos fiscales a la innovación, subsidios a las pequeñas y medianas empresas para utilizar servicios de consultoría especializada, apoyo a la creación de firmas de ingeniería y consultoría, promoción de parques tecnológicos, entre otras diversas medidas con las que el sector público puede motivar que las empresas inviertan en innovación.

La variable referente a dicha política regional para la innovación se considera como una variable de control. Como se señaló, el valor de este tipo de variables es establecido por el analista para fines de simular el comportamiento del modelo.

Variables auxiliares

Tasa inversión regional. Corresponde a la tasa en que se modifica el acervo de capital regional para la producción de bienes y servicios. Su valor afecta el comportamiento del flujo de valor agregado (FNC) de cada periodo como se anteriormente.

Estructura inversión regional. Corresponde al porcentaje del acervo de capital para la producción que se destina a la innovación. Por lo tanto se calcula dividiendo el acervo de capital en innovación entre el total del acervo de capital regional para la producción⁶².

Esta variable a su vez influye en la correspondiente a la aptitud de las empresas para la innovación (aptitud de EPI). Esta última es una variable que influye en la creación y fortalecimiento de un ambiente de innovación como se señaló en el

⁶² En la medición del esfuerzo de un país para innovar se utiliza frecuentemente el gasto en actividades de investigación y desarrollo (GIDE) como porcentaje del Producto Interno Bruto (PIB). En el modelo aquí propuesto se propone una medida más amplia y referida al acervo de capital para la innovación (interna y externa) y no al gasto en las actividades mencionadas.

inciso 5.3.

5.6 Subsistema regional de empleo

El subsistema regional de empleo expresa la dinámica de la clase de empleos que se generan y predominan en la región. Por ello, en este subsistema se consideran dos tipos de empleos: con calificación y no calificados.

En la utilización del modelo para una región específica, el umbral entre estos dos tipos de empleos dependerá de las condiciones regionales prevalecientes. Por ejemplo, en una región que se considere económicamente atrasada, la oferta de empleo dominante corresponderá a la asociada a trabajos de tipo manual; por consiguiente, el umbral entre ambos tipos de empleo podría asociarse a un nivel escolar de educación secundaria y técnica. Por el contrario, en una región de economía avanzada el umbral entre los dos tipos de empleos podría corresponder a un nivel de educación superior.

Es decir, el límite entre los dos tipos de empleos que se contemplan en esta propuesta es dinámico. Conforme avanza una región en su desarrollo, el umbral entre el empleo calificado y el no calificado se moverá hacia niveles superiores.

El modelo aquí propuesto parte del supuesto que el desarrollo de un ambiente de innovación regional se encuentra directamente relacionado con el tipo de empleo que se genera. Así, la dinámica del empleo calificado resulta un elemento relevante en la expresión y promoción de procesos de innovación en la región.

Asimismo, se considera que la calificación de los recursos humanos en la región no se asocia solamente con el nivel académico que alcanzan las personas sino también con las acciones de capacitación que se realicen en actividades productivas específicas. Por ejemplo, la utilización de tecnologías de la información y comunicación (TIC) resulta un aspecto relevante en las capacidades de innovación de una unidad económica. Para promover su utilización, al nivel académico de los recursos humanos es necesario complementarlo con procesos de capacitación que permitan desarrollar habilidades específicas en dichas tecnologías. Por el contrario, la simple capacitación en la utilización de TIC no es

suficiente para que los recursos humanos cuenten con la aptitud de identificar el potencial de estas tecnologías en el desarrollo de las actividades. Por esta razón, en la calificación de las personas se consideran tanto el nivel académico como los procesos de capacitación específica que se desarrollan en una región.⁶³

El diagrama dinámico del subsistema regional de empleo se muestra en la figura 5.6. Las variables que conforman el diagrama dinámico de este subsistema son las siguientes:

Variables de estado.

Empleo regional. Corresponde al número total de empleos formales que existen en la región en el periodo correspondiente. Esta variable comprende ambos tipos de empleos: con calificación y sin calificación. En el modelo el empleo regional se puede expresar a través del número de personas que cuentan con un empleo formal⁶⁴.

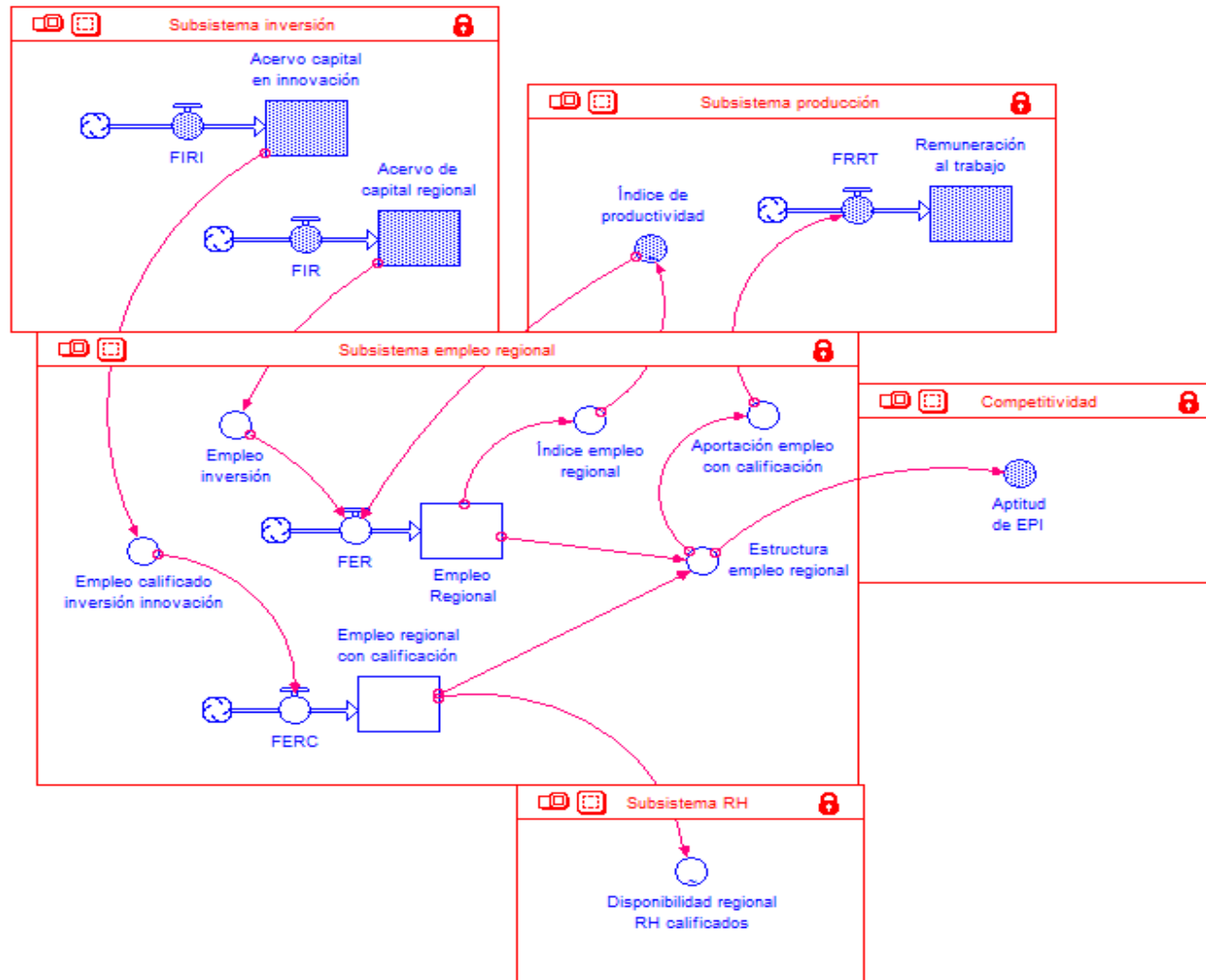
Durante cada periodo esta variable de estado puede modificarse a partir del incremento o decremento de empleos regionales estimados por la variable de flujo FER (flujo de empleo regional).

Empleo regional con calificación. Esta variable expresa la parte del empleo regional que cuenta con calificación. Al igual que la variable de estado anterior, la correspondiente al empleo regional con calificación se expresa a través del número de empleos formales que requieren calificación.

⁶³ En México el organismo dedicado a certificar las competencias laborales (CONOCER) no considera la formación académica como un criterio a considerar. En el Comité formado para desarrollar el estándar de competencia asociado a la impartición de consultoría se observó la necesidad de incorporar la formación académica como un aspecto relevante en la calificación de las personas que fueran certificadas en dicho estándar.

⁶⁴ Otra forma de expresar esta variable es a través de un índice que inicia con el valor 1.0000. Es decir, si en el periodo inicial existían en la región 30,000 empleos, este número se divide entre sí mismo para convertirlo en un índice. Si en el periodo 10 el índice evoluciona a un valor de 1.1000, significa que en la región el empleo evolucionó a un total de 33,000 empleos.

Figura 5.6 Diagrama lógico del subsistema de empleo regional (subsistema empleo)



Fuente: Elaboración propia

El valor del monto del empleo con calificación en cada periodo se forma del valor inicial más los aumentos o decrementos acumulados durante cada periodo. Esta variación está definida por la variable de flujo FERC (flujo del empleo regional con calificación).

Variables de flujo

Flujo de Empleo Regional (FER). Indica la manera en que se modifica en cada periodo el empleo regional. Su valor depende del comportamiento de la variable auxiliar correspondiente al empleo – inversión. Esta variable indica el número de empleos que se generan por unidad de inversión.

En efecto, el elemento que permite incrementar el empleo regional corresponde a la inversión para la producción, tanto para ampliación como para innovación. La relación se presenta con un retardo de un periodo en promedio; es decir, el flujo de inversión registrado en un periodo generará nuevos empleos en el siguiente periodo de análisis. De esta manera, cada unidad de inversión para la producción del periodo anterior genera un número de empleos de acuerdo a la relación empleo – inversión.

El número de empleos que se pueden generar en un periodo también es afectado por el comportamiento de la productividad del periodo previo. Si la productividad crece, el número de empleos que se necesitan para producir el mismo monto de valor agregado resultara menor que lo que se requería en el periodo anterior. Por lo tanto, el comportamiento creciente de la productividad tendrá un efecto negativo en el flujo de empleo regional.

El efecto negativo de la productividad con respecto al flujo de empleo regional se podrá paliar en la medida que la competitividad regional permita vender, a precios competitivos, el incremento de la producción motivado por ambos efectos; es decir, por el incremento de la inversión regional para la producción y por el incremento en la productividad regional.

Flujo de Empleo Regional con Calificación (FERC). Indica la manera en que se modifica el empleo regional que requiere calificación. Su valor depende del

comportamiento de la inversión regional en innovación.

El empleo regional con calificación se incrementa en función de la inversión regional en innovación registrada en el periodo anterior. Así, cada unidad de inversión en innovación del periodo anterior genera un número de empleos de acuerdo a la relación empleo con calificación – inversión en innovación.

Variables auxiliares.

Empleo – inversión. Esta variable auxiliar expresa la cantidad promedio de unidades de inversión requerida para generar un empleo en la región en estudio. Puede expresarse directamente a través de unidades de inversión (en México pesos o miles de pesos) por cada empleo que se crea. Si el acervo de capital regional se expresa a través de un índice, esta variable también puede representarse de la misma forma⁶⁵.

Empleo con calificación – inversión en innovación. Esta variable auxiliar es semejante a la anterior pero considera únicamente a la inversión en innovación y al empleo con calificación. Igualmente se puede expresar en miles de pesos de inversión por cada empleo calificado creado en la región.

Estructura del empleo regional. Esta variable auxiliar representa la relación del empleo regional con calificación con respecto al empleo total en la producción de bienes y servicios. Por lo tanto, se calcula directamente dividiendo el empleo regional con calificación de un periodo entre el monto del empleo regional total.

El resultado de esta variable indicará el porcentaje del empleo con calificación en relación con el empleo total de la región. Un incremento regional de esta variable auxiliar expresaría una mayor aptitud de las empresas para emprender procesos de innovación (variable auxiliar Aptitud de EPI), dado que contarían con un perfil de recursos humanos con mayor preparación.

⁶⁵ Por ejemplo, si en el periodo inicial el acervo de capital se considera con un valor de 1 y existen, en este mismo periodo, 100,000 empleos formales, entonces el valor de la variable auxiliar empleo – inversión corresponde a $1 / 100,000$; es decir, a 0.00001. De esta manera, si al cabo de 10 periodos el índice del acervo de capital aumenta a 1.5000, existirán 150,000 empleos en la región.

Asimismo, al inicio de este inciso se señaló que la determinación del umbral entre empleo con calificación y empleo sin calificación depende de la situación que impera en la región en estudio. De esta manera, la saturación del empleo con calificación en relación con un valor determinado, indicaría la pertinencia de cambiar de umbral en la definición de las categorías de empleo con y sin calificación.

5.7 Subsistema regional de formación de recursos humanos

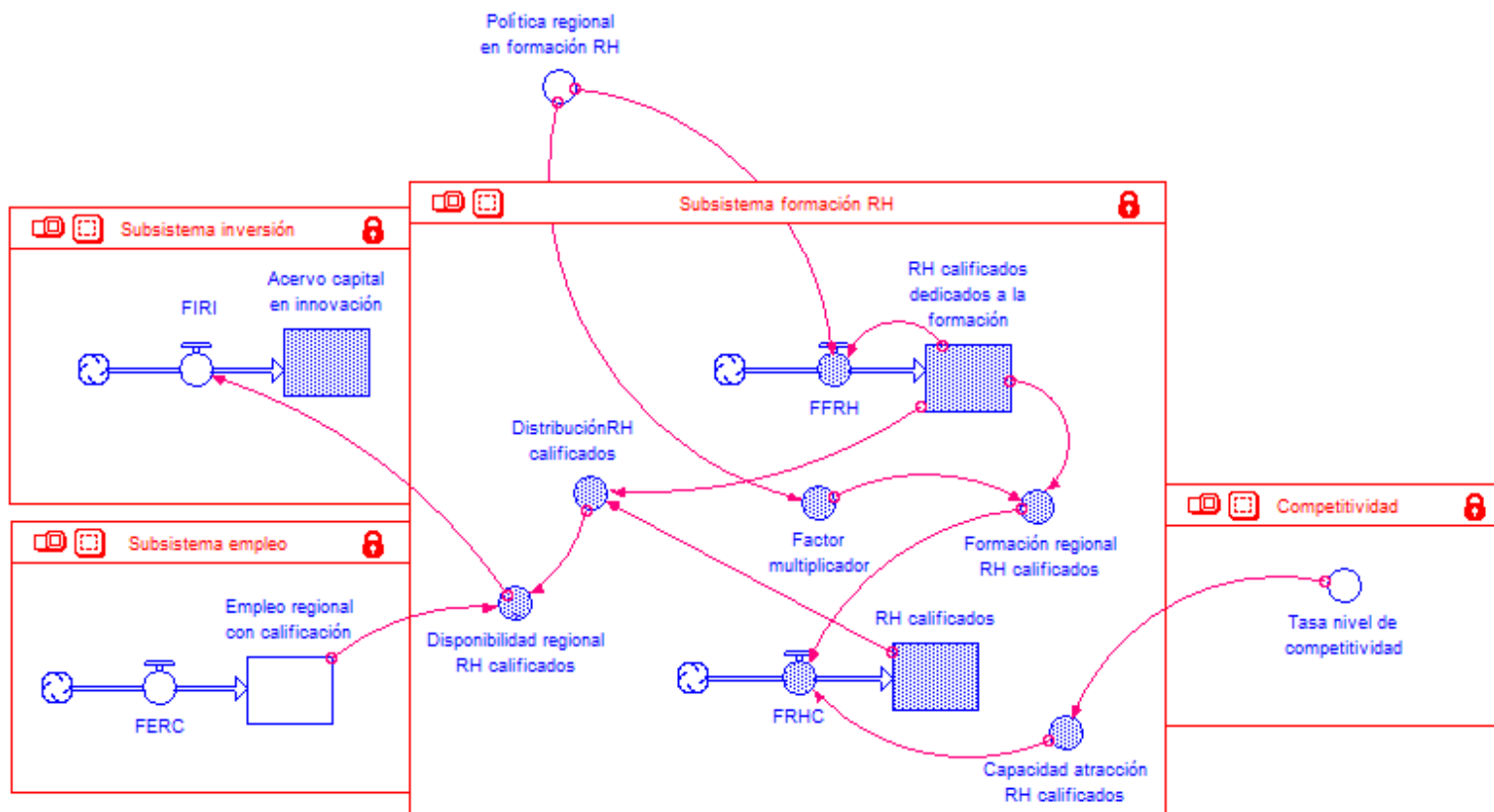
El subsistema de formación de recursos humanos expresa la capacidad regional para generar personal con calificación que ocupe los empleos que requieren este nivel de formación. La formación de recursos humanos significa la capacidad de transmitir conocimientos y aptitudes a personas para que puedan aplicarlas en el ámbito productivo.

La formación de recursos humanos se sustenta en las organizaciones educativas y de investigación científica y tecnológica. En el modelo propuesto también se consideran a otras organizaciones que participan en la construcción de aptitudes, en la transmisión de conocimientos y en sus aplicaciones prácticas. Este es el caso de organizaciones y empresas asociadas a la impartición de consultoría especializada, a la capacitación, a la certificación de conocimientos y competencias, entre otras.

Por lo anterior, la formación regional de recursos humanos no solamente tiene que ver con el nivel académico que logran las personas sino también con las actividades de capacitación que se realicen en actividades productivas específicas.

El diagrama dinámico del subsistema regional de formación de recursos humanos se presenta en la figura 5.7. Las variables que conforman el diagrama dinámico de este subsistema son las siguientes:

Figura 5.7 Diagrama lógico del subsistema de formación regional de recursos humanos (subsistema formación RH)



Fuente: Elaboración propia

Variables de estado.

Recursos humanos calificados dedicados a la formación. Corresponde al número de personas con calificación en la región cuya principal actividad es la transmisión de conocimientos y el desarrollo de aptitudes y competencias. Estos recursos humanos se ubican en instituciones de educación superior, centros de investigación y laboratorios que forman recursos humanos, organizaciones dedicadas a la consultoría y capacitación, entre otras.

Esta variable de estado se expresa en número de personas con calificación que dentro de la región forman recursos humanos calificados y que laboran en las organizaciones señaladas o por su cuenta.

Durante cada periodo esta variable puede modificarse a partir del incremento o decremento del número de personas calificadas que dentro de la región forman nuevos recursos humanos con calificación. El incremento o decremento está dado por el valor de la variable de flujo FFRH (flujo en la formación de recursos humanos) en cada periodo. Más adelante se comenta esta variable.

Recursos humanos calificados. La segunda variable de estado en este subsistema expresa el número de recursos humanos con calificación disponibles en la región en un periodo específico.

Se expresa por el número de personas con calificación en la región y se modifica con base en la variable de flujo señalada como FRHC (flujo de recursos humanos calificados).

La disponibilidad por periodo de recursos humanos calificados se contrasta con el número de empleos con calificación demandados en la región para conformar otra variable llamada disponibilidad regional de RH calificados; esta variable auxiliar se comenta más adelante.

Variables de flujo

Flujo en la Formación de Recursos Humanos (FFRH). Indica el número de recursos humanos calificados que ingresan a las organizaciones dedicadas a

formar recursos humanos calificados y ubicadas en la región durante cada periodo. Por lo tanto, este número modifica el acervo de personal que en la región forma recursos humanos calificados.

El valor de esta variable de flujo depende del número de personas dedicadas en la región a la formación de recursos humanos calificados durante el periodo anterior, multiplicado por una tasa de crecimiento/decremento. Esta tasa de crecimiento/decremento está determinada por la política de formación de recursos humanos que exista en la región. En el modelo, esta política regional corresponde a una variable de control definida por el analista con base en la variedad y magnitud de los apoyos públicos dirigidos a fomentar la formación de recursos humanos calificados.

Flujo de Recursos Humanos Calificados (FRHC). Corresponde al incremento o decremento de los recursos humanos calificados disponibles en la región. Se expresa por el número de personas que se incorporan durante cada periodo al total de recursos humanos calificados disponibles en la región durante el periodo anterior.

El valor de esta variable depende de dos variables: del número de recursos humanos calificados formados en la región durante el periodo anterior (formación regional de RH calificados) y de la posibilidad de atraer este tipo de recursos humanos desde otras regiones (capacidad atracción RH calificados).

Estas dos variables auxiliares se comentan a continuación.

Variables auxiliares.

Formación regional RH calificados. Corresponde al número de recursos humanos que se forman en la región durante cada periodo. Se calcula multiplicando el nivel de la variable de estado correspondiente a los RH calificados dedicados a la formación por un factor multiplicador (variable auxiliar).

Factor multiplicador. Esta variable auxiliar expresa el número de personas que pueden ser calificadas durante un periodo por cada persona calificada dedicada a la formación de recursos humanos en la región. El valor de esta variable está

definido por una función dependiente de la política regional de formación de RH. Esta política regional representa, dentro del modelo, una variable de control establecida por el analista en función de las características que presentan las condiciones regionales. Más adelante se comenta esta variable de control.

Capacidad de atracción de RH calificados. Expresa la capacidad que tiene una región para atraer recursos humanos calificados provenientes de otras regiones. Incluye no solamente la capacidad de atracción sino también de retención de los recursos humanos calificados que habitan en la región.

Esta capacidad se encuentra vinculada con el nivel de competitividad de la región debido a que el desarrollo de la competitividad expresa un crecimiento del nivel de vida de la población regional. En este sentido, al aumentar la competitividad de una región se incrementará su capacidad de atraer y retener a los recursos humanos calificados.

Distribución de RH calificados. Esta variable auxiliar indica el porcentaje de personal calificado disponible en la región que se dedica a la formación de recursos humanos calificados. Se estima dividiendo el acervo de recursos humanos calificados dedicados a la formación entre el acervo total de recursos humanos calificados.

El valor de esta variable auxiliar determinaría una meta de la política regional de formación de RH. La meta de la política señalada podría expresarse en un porcentaje a alcanzar; por ejemplo, que en la región el 5% del personal calificado disponible estuviera dedicado a la formación de recursos humanos calificados. Una vez alcanzado este porcentaje, la política podría dirigirse a fortalecer la calidad de la formación de recursos humanos calificados. Por esta razón, en la figura 5.7 se establece un conector que se dirige de la Distribución regional de RH calificados a la Política regional de formación RH. Con este conector se enviaría la información referente a la meta establecida.

La distribución de RH calificados también es utilizada para la estimación de la disponibilidad regional de RH calificados.

Disponibilidad RH calificados. Esta variable auxiliar indica la cantidad de personas

calificadas disponibles por periodo para incorporarse al sistema productivo regional, ocupando los empleos con calificación generados en el periodo.

Su valor se calcula restándole a los recursos humanos calificados en cada periodo, aquellos que se incorporan a la formación de recursos humanos calificados.

Política regional en formación de RH. Representa el esfuerzo regional para fortalecer la formación de recursos humanos calificados en la región. Esta política regional se expresa en programas dirigidos a fortalecer la actividad de formación de recursos humanos calificados. Los programas pueden tener diferentes objetivos; por ejemplo, crear nuevas organizaciones dedicadas a la formación de recursos humanos calificados, mejorar la infraestructura disponible para la calificación, promover la creación y desarrollo de organizaciones que ofrezcan consultoría y capacitación, apoyar el desarrollo de conocimientos y capacidades de capacitación en las personas que forman recursos humanos, etc.

Como se mencionó, esta variable corresponde a una variable de control cuyo valor es determinado por el analista. Sin embargo, se puede retroalimentar con el valor que presenta la variable auxiliar relativa a la distribución de los recursos humanos calificados. Esta variable puede cuantificar una meta de la política la cual, al alcanzarse, los programas cambiarían su prioridad en cuanto a incorporar personal a la formación de recursos humanos al fortalecimiento de la calidad en la formación.

Por consiguiente, para fines del modelo la política regional en formación de recursos humanos se expresa a través de un esfuerzo en dos vertientes:

- i. En el crecimiento del personal dedicado en la región a la formación de recursos humanos calificados y que afecta a la variable de flujo FFRH
- ii. En la modificación de la tasa de calificación y que expresa una mejora en la infraestructura y capacidad regional para formar recursos humanos calificados.

La primera salida corresponde al esfuerzo cuantitativo de la región para incorporar personal calificado que se dedique a la formación de recursos humanos. La

segunda salida representa el esfuerzo en calidad de la infraestructura y apoyos diversos para mejorar la formación de recursos humanos por cada persona dedicada a dicha formación.

De esta manera, la primera salida asociada al crecimiento del personal dedicado en la región a la formación de recursos humanos calificados presentaría un comportamiento asintótico durante el horizonte de análisis con un valor meta determinado. Este valor meta se compararía con la distribución de RH calificados el cual establecería el periodo en el que se alcanzaría el valor meta.

6. CONCLUSIONES

Una primera conclusión que se desprende de este trabajo se refiere a la insuficiencia del aquí llamado enfoque cuantitativo de la competitividad para analizar la forma en que se construye la competitividad de una región. Esta insuficiencia se debe, en gran parte, a la ausencia de un análisis de la manera en que se interrelacionan y retroalimentan los factores o pilares de la competitividad que manejan los principales esfuerzos de medición señalados.

La aseveración anterior se constata al analizar los resultados de dos de los reportes más recientes que se basan en el enfoque cuantitativo de la competitividad y que utilizan metodologías muy similares.

El GCR⁶⁶ (Global Competitiveness Report) de 2013 situó a México en el lugar 55 entre 148 países, lo que significa que perdió dos sitios en un año dado que en 2012 se ubicó en el lugar 53.

Por el contrario, en el GII⁶⁷ (Global Innovation Index), México mejoró de manera importante su posición al pasar de lugar 79 en 2012 al lugar 63 en el 2013, considerando 144 países; es decir, una ganancia de 16 lugares⁶⁸.

A pesar de esta inconsistencia que se observa en los reportes que miden la competitividad de los países o regiones⁶⁹, sus resultados son ampliamente utilizados como sustento para plantear programas de gobierno; este es el caso del Programa Nacional de Innovación 2011 (CII, 2011) para México⁷⁰.

⁶⁶ Elaborado y publicado por el Foro Económico Mundial; WEF por sus siglas en inglés (WEF, 2013)

⁶⁷ Publicado por la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual; WIPO, por sus siglas en inglés (WIPO, 2013). Elaborado por WIPO, Cornell University e INSEAD.

⁶⁸ En estos índices es relativamente frecuente la pérdida o ganancia de diez lugares o más en solamente un año. Esta situación parece obedecer más al análisis de los resultados de una economía que a las condiciones de su estructura que difícilmente presentaría cambios tan relevantes en un periodo tan corto.

⁶⁹ Con la misma lógica metodológica de los reportes arriba señalados, el Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO, 2012) construye y publica un Índice de Competitividad Estatal en el que considera las 32 entidades federativas.

⁷⁰ La popularidad del enfoque cuantitativo de la competitividad puede deberse a la oferta de una medida del concepto que, aún sin bases teóricas sustentadas, ofrece una referencia práctica.

Una de las principales limitaciones del enfoque llamado cuantitativo es no considerar la interacción existente entre los llamados factores o pilares de la competitividad que se utilizan en los reportes mencionados. Por el contrario, se analizan por separado y se integran a través de una ponderación de sus valores con el objeto de obtener una calificación integrada del nivel de competitividad.

Para analizar la manera en que se construye la competitividad de una región resulta necesario comprender las interrelaciones que se presentan entre los diversos elementos que participan en el desarrollo de dicho concepto. Este es el principio que plantea el llamado enfoque sistémico de la competitividad.

El enfoque sistémico de la competitividad coincide con el análisis del proceso de innovación a través de los llamados sistemas nacionales de innovación. En efecto, a mediados de los 80 se propone el concepto llamado sistemas nacionales de innovación para comprender los diferentes ritmos de desarrollo que presentaban los países avanzados. Uno de los autores que iniciaron el estudio sistémico de la innovación (Lundvall, 1992b) señala que un sistema nacional de innovación está constituido por elementos y relaciones que interactúan en la producción, difusión y utilización de conocimientos nuevos y económicamente útiles.

De esta manera, el estudio de la innovación converge hacia otra escuela del pensamiento basada en el estudio de la generación de conocimientos al interior de las organizaciones. Nonaka (1994) define a la innovación como un proceso en el que la organización crea y define problemas y entonces, activamente desarrolla nuevo conocimiento para resolverlos.

Un interés del enfoque sistémico de la innovación ha sido encontrar la manera de su aplicación práctica para fines de contrastar la teoría con el comportamiento de la realidad⁷¹. Esta preocupación ha sido objeto de estudio desde la década de los 90 (Niosi et al, 1993), (Autio y Hameri, 1995).

Una propuesta para abordar este interés ha sido el proponer diferentes modelos

⁷¹ Por ejemplo, la aplicación práctica del concepto del cambio tecnológico dentro del marco teórico de la economía neoclásica, consistió en considerar que dicho desarrollo afectaba a la función de producción a través del incremento de la productividad, como se mencionó en el capítulo 2 de este trabajo.

que expresen la estructura y funcionamiento de un sistema de innovación. A partir del año 2005 se observa un creciente número de propuestas de modelación de sistemas de innovación y varias de ellas coinciden en diferentes elementos a considerar.

Algunas propuestas de modelación de sistemas de innovación señalan la importancia de la generación de conocimientos y de la competencia de los recursos humanos. Asimismo, otros proponen que la innovación es un proceso social lo que motiva que se analice como un sistema complejo. Una parte de las propuestas considera que el crear un ambiente de innovación en la región permite sustentar el desarrollo de la competitividad.

Así, la modelación de un sistema de innovación ha permitido incorporar diversas ideas relacionadas con la construcción de la competitividad de la región sustentada en la promoción de un ambiente de innovación dentro del sistema productivo.

Una característica de la gran mayoría de los modelos identificados es el considerar que la innovación está relacionada con las actividades de I+D+D y, por lo tanto, los centran en las organizaciones relacionadas con dicha actividad. Sin embargo, en años recientes ha crecido la idea que la innovación no solamente corresponde a este tipo de actividades sino a todas aquellas que permiten mejorar las prácticas operativas de todas las organizaciones productivas localizadas en una región (OECDa, 2009).

De esta manera, el modelo aquí propuesto se caracteriza por los siguientes aspectos:

En primer lugar, se considera que la innovación es un proceso social que se realiza en todo el sistema productivo de una región. De esta manera, no se propone modelar un sistema de innovación sino a todo el sistema productivo regional. Así la innovación no solamente se contempla asociada a las actividades de I+D+D sino a toda actividad que utiliza el conocimiento para lograr una mejora en los bienes/servicios que genera el sistema productivo o en los procesos que utiliza para producirlos.

También se señala que la competitividad de una región se expresa a través de los resultados que obtiene el sistema productivo en cada periodo y se sustenta en el ambiente de innovación regional. Los resultados se concentran en dos conceptos: la tasa de remuneración que permite una mejoría en el nivel de vida de los habitantes, y en el comportamiento de la productividad regional.

La estructura del sistema productivo se modifica de acuerdo al desarrollo del ambiente de innovación prevaleciente en la región. Este ambiente de innovación motiva el desarrollo de la *aptitud* de las empresas regionales para el cambio.

En el modelo propuesto, el desarrollo del ambiente de innovación depende de dos variables: la estructura de la inversión y del empleo. La estructura de la inversión regional se expresa por medio del porcentaje que se destina a los procesos de innovación. La estructura del empleo se expresa a través del porcentaje de empleo calificado con respecto a todo el empleo que se genera en el sistema productivo.

El objetivo del modelo es ofrecer una herramienta para el estudio sistemático del desarrollo de la competitividad a través de la generación de un ambiente de innovación. La principal utilidad buscada es el de aprender cada vez más de un proceso complejo como lo es la innovación, en la construcción de la competitividad de una región. Así, el modelo se vislumbra como una forma estructurada de expresar las relaciones que existen entre las variables fundamentales asociadas a la creación de competitividad.

En este sentido, el modelo propuesto no intenta ser un reflejo fiel del proceso de innovación regional que lleve a la construcción de la competitividad. El interés es construir las bases de un *laboratorio* de análisis de dicho proceso para mejor entender la dinámica de un sistema productivo que sistemáticamente incremente su aptitud para identificar problemas y resolverlos a través de la acumulación de conocimientos.

La segunda conclusión corresponde a la viabilidad del modelo propuesto para servir de herramienta para el análisis de la competitividad sustentada en el desarrollo de un ambiente de innovación. Para abordar este punto, se construyó el

modelo a partir de los cinco subsistemas señalados en el capítulo anterior y se realizaron diversas simulaciones.

La figura 6.1 presenta el modelo integrado en el que se realizaron las simulaciones del comportamiento del sistema de producción regional cuya competitividad se sustenta en el desarrollo de un ambiente de innovación que promueva en las empresas su *aptitud* para la innovación.

El modelo fue desarrollado en el software llamado Stella 10.0. Para realizar las simulaciones se consideró un periodo de 20 años y se asignaron valores a las condiciones iniciales del modelo; también se estimaron valores para aquellas variables que lo requerían⁷².

Con base en el modelo, se realizaron simulaciones considerando diferentes valores de las siguientes tres variables de control:

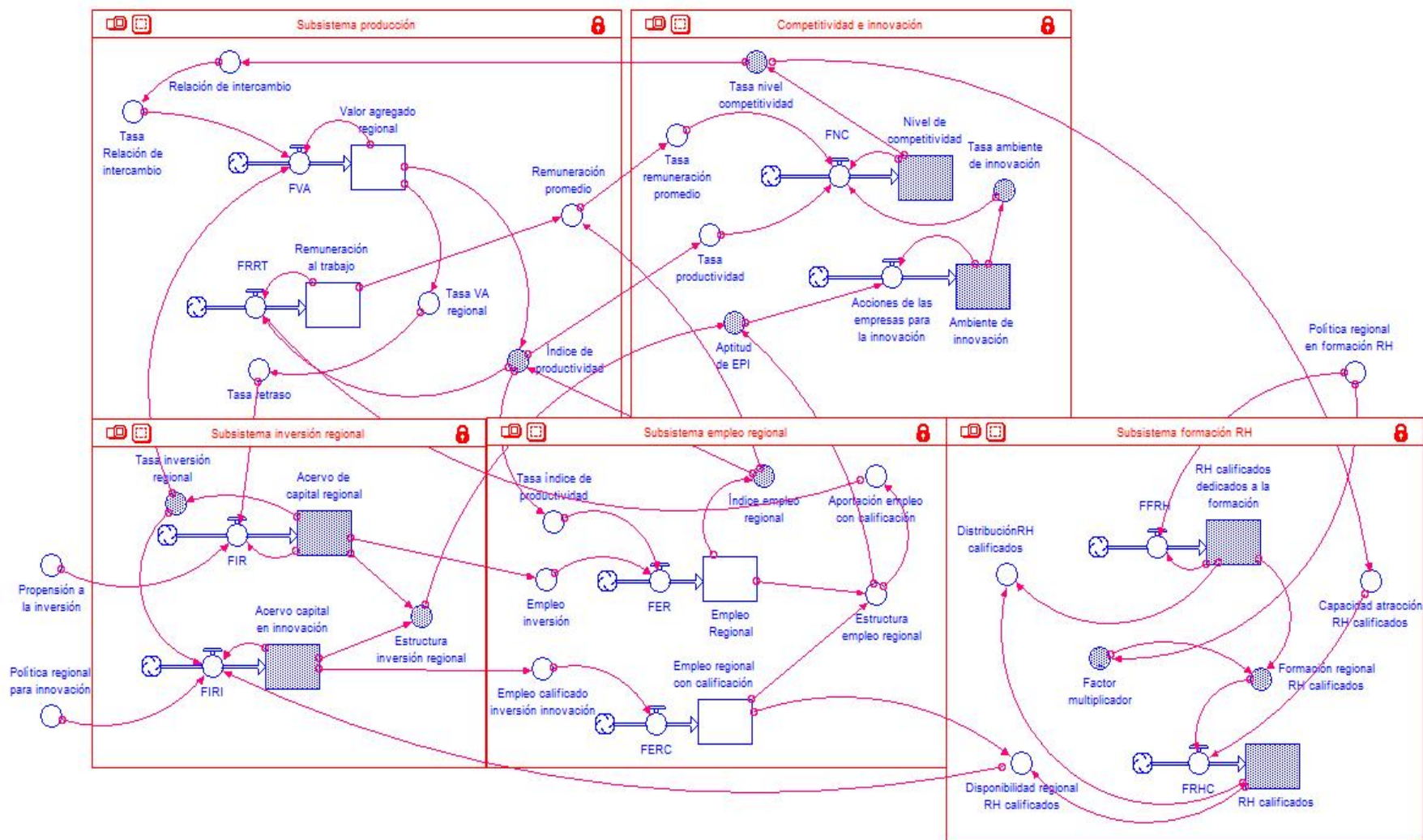
- Propensión a la inversión
- Política regional para la innovación
- Política regional en formación de RH (recursos humanos)

La primera variable se considera fundamental para el desarrollo del valor agregado regional. En la medida en que en una región se registre una adecuada dinámica de inversión, se ampliará el subsistema regional de producción de bienes y servicios, generando mayor valor agregado.

Las siguientes dos variables de control corresponden a acciones específicas para modificar la estructura del subsistema regional de producción de bienes y servicios. La fortaleza de ambas variables promueve el desarrollo de un ambiente de innovación que motiva a las empresas a emprender procesos de cambio que mejoren su competitividad.

⁷² Por ejemplo, la variable llamada Factor multiplicador, perteneciente al subsistema regional de formación de recursos humanos, representa el promedio de personas que son calificadas durante un periodo por cada persona dedicada en la región a la formación de recursos humanos calificados. Para la prueba del modelo se utilizó un valor que varía entre 3.5 y 4.5 a lo largo de 20 años.

Figura 6.1 Diagrama lógico del sistema de producción regional cuya competitividad se sustenta en un ambiente de innovación.



Fuente: Figuras 5.3, 5.4, 5.5, 5.6 y 5.7

A continuación se presentan los resultados de dos simulaciones del modelo las cuales expresan dos escenarios diferentes. El primer escenario corresponde a un comportamiento tendencial. El segundo escenario expresa los resultados que se obtendrían a partir de un esfuerzo específico en las tres variables de control.

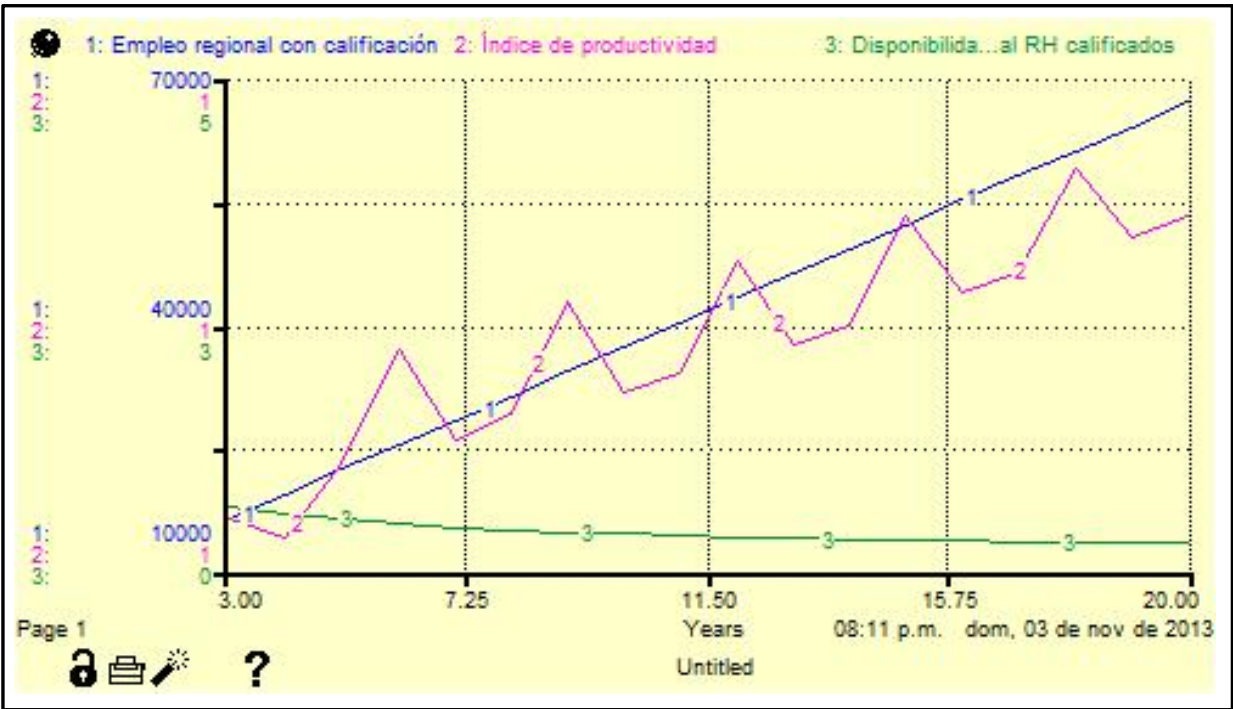
Escenario tendencial.

Este escenario corresponde a una simulación en las que las variables de control mantienen un comportamiento neutral; es decir, no se realiza un esfuerzo mayor al que se realizaba en periodos anteriores a la simulación. Por lo tanto, las variables correspondientes a la política regional para la innovación y a la política regional en formación de RH registran un valor igual a 1.000.

La variable llamada propensión a la inversión mantiene un nivel mínimo de 1.03 dado que es difícil que en una región no se registre un valor mínimo de inversión para la producción.

Con estos valores de las tres variables de control, los resultados de la simulación se presentan en las figuras 6.2 y 6.3.

Figura 6.2 Resultados de la simulación. Escenario tendencial 1



Fuente: Elaboración propia

La figura 6.2 muestra un crecimiento constante del empleo regional con calificación (línea 1) a lo largo de todo el periodo de análisis. La incorporación de este tipo de recursos humanos al empleo regional permite que el índice de productividad (línea 2) presente una tendencia a incrementarse con algunos periodos de disminución. En los primeros periodos de la simulación, la tendencia creciente de la productividad supera al incremento del empleo con calificación; sin embargo, en los últimos años la ganancia en productividad es menor al incremento del empleo con calificación.

Por su parte, la disponibilidad de recursos humanos calificados presenta una tendencia a disminuir ante la falta de un esfuerzo en la política regional en formación de RH.

La figura 6.3 presenta el comportamiento de otras variables en este mismo escenario tendencial. La incorporación de empleo calificados permite aumentar el nivel de

Figura 6.3 Resultados de la simulación. Escenario tendencial 2



Fuente: Elaboración propia

competitividad y el ambiente de innovación durante el primer tercio del periodo de simulación; sin embargo, durante los últimos dos tercios del periodo se presenta una estabilización en ambas variables.

Lo mismo sucede con la estructura del empleo regional (participación del empleo con calificación con respecto al total del empleo regional), la cual crece durante el periodo de análisis pero mostrando una tendencia a la estabilización.

Escenario estratégico.

Este escenario se le llama estratégico debido a que presupone acciones específicas en las variables de control con el objeto de aumentar la competitividad regional a través del desarrollo de un ambiente de innovación.

Por lo tanto, las variables correspondientes a la política regional para la innovación y a la política regional en formación de RH registran un valor superior a 1.000 asignados en el escenario tendencial. También la variable correspondiente a la propensión a la inversión mantiene un nivel superior al mínimo considerado en el escenario anterior. De esta manera, los valores asignados a las variables de control corresponden a los siguientes:

- Política regional para la innovación; 1.2
- Política regional en formación de RH: 1.3
- Propensión a la inversión: 1.05

Con estos valores de las tres variables de control, los resultados de la simulación para configurar el escenario estratégico se presentan en las figuras 6.4 y 6.5.

La figura 6.4 muestra una tendencia de crecimiento del empleo regional con calificación (línea 1) a lo largo del todo el periodo de simulación y que se fortalece en los últimos años. La incorporación de este tipo de recursos humanos al empleo regional permite que la productividad presente una tendencia a incrementarse con algunos periodos de disminución (línea 2). La tendencia de la productividad también muestra un reforzamiento en los últimos años del periodo de simulación.

Figura 6.4 Resultados de la simulación. Escenario estratégico 1



Fuente: Elaboración propia

Por su parte, la disponibilidad de recursos humanos calificados presenta una tendencia estable durante los primeros 10 años del periodo, pero a partir del año 11 se observa un crecimiento importante que permite reforzar la dinámica del empleo regional con calificación durante la segunda mitad del periodo de análisis. Este comportamiento es gracias al esfuerzo regional en la política de formación de recursos humanos calificados.

La figura 6.5 presenta otros resultados asociados al escenario estratégico.

El incremento de la estructura del empleo (línea 4) expresa un mayor componente del empleo con calificación en la formación del empleo regional. Esta variable *jala* a la productividad la cual mantiene una tendencia creciente, principalmente en los últimos años del periodo de análisis.

Las mejoras en la estructura del empleo y en el índice de productividad (línea 1) impulsan el desarrollo del nivel de competitividad y del ambiente de innovación (líneas 2 y 3). Sin embargo, durante los primeros años del periodo, el crecimiento de estas dos variables es muy ligero en tanto que a partir del año 15 se observa una

fuerte tendencia en su desarrollo.

Figura 6.5 Resultados de la simulación. Escenario estratégico 2



Fuente: Elaboración propia

Si se comparan los resultados señalados en ambos escenarios, se puede decir que el esfuerzo por mejorar la competitividad de una región a través del reforzamiento de las políticas regionales para la innovación y para la formación de RH, sus efectos son evidentes a partir de la última parte del periodo de análisis. Durante los primeros años se crean los fundamentos para que se consolide un ambiente de innovación que represente el sustento de la competitividad regional.

Los escenarios generados a partir de la utilización del modelo propuesto permiten observar su viabilidad como un instrumento para el análisis de la formación de la competitividad de una región. Asimismo, sugieren diversas líneas de trabajo que permitirían consolidar al modelo como una herramienta viable en el estudio del concepto de sistemas de innovación. La tercera conclusión se refiere precisamente a la identificación de estos trabajos.

En efecto, el interés del modelo dinámico aquí propuesto consiste en generar una herramienta útil para el análisis de la manera en que se construye la competitividad

de un sistema productivo regional la cual se sustente en procesos de innovación. Para lograr desarrollar con amplitud esta herramienta es necesario emprender diversas líneas de trabajo en el tema. Destacan dos vertientes de investigación.

Una primera vertiente se refiere a la programación misma del modelo incluyendo el análisis detallado de cada variable sugerida en los cinco subsistemas que lo componen. El modelo dinámico presentado corresponde a un modelo ideal en el sentido que no se han restringido las variables contempladas a aquellas que pudieran ser expresadas a través de datos disponibles. Esta situación motiva que la aplicación del modelo a regiones específicas no resulta fácilmente realizable.

Un ejemplo claro de variables contempladas en el modelo y para las cuales no existen datos disponibles corresponde a la inversión en innovación. En efecto, esta variable generalmente se asocia con las actividades en I+D+D, por lo que los datos existentes en México se refieren a los gastos realizados durante un periodo en este tipo de actividades. Sin embargo, si la inversión en innovación es considerada con mayor amplitud como se propone en este trabajo, sería necesario incorporar todos los recursos dirigidos a mejorar las condiciones en que se realiza el proceso productivo, incluyendo la distribución y comercialización de los bienes y servicios.

Por lo tanto, una línea de investigación asociada al desarrollo del modelo propuesto corresponde al análisis de indicadores adecuados para expresar las variables contempladas. En este punto se ubica la oportunidad para conjuntar el esfuerzo realizado por el enfoque cuantitativo de la competitividad ya que en los trabajos asociados a este enfoque se han generado un importante número de indicadores asociados a cada pilar o factor de la competitividad. Algunos de ellos, principalmente los asociados a los cinco subsistemas del modelo aquí propuesto, podrían ser utilizados para la expresión de algunas de las variables.

Sin embargo, la principal oportunidad de trabajo en esta línea se ubica en la revisión detallada del importante esfuerzo iniciado a finales de la década de los 90 por la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT) y plasmado en el llamado Manual de Bogotá (RICYT, 2001). Este trabajo presenta una crítica al Manual de Oslo desarrollado por la OCDE (OECD, 2005) y dirigido a proponer indicadores que

expresen el esfuerzo realizado en actividades de innovación. El Manual de Bogotá plantea la necesidad de generar indicadores adecuados para analizar los procesos de innovación que se realizan en los países en desarrollo. Señala que la innovación debe contemplarse como un proceso social e interactivo conformado por diferentes esfuerzos dirigidos a mejorar la operación general de las empresas. Por ello propone que, para identificar la inversión en innovación, se deben incorporar los esfuerzos realizados en las siguientes actividades:

- a. Investigación y Desarrollo (I&D)
- b. Adquisición de tecnología incorporada al capital
- c. Adquisición de tecnología no incorporada al capital
- d. Capacitación
- e. Cambios organizacionales
- f. Diseño
- g. Comercialización

Este planteamiento del Manual de Bogotá coincide plenamente con la propuesta de este trabajo relativa a considerar a la innovación como un proceso social que se desarrolla en todas las organizaciones productivas y que presenta expresiones que no se concentran únicamente en las actividades de IyDT.

Por lo tanto, la línea de investigación asociada al desarrollo del modelo corresponde al análisis de los indicadores propuestos a la luz de tres fuentes:

- Las propuestas que presenta el Manual de Bogotá (RICYT, 2001) y los trabajos recientes relacionados con la generación de indicadores de innovación.
- Los indicadores utilizados por los reportes identificados dentro del enfoque cuantitativo de la competitividad: (IIMD, 2012) (WEF, 2013), (WIPO, 2013), (IMCO, 2012).
- Los datos estadísticos disponibles para las diferentes regiones de interés para la aplicación del modelo.

La segunda vertiente de investigación corresponde al análisis de los otros niveles de

complejidad señalados en la figura 4.1. En efecto, como se señaló en el punto 4.3.3 el modelo propuesto se ubica en el segundo nivel de complejidad que representa al sistema productivo de una región. El primer nivel corresponde a las instituciones y políticas regionales y aquí se insertan las tres variables de control consideradas en el modelo; es decir: políticas regionales para la innovación y en formación de recursos humanos, así como la propensión a la inversión.

En el tercer nivel de complejidad se ubican las organizaciones productivas. Por lo tanto, en este nivel se encuentran los estudios relacionados con la manera en que las organizaciones generan su propio ambiente de innovación. El cuarto nivel de complejidad corresponde al comportamiento de los individuos en cuanto a su actividad productiva.

De esta manera, la segunda línea de trabajo corresponde al análisis e incorporación de resultados asociados a estudios referentes a los demás niveles de complejidad. En particular, la principal línea de investigación está asociada al estudio del primer nivel de complejidad dado que en este nivel se insertan las tres variables de control del modelo propuesto. Esta línea de trabajo coincide con el interés reciente de la OECD en la aplicación del enfoque de sistemas complejos al estudio de fenómenos que se pretenden afectar a través del diseño de políticas públicas (OECD, 2009).

Por otra parte, la relación entre el segundo y tercer niveles de la complejidad planteados en la figura 4.1 ha sido considerada en algunas de las propuestas de modelación de sistemas de innovación referidos en el inciso 4.1 (Janszen y Degenaars, 1998), (Galanakis, 2006). Se trata de analizar el comportamiento y resultados logrados por organizaciones productivas específicas que operan en diferentes regiones o ambientes de innovación.

En conclusión, las dos vertientes de investigación propuestas se relacionan con el análisis y mejora sistemática del modelo y con el estudio de las interrelaciones con los demás niveles de complejidad que afectan, de acuerdo con el enfoque sistémico de la competitividad, el desarrollo del subsistema de producción de bienes y servicios.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Alcorta, L. y Peres, W. (1998); *Innovations systems and technological specialization in Latin America and the Caribbean*; Research Policy, Vol. 26, No. 7-8, pp. 857-881. Elsevier.
2. Álvarez-Buylla, E. y Benítez, M. (2011). Complejidad genética, morfogénesis y transgénicos: las plantas como caso de estudio; en: *Encuentros con la complejidad*. Flores, J. y Martínez, G. (Comp.) Siglo XXI Editores. México.
3. Archibugi, D. y Michie, J. (1997). *Technological globalisation or national systems of innovations?*, Futures, vol. 29, no. 2, Pergamon, UK
4. Altenburg, T., Hillebrand, W. y Meyer-Stamer, J. (1998). *Building systemic competitiveness. Concept and case studies from Mexico, Brazil, Paraguay, Korea and Thailand*. Working Papers 3/1998. German Development Institute, Berlin.
5. AMCTE (2013). Asociación de la marca de calidad territorial europea. Consultado en febrero 2013 en: www.calidadterritorial.es;
6. Argyris, Ch. (2004). *Reasons and Rationalizations: The limits to organizational knowledge*. Oxford University Press.
7. Autio, E. y Hameri, A. (1995); *The structure and dynamics of technological systems: a conceptual model*; Technology in Society, Vol. 17, no. 4. Pergamon.
8. BID, (2010). La era de la productividad: cómo transformar las economías desde sus cimientos. BID. Washington, USA.
9. Bohn, R. (1994). *Measuring and managing technological knowledge*. Sloan Management Review 36 (fall), pp. 61-73
10. Bradford, C. (Edit) (1994). *The new paradigm of systemic competitiveness: toward more integrated policies in Latin America*. OECD, Paris.
11. Breschi, S. y Malerba, F. (1997). *Sectoral innovation systems: technological regimes, schumpeterian dynamics and spatial boundaries*; en: Edquist, Ch. (1999); *Systems of Innovation. Growth, competitiveness and employment*. Edward Elgar Publishing, USA.
12. Castellaci, F. Natera JM. (2013). *The dynamics of national innovation systems: A panel cointegration analysis of the coevolution between innovative capability and absorptive capacity*. Research Policy. Vol. 42, pp. 579-594.
13. Carlssons, B. Y Jacobsson, S. (1991). *What makes the automation industry strategies?* Economics of Innovation and New Technology. Vol 1, pp. 257-269
14. Chen, Ch.K. (2008). *Causal modeling of knowledge-based economy*. Management Decisions. Vol. 46, No. 3, pp. 501-514.
15. Chesnais, F. (1986). *Science, technology and competitiveness*. Science Technology Industry Review. Vol. 1, pp. 85-129.
16. CII (2011). Programa Nacional de Innovación. Comité Intersectorial para la Innovación (CII). Consultado en enero 2013 en: http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/innovacion/Programa_Nacional_de_Innovacion.pdf.

17. Cimoli, M. (2000). Developing innovation systems. In: Cimoli, M. ed. *Developing Innovation Systems. Mexico in a global context*. Continuum, New York.
18. Cimoli, M., Dosi, G. y Stiglitz, J. (2009). *Industrial policy and development. The political economy of capabilities accumulation*. Oxford University Press. New York.
19. Cohen, S., Teece, D., Tyson, L. y Zysman, J. (1984). *Competitiveness*. Center for Research in Business, University of California at Berkeley.
20. Conroy, M.E. (1975). *The challenge of urban economic development*. Lexington books. USA.
21. Dangelico, RM., Garavelli, AC. y Petruzzello, AM. (2010). *A system dynamics model to analyze technology districts' evolution in a knowledge-based perspective*. Technovation. Vol. 30, pp. 142-153.
22. De Geus, A. P. (1994). Modeling to predict or to learn? In: Morecroft, J. and Sterman, J.; ed., *Modeling for learning organizations*. Productivity Press
23. De Meyer, A., Katayama, H. y Kim, J. (1996). *Building customer partnerships as a competitive weapon?: The right choice for globalising competition?*. Report on the 1996 Global Manufacturing Futures Survey. Working Papers, INSEAD, Fontainebleau, Francia. Consultado en enero de 2013 en: <http://www.insead.edu/facultyresearch/research/doc.cfm?did=46779>
24. Dosi, G., Pavitt, K. Y Soete, L. (1990). *The economics of technical change and international trade*. Harvester Wheatsheaf, London.
25. Drucker, P. (1968). *The age of discontinuity*. Harper & Row Publishers. New York.
26. Edquist, Ch. y Johnson, B. (1997). *Institutions and organizations in systems of innovation*; en: Edquist Ch. (1997) editor; *Systems of innovation: technologies, organizations, and institutions*. Pinter Publishers, London.
27. Edquist, Ch. y Hommen, L. (1999). *Systems of innovations: theory and policy for the demand size*; *Technology in Society*, Vol. 21, no. 1. Pergamon.
28. Esser, K., Hillebrand, W., Messner, D. y Meyer-Stamer, J. (1996). *Systemic competitiveness. New governance patterns for industrial development*. Frank Cass & Co. LTD, London.
29. Etzkowitz, H. (2000). *The dynamics of innovations: from national systems and "mode 2" to a triple helix of university-industry-government relations*; *Research Policy*, Vol. 29, pp. 109-123.
30. Fagerberg, J. (1988), *International competitiveness*. *The Economic Journal*, Vol. 98, junio, Cambridge, pp. 355-374
31. Feigenbaum, A. (1994). *Control total de la calidad*. Editorial CECSA. México.
32. Fernandez, J.L. (2009). *La vinculación de la productividad y la tecnología, un reto para el desarrollo*; en *Productividad*. Macías, S. y Valdés, A. (Comp.). COMPITE, México.
33. Flores, J. y Martínez, G. (2011). *Encuentros con la complejidad*. Siglo XXI Editores. México.
34. Forrester, J. (1961). *Industrial dynamics*. Productivity Press, Cambridge, USA.
35. Forrester, J. (1968); *Principles of systems*. The MIT Press, Cambridge, USA.

36. Freeman, C. (1988); *Japan: a new national system of innovation?*; en Technical change and economic theory, Dosi, G. et al. (Edit), Pinter, London.
37. Freeman, Ch. (1987). *Technology policy and economic performance: lessons from Japan*. Pinter, London.
38. Freeman, Ch. (1995). *The National System of Innovation in historical perspective*; Cambridge Journal of Economics, Vol. 19, pp. 5-24.
39. Furman, J., Porter, M. y Stern, S. (2002). *The determinants of national innovative capacity*. Research Policy. Vol. 31, pp. 899-933.
40. Furtado, A. (1997). *The French system of innovation in the oil industry; some lessons about the role of public policies and sectoral patterns of technological change in innovation networking*. Research Policy, Vol. 25, no. 8, Elsevier.
41. Galanakis, K. (2006). *Innovation process. Make sense using systems thinking*. Technovation. Vol. 26, pp. 1222-1232.
42. Giddens, A. (2011). *La constitución de la sociedad: bases para la teoría de la estructuración*. 2ª. Edición. Edit. Amorrortu, Buenos Aires.
43. Gibbons, M. et al. (1994); *The new production of knowledge; the dynamics of science and research in contemporary societies*. Sage, California.
44. GII, (2012). *The Global Innovation Index 2012*. Consultado en enero de 2012 en <http://www.globalinnovationindex.org/gii/main/fullreport/index.html>.
45. Griliches, Z. (edit) (1984). *R&D, patents and productivity*. University of Chicago Press. USA.
46. Hatzichronoglou, T. (1996). *Globalisation and competitiveness: Relevant indicators*. OECD, Paris.
47. Hershauer, J.C. y Ruch, W. A. (1978). *A Worker Productivity Model and Its Use at Lincoln Electric*. Interfaces, Vol. 8, No. 3, pp. 80 – 90
48. IIMD (2012). *World Competitiveness Yearbook*. Lausana, Suiza. Consultado en enero 2013 en <http://www.imd.org/wcc/news-wcy-ranking/>
49. IMCO (2012). *Índice de competitividad estatal 2012*. Instituto Mexicano para la Competitividad, AC. México. Consultado en junio de 2012 en http://imco.org.mx/indice_de_competitividad_estatal_2012/?p=0
50. Isaksen, A. (1999); *Evaluation of a regional innovation programme: the innovation and new technology programme in Northern Norway*. Evaluation and Program Planning, Vol. 22, No. 1 Pergamon, pp. 83-90.
51. Janszen, F. y Degenaars, G. (1998). *A dynamic analysis of the relations between the structure and the process of National Systems of Innovations using computer simulation; the case of the Dutch biotechnological sector*. Research Policy, Vol. 27, pp. 37-54. Elsevier, Amsterdam.
52. Katz, S. (2006). *Indicators for complex innovation systems*. Research Policy. Vol. 35, pp. 893-909.
53. Kline, S. y Rosenberg, N. (1986); *An overview of innovation*; en, The positive sum strategy; Landau, R. y Rosenberg, N. (Edit), National Academic Press, Washington.

54. Knoben, J. y Oerlemans, L. (2006). *Proximity and inter-organizational collaboration: a literature review*. International Journal of Management Review. Vol. 8, pp. 71-89.
55. Kumaresan, N. y Miyazaki, K. (1999); *An integrated network approach to systems of innovation – the case of robotics in Japan*. Research Policy, Vol. 28, no. 6. Elsevier, pp. 563-585.
56. Laursen, K. (1996); *Horizontal diversification in the danish national system of innovation: the case of pharmaceuticals*. Research Policy, Vol. 25, no. 9. Elsevier, pp. 1121-1137.
57. List, F. (1942). *Sistema Nacional de Economía Política*. Fondo de Cultura Económica, México
58. Lara, F. (2011). *Complejidad en las organizaciones*; en Encuentros con la complejidad. Flores, J. y Martínez, G. Siglo XXI Editores. México.
59. Lee, TL. y Tunzelmann, N. (2005). *A dynamic analytic approach to national innovation systems: The IC industry in Taiwan*. Research Policy. Vol. 34, pp. 425-440.
60. Lee, TL. (2006). *An alternative approach to technology policy assessment: dynamic simulation analysis of Taiwan's IC industry*. International Journal of Technology, Policy and Management. Vol. 6, No. 2, pp. 121-153.
61. Llano, M.A. y León, M, (1997); *Factores competitivos de las empresas manufactureras en diferentes países y sectores*; Periódico El Financiero, 20 de marzo y 3 de abril de 1997, México.
62. Lomi, A. y Larsen, E.R. (2001). *Dynamics of organizations: computational modeling and organization theories*. MIT Press. USA.
63. López-Ortega, E. y Saloma, R. (2002). *A worker productivity model*. Proceedings of 20th. International Conference of the System Dynamics Society. Palermo, Italia.
64. López-Ortega, E. (2012). *Evaluación del impacto que generan en las MIPyME los servicios de consultoría especializada*. Reporte al patrocinador. Instituto de Ingeniería-UNAM; México. Inédito.
65. López-Ortega, E, Bautista, T., Canales, D. y Macías, S. (2013). *Classification of micro, small and medium enterprises (M-SME) based on their available levels of knowledge*. Aprobado para su publicación en la revista Technovation. Elsevier
66. Lundvall, B. (1985), *Product innovation and user-producer interaction*; Aalborg University, Finland
67. Lundvall, B. (1992a); *National system of innovation, concepts*; en National System of Innovation, Lundvall, B. (Edit). Pinter Publishers, London
68. Lundvall, B. (1992b). *Introduction*; en *National System of Innovation: toward a theory of innovation and interactive learning*; Lundvall (Edit), Pinter Publishers, London.
69. Lundvall, B., Johnson, B., Andersen, ES. y Dalum, B. (2002). *National systems of production, innovation and competence building*. Research Policy, Vol. 31, pp 213-231. Elsevier. Holanda

70. Malecki, E. (1991). *Technology and economic development: the dynamics of local, regional and national change*. Longman Scientific & Technical, Essex, England.
71. Malmberg, A. y Maskell, P. (1997); *Toward an explanation of regional specialization and industry agglomeration*; en Edquist, Ch. (1999); *Systems of Innovation. Growth, competitiveness and employment*. Edward Elgar Publishing, USA.
72. McKelvey, M. (1997); *Using evolutionary theory to define systems of innovations*; en Edquist, Ch. (1999); *Systems of Innovation. Growth, competitiveness and employment*. Edward Elgar Publishing, USA.
73. Mansell, R. Y Wehn, U. (Edit) (1998); *Knowledge societies; Information technology for sustainable development*. Oxford University Press, UK.
74. McCraw, T. (2007). *Prophet of Innovation. Joseph Schumpeter and creative destruction*. The Belknap Press, Cambridge, USA.
75. Messner, D. (1996), *Dimensiones espaciales de la competitividad internacional*; Revista Latinoamericana de Estudios del Trabajo; Edit. ALSTRA; Año 2, No. 3.
76. Metcalfe, S. (1995); *The economic foundations of technology policy*; en P. Stoneman, P. (Edit), *Handbook of the economics of innovation and technological change*; Blackwell Publishers, Oxford.
77. Mitcham, C. (1995). *The concept of sustainable development: its origins and ambivalence*. *Technology in Society*. Vol. 17, pp. 311-326.
78. Morecroft, J. (1988). *System dynamics and microworlds for policymakers*. *European Journal of Operational Research*. Vol. 35, no. 3: 301-320.
79. Morecroft, J. and Sterman, J. (1994), ed. *Modeling for learning organizations*. Productivity Press.
80. Nelson, R. y Winter, S. (1982). *An evolutionary theory for economic change*. Belknap, Mass. USA.
81. Nelson, R. (1987). *Understanding technical change as an evolutionary process*. Elsevier. Amsterdam.
82. Nelson, R. y Rosenberg, N. (1993); *Technical Innovation and National Systems*; en Nelson, R. (Edit); *National Innovation Systems. A comparative analysis*. Oxford University Press; New York.
83. Niosi, J. et al. (1993). *National Systems of Innovation: In search of a workable concept*. *Technology in Society*, Vol. 15, pp. 207-227. Pergamon, USA.
84. Nonaka, I. (1991). *The knowledge-creating company*. *Harvard Business Review*. July-August.
85. Nonaka, I. (1994). *A dynamic theory of organizational knowledge creation*. *Organization science*. vol. 5, no. 1, 14-37
86. Nonaka, I., Toyama, R. y Konno, N. (2000). *SECI, Ba and Leadership: a unified modelo of dynamic knowledge creation*. *Long Range Planning*. Vol. 33, 5-34.
87. Odagiri, H y Goto, A. (1993). *The Japanese System of Innovation: Past, Present and Future*; en *National Innovation Systems. A comparative analysis*, Nelson, R. (Edit). Oxford University Press. New York. OECD (1992). *Technology and the economy: The key relationships*. OECD, Paris.

88. Nasierowski, W. y Arcelus, F.J. (1999). *Interrelationships among the elements of national innovation systems: A statistical evaluation*. European Journal of Operational Research. Vol. 119, pp. 235-253.
89. OECD (1997). *National Innovation Systems*. Consultado en diciembre de 2012 en <http://www.oecd.org/science/inno/2101733.pdf>.
90. OECD (2005). *Manual de Oslo. Guía para la recogida e interpretación de datos para la innovación*. OECD y EuroStat. Paris.
91. OECDa (2009). *An agenda for policy action on innovation. 2009 Interim report on the OECD innovation strategy*. Report SG/INNOV(2009)2. Paris.
92. OECDb (2009). *Applications of complexity science for public policy: new tools for finding unanticipated consequences and unrealized opportunities*. OECD Global Science Forum. Paris.
93. Oral, M. y Chabchoub, H. (1996), *On the methodology of the World Competitiveness Report*, European Journal of Operational Research, Vol. 90, no. 3, pags 514-535.
94. Papadakis, M. (1995). *The delicate task of linking industrial R&D to national competitiveness*. Technovation. Vol. 15, pp. 569-583.
95. Padmore, T., Schuetze, H. y Gibson, H. (1998a). *Modeling systems of innovation: An enterprise-centered view*. Research Policy, Vol. 26, pp 605-624. Elsevier.
96. Padmore, T. y Gibson, H. (1998b). *Modelling systems of innovation: II. A framework for industrial cluster analysis in regions*. Research Policy, Vol. 26, pp 625-641. Elsevier.
97. Patel, P. y Pavitt, K. (1994), *The nature and economic importance of national innovation systems*. STI Review, No. 14, OECD, Paris.
98. Polany, M. (1966). *The Tacit Dimension*. Routledge. London
99. Polpadiuk, S. y Choo, Ch.W. (2006). *Innovation and knowledge creation: How are these concepts related?* International Journal of Information Management. Vol. 26, pp. 302-312.
100. Porter, M. (1990). *The competitive advantage of nations*. The Macmillan Press Ltd, London, UK.
101. Porter, M. y Stern, S. (1999). *The new challenge to America's prosperity: findings from the innovation index*. Documento en pdf consultado en enero 2013 en <http://www.isc.hbs.edu/econ-innovative.htm>.
102. Porter, M. y Stern, S. (2002). *National Innovative Capacity*. Documento en pdf consultado en enero 2013 en http://www.isc.hbs.edu/Innov_9211.pdf.
103. Porter, A., Roessner, D., Jin, XY. and Newman, N. (1999) *Changes in National Technological Competitiveness: 1990-93-96-99*. Consultado en marzo 2013 en: <http://www.tpac.gatech.edu/sites/default/files/hti-90-93-96-99-paper-dbl-spac-oct7.pdf>.
104. Porter, A., Newman, N., Jin, XY. Y Roessner, D. (2008). *High Tech Indicators. Technology-based competitiveness of 33 nations. 2007 Report*. TPAC-Georgia Institute of Technology. USA. Consultado por internet en enero 2012 en: http://www.tpac.gatech.edu/sites/default/files/doc/HTI_2007_final_report.pdf.

105. Radošević, S. (1998). *Defining systems of innovations: a methodological discussion*. Technology in Society, Vol. 20, pp. 75-86. Pergamon, USA
106. Richardson, H W. (1971). *Urban economics*. Penguin, London, England
107. RICYT (2001). *Manual de Bogotá. Normalización de indicadores de innovación tecnológica en América Latina y el Caribe*. RICYT-OEA-CYTED. Consultado en http://www.ricyt.org/index.php?option=com_docman&Itemid=2
108. Rodríguez, O. (1980). *La teoría del subdesarrollo de la CEPAL*. Editorial Siglo XXI, México.
109. Roessner, D., Porter, A., Newman, N. y Cauffiel, D. (1996), *Anticipating the Future High-tech Competitiveness of Nations: Indicators for Twenty-eight Countries*, Technological Forecasting and Social Change, Vol. 51, no. 2. New York.
110. Roessner, D., Porter, A. y Newman, N. (1997), *1996 Indicators of technology-based competitiveness of nations*. Summary report, TPAC-Georgia Institute of Technology, final report to National Science Foundation.
111. Roos, J. y Oliver, D. (1999). *From Fitness Landscapes to Knowledge Landscapes*. Systemic Practice and Action Research. Vol. 12, No. 3, pp. 279-293.
112. Samara, E., Georgiadis, P. Bakouros, I. (2012). *The impact of innovation policies on the performance of national innovation systems: A system dynamics analysis*. Technovation. Vol. 32, pp. 624-638.
113. Saviotti, PP. (1996). *Coevolutionary economics: The economy, society and the environment*. Journal of Evolutionary Economics. Vol. 6, No. 2.
114. Schumpeter, J. (1978). *Teoría del desenvolvimiento económico*. Fondo de Cultura Económico. México. Traducción de la edición en inglés de 1939.
115. Schumpeter, J. (1971). *Capitalismo, socialismo y democracia*. Aguilar. Madrid. Traducción de la edición en inglés de 1942.
116. Scott, B. y Lodge, G. (edit) (1985). *US Competitiveness in the world economy*. Harvard Business School Press. USA.
117. SDS (2013). System Dynamics Society. www.systemdynamics.org. Consultado en abril 2013.
118. Senker, J. (1996); *National Systems of Innovation, organizational learning and industry biotechnology*. Technovation, Vol. 16, no. 5, Elsevier.
119. Servan-Schreiber, J. (1970). *El Desafío Americano*. Plaza Janes, Barcelona.
120. Smit, E., Brooner, F. y Tolboom, M. (2007). *Brand relationship quality and its value for personal contact*. Journal of Business Research. Vol. 60, No. 6, 627-633.
121. Solow, R. (1957). *Technical change and the aggregate production function*. Review of Economics and Statistics. Vol. 39, pp. 312-320.
122. Stacey, R. (2001). *Complex responsive processes in organizations. Learning and knowledge creation*. Routledge, New York. USA.
123. Stamboulis, Y.(2008). *Exploring the system dynamics of innovation systems*. Proceedings of 26th System Dynamics Conference. Athens, Greece.

124. Stephens, Ch. (2011). *Lo que no es la complejidad*; en: Encuentros con la complejidad. Siglo XXI Editores. México.
125. Sterman, J. (2000). *Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world*. McGraw Hill. USA
126. Stoneman, P. (1987). *The economics analysis of technology policy*. Oxford University Press, Oxford, UK.
127. Teece, D. (Edit) (1987). *The Competitive Challenge. Strategies for Industrial Innovation and Renewal*. Ballinger Publishing Co., Cambridge, USA.
128. Tidd, Bessant y Pavitt (2005). *Managing innovation: Integrating technological, market and organizational change*. 3th, Edition. John Wiley & Sons. England.
129. UNCTAD, (1996). *Fostering technological dynamism: Evolution of thought on technological development processes and competitiveness*. United Nations, Geneva.
130. UNU (2013). *Knowledge and industrial dynamics research programme*. Consultado en febrero 2013 en: <http://unu.edu/research/knowledge-and-industrial-dynamics.html#outline>
131. Meyer-Stamer, J. (2008). *Systemic competitiveness and local economic development*. Consultado en enero 2013 en: http://www.meyer-stamer.de/2008/Systemic+LED_SouthAfrica.pdf .
132. WCED (1987). *Our common future. Brundtland Report*. New York. Consultado en febrero 2013 en: <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>.
133. WEF (2013). *The Global Competitiveness Report 2012 - 2013*. Suiza. Consultado en enero 2013 en: http://www3.weforum.org/docs/WEF_GlobalCompetitivenessReport_2012-13.pdf.
134. WIPO (2013). *The Global Innovation Index 2013. The local dynamics of innovation*. Consultado en agosto 3013 en: http://www.wipo.int/econ_stat/en/economics/gii/