

MODELO CONCEPTUAL PARA EL ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LOS INTERMEDIARIOS EN LOS SISTEMAS DE INNOVACIÓN

WALTER LUGO RUIZ CASTAÑEDA

Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Facultad de Minas, Colombia
wlruizca@unal.edu.co

SANTIAGO QUINTERO RAMÍREZ

Universidad Pontificia Bolivariana, Ingeniería Industrial, Colombia
santiago.quintero@upb.edu.co

JORGE ROBLEDO VELÁSQUEZ

Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Facultad de Minas, Colombia
jrobledov@unal.edu.co

RESUMEN

La literatura de los intermediarios que participan en el proceso de innovación les atribuye la capacidad de cerrar brechas y disminuir los costos de transacción entre actores exploradores y explotadores de conocimiento, siendo esta interacción vital para que exista un sistema de innovación. Sin embargo, no hay un consenso en la literatura respecto al impacto real de los intermediarios en el sistema en el que actúan. Del mismo modo, la literatura reconoce que precisar el impacto de los intermediarios es complejo, dada la dificultad de atribución de su aporte al sistema de innovación. Además, el análisis del sistema debe ser de carácter dinámico y longitudinal, para poder obtener así una mejor aproximación al impacto de los intermediarios. Una metodología de análisis para hacer frente a este problema es la modelación basada en agentes, que es adecuada para abordar sistemas complejos que se desarrollan en el tiempo. No obstante, la revisión de la literatura revela un esfuerzo apenas incipiente en el desarrollo de modelos conceptuales construidos para analizar el problema del impacto de los intermediarios en la perspectiva de la modelación basada en agentes. En este trabajo se presenta el proceso de construcción de un modelo conceptual para este propósito, que posteriormente sirva de fundamento al desarrollo de un modelo de simulación basado en agentes. Se espera que el análisis realizado utilizando este modelo de simulación, contribuya a la comprensión del impacto de los intermediarios en los sistemas de innovación.

INTRODUCCIÓN

La literatura sobre los sistemas de innovación (SI) (nacionales, regionales, sectoriales y tecnológicos) ha resaltado la importancia de estos para el buen desempeño económico, ya sea de un país, región, sector y/o tecnología, enfatizando la importancia que tiene la interacción entre los agentes heterogéneos para que realmente se pueda hablar de un sistema. Sin embargo, este relacionamiento no es sencillo, porque existen brechas de diferentes dimensiones entre los agentes (Parjanen, Melkas, & Outila, 2011), ocasionando unos altos costos de transacción (CT) (Batterink, Wubben, Klerkx, & Omta, 2010). Para enfrentar el problema expuesto, se ha reconocido al agente intermediario como aquel que puede construir puentes para cerrar estas brechas, disminuir los CT y propiciar un relacionamiento que

permita la existencia de un SI dinámico. Sin embargo, desde las diferentes perspectivas con que la literatura ha abordado el fenómeno de la intermediación, se ha encontrado la necesidad de precisar el impacto que generan los intermediarios en el sistema en el que están inmersos (Ruiz & Robledo, 2013)¹. Del mismo modo, se reconoce que evaluar el impacto de los intermediarios de innovación es un problema complejo, dadas las dificultades que hay en la atribución de su aporte al SI (Ruiz & Robledo, 2013). Además, una correcta valoración de tal aporte exige un análisis dinámico y longitudinal que describa el desempeño y co-evolución de los diferentes agentes que conforman el SI, siendo esto primordial para tener argumentos que demuestren el valor de los intermediarios y se puedan tomar decisiones sobre su actuación.

Caracterizar al SI como un sistema complejo adaptable (SCA) implica asumir que su dinámica depende de las interacciones de los agentes que se desarrollan, adaptan, compiten y cooperan entre sí (Holland, 2004). Se entiende que la dinámica del sistema social emerge a partir del comportamiento agregado del individuo y de las interacciones entre los agentes (Kiesling, Günther, Stummer, & Wakolbinger, 2012). Esto significa que se deben definir los supuestos, interacciones y reglas de comportamiento del entorno y de los agentes exploradores, explotadores, intermediarios y sus posibles combinaciones, para poder conocer el comportamiento del sistema y poder inferir su desempeño de acuerdo a las disposiciones que se tomen con respecto a los intermediarios. Al poseer los SI las características que se han detallado, se encuentra que la mejor opción para su análisis es recurrir a la modelación basada en agentes (MBA), por su rango de utilización en cualquier tipo de abstracción, detalle, nivel y categoría, como sostienen Borshchev y Filippov (2004).

No obstante, como fundamento para desarrollar el modelo de simulación basado en agentes que permita analizar el impacto de los intermediarios en los SI, se requiere la construcción de un modelo conceptual. Tal es el objetivo del presente trabajo; para lograrlo, se recurre metodológicamente a un proceso de tres etapas (Wilensky, 1999). En la primera se enfrentan unas preguntas iniciales, cuyas respuestas dan claridad sobre cómo el modelo ayudará a la comprensión del fenómeno. En la segunda, las ideas o respuestas que se obtuvieron en la primera etapa se contrastan con la teoría, buscando que el modelo represente de una forma adecuada los conceptos que lo soportan teóricamente. En la tercera etapa, a partir de los resultados de las etapas anteriores, se formulan las hipótesis que permiten la construcción final del modelo conceptual. Las anteriores etapas conforman el cuerpo del presente trabajo, adicionando al final las conclusiones del proceso.

PREGUNTAS INICIALES

Esta etapa de la construcción del modelo es muy valiosa para dan claridad sobre cómo el modelo ayudará a la comprensión del fenómeno. Las preguntas que se abordan para cumplir con este objetivo son:

¿Cuál es la pregunta que se está explorando?

¹ Un examen de los diferentes campos de investigación usados para abordar el fenómeno de la intermediación tecnológica en innovación se puede encontrar en Ruiz y Robledo (2013), donde se exponen argumentos a favor y en contra de la actuación de tales agentes, siendo la dificultad de medir el impacto de la intermediación la principal barrera para llegar a un acuerdo.

¿Cómo analizar el impacto de los intermediarios en el desempeño de los SI desde un marco evolutivo de interacción entre agentes?

¿Qué se quiere modelar?

Un SI que emerge de la interacción entre agentes heterogéneos, donde se pueda experimentar con los agentes intermediarios para analizar su impacto en el desempeño del sistema.

¿Qué ideas se requieren examinar?

Las características de los sistemas de innovación señaladas por Edquist (1997) y la importancia de la cercanía geográfica

La perspectiva adoptada para el modelo es la de la dinámica de un SI en general, en vez de estar enmarcada desde una aproximación nacional, regional, sectorial o tecnológica. Por tanto, se busca analizar las características comunes de estos diferentes acercamientos, en los términos propuestos por Edquist (1997): las innovaciones y el aprendizaje son el centro de la perspectiva; su naturaleza holística e interdisciplinaria; la inclusión natural de una perspectiva histórica; las diferencias entre sistemas y la no-optimización; su énfasis en la interdependencia y la no-linealidad; la incorporación de tecnologías de producto y las innovaciones organizacionales; el rol central de las instituciones; su naturaleza conceptualmente difusa; y el trabajo con marcos conceptuales en lugar de teorías formales. Adicional a estas características, se agrega la importancia de la localización o cercanía geográfica (Lundvall & Johnson, 1994; Asheim & Gertler, 2004).

El papel de las capacidades de innovación de los agentes, las cuales se requieren para que el SI funcione adecuadamente.

Las capacidades que requiere el SI para realizar sus funciones de generar, difundir y usar conocimiento y tecnología estarán distribuidas entre los diferentes agentes que lo conforman. Estas capacidades han sido clasificadas por varios autores y se les ha dado la connotación de capacidades tecnológicas, de innovación y/o de innovación tecnológica (Kim, 1997; Ernst, Mytelka, & Ganiatsos, 1998; Guan & Ma, 2003; Yam, Guan, Pun, & Tang, 2004; Wang, Lu, & Chen, 2009; Robledo, 2013). Para el modelo propuesto en el presente trabajo, las capacidades de innovación con que cuentan y se diferencian los agentes se clasifican y definen como:

1. En la generación de conocimiento y tecnología:
 - Capacidades de Investigación: Capacidad del agente para generar y adaptar conocimiento y tecnologías.
 - Capacidad de Desarrollo: Capacidad del agente para desarrollar experimentalmente productos, procesos, métodos de mercadeo y formas de organización.
2. En la difusión de conocimiento y tecnología:

- Capacidade de Difusión: Capacidad del agente para identificar y evaluar conocimiento y tecnología potencialmente útiles y darlos a conocer dentro del agente o a otros agentes.
 - Capacidad de Vinculación: Capacidad del agente para establecer vínculos útiles con otros agentes para transferir conocimiento y tecnología.
3. En el uso de conocimiento y tecnología:
- Capacidades de Producción: Capacidad del agente para operar y mantener su infraestructura productiva de forma eficiente; así como adaptar y mejorar la tecnología de producción existente.
 - Capacidades de Mercadeo de la Innovación: Capacidad del agente para identificar necesidades presentes y futuras del mercado, desarrollar nuevos productos, establecer canales de distribución, prestar servicios al cliente y publicitar la innovación.

Los tipos de agentes, las reglas que definen su comportamiento y su evolución como respuesta a las oportunidades y retos cambiantes del ambiente

El modelo consta de dos diferentes clases de agentes: El primer grupo se denomina entorno competitivo (EC), que es donde se generan las oportunidades de innovación (OI). El segundo se denomina agentes competentes, donde existen unos agentes encargados de explorar y generar nuevo conocimiento (centros de investigación, laboratorios, universidades, etc.) y otros de explotarlo (firmas). Lo que se busca es que en el modelo estos agentes interactúen así: Primero, los agentes competentes buscarán aprovechar las OI que se generan en el EC, ya sea de forma individual o mediante la interacción con otros agentes, utilizando sus capacidades de innovación. Se debe aclarar que las reglas de interacción entre los agentes depende de la localización geográfica, en primera medida, y luego de la complementariedad de sus capacidades; esto será ampliado más adelante en el trabajo. Segundo, al lograr aprovechar una OI, los agentes aprenden aumentando aquellas capacidades que fueron utilizadas y des-aprenden disminuyendo aquellas capacidades que no; así, los agentes co-evolucionan, gracias a la interacción con las OI del EC y con los otros agentes competentes con que interactúan. Tercero, los agentes que logran aprovechar las OI son premiados por el EC, aumentando de esa forma su “energía” (usando una metáfora biológica) para poder sobrevivir en el sistema.

¿Cuáles detalles del sistema son esenciales y cuáles no son considerados?

Esenciales

- La co-evolución de los agentes heterogéneos, la cual se da al interactuar los agentes competentes.
- La aleatoriedad, la cual está presente en muchos de los parámetros del modelo y en las relaciones que se generan entre todos los agentes.
- La interacción entre el entorno competitivo y los agentes competentes.
- Que se pueda evidenciar cuáles agentes “ganan” y “pierden” en la dinámica que se genera en el SI.
- La diferenciación de los agentes según sus capacidades, quedando enmarcados en una tipología de agente competente.
- La medición del desempeño del SI, que permita comparar los resultados de los diferentes escenarios.

- El tener un EC dinámico que busca ser satisfecho por los agentes competentes.

No considerados

- La herencia y reproducción, con que cuentan generalmente los agentes en los SCA.
- La posibilidad de imitación, la cual, por lo general, se tiene en cuenta en los modelos de difusión de las innovaciones.
- No se hace diferenciación entre enlaces débiles y fuertes, tal como se consideran en algunos trabajos de redes sociales.
- No se priorizan los relacionamientos con otros agentes a partir del éxito o fracaso de relacionamientos anteriores, eliminando en el agente la memoria de relaciones pasadas, dándole más peso a las reglas de ubicación y complementariedad que a la de experiencias previas.

¿Cómo el modelo ayuda a la comprensión del fenómeno?

- Permite, mediante un análisis dinámico y longitudinal, analizar cómo impactan los intermediarios en el desempeño del SI, pudiendo contribuir a entender el efecto específico de los intermediarios y resolver el problema de atribución que es recurrente en la literatura sobre intermediación.
- Muestra cómo todos los tipos de agentes, para poder sobrevivir, deben satisfacer necesidades del entorno competitivo, ya sea de forma individual o interactuando con otros agentes, donde una tipología de los agentes son los intermediarios.
- Introduciendo diferencias respecto a otros estudios que solo muestran una foto del fenómeno de la intermediación, así como de otros modelos de interacción entre agentes heterogéneos para la innovación que no tienen en cuenta la dificultad en el relacionamiento de los diferentes tipos de agentes.

RELACIÓN DE LAS IDEAS CON LAS TEORÍAS

Intermediarios de innovación

El objetivo de la intermediación es cerrar brechas de diferentes dimensiones (Parjanen, et al., 2011) existentes entre los actores de los SI. Estas brechas pueden ser: geográficas, cognitivas, comunicativas, organizacionales, funcionales, culturales, sociales, temporales, sistémicas y de información (Howells, 2006; Klerkx & Leeuwis, 2009; Roxas, Piroli, & Sorrentino, 2011; Parjanen, et al., 2011), dichas fisuras generan unos altos CT (Coase, 1937; Batterink, et al., 2010; Williamson, 1993) entre los agentes productores de nuevo conocimiento (Exploradores) y los generadores de valor en el mercado (Explotadores). Las brechas que los intermediarios pretenden cerrar en el modelo son las que se dan entre la exploración y la explotación.

Se considera entonces que los intermediarios aparecen cuando no existe o no se percibe una adecuada conexión entre actores relevantes, lo cual puede suceder por fallas del mercado o de los SI (Smits & Kuhlmann, 2004; Johnson, 2008). Esta literatura sobre los agentes intermediarios resalta su capacidad para la conformación de redes entre actores heterogéneos, que son fundamentales para el proceso innovador, lo cual se representa en el modelo que se propone, donde los intermediarios cierran las brechas al construir puentes entre exploradores

y explotadores. Entonces el intermediario busca garantizar flujos de información y conocimiento que de otra manera serían muy difíciles de propiciar, agregando valor a las redes en las que están inmersos (Burt, 1992; Hargadon & Sutton, 1997; Ahuja, 2000).

La relación entre recursos, capacidades, competencias nucleares y aprendizaje

La relación entre recursos, capacidades, competencias nucleares y aprendizaje que se utiliza en el modelo es adoptada desde la perspectiva de la empresa basada en recursos, donde los recursos son entendidos según Grant (1991) como todo tipo de activos, tangibles e intangibles, tanto físicos, como intelectuales y culturales a los que una empresa tenga acceso o no pero que debería conseguir para lograr sus objetivos corporativos. Las capacidades por su parte hacen uso de los recursos con el fin de realizar alguna tarea o actividad (Hafeez, Zhang, & Malak, 2002); mientras que “las competencias nucleares (*core competences*) son capacidades que posibilitan a la empresa el despliegue de sus recursos de forma que le generen ventajas competitivas” (Robledo, 2013, p. 125). Por su parte el aprendizaje se puede entender como las dinámicas en que la empresa acumula capacidades y, por ende, competencias nucleares (Robledo, 2013).

Ahora, desde el punto de vista de los sistemas de innovación, el aprendizaje “juega un rol principal en el desarrollo del sistema, al convertirse en el elemento clave de su conectividad” (Archibugi, Howells, & Michie, 1999, p. 5, traducción de los autores). “Mientras que la absorción tiene lugar a nivel de la empresa y contribuye a la formación de sus capacidades tecnológicas, la difusión se refiere a las repercusiones más amplias para la economía” (Ernst, et al., 1998, p. 16, traducción de los autores). Donde en “la economía del aprendizaje, el aprendizaje interactivo es la clave para el rendimiento económico de las empresas, regiones y naciones” (Lundvall, 2007, p. 21, traducción de los autores). Teniendo en cuenta que en dicha economía del aprendizaje “el éxito de individuos, firmas, regiones y países se refleja, más que nada, en su habilidad para aprender” (Lundvall, 2007, p. 37, traducción de los autores).

Las capacidades del modelo se pueden considerar como dinámicas, gracias a la acumulación y des-acumulación que presentan por el aprendizaje y des-aprendizaje respectivamente. Sustentado esto desde el punto de vista teórico, al hacer alusión a una definición temprana del término capacidad dinámica, donde se entendió como la “capacidad de la empresa para integrar, construir y reconfigurar competencias internas y externas para hacer frente a entornos que cambian rápidamente” (Teece, Pisano, & Shuen, 1997, p. 516, traducción de los autores). Donde las competencias son entendidas como “los patrones corrientes de práctica y aprendizaje” (Teece, et al., 1997, p. 518, traducción de los autores). Entonces, “mediante la alteración de la base de recursos de la organización, las capacidades dinámicas podrían abrir nuevas alternativas estratégicas o "camino" para la empresa” (Helfat, 1997) citado en (Helfat, et al., 2007, p. 2, traducción de los autores).

Sistemas de innovación

Freeman (1987, p. 1, traducción de los autores) define el concepto como "la red de instituciones de los sectores público y privado cuyas actividades e interacciones inician, importan, modifican y difunden nuevas tecnologías".

Los sistemas de innovación se pueden definir de varias maneras: pueden ser de carácter nacional, regional, sectorial o tecnológico. Todos ellos implican la creación, difusión y uso del conocimiento. Los sistemas están conformados por agentes, las relaciones entre éstos y sus características o atributos (Carlsson, Jacobsson, Holmén, & Rickne, 2002, p. 233, traducción de los autores).

En el modelo propuesto se busca que el sistema siga la lógica de Lundvall, Johnson, Andersen y Dalum (2002) donde el SI se pueden considerar "como los resultados de un juego schumpeteriano donde diferentes agentes siguen estrategias diferentes en términos de innovación, imitación, adaptación, etc." (p. 222, traducción de los autores). Cabe aclarar que estas estrategias se pueden considerar en la MBA como reglas de decisión.

Redes sociales de innovación

El tema central en el análisis de redes pone de manifiesto que la innovación es una construcción social (Gilbert, Pyka, & Ahrweiler, 2001) y que las redes suministran a las firmas un acceso rápido y flexible a recursos que están por fuera de sus competencias distintivas (Cowan & Jonard, 2009). Denyer, Munir, Neely, Pittaway y Robertson (2004) encuentran que los principales beneficios que ofrecen las redes para la innovación son el riesgo compartido, el acceso a la obtención de nuevos mercados y tecnologías, el ingreso rápido de productos al mercado, habilidades complementarias puestas en común, salvaguardar los derechos de propiedad cuando los contratos no son posibles, y actuar como vehículo clave para la obtención y acceso al conocimiento externo. Prácticamente, todos estos beneficios se pueden ver representados en la reducción de costos. En el modelo propuesto, esto se puede visualizar mediante la especialización de los agentes gracias al aprendizaje y des-aprendizaje que se produce al interactuar con otros agentes; además, es la forma 'práctica' de hacer que los agentes prefieran actuar a través de interacciones que de una forma individual. Este punto es de vital importancia en el funcionamiento del modelo.

Se comparte y se busca aplicar en el modelo la afirmación de König, Battiston y Schweitzer (2009, pp. 190-191, traducción de los autores), donde:

La evolución de la propia red debe hacerse de manera endógena, donde la evolución de la estructura de los enlaces depende de la experiencia de los agentes al utilizar los enlaces disponibles para ellos. En este marco los individuos aprenden y adaptan su comportamiento y esto a su vez conduce a una evolución de la estructura de la red. La economía se convierte entonces en una *red en evolución compleja*.

Sistemas complejos adaptables

Los sistemas complejos evolucionan por "la combinación de las condiciones iniciales, múltiples interacciones, tendencias de largo plazo y variaciones aleatorias, tanto en los agentes como en las interacciones" (Ekboir, Dutrénit, Martínez, Torres, & Vera-Cruz, 2006,

p. 6). De forma similar se reconoce la co-evolución de los agentes en estos sistemas complejos cuando estos se ven afectados por “la combinación de las condiciones iniciales, múltiples interacciones, tendencias de largo plazo y variaciones aleatorias, tanto en los agentes como en las interacciones” (Ekboir, et al., 2006, p. iii). Otras características importantes de este tipo de sistemas son la autoorganización y la aleatoriedad, las cuales “impiden a un agente individual controlar el proceso así como predecir la evolución del sistema” (Ekboir, et al., 2006, p. iii).

Es claro, entonces, que los procesos que conforman los sistemas, así como su papel en la innovación, no son fáciles de comprender, principalmente por la complejidad dinámica de tales procesos y por la heterogeneidad de los actores que en ellos intervienen (Gilbert, et al., 2001). Por lo tanto se pueden considerar estos SI como SCA los cuales se entienden como sistemas compuestos por agentes interactuantes descritos por reglas, los cuales cambian al acumular experiencia (Holland, 2004), ocasionando que ni los flujos ni los sistemas permanezcan inmutables a través del tiempo, dados los cambios provocados por el proceso de adaptación a medida que pasa el tiempo y se acumula experiencia (Holland, 2004). Esta adaptación es la que le da surgimiento a la complejidad y hace que los SCA sean tan intrincados, originando la recomendación de Holland (2004) de utilizar modelos computacionales que tienen la característica de estar bien definidos y contar con mecanismos manipulables, que permiten la búsqueda de los patrones y leyes que los rigen, mediante complejas exploraciones que no son posibles con los sistemas reales. Básicamente, esta última recomendación motiva la elaboración del modelo basado en agentes y debe recoger las características principales de los SCA.

Perspectiva económica evolucionaria

La preocupación fundamental de esta perspectiva es analizar el proceso de cambio económico, especialmente el cambio generado de forma endógena (Bleda, 2001). Esta aproximación permite acercarse a las interacciones dinámicas y no lineales, entre agentes heterogéneos, así como a los procesos de generación de variedad en diversos niveles de sistemas económicos (Montoya, 2010). Desde esta perspectiva los agentes son considerados como dispositivos con capacidad programada y con aprendizaje basado en “ensayo-error” (Montoya, 2010).

Entonces en la economía evolucionaria se reconoce la emergencia de “nuevas instituciones”, lo cual enriquece la variedad de los SI, tanto en agentes como en relaciones, fundamentales para una mejor adaptación del sistema. Ahora entendiendo la evolución como un proceso de auto-transformación (como lo propone Witt (2008)) con su generación endógena de novedad y disseminación contingente, se observa su íntima relación con la red de innovación de Gilbert et al. (2001), que considera la evolución de la relación dinámica y contingente de unidades heterogéneas, evidenciando una dependencia de la variedad presente en las redes y los comportamientos (novedosos) de los agentes que la conforman. Se infiere que la restricción manifestada por Teece (1988) de un aprendizaje local y en las cercanías de actividades previas, por las restricciones de las rutinas, puede ser superada (en cierta medida) si se hace parte de un SI, donde se puede presentar una complementariedad con otras rutinas, gracias a

la variedad y especialización de otros agentes pertenecientes al sistema, propiciando la creatividad, flexibilidad y novedad que requiere la innovación. Específicamente, en el modelo propuesto, no es que los agentes aprendan rutinas de otros agentes, sino que se acumulan las que se utilizan, incrementando esas capacidades, y en el caso de las que no se usan, se toma la decisión de abandonarlas des-acumulándolas. Esto es posible gracias a que las capacidades son dinámicas, como se explicó anteriormente. Con relación a los intermediarios, estos agentes según sus roles, tienden a generar cambios en las características del SI, propiciando el cambio endógeno al generar variedad que favorece el proceso de selección y especialización, los cuales se entienden como indispensables para la innovación.

Costos de transacción

A pesar de la gran cantidad de literatura sobre los beneficios y el grado de interacción entre organizaciones, el éxito no se puede dar por sentado. Los costos asociados a la realización de colaboraciones para el desarrollo de productos se examinan con menos frecuencia. Los costos pueden ser bastante considerables y no siempre acompañada de los beneficios de la colaboración para el resultado global del proceso de desarrollo de productos (Vinding, 2007, p. 258, traducción de los autores).

Uno de tales costos relacionados con la interacción entre diferentes agentes son los CT.

En cuanto a la naturaleza de las relaciones entre los socios de la red, la confianza es el factor más importante en términos económicos, puesto que la confianza opera al mismo tiempo en el lado de los costos y los rendimientos: por un lado, una cooperación entre dos agentes que ha tenido éxito baja los CT en términos de encontrar un socio adecuado y la coordinación de las actividades; por otra parte, una asociación que funcione bien hace que sea más fácil encontrar nuevos componentes de conocimiento y aumentar el rendimiento económico (Beckenbanch, Briegel, & Daskalakis, 2009).

Sin embargo desde la teoría de los CT, una red de innovación se considera como una forma híbrida de organización industrial entre jerarquías y mercados, la cual tarde o temprano va a desaparecer (Pyka, Gilbert, & Ahrweiler, 2009). Estos autores encuentran que esta afirmación tiene evidencias empíricas que la contradicen, como es el caso de la industria de la biotecnología.

Con respecto a los intermediarios, ellos brindan aportes que van encaminados a generar confianza y normas comunes de transparencia y reciprocidad que facilitan el aprendizaje organizacional, reduciendo los costos de transacción involucrados en el intercambio de conocimientos (Dyer & Singh, 1998). Por ello, La confianza para Beckenbanch et al. (2009), es la causa y el efecto para la red de innovación. Además,

...el aprendizaje interactivo está profundamente arraigado en la vida social. El resultado de los procesos de aprendizaje dependerá de las relaciones sociales, como la confianza, autoridad y reconocimiento. Por lo tanto, el contexto social y socio-económico debe ser tenido en cuenta al analizar la formación de relaciones de la red (Lundvall & Christensen, 2007, p. 4, traducción de los autores).

Modelos de interacción entre agentes heterogéneos para la innovación

Los trabajos revisados son el modelo SKIN (*Simulating Knowledge Dynamics in Innovation Networks*) desarrollado originalmente en su concepción teórica por Gilbert et al. (2001), para ser refinado, complementado y modificado en trabajos posteriores como los de Ahrweiler, Pyka y Gilbert (2004); Pyka, Gilbert y Ahrweiler (2007); Pyka et al. (2009); y Triulzi, Scholz y Pyka (2011). El modelo de hiper-ciclos de Padgett, donde se hace una metáfora de los procesos auto-catalíticos de la química con la producción económica; los conceptos teóricos que soportan el modelo son el de hiper-ciclos de Eigen y Schuster (1979) y el de auto-catálisis de Kauffman (1996; 2000); el modelo fue introducido por Padgett (1997) y refinado, complementado y modificado por Padgett, Lee y Collier (2003); Padgett, McMahan y Zhong (2009); y Watts y Binder (2012), entre otros. Y el modelo SSRIS (*Self-Sustaining Regional Innovation System*) (Ponsiglione, Quinto, & Zollo, 2014), que tiene su base conceptual en el modelo de sistema de aprendizaje organizacional de Schwandt y Marquardt (2000), del cual se extraen cuatro bloques de construcción para crear los subsistemas de su modelo conceptual (Zollo, Crescenzo, & Ponsiglione, 2011; Iandoli, Palumbo, Ponsiglione, Tortora, & Zollo, 2013): productores de conocimiento o exploradores, productores de valor en el mercado o explotadores, mediadores de innovación o catalizadores, y creador de marcos y reglas o regulador. Los elementos que se pueden extraer como los más importantes para que se propicie esta interacción de los modelos revisados son:

1. Unas capacidades complementarias, las cuales motivan a los agentes a interactuar para lograr resultados que por sí solos no serían capaces de obtener.
2. Unas necesidades que deben de ser satisfechas por los agentes, ya sea de forma individual o interactuando con otros, donde aportan sus capacidades para: (a) en el caso del modelo SKIN desarrollar proyectos de I+D a partir de un presupuesto, (b) en el caso del modelo de hiper-ciclos procesar un producto en una cadena productiva, y (c) en el caso del modelo SSRIS suplir una necesidad dinámica de un entorno competitivo.
3. Una ubicación, que define la topología de red en el caso del modelo de hiper-ciclos, y que da su carácter de regional al modelo SSRIS.
4. Un aprendizaje, que permite que los agentes acumulen sus capacidades, mostrando la co-evolución que se presenta cuando los agentes interactúan.
5. Unos beneficios, que garantizan la supervivencia de los agentes y los motiva a suplir las necesidades del entorno competitivo, ya sea de forma individual o interactuando con otros.

La interacción entre estos elementos es la siguiente: las necesidades activan a los agentes, los cuales tratan de satisfacer estas necesidades con sus capacidades. Cuando un agente no logra satisfacer la necesidad con sus capacidades, siendo lo más común en todos los modelos revisados, busca otros agentes con capacidades complementarias para interactuar con ellos y satisfacer esa necesidad. Esta búsqueda de agentes complementarios puede ser por su localización, como en el caso del modelo de hiper-ciclos, o en su misma región, como en el caso del modelo SSRIS. Al satisfacer la necesidad, los agentes obtienen un beneficio que les permite su supervivencia.

Una falla conceptual común de los modelos revisados, es que ninguno plantea la dificultad de interacción entre agentes, exceptuando el punto de vista geográfico en el caso del modelo de hiper-ciclos y en alguna medida por la distancia en el conocimiento dada la probabilidad de éxito de los proyectos de I+D que se presenta en el modelo SKIN; de manera similar, esta dificultad en la interacción también se ha querido manifestar mediante la orientación de investigación (modelo SKIN) y la orientación hacia la exploración o explotación (modelo SSRIS), pero la operatividad del problema no se hace explícita en estos modelos. En el modelo que se propone en el presente trabajo se busca introducir estos CT y afinar la relación de los elementos utilizados en los modelos anteriores.

HIPÓTESIS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL MODELO CONCEPTUAL

¿Quiénes son los agentes?

Entorno competitivo:

En el modelo el EC es representado por necesidades que requieren ser satisfechas por los agentes, los cuales deben de contar con unas capacidades mínimas para poder cumplir con los atributos que demanda cada necesidad. Estos atributos se manifiestan en vectores que representan productos o procesos, los cuales se denominan como OI. Los valores de los atributos en cada posición del vector determinan el tipo de OI de la siguiente manera:

- Explotadoras, requieren capacidades de producción y/o mercadeo para ser satisfechas.
- Difusoras, requieren capacidades de difusión y/o vinculación para ser satisfechas.
- Exploradoras, requieren capacidades de investigación y/o desarrollo para ser satisfechas.
- Explotadoras-difusoras, requieren capacidades de explotación y difusión.
- Exploradoras-difusoras, requieren capacidades de generación y difusión de conocimiento para ser satisfechas.
- Exploradoras-difusoras-explotadoras, requieren capacidades de generación, difusión y uso de conocimiento para ser satisfechas.
- Exploradoras-explotadoras, requieren de capacidades de generación y explotación de conocimiento para ser satisfechas.
- Primarias, que requieren capacidades básicas de generación, difusión y uso de conocimiento para ser satisfechas.

Agentes competentes

Las capacidades se distribuyen entre los agentes del sistema así: los agentes explotadores poseen de producción y/o mercadeo de la innovación, los agentes intermediarios tienen de difusión y/o vinculación, los agentes exploradores ostentan de investigación y/o desarrollo. Estos agentes se pueden considerar como agentes especializados en una función de los sistemas de innovación. Sin embargo, el modelo permite que los agentes puedan ejercer varias funciones, entonces existen agentes que se pueden clasificar así: Introdutores o porteros, son los que tienen capacidades para explotar e intermediar; representantes o gestores, son los que pueden explorar e intermediar; integrados, son los que consiguen explorar, intermediar y explotar; ambidiestros, son los agentes que exploran y explotan, y los entrantes tardíos

(latecomers), que son los agentes que no se distinguen por una alta capacidad en ninguna función de los sistemas de innovación.

¿Cuáles serían los parámetros del modelo?

Los parámetros del modelo son los siguientes:

1. Número inicial de OI: Este parámetro es el número de OI iniciales en el modelo, éstas representan la “población” (siguiendo una metáfora biológica) de necesidades de nuevos productos o procesos que requiere el EC.
2. Número inicial de agentes: Este parámetro representa el número de agentes iniciales del sistema, los cuales nacen con vectores de capacidades (VC) de seis posiciones con magnitud aleatoria de cero a nueve en cada una, de igual manera la ubicación geográfica también se asigna de forma aleatoria al surgir el agente. La tipología del agente la define la magnitud de las capacidades en cada posición, lo que quiere decir que en el modelo la tipología del agente se asigna de manera aleatoria.
3. Tasa de nacimiento de las OI: Esta rata significa la renovación anual de OI del EC.
4. Tasa de nacimiento de los agentes: Esta rata significa que tanto emprendimiento hay en el SI.
5. Factor de aprendizaje: Este factor significa la velocidad a la que los agentes del sistema son capaces de acumular capacidades. Este parámetro afecta la Ecuación 1 donde: K es la magnitud o valor máximo que puede tomar la capacidad, γ denota el factor de aprendizaje, t es el tiempo de uso de la capacidad:

$$\frac{K}{1 + e^{-\gamma t}} \quad \text{Ecuación (1)}$$

6. Factor de des-aprendizaje: De forma similar al factor anterior denota la velocidad a la que los agentes del sistema des-acumulan capacidades. Este parámetro afecta la Ecuación 2 donde: K y t significan lo mismo que en la ecuación 1 y δ denota el factor de des-aprendizaje:

$$\frac{K}{1 + e^{\delta t}} \quad \text{Ecuación (2)}$$

7. Stock de excedentes máximo: Este parámetro se puede considerar como la energía máxima con la que puede nacer un agente en el sistema, siendo esta energía la que le permite sobrevivir. Este valor se actualiza cada período para cada agente y para el sistema aplicando la Ecuación 3 donde: SE_t es el stock de excedentes del sistema en el período t , SE_{t-1} es el stock de excedentes del sistema en el período $t-1$, B_t son los beneficios del sistema en el período t , C_t es el costo de mantenimiento de las capacidades del sistema en el periodo t , y CT_t son los costos de transacción del sistema en el período t .

$$SE_t = SE_{t-1} + B_t - C_t - CT_t, \quad \text{Ecuación (3)}$$

8. Tiempo máximo de ciclo de vida de las innovaciones (t_{ilc}): Las OI nacen con un t_{ilc} , el cual significa el tiempo en que se benefician los agentes que aprovechen la OI. En el modelo de simulación se asigna el tiempo máximo y se establece aleatoriamente un valor a cada OI que surge en el EC.

9. Volatilidad máxima de las OI: Se asigna un tiempo máximo en el que una OI permanece en el EC sin ser suplida, luego de este período la OI desaparece. En el modelo de simulación se podrá asignar una volatilidad máxima en años y se establece aleatoriamente un valor a cada OI que surge en el entorno competitivo.
10. Ingreso por atributo (IA): Este parámetro asigna el premio que brinda el EC para cada posición del VA de una OI. La magnitud de los atributos por posición y el t_{ilc} se relacionan para calcular los beneficios por período mediante la Ecuación 4 donde B_{kt} es el beneficio por atributo en un período, t es el período en el que se encuentra el t_{ilc} , k es la posición en el vector, IA_k denota el ingreso del vector de atributos en la posición k del VA, PA_k es la magnitud del VA en la posición k del VA, μ es la media de la función gaussiana (para el modelo tendrá un valor de $t_{ici}/2$) y σ es la variable aleatoria (para el modelo tendrá un valor de $t_{ici}/6$) correspondiente a la desviación estándar de la función gaussiana del t_{ici} :

$$B_{kt} = IA_k * PA_k * e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad \text{Ecuación (4)}$$

11. Costo por capacidad: Es el parámetro que ejemplifica que tan costoso es el mantenimiento de cada tipo de capacidad de un VC de un agente. El costo para el sustento de un vector de capacidades (CCV) se calcula usando la Ecuación 5 donde k es la posición en el VC de un agente, m es la cantidad de posiciones del vector, CC_k denota el costo generado para sostener una capacidad en una posición k en un período de tiempo, PC_k es la magnitud del VC en la posición k de un agente y CCV es el costo del VC del agente.

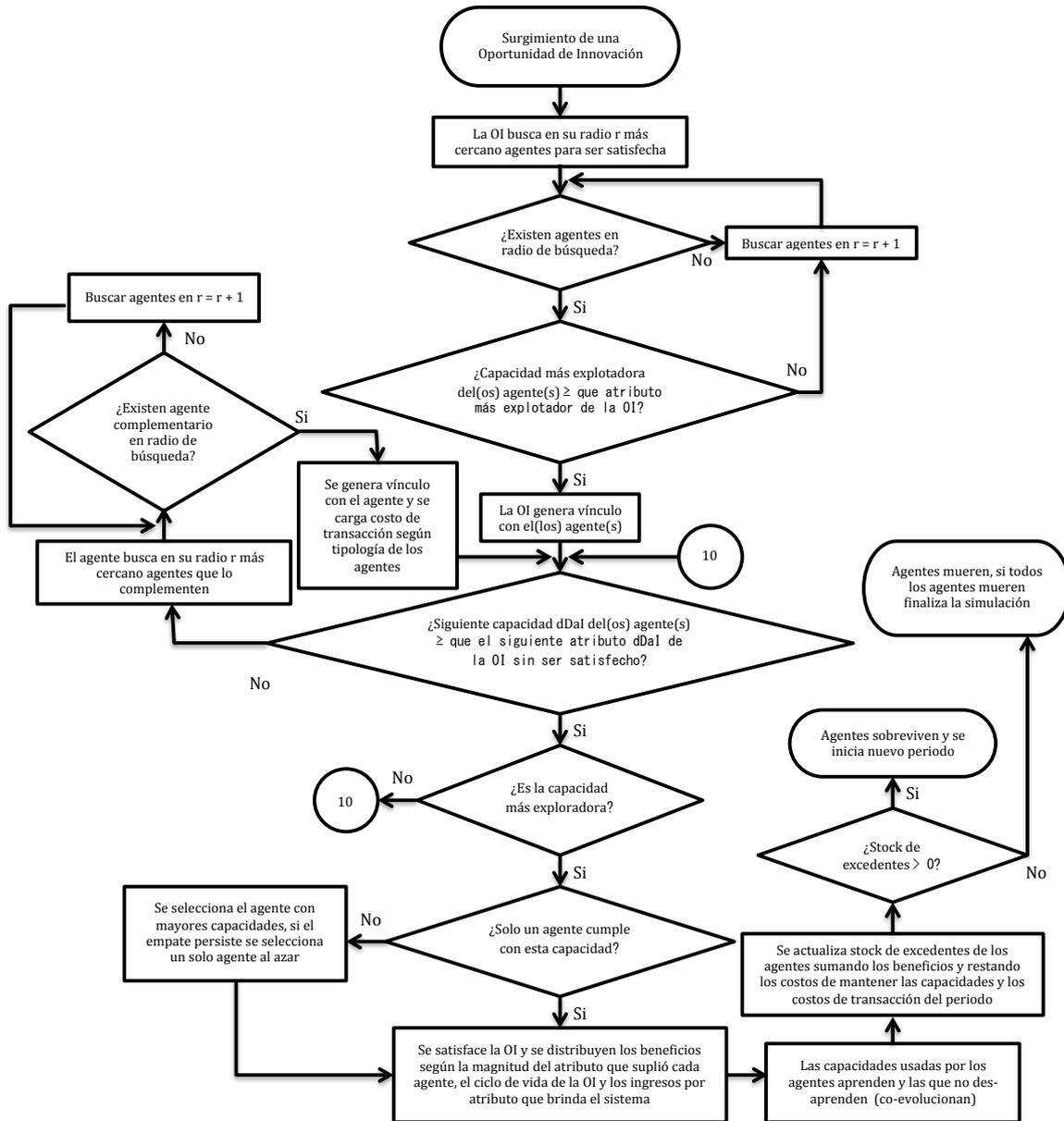
$$\sum_{k=1}^m CC_k PC_k = CCV \quad \text{Ecuación (5)}$$

12. Costo de transacción: Se asignan tres niveles de costo al inicio de la simulación: bajo, medio y alto. Los cuales se asignan a cada vínculo entre agentes que depende del tipo de agente, esto se explicará más adelante.

¿Cuáles son las reglas del modelo?

Las reglas de decisión del modelo de simulación se pueden apreciar en el diagrama de flujo presentado en la Figura 1. Donde se puede apreciar como la localización juega un papel fundamental al ser la primera regla de búsqueda de agentes. Luego la complementariedad en las capacidades es la regla que define si se realiza el vínculo o no. Esta búsqueda se rige por ir de la explotación a la exploración o de derecha a izquierda en el vector (dDaI). Cada agente pertenecerá a una tipología de acuerdo a las capacidades con que cuente y esta tipología determina el CT que se presenta en cada vínculo entre agentes. Cuando una OI es aprovechada, ésta reparte unos beneficios entre los agentes o agente que suplieron sus atributos de acuerdo a la capacidad que involucró cada agente y a la magnitud de cada atributo y el ciclo de vida de la oportunidad de innovación. Estos beneficios se suman al stock de excedentes de cada agente por período, al cual se le restaran los costos de mantener las capacidades y los CT de cada uno de los vínculos. Los agentes que lleguen a tener un stock de excedentes de cero morirán y desaparecerán del sistema. Los agentes que suplen una oportunidad de innovación aprenden acumulando las capacidades que utilizaron y des-acumulan las que no mediante el des-aprendizaje.

Figura 1. Diagrama de flujo de la lógica del modelo



Fuente: elaboración propia

¿Cuáles son los supuestos del modelo?

1. Las OI del EC son las que activan el proceso de innovación. Dándole al modelo un enfoque de jalonamiento del mercado (*market-pull*) presente en los modelos de innovación a partir de la segunda generación, de las cinco generaciones planteadas por Rothwell (1994). Estas OI poseen un VA que consta de seis posiciones, cada posición significa la capacidad que se requiere para satisfacer dicho atributo; numerando las posiciones de izquierda a derecha, el atributo requiere para ser satisfecho capacidades de: 1) investigación, 2) desarrollo, 3) difusión, 4) vinculación, 5) producción y 6) mercadeo; cada posición puede poseer una magnitud de cero a nueve, significando el cero que no se requiere ninguna capacidad y nueve simboliza que se requiere en esa posición una capacidad máxima o en la frontera de la tecnología para satisfacer el atributo. La OI

también posee una volatilidad que representa el tiempo que permanece en el sistema sin que sea aprovechada antes de desaparecer, mostrando cómo las OI se pueden marchar a otros sistemas y se desaprovechan por falta de capacidades. Por otra parte, las OI también poseen un ciclo de vida, el cual estipula el periodo en el que entregan a los agentes sus beneficios, siguiendo un comportamiento gaussiano característico de las curvas de difusión de las innovaciones (Rogers, 2003).

2. Los agentes competentes, buscan aprovechar las OI del EC, por ellos mismos o mediante la interacción con otros agentes competentes. Esto lo hacen tratando de suplir primero los atributos explotadores (mercadeo y producción) y por último los exploradores (desarrollo e investigación), siguiendo la orientación a suplir necesidades de corto plazo por parte de los agentes explotadores y de largo plazo de los agentes exploradores expuestos en el ciclo de exploración-explotación de Gilsing y Nooteboom (2006).
3. La búsqueda de agentes por parte una OI para ser aprovechada se inicia por localización y luego por el nivel de sus capacidades. De forma similar, cuando un agente logra identificar una OI y no es capaz por el mismo de aprovecharla, inicia la búsqueda de otro agente, primero por localización y después por complementariedad en sus capacidades. En esta dirección, se está introduciendo una limitación a la racionalidad de los agentes, pues estos no buscan el agente que complemente óptimamente la necesidad de capacidades, sino al que esté más cercano, que al menos tenga una capacidad igual o superior a la necesidad de la OI.
4. La co-evolución de los agentes se presenta en la acumulación o des-acumulación de las capacidades que se da gracias al aprendizaje o des-aprendizaje que se presenta por la interacción y por el hacer (Lundvall, 2007). Gracias a que las capacidades son dinámicas se puede decir que la variación en ellas es intencional (Helfat, et al., 2007), lo que quiere decir que cuando los agentes suplen OI ya sea de forma individual o mediante la interacción con otros, las capacidades que se están usando se acumulan y las que no se des-acumulan con un factor de aprendizaje y de des-aprendizaje que posee el sistema y depende de su marco contextual (Lund, 2007).
5. Cuando los agentes logran aprovechar una OI se benefician de ella de acuerdo al ingreso y magnitud de los atributos presentes en el VA y a su ciclo de vida. Esta recompensa la reciben los agentes que primero logran aprovechar la OI. Por este supuesto es que se considera que los agentes están en un ambiente competitivo que solo premia a aquellos que con sus capacidades logran obtener una ventaja competitiva (Prahalad & Hamel, 1990).
6. Los agentes cuentan con un stock de excedentes que los mantiene vivos, el cual se incrementa con los beneficios otorgados por las OI aprovechadas y disminuye por los costos de mantenimiento de las capacidades y por los CT involucrados en las interacciones con otros agentes.
7. Los CT se presentan por las brechas que existe entre los agentes que están interactuando (Batterink, et al., 2010). Sin embargo, algunos agentes con capacidades de difusión y vinculación logran cerrar estas brechas como es el caso de los intermediarios de innovación. Por lo anterior, a la tipología de agentes que se asigna por sus capacidades y a las relaciones entre ellos se les asigna un CT bajo, medio o alto así:

- Bajo, entre agentes del mismo tipo (explorador-explorador, explotador-explotador, etc), agentes que interactúen con un intermediario (explorador-intermediario, explotador-intermediario, etc), agentes que interactúan con un agente que contenga las capacidades de su mismo tipo más unas capacidades adicionales de difusión y vinculación (explorador-representante o gestor, explotador-introductor o portero).
- Medio; entre agentes que poseen capacidades lejanas del núcleo del sistema de innovación, como son de generación y de uso del conocimiento, pero al menos uno de ellos contiene capacidades de la zona de difusión (explorador-introductor o portero, explotador-representante o gestor, etc); agentes que comparten capacidades en una misma zona pero uno de ellos también posee de otra alejada (explorador-ambidiestro, explotador-ambidiestro, etc); entre un intermediario y un *latecomer* por las bajas capacidades en todas las zonas del *latecomer*.
- Alto; entre agentes con capacidades de zonas alejadas (explorador-explotador); entre cualquier agente, excepto un intermediario, y un *latecomer* dadas sus bajas capacidades de este último, y entre ambidiestros por sus pocas capacidades en la zona de difusión.

CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Se cimentaron elementos suficientes para iniciar la programación de un MBA que permita identificar la atribución de los intermediarios en los SI. Integrados en un modelo, estos elementos posibilitan hacer análisis comparativos, dinámicos y longitudinales, con los cuales se está en capacidad de examinar el impacto de los intermediarios en el desempeño y conformación del SI. Para cumplir con lo anterior, el modelo de simulación tiene la capacidad de recrear diferentes escenarios que permiten analizar al intermediario como posible punto de apalancamiento que genere un desempeño diferenciado en el SI.

Sin embargo, se debe tener en cuenta que estos escenarios serán artefactos artificiales desarrollados para permitir la exploración de mundos virtuales, por lo que aún no se pueden considerar como simulaciones de la realidad. Además, los modelos siempre serán simplificaciones mediante las cuales se trata de explicar fenómenos que tienen una gran cantidad de variables que lo afectan, haciéndolo desde una perspectiva acotada pero necesaria para incrementar el conocimiento y comprensión de SCA difíciles de entender e impredecibles en sus comportamientos, como es el caso de los SI.

El paso a seguir es el de realizar la programación del modelo en algún lenguaje computacional que permita hacer la MBA, para luego analizar los comportamientos de los diferentes escenarios que se diseñen para explicar el impacto de los intermediarios en el sistema de innovación.

REFERENCIAS

- Ahrweiler, P., Pyka, A., & Gilbert, N. (2004). Simulating knowledge dynamics in innovation networks (SKIN). In R. Leombruni (Ed.), *The Agent-Based Computational Approach* (pp. 284-296). Singapore: World Scientific Press.
- Ahuja, G. (2000). Collaboration Networks, Structural Holes, and Innovation: A Longitudinal Study. *Administrative Science Quarterly*, 45, 425-455.

- Archibugi, D., Howells, J., & Michie, J. (1999). Innovation systems and policy in a global economy. In D. Archibugi, J. Howells, & J. Michie (Eds.), *Innovation Policy in a Global Economy* (p. 296). Cambridge University Press.
- Asheim, B. T., & Gertler, M. S. (2004). The geography of innovation: regional innovation systems. In J. Fagerberg, D. C. Mowery, & R. R. Nelson, *The Oxford Handbook of Innovation* (pp. 291-317). Oxford: Oxford University Press.
- Batterink, M. H., Wubben, E. F., Klerkx, L., & Omta, S. (2010). Orchestrating innovation networks: The case of innovation brokers in the agri-food sector. *Entrepreneurship & Regional Development*, 22 (1), 47-76.
- Beckenbanch, F., Briegel, R., & Daskalakis, M. (2009). Evolution and Dynamics of Networks in 'Regional Innovation Systems' (RIS). In *Innovation Networks. New Approaches in Modelling and Analyzing* (pp. 58-100). Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Bleda, M. (2001). *Evolutionary economics and complex systems theory*. Manchester: Thesis submitted to the University of Manchester for the degree of PhD. in Economics in the Faculty of Social Science and Law.
- Borshchev, A., & Filippov, A. (2004). From System Dynamics and Discrete Event to Practical Agent Based Model: Reasons, Techniques, Tools. *The 22nd International System Dynamics Conference*. Oxford.
- Burt, R. S. (1992). *Structural Holes: The Social Structure of Competition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Carlsson, B., Jacobsson, S., Holmén, M., & Rickne, A. (2002). Innovation systems: analytical and methodological issues. *Research Policy*, 31, 233-245.
- Coase, R. H. (1937). The Nature of the Firm. *Economica*, 4 (16), 386-405.
- Cowan, R., & Jonard, N. (2009). Structural Holes, Innovation and the Distribution of Ideas. In *Innovation Networks. New Approaches in Modelling and Analyzing* (pp. 127-144). Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Denyer, D., Munir, K., Neely, A., Pittaway, L., & Robertson, M. (2004). Networking and innovation: A systematic review of the evidence. *International Journal of Management Reviews*, 5-6 (3-4), 137-168.
- Dyer, J., & Singh, H. (1998). The relational view: cooperative strategy and sources of interorganizational competitive advantage. *The Academy of Management Review*, 23, 660-679.
- Edquist, C. (1997). *System of Innovation: Technologies, Institutions and Organisations*. (C. Edquist, Ed.) London: Pinter/Cassell.
- Eigen, M., & Schuster, P. (1979). *The Hypercycle: A principle of Natural Self-Organization*. New York: Springer-Verlag.
- Ekboir, J. M., Dutrénit, G., Martínez, G., Torres, A., & Vera-Cruz, A. (2006). *Las Fundaciones Produce a diez años de su creación: pensando en el futuro*. Washington: International Food Policy Research Institute.
- Ernst, D., Mytelka, L., & Ganiatsos, T. (1998). Technological capabilities in the context of export-led growth. A conceptual framework. In D. Ernst, T. Ganiatsos, & L. Mytelka (Eds.), *Technological Capabilities and Export Success in Asia* (pp. 5-45). London and New York: Routledge.

- Freeman, C. (1987). *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*. London: Pinter.
- Gilbert, N., Pyka, A., & Ahrweiler, P. (2001). Innovation Networks - A Simulation Approach. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 4 (3).
- Gilsing, V., & Nooteboom, B. (2006). Exploration and exploitation in innovation system: The case of pharmaceutical biotechnology. *Research Policy*, 35, 1-23.
- Grant, R. M. (1991). The resource-based theory of competitive advantage: Implications for strategy formulation. *California Management Review*, 114-135.
- Guan, J., & Ma, N. (2003). Innovative capability and export performance of Chinese firms. *Technovation*, 23, 737-747.
- Hafeez, K., Zhang, Y., & Malak, N. (2002). Determining key capabilities of a firm using analytic hierarchy process. *International Journal of Production Economics*, 76, 39-51.
- Hargadon, A., & Sutton, R. I. (1997). Technology brokering and innovation in a product development firm. *Administrative Science Quarterly*, 42, 718-749.
- Helfat, C. E. (1997). Know-how and Asset Complementary and Dynamic Capability Accumulation: The Case of R&D. *Strategic Management Journal*, 18 (5), 339-360.
- Helfat, C. E., Finkelstein, S., Mitchell, W., Peteraf, M. A., Singh, H., Teece, D. J., et al. (2007). *Dynamic Capabilities. Understanding Strategic Change In Organizations*. Malden, Oxford and Carlton: Blackwell Publishing.
- Holland, J. H. (2004). *El Orden Oculto: De cómo la adaptación crea la complejidad*. (E. Torres-Alexander, Trans.) México, D.F., México: Fondo de Cultura Económica.
- Howells, J. (2006). Intermediation and the role of intermediaries in innovation. *Research Policy*, 35, 715-728.
- Iandoli, L., Palumbo, F., Ponsiglione, C., Tortora, C., & Zollo, G. (2013). Prospettive e Strumenti per lo Sviluppo di Sistemi Regionali di Innovazione Auto-Sostenibili. *XXXIV Conferenza Italiana di Scienze Regionali*.
- Johnson, W. H. (2008). Roles, resources and benefits of intermediate organizations supporting triple helix collaborative R&D: the case of Precarn. *Technovation*, 28 (8), 495-505.
- Kauffman, S. (1996). *At home in the universe*. London: Penguin.
- Kauffman, S. (2000). *Investigations*. Oxford: Oxford University Press.
- Kiesling, E., Günther, M., Stummer, C., & Wakolbinger, L. M. (2012). Agent-based simulation of innovation diffusion: a review. *CEJOR*, 20, 183-230.
- Kim, L. (1997). *Imitation to Innovation. The Dynamics of Korea's Technological Learning*. Massachusetts: Harvard Business School Press.
- Klerkx, L., & Leeuwis, C. (2009). Establishment and embedding of innovation brokers at different innovation system levels: Insights from the Dutch agricultural sector. *Technological Forecasting & Social Change*, 76, 849-860.
- König, M. D., Battiston, S., & Schweitzer, F. (2009). Modeling Evolving Innovation Networks. In A. Pyka, & A. Scharnhorst (Eds.), *Innovation Networks: New Approaches in Modelling and Analyzing* (pp. 187-268). Berlin: Springer.
- Lund, R. (2007). The Organization of Actors' Learning in Connection with New Product Development. In J. L. Christensen, & B.-Å. Lundvall (Eds.), *Product Innovation, Interactive Learning and Economic Performance* (pp. 129-153). Bingley: Emerald.

- Lundvall, B.-Å. (2007). The Economics of Knowledge and Learning. In J. L. Christensen, & B.-Å. Lundvall (Eds.), *Product Innovation, Interactive Learning and Economic Performance* (Vol. 8, pp. 21-42). Bingley, UK: Emerald.
- Lundvall, B.-Å., & Christensen, J. L. (2007). Introduction: Product Innovation - On Why and How It Matters for Firms and the Economy. In J. L. Christensen, & B.-Å. Lundvall (Eds.), *Product Innovation, Interactive Learning and Economic Performance* (Vol. 8, pp. 1-18). Bingley, UK: Emerald.
- Lundvall, B.-Å., & Johnson, B. (1994). The Learning Economy. *Journal of Industry Studies*, 1 (2), 23-42.
- Lundvall, B.-Å., Johnson, B., Andersen, E. S., & Dalum, B. (2002). National systems of production, innovation and competence building. *Research Policy*, 213-231.
- Montoya, I. (2010). *Una contribución a la comprensión de las estrategias deliberadas y emergentes de las organizaciones, desde una perspectiva evolutiva*. Bogotá D.C.: Tesis presentada a la Universidad Nacional de Colombia para el grado de Doctor en Ciencias Económicas.
- Padgett, J. F. (1997). The emergence of simple ecologies of skill: a hypercycle approach to economic organization. In W. B. Arthur, S. N. Durlauf, & D. A. Lane (Eds.), *The Economy as an Evolving Complex System II*. Addison-Wesley: Reading MA.
- Padgett, J. F., Lee, D., & Collier, N. (2003). Economic Production as Chemistry. *Industrial and Corporate Change*, 12, 843-877.
- Padgett, J. F., McMahan, P., & Zhong, X. (2009). Economic Production as Chemistry II. *Political Networks Paper Archive at OpenSIUC Working Paper (10)*, 1-32.
- Parjanen, S., Melkas, H., & Outila, T. (2011). Distances, Knowledge Brokerage and Absorptive Capacity in Enhancing Regional Innovativeness: A Qualitative Case Study of Lahti Region, Finland. *European Planning Studies*, 19 (6), 921-948.
- Ponsiglione, C., Quinto, I., & Zollo, G. (2014). Bridging the SKIN model to the debate on territorial innovation systems: the proposal of an agent-based model of self-sustained regional innovation systems. *3rd SKIN Workshop: Joining Complexity Science and Social Simulation for Policy* (p. N/A). Budapest: Eötvös Loránd University.
- Prahalad, C. K., & Hamel, G. (1990). The core competence of the corporation. *Harvard Business Review*, 79-91.
- Pyka, A., Gilbert, N., & Ahrweiler, P. (2007). Simulating Knowledge Generation and Distribution Processes in Innovation Collaborations and Networks. *Cybernetics and Systems*, 38, 667-693.
- Pyka, A., Gilbert, N., & Ahrweiler, P. (2009). Agent-Based Modelling of Innovation Networks: The Fairytale of Spillover. In A. Pyka, & A. Scharnhorst (Eds.), *Innovation Networks. New Approaches in Modelling and Analyzing* (pp. 101-126). Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Robledo, J. (2013). *Introducción a la Gestión de la Tecnología y la Innovación*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia Sede - Medellín Facultad de Minas Departamento de Ingeniería de la Organización.
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of Innovations* (5 ed.). New York, London, Toronto, Sydney, Singapore: Free Press.

- Rothwell, R. (1994). Towards the Fifth-generation Innovation Process. *International Marketing Review*, 11 (1), 7-31.
- Roxas, S. A., Piroli, G., & Sorrentino, M. (2011). Efficiency and evaluation analysis of a network of technology transfer brokers. *Technology Analysis & Strategic Management*, 23 (1), 7-24.
- Ruiz, W. L., & Robledo, J. (2013). Evaluación del Impacto de los Intermediarios en los Sistemas de Innovación: Marco de Análisis. *ALTEC XV Congreso Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica*. Porto: ALTEC.
- Schwandt, D. R., & Marquardt, M. J. (2000). *Organizational Learning: From World-Class Theories to Global Best Practices*. Chicago: St. Lucie Press.
- Smits, R., & Kuhlmann, S. (2004). The rise of systemic instruments in innovation policy. *Int. J. Foresight and Innovation Policy*, 1 (1-2), 3-30.
- Teece, D. J. (1988). Technological change and the nature of the firm. In G. Dosi, C. Freeman, R. R. Nelson, G. Silverberg, & L. Soete (Eds.), *Technical change and economic theory*. London and New York: Pinter Publisher.
- Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic Capabilities and Strategic Management. *Strategic Management Journal*, 18, 509-533.
- Triulzi, G., Scholz, R., & Pyka, A. (2011). *R&D and knowledge dynamics in university-industry relationships in biotech and pharmaceuticals: An agent-based model*. (C. f.-2. Hohenheim, Ed.) Retrieved from <https://ideas.repec.org/p/zbw/fziddp/332011.html>: Retrieved from <http://hdl.handle.net/10419/50176>
- Vinding, A. L. (2007). Interaction Between Firms and Knowledge Institutions. In J. L. Christensen, & B.-Å. Lundvall (Eds.), *Product Innovation, Interactive Learning and Economic Performance* (pp. 257-283). Bingley: Emerald.
- Wang, C., Lu, I., & Chen, C. (2009). Evaluating firm technological innovation capability under uncertainty. *Technovation*, 28, 349-363.
- Watts, C., & Binder, C. R. (2012). Simulating Shocks with the Hypercycles Model of Economic Production. In R. Seppelt, A. A. Voinov, S. Lange, & D. Bankamp (Ed.), *International Environmental Modelling and Software Society (iEMSs) 2012 International Congress on Environmental Modelling and Software Managing Resources of a limited Planet*. Leipzig: Sixth Biennial Meeting.
- Wilensky, U. (1999). *NetLogo*. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>. Evanstone, IL: Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University.
- Williamson, O. E. (1993). Transaction cost economics and organization theory. *Industrial and Corporate Change*, 2 (1), 107-156.
- Witt, U. (2008). What is specific about evolutionary economics? *Journal of Evolutionary Economics*, 18 (5), 547-576.
- Yam, R., Guan, J., Pun, K., & Tang, E. (2004). An Audit of Technological Innovation Capabilities in Chinese Firm: Some Empirical Findings in Beijing, China. *Research Policy*, 33 (8), 1123-1140.
- Zollo, G., Crescenzo, E., & Ponsiglione, C. (2011). A gap analysis of regional innovation systems (RIS) with medium-low innovative capabilities: the case of Campania Region (Italy). *European University Network on Entrepreneurship Conference*. ESU.