

Modelación de un Sistema Regional de Innovación utilizando Sistemas Dinámicos

Resumen

Una línea de estudio que ha registrado relevancia en los últimos años corresponde a la modelación del concepto de sistemas nacionales de innovación (SNI). Se identifican nueve trabajos relacionados con esta línea. Una parte importante utiliza en la modelación la técnica de sistemas dinámicos.

Con base en el análisis de estos trabajos se propone un nuevo modelo que considere a la innovación como sustento de la competitividad de una región. La propuesta establece que la innovación se lleva a cabo en todo el sistema productivo y no solamente en las organizaciones relacionadas con las actividades de investigación y desarrollo tecnológico (IyDT). Así, se propone la modelación de un sistema productivo regional (SPR) que cuente con elementos necesarios para sustentar su desarrollo en procesos de innovación. Se presenta el diagrama causal que corresponde a las bases teóricas de un modelo de un SPR basado en sistemas dinámicos.

Abstract

A study line that has been relevant in recent years corresponds to the concept of national systems of innovation (NSI) modeling. Nine works related to this study line are identified; most of them utilized the dynamic systems technique. Based on the analysis of these works it is proposed a new model considering innovation as support of the competitiveness.

The proposal considers that innovation takes place in the entire productive system and not only in organizations related to the activities of research and development (R&D). Thus, it is proposed the modeling of a regional production system (SPR) that has elements needed to sustain its development on innovation processes. It is presented the causal diagram that corresponds to the theoretical bases of a model based on dynamic systems of a SPR.

1. Introducción

La década de los 80's marcaron un rompimiento con la explicación neoclásica del desarrollo económico de las naciones. Esta teoría proponía incorporar el progreso técnico a la función de producción, a través del incremento de la productividad. De esta manera, el progreso técnico se podía medir a través del incremento de la productividad (Solow, R., 1957). El crecimiento de la productividad de varios países en la posguerra no respondía al planteamiento teórico de la escuela neoclásica. Por ejemplo, el rápido crecimiento del Japón y de su productividad no correspondía a sus esfuerzos en términos de inversión en actividades de investigación y desarrollo tecnológico (IyDT) con respecto a los niveles alcanzados en otros países.

De este rompimiento surgieron de manera paralela dos vertientes de estudios dirigidas a lograr una mejor explicación del desarrollo económico observado en diferentes países: el concepto de competitividad y el enfoque sistémico de la innovación.

En los primeros trabajos sobre el concepto de competitividad, Cohen et al. (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 y distribuir, en competencia en la economía internacional, los bienes y servicios producidos y hacer esto de tal manera que obtenga incrementos en los estándares de vida.

En la definición que propone Scott (1985) se aprecian dos bases teóricas de la competitividad: 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.

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.

Unos años más tarde, la OECD por conducto de Hatzichronoglou (1996) 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.

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.

Por su parte, el enfoque sistémico de la innovación se inicia de manera contemporánea al estudio de la competitividad y motivado por la misma necesidad de explicar el desarrollo económico observado en la posguerra. Con este objetivo se propuso el concepto de Sistema Nacional de Innovación (SNI) (Lundvall, B., 1985) (Freeman, Ch., 1987), como un enfoque alternativo para analizar el desarrollo tecnológico y el proceso de innovación. A partir de esta propuesta, el concepto ha registrado una gran aceptación motivando su estudio desde diferentes enfoques.

A partir de la segunda mitad de los 90 a la fecha se registra un creciente número de trabajos relacionados con el enfoque sistémico de la innovación. Entre los aspectos que destacan estos estudios se pueden señalar los siguientes: el desarrollo de bases conceptuales del concepto de SNI, relacionado con la llamada economía evolucionista; la relación entre competitividad y SNI; la aplicación práctica para fines de política científica y tecnológica; la integración del concepto de gestión del conocimiento y la revisión del alcance de la innovación; entre otros enfoques.

Una línea de estudio que ha registrado un creciente interés desde mediados de la década pasada ha sido la construcción de modelos que permitan la simulación de un sistema de innovación. En esta línea se inserta el presente artículo cuyo objetivo es analizar los diversos trabajos existentes que contemplan la modelación de un SNI, con el objeto de sustentar una nueva propuesta.

La gran mayoría de los modelos propuestos relativos a un SNI consideran fundamentalmente a las organizaciones vinculadas con actividades de IyDT. El trabajo que aquí se presenta contempla la idea que la modelación debe considerar a todo el sistema productivo regional y no solamente a la parte de este sistema involucrada en IyDT.

En esta propuesta se retoman diversas ideas de los trabajos previos y principalmente, se contempla la inserción del proceso de innovación dentro de todo el sistema productivo. Es decir, no se considera al SNI como un sector separado de la producción de bienes y servicios sino, por el contrario, la innovación se expresa en el aprendizaje y resolución de problemas en todas las organizaciones productivas de la región.

Se considera que la innovación (Nonaka, I., 1994) se puede entender como un proceso en el que todo tipo de organización crea y define problemas y entonces, de manera activa, desarrolla nuevo conocimiento para resolverlos. Por lo tanto, el modelo que se propone no corresponde a un SNI sino a un Sistema de Producción Regional (SPR) cuya base de sustentabilidad de su competitividad correspondería a un *ambiente de innovación*.

Las preguntas de investigación que surgen con este planteamiento son principalmente las siguientes: ¿cuáles son las características de un sistema productivo que permitan generar un ambiente de innovación? y, ¿cuáles son las bases a considerar en el diseño de un modelo dinámico que considere la construcción de la competitividad de todo el sistema productivo basado en una concepción de la innovación?

De esta forma, el objetivo del presente trabajo es el proponer las bases de un modelo que contemple la competitividad de un sistema productivo regional sustentado en la formación de un ambiente de innovación en el conjunto de organizaciones productivas.

La metodología utilizada para tal fin es el análisis documental de las propuestas de modelado de un SNI y la identificación de sus principales bases teóricas. A partir de este análisis se generan las bases que debe contemplar una nueva propuesta de modelado guiada por las preguntas de investigación señaladas.

El trabajo se divide en cuatro secciones. En la primera se presenta una revisión de los modelos propuestos de un SNI. Se reseñan brevemente enfatizando los elementos a tomarse en cuenta para desarrollar una nueva propuesta. De acuerdo a estos elementos, la siguiente sección establece las bases sobre las que se puede desarrollar un modelo de un SPR que considere a la innovación como un elemento estratégico para su sustentabilidad.

En las últimas dos secciones del trabajo se plantea el modelado de un SPR con base en la técnica de sistemas dinámicos. Con base en esta técnica se propone el diagrama causal de los principales subsistemas a considerar y, finalmente, se señalan los principales comentarios y conclusiones de esta propuesta.

2. Modelos dinámicos propuestos

Para sustentar la propuesta para modelar un sistema de producción regional en el que exista un ambiente de innovación, en primer lugar se identificaron aquellos trabajos publicados en los últimos años que consideran este tipo de modelos.

La tabla 1 presenta un resumen de los trabajos encontrados los cuales proponen bases para la modelación de un SNI y, en algunos casos, los modelos construidos y sus resultados. Esta tabla presenta nueve trabajos que proponen elementos para la modelación y/o modelos específicos de un SNI. Se observa que a partir de 2005 se incrementa la difusión de propuestas para modelar un SNI.

Con base en la revisión de los trabajos existen diversos elementos en común. En primer lugar se destaca la utilización, en varias de las propuestas, de la técnica de sistemas dinámicos como base para la modelación de un SNI. Asimismo, en prácticamente todos los trabajos se observa la relación de las actividades de IyDT con el concepto de innovación. Es decir, la innovación se considera como producto de este tipo de actividades.

Asimismo, los autores de los trabajos observan la utilidad de los modelos propuestos como instrumentos para analizar la complejidad de un SNI y las repercusiones de acciones de políticas de fomento a la innovación.

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 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.

Esta propuesta sirve para ubicar a los modelos señalados en la tabla 1 con base en el nivel o los niveles que contemplan. La figura 1 presenta los cuatro niveles propuestos por Autio y Hameri (1995) y el nivel en el que se localizan los trabajos de la tabla 1.

Por ejemplo, el trabajo de Nasierowski y Arcelus (1999) (número 3 en la tabla 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. Por esta razón, en la figura 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, 6, 8 y 9 en la tabla 1, los cuales también suponen que los componentes de un SNI corresponden a las organizaciones relacionadas con actividades de IyDT.

Los trabajos que aparecen con los números 2 y 5 en la tabla 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*.

Finalmente, el trabajo señalado con el número 7 en la tabla 1 es ubicado en todo el segundo nivel en la figura 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.

Tabla 1. Trabajos publicados relacionados con la modelación de un SNI

No.	Título	Autores	Principales ideas
1	The structure and dynamics of technological systems: a conceptual model	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	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.	Janszen, F. Degenars, G. (1998)	Señalan que un <u>SNI es un sistema complejo</u> y son los primeros en utilizar <u>Sistemas Dinámicos (SD)</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	Interrelationships among the elements of National Innovation System: A statistical evaluation	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</u> del sector productivo.

4	A dynamic analytic approach to national innovation systems: The IC industry in Taiwan*	Lee, TL. Tunzelmann, N. (2005)	<p>Proponen un <u>modelo basado en SD</u> y lo sustentan haciendo referencia a Lundvall (1992): un SNI es un sistema social, ...y dinámico caracterizado ...por retroalimentación positiva ...con ciclos virtuosos y viciosos.</p> <p>Proponen dos subsistemas en el modelo: un sistema tecnológico y un sistema industrial. El sistema tecnológico vinculado con actividades de IyDT.</p> <p>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>.</p> <p>Utiliza el caso de la industria de circuitos integrados en Taiwán para analizar cuatro diferentes opciones para su desarrollo.</p>
5	Innovation process. Make sense using systems thinking	Galanakis, K. (2006)	<p>Sustenta la <u>modelación de un SNI en SD</u> y la delimita al desarrollo de nuevos productos como una expresión de la innovación.</p> <p>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>.</p> <p>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.</p> <p>Solamente presenta diagramas causales de los subsistemas; no realiza simulación.</p>
6	Causal modeling of knowledge-based economy	Chen, Ch.K. (2008)	<p>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>.</p> <p>Realiza un análisis estadístico (path analysis) 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.</p>

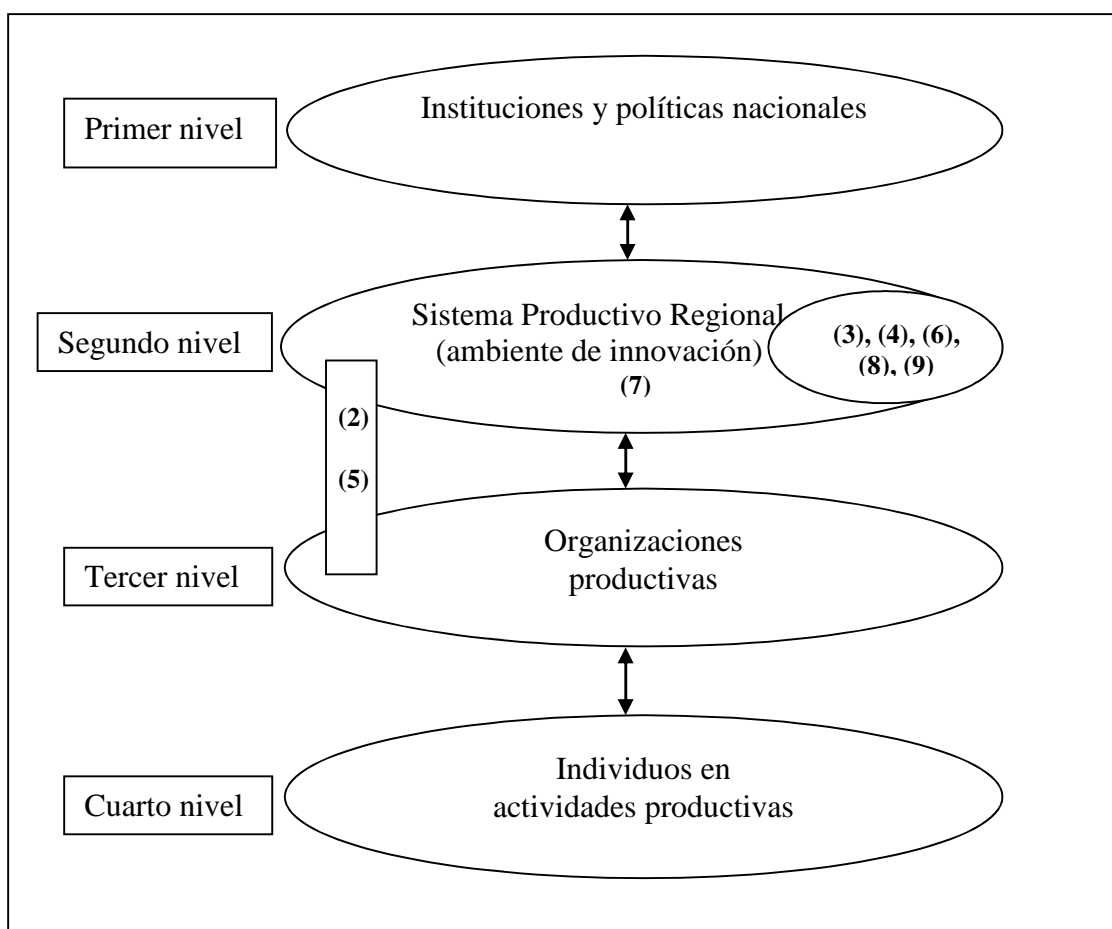
7	Exploring the system dynamics of innovation systems	Stamboulis, Y. (2008)	<p>Un <u>SNI es un sistema de producción con un enfoque a la innovación.</u></p> <p>La <u>innovación se relaciona con diversas actividades</u>, por ejemplo, de diseño, IyD, inversión en infraestructura productiva, ventas y marketing, administración de la calidad, entre otras.</p> <p>Presenta diagramas causales para modelar el comportamiento entre los actores relacionados con la innovación. <u>Propone modelar a través de SD</u> que representa una técnica compatible con el enfoque evolucionista.</p>
8	A system dynamics model to analyze technology districts' evolution in a knowledge-based perspective	Dangelico, RM. Garavelli, AC. Petruzzello, AM. (2010)	<p>La proximidad geográfica facilita <u>la transferencia de conocimientos que genera capacidad de innovación.</u></p> <p>El <u>modelo que proponen se sustenta en SD</u>; los conocimientos disponibles en el distrito son relevantes.</p> <p>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.</p>
9	The impact of innovation policies on the performance of national innovation systems: A system dynamics analysis	Samara, E., Georgiadis, P. Bakouros, I. (2012)	<p>Presentan un <u>modelo basado en SD.</u></p> <p>Consideran seis subsistemas: <u>recursos humanos y de conocimientos</u>; actividades de investigación; condiciones de mercado; condiciones institucionales; sistema financiero y desempeño tecnológico.</p> <p>Concluyen que la SD 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.</p>

Fuente: elaboración propia

Otro aspecto que surge del análisis de los trabajos referidos en la tabla 1 es la amplia utilización de la técnica de Sistemas Dinámicos (SD) en las propuestas de modelación de un SNI. En efecto, seis de los once trabajos referidos se sustentan en el enfoque de SD

La propuesta que aquí se presenta se refiere a la modelación de un Sistema de Producción Regional (SPR) que considere a la innovación como un factor clave para su sustentabilidad. De esta manera, lo relevante en el modelo corresponde a la estructura de diversos subsistemas regionales que permita fomentar el desarrollo de un ambiente de innovación en el sistema productivo. A continuación se señalan los principales aspectos a considerar en un modelo de estas características.

Figura 1. Niveles en los que se ubican los modelos propuestos que presenta la tabla 1



Fuente: Adaptado de Autio y Hamneri (1995).

3. Bases para un modelo dinámico de un SPR sustentado en un ambiente de innovación

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 apartado 1; 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 logre este último punto (sustentabilidad) es precisamente el proceso 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.

Bajo esta premisa, a continuación se presentan las bases sobre las cuales se propone la modelación de un SPR que refleje el desarrollo de la competitividad.

3.1 Utilización de una concepción amplia del proceso de innovación

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 IyDT. 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 IyDT.

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 IyDT. 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 IyDT 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.

3.2 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 acotan el alcance

territorial de un sistema nacional de innovación a un ámbito regional. De esta manera el modelo corresponde a un 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 presente propuesta 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.

3.3 La generación de conocimientos como fuente de innovación

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 2 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. En el libro señala que *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

explícito¹; además, propone un marco conceptual para analizar la creación del conocimiento en las organizaciones² (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.

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)³.

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 este autor, el conocimiento emerge en las organizaciones a través de procesos de respuesta⁴ 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 productivo⁵. 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.

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*.

3.4 Énfasis en los recursos humanos

Otro elemento recurrente en los trabajos referidos en la sección 2 corresponde a la importancia de los recursos humanos disponibles en el SNI. Esta relevancia es expresada

¹ 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.

² 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).

³ *Ba* significa lugar en japonés y representa un ambiente social, dentro de la organización, que resulta propicio para el proceso de creación de conocimientos.

⁴ 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.

⁵ 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.

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.

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 (BID, 2010) también insiste en la relevancia de los recursos humanos en el proceso de innovación. En este trabajo se afirma que 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 debe ser un elemento fundamental en la modelación de un sistema productivo regional cuyo desarrollo se sustente en procesos de innovación.

4. Diagrama causal de un SPR dirigido a la innovación

La figura 2 presenta el diagrama causal del modelo propuesto correspondiente a un Sistema de Producción Regional (SPR).

Un diagrama causal o de causalidad es un gráfico que permite visualizar las relaciones causa-efecto de variables que serán utilizadas en un modelo. Las relaciones entre variables son expresadas por arcos que pueden tener un signo positivo o negativo. Un signo positivo significa que al aumentar la variable *causa*, también aumentará la variable *efecto*; un signo negativo significa lo contrario; es decir, si aumenta la variable *causa*, disminuirá la variable *efecto*.

Dentro del diagrama causal de la figura 2 se consideran cuatro subsistemas:

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

La parte superior derecha de la figura indica que al aumentar la producción regional, aumentará el valor agregado regional y el salario promedio regional. El crecimiento del salario promedio podría generar una disminución de la competitividad si dicho crecimiento no es sustentado por un aumento sostenido de la productividad regional.

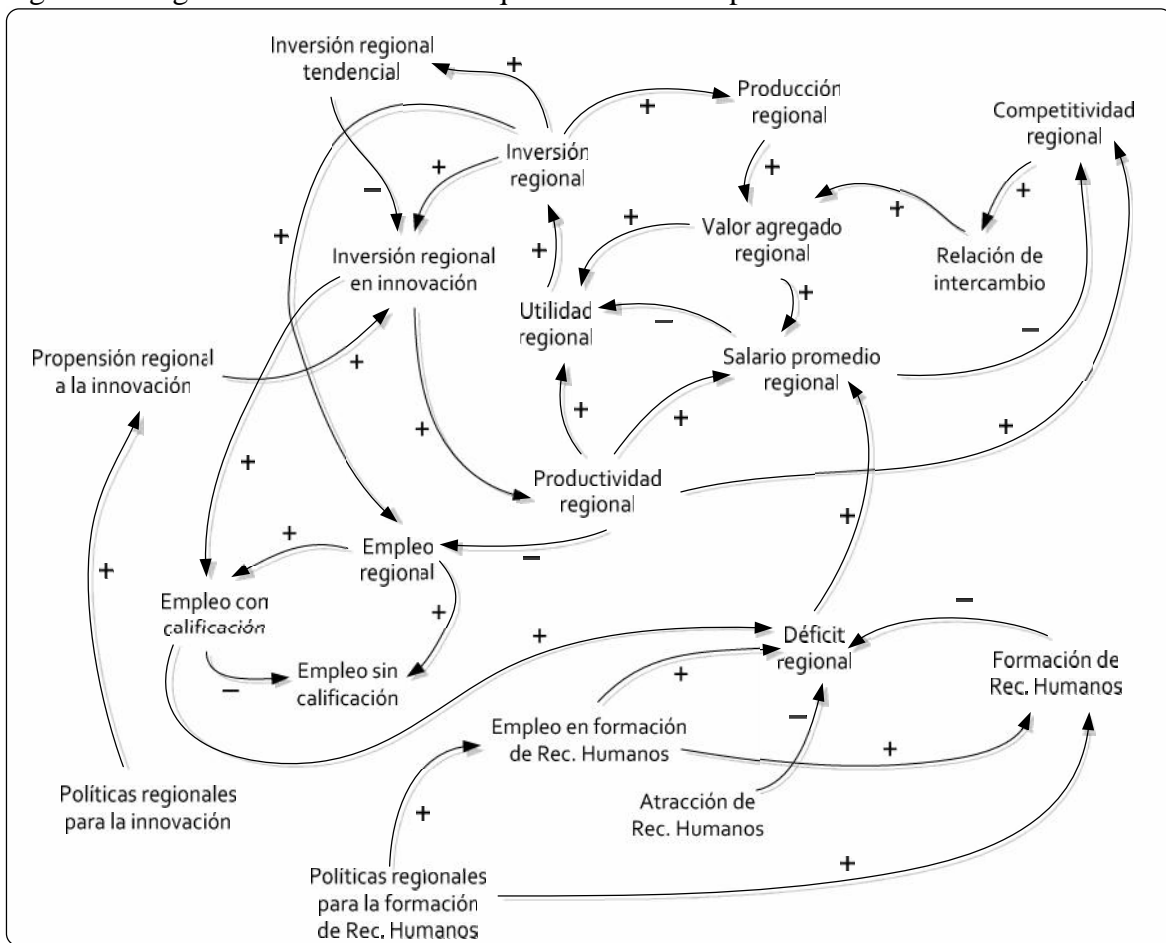
El incremento en la productividad regional se apoya en el crecimiento de la parte de la inversión regional que se destina a la innovación. Esta parte de la inversión regional es fomentada por el concepto de propensión regional a la innovación la cual se sustenta en el

conjunto de políticas regionales dirigidas a la innovación. Estas políticas no solamente están asociadas al fomento de las actividades de IyDT sino también a los programas de modernización de las empresas (consultoría especializada, renovación de maquinaria y equipo, etc).

La inversión regional en innovación también genera el crecimiento de la demanda regional de empleo con calificación. Este crecimiento impacta en el posible déficit de recursos humanos calificados disponibles. Si el déficit crece entonces la oferta será insuficiente para cubrir los empleos calificados por lo que el salario promedio regional aumentará sin tener un sustento en el crecimiento de la productividad.

El posible déficit regional de recursos humanos calificados se puede paliar a través de la formación de los mismos o también, por la atracción de recursos humanos formados fuera de la región. La formación regional de recursos humanos depende de las políticas regionales para la formación de recursos humanos las cuales influyen en el nivel de personal con calificación dedicado a la formación. Asimismo, la formación regional de recursos humanos presenta un retardo con respecto a la demanda que se presenta en cada periodo. Es decir, los resultados de la formación de recursos humanos se verifican después de varios periodos con respecto al momento en que se destinaron recursos.

Figura 2. Diagrama causal de un SPR que se sustente en procesos de innovación.



Fuente: elaboración propia

El desarrollo de la competitividad regional es motivado por el incremento de la productividad regional. La competitividad permite a su vez que los términos de intercambio de la región sean favorables. Es decir, el valor del trabajo contenido en las mercancías (bienes y servicios) producidas en la región en cada periodo será retribuido por el mercado de manera favorable con respecto a las mercancías provenientes de otras regiones.

Por consiguiente, la mejoría de los términos de intercambio favorecerá el crecimiento del valor agregado regional que a su vez impulsará a la utilidad que generen las empresas en la región. Al crecer la utilidad regional, las organizaciones podrán destinar más recursos a la inversión regional.

5. Conclusiones

Las principales conclusiones del trabajo son las siguientes.

- Se avanza en el objetivo de la investigación relativo a identificar las bases para el diseño de un modelo dinámico que considere la construcción de la competitividad de todo el sistema productivo basado en un ambiente de innovación.
- En el diagrama causal de la figura 2 se señalan dos políticas relevantes a considerar en el modelo: las dirigidas al fomento a la innovación y a la formación de recursos humanos.
- Las políticas regionales para la innovación deben generar una propensión a innovar en todo el sistema productivo regional. Esto significa que los programas de fomento a la innovación no solamente deben dirigirse a las actividades asociadas a la IyDT sino a todas aquellas que motiven la mejora en la productividad de las empresas regionales.
- El desarrollo de la competitividad regional depende del comportamiento de la productividad regional y del salario promedio regional.
- El incremento de la productividad también favorecerá el desarrollo de la utilidad regional lo que permitirá que la propensión regional en innovación se traduzca en un constante incremento de la inversión en innovación.
- La formación de recursos humanos y la inversión regional en innovación deben acoplarse con el objeto de lograr una condición de sinergia entre estas variables.

Las conclusiones anteriores se desprenden del análisis del diagrama causal propuesto para la construcción del modelo de un SPR que sustente su competitividad en procesos de innovación.

Los pasos a seguir en la investigación corresponden a la construcción del modelo dinámico con el que se realizarán procesos de simulación: A partir de estos procesos será posible analizar los fenómenos de retroalimentación que se podrían presentar. De esta manera, el modelo servirá como herramienta para comprender mejor la dinámica de los esfuerzos dirigidos a promover la competitividad de una región con base en las políticas para la innovación y para la formación de recursos humanos.

El modelo también supone construir una plataforma para el estudio de las relaciones existentes entre los diferentes subsistemas regionales que lleven a desarrollar la competitividad del sistema productivo.

Referencias

1. Autio, E. y Hameri, AP.(1995). *The structure and dynamics of technological systems: a conceptual model*. Technology in Society. Vol. 17, No. 4, pp. 365-384.
2. BID, (2010). *La era de la productividad: cómo transformar las economías desde sus cimientos*. BID. Washington, USA.
3. 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.
4. Chen, Ch.K. (2008). *Causal modeling of knowledge-based economy*. Management Decisions. Vol. 46, No. 3, pp. 501-514.
5. Cohen, S., Teece, D., Tyson, L. y Zysman, J. (1984). *Competitiveness*. Center for Research in Business, University of California at Berkley.
6. 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.
7. Drucker, P. (1968). *The age of discontinuity*. Harper & Row Publishers. New York.
8. Forrester, J. (1961). *Industrial dynamics*. Productivity Press, Cambridge, USA.
9. Forrester, J. (1968); *Principles of systems*. The MIT Press, Cambridge, USA.
10. Freeman, Ch. (1987). *Technology policy and economic performance: lessons from Japan*. Pinter, London.
11. Freeman, C. (1988); *Japan: a new national system of innovation?;* en Technical change and economic theory, Dosi, G. et al. (Edit), Pinter, London.
12. Galanakis, K. (2006). *Innovation process. Make sense using systems thinking*. Technovation. Vol. 26, pp. 1222-1232.
13. Hatzichronoglou, T. (1996). *Globalisation and competitiveness: Relevant indicators*. OECD, Paris.
14. Janszen, F. y Degenaars, G.(1998). *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*. Research Policy. Vol. 27, pp. 37-54.
15. Katz, S. (2006). *Indicators for complex innovation systems*. Researcho Policy. Vol. 35, pp. 893-909.
16. 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.
17. 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.
18. Lundvall, B. (1985), *Product innovation and user-producer interaction;* Aalborg University, Finland
19. Lundvall, B. (1992); *National system of innovation, concepts;* en *National System of Innovation*, Lundvall, B. (Edit). Pinter Publishers, London
20. 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

21. OECD (2009). *An agenda for policy action on innovation. 2009 Interim report on the OECD innovation strategy*. Report SG/INNOV(2009)2. Paris.
22. McCraw, T. (2007). *Prophet of Innovation. Joseph Schumpeter and creative destruction*. The Belknap Press, Cambridge, USA.
23. 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.
24. Nonaka, I. (1991). *The knowledge-creating company*. Harvard Business Review. July-August.
25. Nonaka, I. (1994). *A dynamic theory of organizational knowledge creation*. Organization science. vol. 5, no. 1, 14-37
26. 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.
27. Polany, M. (1966). *The Tacit Dimension*. Routledge. London
28. Porter, M. (1990). *The competitive advantage of nations*. The Macmillan Press Ltd, London, UK.
29. 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.
30. Schumpeter, J. (1978), *Teoría del desenvolvimiento económico*, Fondo de Cultura Económico. México.
31. Scott, B. y Lodge, G. (edit) (1985). *US Competitiveness in the world economy*. Harvard Business School Press. USA.
32. SDS (2013). System Dynamics Society. www.systemdynamics.org. Consultado en abril 2013.
33. Solow, R. (1957). *Technical change and the aggregate production function*. Review of Economics and Statistics; August: (312-320).
34. Stacey, R. (2001). *Complex responsive processes in organizations. Learning and knowledge creation*. Routledge, New York. USA.
35. Stamboulis, Y.(2008). *Exploring the system dynamics of innovation systems*. Proceedings of 26th System Dynamics Conference. Athens, Greece.
36. Tidd, Bessant y Pavitt (2005). *Managing innovation: Integrating technological, market and organizational change*. 3th, Edition. John Wiley & Sons. England.