

# El Aprendizaje como Propiedad Emergente en los Sistemas Regionales de Innovación

**Santiago Quintero Ramírez**

*Universidad Pontificia Bolivariana, santiago.quintero@upb.edu.co*

**Jorge Robledo Velásquez**

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

## Abstract

The knowledge systemic interactions among heterogeneous agents of a Regional Innovation System (RIS) are crucial in the creation of new and recombinant technological knowledge and its transformation into innovations. From this approach, the access to the external knowledge, the internal learning and the research effort are essential inputs for the creation of new knowledge. This paper analyzes learning as a phenomenon emerging from the evolution and interactions of agents, adopting the Complex Adaptive Systems perspective. As a result, not only the types of learning present in the RIS are identified, but it is also proposed a conceptual model of collective learning for its subsequent simulation and validation. Finally, the importance of addressing the dynamics that represent behavioral patterns of collective character among RIS agents is emphasized, allowing us to differentiate appropriate policies and strategies for a better system performance.

**Keywords:** Regional Innovation System, collective learning, Complex Adaptive Systems.

## Resumen

Las interacciones sistémicas de conocimiento entre los agentes heterogéneos de un sistema regional de innovación (SRI) son cruciales en la generación de conocimiento tecnológico nuevo y recombinante y su transformación en innovaciones. Desde esta perspectiva, el acceso al conocimiento externo, el aprendizaje interno y la investigación son insumos indispensables para la generación de nuevo conocimiento. El presente trabajo analiza el aprendizaje como fenómeno emergente a partir de la evolución e interacción de agentes bajo la perspectiva de los sistemas complejos adaptativos. Como resultado, no solo se identifican los tipos de aprendizaje presentes en los SRI, sino que se propone un modelo conceptual de aprendizaje colectivo para su posterior simulación y validación. Finalmente, se enfatiza la importancia de abordar las dinámicas que representan patrones de comportamiento de carácter colectivo entre los agentes de un SRI, permitiendo así diferenciar políticas y estrategias adecuadas para un mejor desempeño del sistema.

**Palabras clave:** Sistema regional de innovación, aprendizaje colectivo, sistemas complejos adaptativos.

## 1. Introducción

El desarrollo teórico en la perspectiva de los sistemas regionales de innovación (SRI) ha sido influenciado por diferentes escuelas de pensamiento. Las principales contribuciones a la comprensión de este enfoque han venido de la economía evolutiva (NELSON; WINTER, 1982), la economía institucional (NELSON, 1993), las nuevas economías

regionales (STORPER, 1993), la economía del aprendizaje (FORAY; LUNDEVALL, 1996), la economía de la innovación (DOSI et al., 1998) y la teoría de red (HAKANSSON, 1987).

Con base en estas contribuciones, en la última década se ha avanzado en la construcción de un marco analítico más apropiado, particularmente respecto a los determinantes de la actividad innovadora en los SRI. No obstante, todavía este conocimiento es limitado, específicamente frente a aquellos fenómenos llamados emergentes, producto de la interacción<sup>1</sup> y cooperación entre agentes del sistema. El conocimiento, el aprendizaje y la innovación son los factores más importantes para la competitividad global en una economía basada en el conocimiento (LUNDEVALL, 1992; OCDE, 2000). En estos sistemas, el aprendizaje se describe como un proceso localizado; de igual forma, la innovación se entiende como un proceso de aprendizaje interactivo, favorecido por la relación y cercanía de sus agentes (ASHEIM; ISAKSEN, 2002; LUNDEVALL; JOHNSON 1994), quienes presentan heterogeneidad y aportan variedad así como especialización a un territorio.

El presente trabajo tiene como objetivo analizar el aprendizaje como fenómeno emergente a partir de la evolución e interacción de agentes bajo la perspectiva de los sistemas complejos adaptativos (SCA). Para tal fin, el capítulo dos describe las tipologías de aprendizaje producto de la interacción entre agentes presentes en los SRI; el capítulo tres enfatiza en el aprendizaje de los SRI desde la perspectiva de los SCA. Esta perspectiva se presenta como una ventaja que aún muchos estudios no han explorado en el ámbito de las causas que posibilitan un mejor desempeño de dichos sistemas y que puede ayudar en el papel del proceso cognitivo que acompaña al tomador de decisiones. El capítulo cuatro destaca la importancia de abordar las dinámicas de aprendizaje en un sistema regional de carácter nacional; aquí se propone un modelo conceptual de aprendizaje colectivo para su posterior modelación y simulación basada en agentes (MBA). Por último, se presentan las conclusiones y orientaciones de trabajo futuro, con el fin de obtener una mejor comprensión de la innovación como fenómeno emergente, producto del aprendizaje e interacción entre agentes de un SRI.

## **2. El Aprendizaje en los Sistemas de Innovación**

Actualmente se discute en la literatura sobre cómo los SRI difieren de otros sistemas territoriales. Sus características han sido criticadas y analizadas con respecto a su origen (EDQUIST, 1997), componentes del sistema (LUNDEVALL, 1992), rendimiento y evaluación (AUTIO, 1998) y condiciones de uso como marco para ayudar a las políticas regionales de innovación (COOKE, 2001). De acuerdo con Doloreux y Parto (2005), las definiciones y descripciones de los SRI no revelan suficientemente qué constituye la estructura institucional y productiva, la región y sus actores y, más importante aún, las interacciones e interrelaciones que ligan a unos actores con otros.

Howells (1999), Iammarino (2005) y Uyarra (2008) consideran que tal visión presenta un claro sesgo *top-down*, más propio de los SNI, resaltando que la caracterización de los SRI debería comprender una perspectiva *bottom-up*, que contemple patrones de comunicación, invención y aprendizaje localizado, compartición del conocimiento localizado, procedimientos localizados de búsqueda y exploración, integración de redes localizadas y

---

<sup>1</sup> Estas interacciones y sus efectos sobre la innovación, dieron lugar al concepto de Sistema Nacional de Innovación (SNI), introducido por Freeman (1987) y desarrollado posteriormente por Lundvall (1992) y Nelson (1993).

el consiguiente alineamiento de los modos de gobernanza, así como la dependencia de las trayectorias históricas de sus procesos de innovación (IAMMARINO, 2005). Bajo dicha perspectiva, el fenómeno de aprendizaje localizado e interactivo es entendido en la literatura de los SRI como el proceso a través del cual surge la innovación. A continuación, se presentan las tipologías más importantes de aprendizaje reportadas en la literatura especializada.

### **2.1 Aprendizaje Mediante Localización (*learning by localizing*)**

El aprendizaje mediante localización lo explica la literatura, fundamentalmente, como la adherencia del conocimiento a un territorio. Freeman (1987) enfatiza en las interacciones institucionales, refiriéndose al concepto de SNI, como “[...] una red de instituciones de los sectores público y privado cuyas actividades e interacciones inician, importan, modifican y difunden nuevas tecnologías” (citado por Robledo, 2010, p. 43). Lundvall ha profundizado el desarrollo del concepto anterior en su dimensión colectiva, como un “[...] sistema social que tiene como actividad central el aprendizaje interactivo entre las personas” (citado por Robledo, 2010, p.43).

### **2.2 Aprendizaje por Búsqueda y Exploración (*learning by searching and exploring*)**

Bajo el concepto restringido de la innovación de Nelson y Rosenberg (1993), surge esta tipología de aprendizaje. El foco principal de análisis está dirigido a las instituciones y organizaciones más implicadas en los procesos de investigación y exploración, puntualizando en los determinantes de las innovaciones radicales y en los cambios de los sistemas tecnológicos. Por el contrario, Freeman (1987) y Lundvall (2007) consideran también, dentro de este marco conceptual, las innovaciones no tecnológicas; este último prefirió definir la innovación como un proceso que abarca, además de la introducción de innovaciones por primera vez en el mercado, su “difusión y uso”, surgiendo entonces bajo esta perspectiva amplia de la innovación el aprendizaje por la práctica, el cual implica *learning by doing* (ARROW, 1962), *learning by using* (ROSEMBERG, 1982) y *learning by interacting* (LUNDVALL, 1992).

### **2.3 Aprendizaje por Especialización (*learning by specialization*)**

Los sistemas sectoriales, clústeres y distritos industriales estudian y representan el aprendizaje por especialización, donde la innovación depende más del aprendizaje derivado de la interacción entre empresas locales especializadas (ALBINO, 2006). Este tipo de aprendizaje se basa particularmente en las competencias de las empresas con relación a sus fases de producción, conduciendo ello a la mejora continua del *stock* del conocimiento existente (GOTTARDI, 1997; LIPPARINI; LORENZONI, 1996; MASKELL; MALMBERG, 1999) aumentando el nivel de competencia de las empresas especializadas.

### **2.4 Aprendizaje Colectivo (*collective learning*)**

La proximidad es necesaria para la transmisión del conocimiento tácito, que puede ser de carácter organizativo o relacional, de modo que surge recientemente en la literatura el aprendizaje colectivo, que puede ser alimentado por redes organizacionales y relacionales pertenecientes a diferentes niveles geográficos. Cyert y March (1963) desarrollan un pensamiento significativo sobre el concepto de rutinas organizacionales, las cuales forman

la base del aprendizaje colectivo en las organizaciones. Estas rutinas son vistas como capacidades ejecutables para ser desempeñadas de manera repetitiva y que han sido aprendidas por una organización en respuesta a presiones selectivas.

Autores como Cohen y Levinthal (1990) relacionan el aprendizaje organizacional (*organizational learning*) y la innovación con la base evolutiva de conocimiento de la firma y extienden el problema adaptativo a nuevos territorios. Estos autores definen el concepto de capacidad de absorción, como aquella habilidad para reconocer el valor de información externa, asimilarla y aplicarla para fines comerciales. Sugieren que la adquisición y explotación de nuevo conocimiento externo, le proporciona a la organización la posibilidad de anticipar y predecir cambios futuros de tipo tecnológico, de manera que pueda mejorar sus posibilidades de adaptación. Posteriormente, Zahra y George (2002) proponen que la capacidad de absorción está conformada por un conjunto de rutinas organizacionales específicas y de procesos estratégicos, para crear una capacidad organizativa dinámica en las firmas.

### **2.5 Aprendizaje Tecnológico (*technological learning*)**

Este tipo de aprendizaje tiene lugar en dos niveles: el individual y el organizacional. Simon (1996) señala que todo aprendizaje se lleva a cabo primero a nivel individual, en las cabezas de los individuos; por ello, la organización aprende sólo por dos vías: por aprendizaje de sus miembros, o por la vinculación de nuevos miembros que tienen un conocimiento que la organización previamente no tenía. Así, la definición de aprendizaje y de conocimiento es un asunto individual; sin embargo, el aprendizaje individual es un fenómeno social: lo que un individuo aprende es muy dependiente de lo que ya saben otros miembros de la organización. El aprendizaje tecnológico es identificado como un proceso para adquirir capacidades de carácter tecnológico (LALL, 1980); tales capacidades se entienden como la adquisición de conocimiento, destrezas, experiencia y relaciones por parte de las personas y la organización (BELL, 1984).

La necesidad de realizar investigación adicional para entender la dinámica de los procesos de aprendizaje y la acumulación de capacidades tecnológicas no solo a nivel de las empresas, sino también a nivel de los sistemas de innovación, nos hace pensar en una nueva perspectiva de modelo de análisis, la cual debe posibilitar una mejor comprensión del comportamiento de los agentes, con el fin de analizar propuestas que permitan estrategias y políticas que posibiliten un mejor desempeño del sistema.

## **3. El Aprendizaje en los SRI Bajo la Perspectiva de los SCA**

Un sistema complejo constituye un conjunto de elementos en interacción (BERTALANFFY, 1968) que se caracteriza por tener una estructura compuesta por varios niveles. Los componentes de niveles jerárquicos inferiores suelen mostrar un grado de autonomía significativo; el comportamiento del sistema surge a partir de la auto-organización de sus componentes, sin que esta organización esté controlada ni dirigida por ningún ente exterior del sistema.

La definición anterior responde a la crítica realizada por Nelson (1992) a la literatura de los sistemas de innovación; Nelson afirma que el término 'sistema' no se emplea de modo preciso; el autor lo define como "[...] el conjunto de actores institucionales que, conjuntamente, desempeñan un papel principal al influir en el proceso innovador" (p.365). De igual forma, señala que el término 'sistema' no implica algo que es diseñado y

construido conscientemente, ni siquiera que las instituciones implicadas trabajen juntas de modo suave y coherente, como sí lo es para otros autores.

Tales sistemas complejos perciben su entorno y responden a cambios en él de forma potencialmente diferente (VICSEK, 2002; GILBERT, 2004). Por si esto fuera poco, muchos sistemas complejos son también adaptativos. En estos sistemas adaptativos, el comportamiento de los componentes básicos pueden evolucionar en el tiempo, dando lugar a cierta capacidad de respuesta frente a cambios en el entorno mediante mecanismos como el aprendizaje a escala individual, y/o la selección y reemplazo (aprendizaje a escala poblacional). Ottino (2004) agrega propiedades a los sistemas complejos como la emergencia, adaptación y la auto-organización, características presentes en los sistemas multi-agente o adaptativos complejos, así como en los sistemas de auto-organización, también considerados como sistemas de inteligencia colectiva.

Algunos autores explican el papel de la inteligencia colectiva desde la perspectiva de la memoria colectiva, centrándose en las propiedades que exhiben, como los niveles de agregación (YAMINS, 2007), la aleatoriedad (ADAMI, 1999; LORENZ, 1963), la emergencia (DAMPER, 2000; WOLF; HOLVOET en: BRUECKNER, 2005 p. 1–15.), la redundancia y la robustez. Las anteriores propiedades son posibles siempre y cuando el sistema presente adaptabilidad, interacción y reglas.

### **3.1 Adaptabilidad**

Se refiere al cambio de su propia estructura (necesariamente) para hacer frente a un entorno y a otros agentes. Significa, entonces, que si un individuo cambia, cambia todo el sistema si es necesario. A nivel individual, esto significa que un individuo cambia su propia conducta, la cual se especifica en normas o reglas que están sujetas a cambios. Incluso si los individuos no cambian, el sistema en su conjunto puede ser adaptativo (GORDON, 1999), propiedad que se puede evidenciar en los SRI.

### **3.2 Interacción**

Un sistema complejo no se puede dividir para analizar cada parte aisladamente; para obtener información sobre el comportamiento del sistema, se deben considerar todas las interacciones, tanto como los comportamientos individuales (VICSEK, 2002). Esta propiedad es clave; para los flujos de interacción en los SRI, esto significa que la información debe fluir a través del sistema, pues una causa pequeña en alguna parte del sistema puede llegar a tener efectos muy significativos. Los flujos se consideran como características de la interacción y no se deben tomar por separado, sino en combinación con las propiedades de emergencia y aleatoriedad.

### **3.3 Reglas**

Es la forma fundamental de describir el comportamiento de un individuo (o sistema). Dichas reglas establecen las relaciones entre las entradas (observaciones) y las salidas (acciones). Tales relaciones pueden ser representadas de diversas maneras; por ejemplo, reglas si/entonces, árboles y redes, entre otras.

Desde el enfoque de los SCA, sus componentes básicos y el aprendizaje, se pretende contrarrestar la tendencia que ha mostrado la literatura en el campo de la estrategia, respecto a la reflexión y comprensión de las causas de éxito y fracaso, así como del

desempeño de algunos sistemas (tipo SRI) y sus organizaciones, omitiendo la gran mayoría de veces abordar la problemática evolutiva y el papel del proceso cognitivo que acompaña al tomador de decisiones.

Tal enfoque alternativo podría presentar una ventaja que aún muchos estudios no han ofrecido en el ámbito de las causas que posibilitan un mejor desempeño del sistema. Gran cantidad de estudios reportados por la literatura presentan una foto estática de agentes e instituciones, en lugar de presentar procesos de ajuste y sus dinámicas, que permitan estudios longitudinales que consideren funciones, roles y relaciones de dichos actores (DOLOREUX; PARTO, 2004; MACKINNON; CUMBERS; CHAPMAN, 2002; UYARRA, 2008; UYARRA; FLANAGAN, 2009).

Tales actores, denominados agentes o instituciones, al igual que sus dinámicas en los SRI, nos llevan a retomar el enfoque teórico de la organización basada en el conocimiento de Fransman (1994), “[...] Las empresas son repositorios del conocimiento (PENROSE, 1959), así como sistemas integrados de conocimiento especializado (SIMON, 1961) capaces de preservar y generar conocimiento (GRANT, 1996), son sistemas capaces de aprender por ensayo y error del proceso (HERRIOT et al., 1975), construyendo y seleccionando rutinas (NELSON; WINTER, 1982)” (BORRELLI et al., 2005, p.3)

Tal enfoque de la organización basada en el conocimiento, podría ser enmarcado en un sistema de aprendizaje basado en el modelo social funcional de Talcott Parsons (1951). Schwandt (1997) definió el aprendizaje organizacional como “[...] un sistema de acciones, actores, símbolos y procesos que permite a una organización transformar la información en conocimiento valioso que a su vez aumenta su capacidad de adaptación a largo plazo” (p. 8). Acuñados en una visión más general de los sistemas de aprendizaje proporcionada años después por Schwandt y Marquardt (2000), quienes nos dan información interesante acerca de los componentes del SRI, se podría esquematizar el SRI como un sistema de aprendizaje interactivo (ver Figura 1).

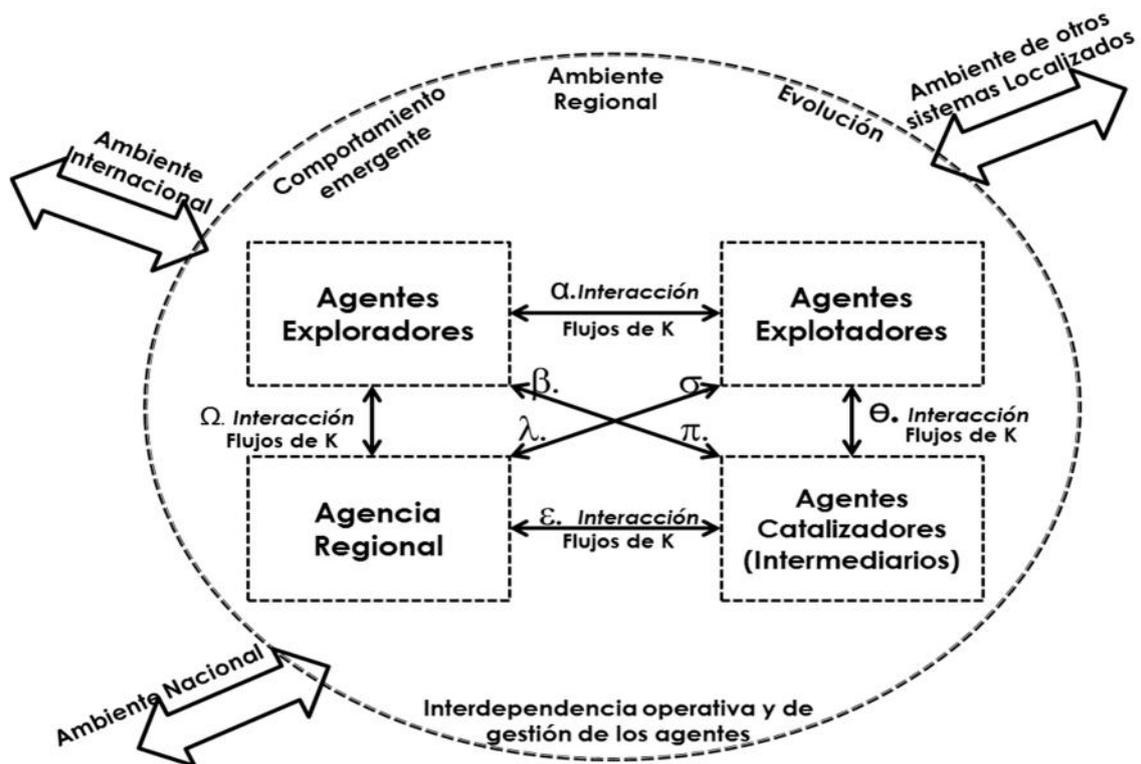
El modelo de aprendizaje organizacional de Schwandt contiene cuatro subsistemas de acción: el subsistema de interfaz del medio ambiente, el subsistema de acción-reflexión, el subsistema de diseminación / difusión y el subsistema de significado y memoria. Estos cuatro subsistemas proporcionan un marco analítico para la descripción y evaluación de las funciones dinámicas del sistema de aprendizaje de la organización (véase, para más detalles, Zollo, Crescenzo y Ponsiglione, 2011); así mismo, los flujos de conocimiento producto de la interacción de agentes, dan origen a comportamientos emergentes de carácter evolutivo que denominaremos aprendizaje colectivo. Sobre esta base es posible definir las competencias de los cuatro actores de un SRI (exploradores, explotadores, intermediarios y gobierno regional) para su posterior modelación y simulación.

Desde la perspectiva de los SCA, se utilizan diferentes paradigmas de modelación y simulación. Actualmente, el más utilizado para este tipo de sistemas es la simulación basada en agentes (MBA), cuyo objetivo es analizar sistemas de auto organización, aprendizaje y alta complejidad. Se puede afirmar, entonces, que los SRI no son una excepción a dicha perspectiva, puesto que presentan comportamientos complejos de auto organización y aprendizaje colectivo.

Arthur, et al. (1997) identifican elementos característicos de los sistemas complejos: 1) amplia interacción entre los agentes que operan a nivel local y carencia de un controlador

central; 2) organizaciones multiniveles con interacciones distribuidas; 3) adaptación continua; 4) presencia de elementos turbulentos (nuevos mercados, nuevas tecnologías, nuevos comportamientos); 5) racionalidad limitada; 6) adaptación de agentes; y 7) continua evolución. Estos elementos pueden ser identificados fácilmente en los SRI, considerando entonces a estos sistemas, como sistemas complejos conformados por agentes de racionalidad limitada, que aprenden adaptativamente e interactúan en diferentes niveles; en otras palabras, los SRI son sistemas constituidos por sub-sistemas que, a su vez, están compuestos por organizaciones e instituciones en una región con presencia de inteligencia colectiva, así como con propiedades y mecanismos característicos de los SCA.

**Figura 1.** Sistema de aprendizaje interactivo de un SRI.



Fuente: Adaptado de Zollo et al. (2011).

El aprendizaje como fenómeno emergente en los SRI es analizado en la literatura desde diferentes enfoques. Los SRI se describen como fuentes de conocimiento que, conjuntamente con sus flujos, constituyen un marco de análisis para abordar el desarrollo comercial y económico de las regiones. Estos sistemas han sido observados como cadenas globales que agregan valor (PADMORE; GIBSON, 1998; CHAMINADE; VANG, 2008) y como modelos que presentan propiedades características (simplicidad, flexibilidad y estructuras simétricas) que ayudan a los responsables y ejecutores a visualizar el papel de la política en el sistema.

La revisión de enfoques existentes bajo la perspectiva de los modelos basados en agentes, nos lleva en primera medida a considerar su funcionalidad; esta ha recibido una considerable atención, tanto en lo académico como en el contexto de la formulación de políticas; sin embargo, el fenómeno no ha sido aun totalmente cubierto de una manera sistemática y práctica, posiblemente debido a razones teóricas o metodológicas. Algunos autores han introducido el problema estructural (LEYDESDORFF; FRITSCH, 2006;

LENGYEL; LEYDESDORFF, 2009; LEYDESDORFF, 2011) y su aproximación desde los mínimos cuadrados (CHEN; GUAN 2011) con el fin de introducir e incorporar diversas construcciones funcionales y así determinar el rendimiento de los sistemas de innovación y su eficiencia (GUANA; CHEN 2012).

Otros modelos realizan análisis de datos multivariados para establecer tipologías (BUESA et al, 2006; 2010) y comprender las dinámicas de las diferentes regiones estudiadas (KING; BURGESS, 2006). Algunos modelos se han estructurado en el marco conceptual de la función de producción; otros se han estructurado como modelos conceptuales que ayudan a comprender los factores determinantes de la aparición de los sistemas de innovación (RADOSEVIC, 1999). De igual forma, la literatura presenta otras formas de construcción de modelos y sus procesos evolutivos, como es el caso de los modelos multi-agentes, que simulan procesos de innovación de carácter tecnológico (MA; NAKAMORI, 2005).

Los modelos de procesos de aprendizaje en los sistemas de innovación han evolucionado de forma significativa; los estudios empíricos han abordado el camino de las redes sociales como redes de aprendizaje (BAUER; SNOW, 1996; CANTNER et al. 2010; MUSIOLIK et al. 2012; GILBERT et al., 2001; PYKA; SCHARNHORST, 2009), su evolución (SÆTHER et al., 2011; BECKENBACH et al., 2007 en: PYKA; SCHARNHORST 2009, p. 59-99) y los determinantes que conllevan a las innovaciones, de acuerdo a los tipos específicos de interacción del conocimiento (SARVAN, 2011; TÖDTLING, 2009), permitiendo determinar la eficiencia de dichos sistemas (FRITSCH, 2008).

Recientemente, el aprendizaje como fenómeno emergente en los sistemas de innovación, es abordado por la literatura desde la perspectiva de la inteligencia colectiva (SCHUT, 2010; LÉVY, 2010; KAPETANIOS, 2008; LYKOURENTZOU et al., 2010); en otras palabras, los sistemas de innovación, por su naturaleza, son de carácter complejo, llevando a los investigadores a clasificarlos como sistemas adaptables a entornos inciertos y desconocidos; a su vez, estos sistemas se pueden organizar de forma autónoma y exhibir comportamientos emergentes. La adaptación, la auto-organización y la emergencia, son características de estos sistemas; sus propiedades y mecanismos son abordados en la literatura por autores como Holland (1975, 1995), Bonabeau et al. (1999) y Bonabeau (2002).

Los modelos de aprendizaje en MBA son presentados en la literatura como una alternativa de método bajo la perspectiva de un aprendizaje evolutivo y social (VAN MIERLO et al, 2010), representado en el intercambio de producción y riesgo como aprendizaje individual en un medio ambiente que resulta ser de carácter estocástico (ARIFOVIC; KARAIIVANOV, 2010). Los mecanismos de aprendizaje pueden variar ampliamente dentro de las diversas formas de gobernanza de las cadenas globales de valor, producto de la presión para alcanzar estándares internacionales, o por la participación directa de los líderes de la cadena de valor cuando la competencia de los proveedores es bajo el riesgo de un incumplimiento alto (PIETROBELLI; RABELLOTTI, 2011).

La relación entre aprendizaje e innovación es abordada en la literatura como la incorporación de la relación del aprendizaje entre el flujo de conocimiento y el *stock* de conocimiento. Como resultado de estos modelos, se puede observar que el intercambio de información y la construcción de sentido común (el flujo de conocimiento), son positivamente derivados de la relación específica de la memoria (stock de conocimientos),

relacionados indirectamente por la exploración y explotación de la innovación a través de sus efectos sobre la relación específica de la memoria (FANG et al., 2011).

Los hallazgos descritos anteriormente, trazan un sendero que permite abordar el aprendizaje de los SRI como propiedad emergente bajo el paradigma de modelación y simulación basado en agentes. La construcción de un modelo que proporcione un mejor entendimiento del aprendizaje colectivo en los SRI bajo el enfoque de los SCA, permitirá no solo destacar la importancia en el abordaje de las dinámicas de aprendizaje en un SRI de carácter nacional, sino también proporcionar un mejor entendimiento del comportamiento de los agentes del SRI con miras a un mejor desempeño del sistema.

#### **4. Dinámicas de Aprendizaje en un SRI**

El concepto de SRI propuesto por Asheim y Gertler (2005), como la infraestructura institucional que apoya a la innovación en la estructura productiva de una región, presenta dos elementos centrales: 1) una red densa y fuerte de relaciones entre agentes autónomos y heterogéneos (subsistemas de actores “exploradores, explotadores, catalizadores y reguladores del conocimiento”) implicados en un aprendizaje interactivo; y 2) un nivel de competitividad atribuida a la co-evolución de la organización productiva y a la ubicación de las instituciones formales e informales en el sistema.

Algunos autores argumentan que, para “diseñar” el SRI, es necesario especificar lo que las instituciones son y cómo interactúan en diferentes sub-sistemas, al igual que en sus diferentes escalas o niveles, teniendo en cuenta que los SRI tienen características diferentes en las distintas regiones de acuerdo a su especialización industrial (ANDERSSON; KARLSSON, 2004).

Actualmente, los SRI en distintas regiones son probablemente muy diferentes en cuanto a innovación se refiere, pues dependen en gran medida de si se encuentran localizados en regiones de alta o baja tecnología o en regiones especializadas de industrias tradicionales. Por otra parte, los SRI también pueden ser muy diferentes en sus dinámicas entre regiones con estructuras industriales similares, debido a las diferentes políticas y regulaciones industriales. Actualmente existe, entonces, una oportunidad de análisis que podría permitir conocer las dinámicas del desempeño en dichos sistemas. La importancia e influencia de los mecanismos de coordinación bien sean formales e informales, al igual que el comportamiento con respecto a los diferentes escenarios competitivos, puede ser una alternativa de respuesta para el análisis de tales dinámicas.

La MBA en nuevas formas de sistema territorial u organización industrial, suele centrarse en el impacto de los mecanismos de coordinación formal de las empresas y su desempeño, siendo evaluados estos sistemas con respecto a la gestión de las operaciones y los asuntos de producción (BOERO; SQUAZZONI, 2001; STRADER et al., 1998; PELI; NOOTEBOOM, 1997) prestando poca atención a los mecanismos de coordinación informal de tipo social como la cultura, los valores, las creencias y esquemas interpretativos.

Dichos mecanismos de coordinación informal se presentan en las instituciones; éstas últimas, entonces, serán el resultado de la acumulación colectiva de conocimientos que se crean a través de repetidas interacciones que tienen lugar en un proceso de desarrollo evolutivo; tales conocimientos colectivos influyen en el comportamiento individual, ya que

proporciona a los individuos pautas de comportamiento y valores compartidos. Dicha perspectiva institucional nos permite, entonces, conceptualizar un SRI independientemente de su forma, como un sistema de conocimientos compartidos de memoria colectiva, el cual juega un papel importante en la formación de las relaciones entre los agentes pertenecientes a dichos sistema. Si los comportamientos individuales en un SRI son influenciados por el conocimiento acumulado en el pasado, memoria colectiva y subjetiva, entonces la modelación de los SRI puede considerar interacciones entre agentes, así: agente-agente y agente-ambiente.

La acumulación de prácticas sociales produce la creación de una cultura colectiva, es decir, un conjunto de supuestos básicos compartidos, inventados o desarrollados por un grupo social en el intento de lograr un equilibrio entre adaptación externa e integración interna, que han demostrado tener éxito y que se les debe enseñar a los nuevos miembros del grupo como la manera correcta de percibir, pensar y comportarse en determinadas circunstancias específicas (SCHEIN, 1985). Los flujos de conocimiento proporcionan la creación colectiva de elementos útiles para caracterizar de manera concreta cómo la cognición social tiene lugar en estos tipos de sistemas localizados.

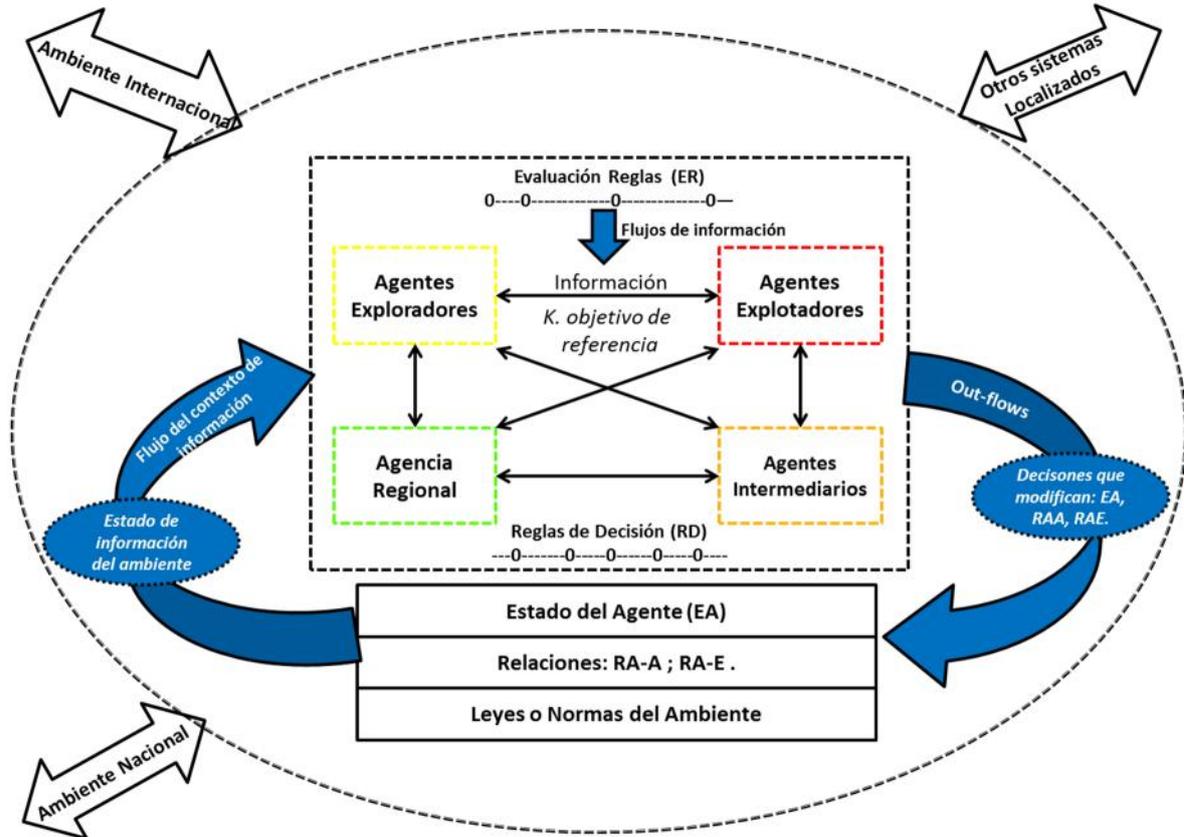
Acuñados en el concepto de memoria colectiva como “[...] conjunto de prácticas sociales compartidas y valores que influyen en el comportamiento social a través de largos procesos de aprendizaje basados en la interacción repetida y puesta en común de un patrimonio de recursos, producción, rutinas, competencias, valores y objetivos” (BORRELLI et al., 2005, p.3. “traducción de los autores”), utilizado en las nuevas formas de sistema territorial u organización industrial como los distritos industriales, se propone la construcción y representación de un modelo teórico de SRI, como un sistema de aprendizaje de carácter colectivo (ver Figura 2) para su posterior modelación y simulación como trabajo futuro. Dichos sistemas encarnan el conocimiento colectivo que se ha acumulado, codificado e institucionalizado mediante la consolidación de experiencias pasadas.

El modelo presenta cuatro clases de agentes; los primeros son firmas exploradoras del conocimiento; de igual forma hay presencia de las firmas industriales o explotadores del conocimiento, cuyo objetivo es producir bienes y servicios innovadores. Un tercer tipo de agente son las firmas intermediarias o catalizadores del conocimiento, cuyo objetivo es apoyar a la región en el relacionamiento entre exploradores y explotadores con fines de cerrar brechas relacionales. Por último, el modelo presenta un tipo de agente denominado agente regulador de la política pública regional. Los agentes mencionados son los encargados de proporcionar el marco de referencia para el análisis del SRI dependiendo de la forma (territorial o de organización industrial). Los flujos de conocimiento presentados por medio de los mecanismos de interacción, proporcionan la creación colectiva de elementos útiles para caracterizar de manera concreta, cómo se da la cognición social por medio de la interacción de agentes, producto de la evaluación y decisión de reglas en un ambiente regional de carácter nacional, resultado de una memoria organizacional o colectiva.

La interacción de agentes tiene como resultado la evaluación y reglas de decisión. Estas últimas pueden modificar al agente y/o al ambiente. Lo anterior lleva al agente a un estado de información del ambiente, donde la memoria colectiva como práctica social compartida influye en el comportamiento de los agentes, a través de largos procesos de aprendizaje basados en la interacción repetida y puesta en común de recursos, producción, rutinas, competencias, valores y objetivos. El desempeño del sistema, entonces, dependerá de las

interacciones de las firmas, que derivan del aprendizaje colectivo; este último depende de experiencias pasadas del agente que ha almacenado en su memoria colectiva de ambientes que bien podrían ser turbulentos o no turbulentos.

**Figura 2.** Modelo teórico del sistema de aprendizaje interactivo de un SRI.



Fuente: Adaptado de Borrelli et al. (2005).

Los agentes disponen de racionalidad limitada, dado que deben hacer frente a una información incompleta y ambigua a la hora de tomar decisiones. Tal limitación evoca el conocimiento colectivo almacenado en la memoria colectiva de cada agente. La memoria colectiva proporciona a los agentes conocimiento útil defectuoso para hacer frente a situaciones estereotipadas recurrentes. Gracias a estos conocimientos defectuosos, los agentes pueden tomar decisiones de interacción (riesgo y oportunismo); incluso cuando la información es ambigua o parcial, los agentes recurren a la tradición de las rutinas.

La memoria colectiva puede implicar una especie de economía cognitiva no solo para los agentes, sino también para las regiones; del mismo modo puede implicar en un aprendizaje colectivo que traería buenas prácticas en los SRI, generando confianza en una región. De otro lado y ante la presencia de nuevos escenarios competitivos e impredecibles, la memoria colectiva se puede convertir en una rigidez cognitiva y, por ende, incapacidad del agente para innovar y reaccionar a cambios bruscos del medio ambiente.

## Conclusiones

La brecha de análisis de los SRI está asociada en gran parte al sistema y su forma, bien sea territorial o de organización industrial, así como al aumento de la presión competitiva por

el fenómeno de la globalización como un factor clave de análisis para dichos sistemas; lo anterior nos permite, bajo la perspectiva de los SCA, estudiar las dinámicas de comportamiento, así como la influencia de los mecanismos de coordinación, bien sean formales e informales, en la medición del desempeño de estos sistemas localizados.

Bajo la perspectiva de los SCA, la simulación basada en agentes puede ser utilizada en el análisis de los mecanismos de auto-organización y aprendizaje presentes en sistemas de alta complejidad como lo son los SRI, los cuales presentan comportamientos complejos de auto-organización y aprendizaje colectivo.

Si la proximidad es necesaria para la transmisión del conocimiento tácito, ya sea de carácter organizativo o relacional, y las rutinas organizacionales, entendidas como la acumulación de prácticas sociales que producen la creación de una cultura colectiva, son la base del aprendizaje colectivo en las organizaciones, entonces las instituciones de los SRI podrían ser el resultado de un proceso de acumulación colectiva de conocimientos que se crean a través de repetidas interacciones de sus agentes, interacciones que tienen lugar durante un proceso de desarrollo evolutivo; tales conocimientos colectivos influyen en el comportamiento individual, proporcionando a los individuos del SRI pautas de comportamiento y valores compartidos.

La acumulación de prácticas sociales produce la creación de una cultura colectiva, es decir, un conjunto de supuestos básicos compartidos, inventados o desarrollados por un grupo social en el intento de lograr un equilibrio entre adaptación externa e integración interna, que han demostrado tener éxito y que se les debe enseñar a los nuevos miembros del grupo como la manera correcta de percibir, pensar y comportarse en determinadas circunstancias específicas (SCHEIN, 1985).

Los supuestos básicos compartidos para la solución de problemas de un SRI, bien sean inventados o desarrollados por un grupo de agentes en el intento de resolver un equilibrio entre adaptación externa e integración interna que lleve a un “mejor desempeño”, podrían demostrar su éxito cuando a nuevos grupos de miembros del sistema se les enseñe cómo es la manera correcta de percibir, pensar y comportarse en determinadas circunstancias específicas. De igual forma, si los comportamientos individuales en un SRI son influenciados por el conocimiento acumulado del pasado, memoria colectiva y subjetiva, entonces la modelación de los SRI debe considerar las interacciones agente-agente, agente-ambiente y ambiente-ambiente.

El modelo teórico propuesto para posterior simulación y análisis, pretende ser una plataforma para entender cómo se produce el aprendizaje en los SRI desde un marco evolutivo de la interacción entre agentes. De igual forma, el modelo pretende representar patrones de aprendizaje entre los agentes del sistema, de forma tal que se permita diferenciar políticas y estrategias adecuadas para evaluar el desempeño en dichos sistemas.

## REFERENCIAS

- ANDERSSON, M.; KARLSSON, C. Regional Innovation Systems in Small & Medium – Sized Regions . In:\_\_\_\_\_; **The Emerging Digital Economy: Entrepreneurship, Clusters and Policy**; Berlin, Springer-Verlag, 2006.
- ALBINO, V.; CARBONARA, C.; GIANNOCARO, I. Innovation in industrial districts: An agent-based simulation model. *Int. J. Production Economics*, v. 104, p. 30–45, 2006.

- AMIN, A.; COHENDET, P. Learning and adaptation in decentralized business networks, **Environment and Planning D: Society and Space**, v.17, n.1, p. 87-104, 1999.
- ARTHUR, W.B.; DURLAUF, S.N.; LANE, D.A. **The Economy as an Evolving Complex System**. (eds), II, Redwood (CA), Addison-Wesley Longman.1997.
- ARIFOVIC, J.; KARAIVANOV, A. Learning by doing vs. learning from others in a principal-agent model. *Journal of Economic Dynamics & Control* , v. 34, n.10, p. 1967–1992, 2010.
- ARROW, K.J. The economic implications of learning by doing. *Review of Economic Studies*, v. 29 n. 3, p. 155–173, 1962.
- ASHEIM, B.; GERTLER, M. The Geography of Innovation. Regional Innovation Systems, In:\_\_\_\_\_; Fagerberg, J. et al. (eds.), **The Oxford Handbook of Innovation**, Oxford: Oxford University Press, p. 291-317, 2005.
- ASHEIM, B.; ISAKSEN, A. Regional Innovation Systems: The Integration of Local “Sticky” and Global “Ubiquitous” Knowledge, **Journal of Technology Transfer**, v.27, p. 77-86, 2002.
- AUTIO, E. “Evaluation of RTD in Regional Systems of Innovation”. **European Planning Studies**. V.6, n.2, p. 131-140, 1998.
- BAUER, J.H.; SNOW, C.C. Responding to hypercompetition: The esturcture and processes of a regional learning network organization **Organization Science**, v.4, p. 413-427, 1996.
- Bell, M. Learning and the Accumulation of Industrial Technological Capacity in Developing Countries. In: \_\_\_\_\_; Fransman, M and King, K. (eds.). **Technological Capability in the Third World**. London: Macmillan, 1984.
- BERTALANFFY, L. **General System Theory**. New York: George Braziller Publisher, 1968.
- BOERO, R.; SQUAZZONI F. A computational prototype of industrial district, In: **Workshop on “Complexity and Industrial Districts”**, Università di Modena e Reggio Emilia, 2001.
- BOSCHMA, R. Proximity and innovation: a critical assessment. **Regional Studies**, v. 39, p.61–74, 2005.
- BONABEAU, E. Agent-based Modeling Colloquium, In: **Methods and techniques for simulating human systems**, v. 99, 2002. [www.pnas.org](http://www.pnas.org).
- \_\_\_\_\_.; DORIGO, M., THERAULAZ, G. **Swarm Intelligence: From Natural to Artificial Systems**, Oxford University Press, 1999.
- BORRELLI, F., et al. Inter-Organizational Learning and Collective Memory in Small Firms Clusters: an Agent-Based Approach. **Journal of Artificial Societies and Social Simulation** v. 8, n.3, p. 1-15, 2005.
- BUESA, M., et al. Regional systems of innovation and the knowledge production function: the Spanish case”. **Technovation**, v. 26, p. 463–472, 2006.
- CARLSSON, B. **Technological systems and economic performance: the case of factory automation**, (ed.) Dordrecht: Kluwer. 1995.
- CANTNER, U. et al. Innovator networks and regional knowledge base. **Technovation**, v.30, p. 496–507, 2010.
- CHAMINADE, C.; VANG, J. Globalisation of knowledge production and regional innovation policy: Supporting specialized hubs in the Bangalore software industry. **Research Policy**, v.37, p.1684–1696, 2008.
- CHEN, K.; GUAN, J. Mapping the functionality of China's regional innovation systems: A structural approach. **China Economic Review**, v. 22, n.1, p. 11–27, 2011
- COHEN, W.; LEVINTHAL, D. Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. **Administrative Science Quarterly**, v.35, p. 128 –152, 1990
- COOKE, P. Regional innovation systems: concepts, analysis and typology, present Document EU-RESTPOR conference **Global Comparison of Regional RTD and Innovation Strategies for Development and Cohesion**, Bruselas, 19-21, sep, 1996.
- \_\_\_\_\_. Regional Innovation Systems, Clusters, and the Knowledge Economy, **Industrial and Corporate Change**, v. 10, p. 945-974, 2001
- \_\_\_\_\_.; MORGAN, K. **The associational economy. Firms, Regions, and Innovation**, Oxford: Oxford University Press, 1998.
- CYERT, R.M.; MARCH, J.G. **A behavioral theory of the firm**. Englewood cliffs, Prentice-Hall. N. J, 1963

- DAMPER, R. Emergence and levels of abstraction, **International Journal of Systems Science** v.31, n.7, p. 811–818, 2000.
- DOLOREUX, D. What we should know about regional systems of innovation”, **Technology in Society**, v. 24, p. 243-263, 2002.
- \_\_\_\_\_. Regional innovation systems: Current discourse and unresolved issues, **Technology in Society**, v. 27, p. 133-153, 2005.
- \_\_\_\_\_.; PARTO, S. Regional Innovation Systems: A critical synthesis, **United Nations University, Institute for New Technologies, Discussion Paper Series 17**, Agost, 2004.
- DOSI, G. et al. **Technical change and economic theory**, London: Pinter, 1998.
- EDQUIST, C. **Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations**, Pinter, Londres, 1997.
- FANG, S.R. et al. “Relationship learning and innovation: The role of relationship-specific memory” **Industrial Marketing Management**, v. 40, n. 5, p. 743–753, 2011.
- FRANSMAN, M. Information, Knowledge, Vision and Theories of the Firm, **Industrial and Corporate Change**, v.3, n.2, p. 1-45, 1994.
- FREEMAN, C. **Technology policy and economic performance: Lessons from Japan**, London: Pinter, 1987.
- FRITSCH, M.; SLAVTCHEV, V. Determinants of the Efficiency of Regional Innovation Systems. **Systems'**, **Regional Studies**, v. 45, p. 905-918, 2008.
- FORAY, D.; LUNDVALL, B-Å “The Knowledge-based Economy: From the Economics of Knowledge to the Learning Economy” (eds.), **Employment and Growth in the Knowledge-based Economy**, OECD Documents, Paris. . 1996
- GILBERT, N.; PYKA, A.; AHRWEILER, P. Innovation Networks - A Simulation Approach, **Journal of Artificial Societies and Social Simulation**, v. 4, n. 3, p. xx-xx. jun. 2001.
- GORDON, D.M. **Ants at Work: How an Insect Society is Organized**, W.W. Norton, 1999.
- GOTTARDI, G. I distretti industriali. In: Bertele`, U. (ed.), **Cambiamento e Innovazione, Quaderni AiIG**, v. 3, p. 51–84, 1997.
- GRANT, R.M. Toward a Knowledge-Based Theory of the Firm”, **Strategic Management Journal**, v.17, p.109-122, 1996.
- GUANA, J.; CHEN, K. Modeling the relative efficiency of national innovation systems, **Research Policy**, v.41, n.1, p. 102–115, 2012.
- HAKANSSON, H. **Industrial technological development: a network approach**. London: Croom Helm, 198).
- HERRIOT, S.R.; LEVINTHAL, D.; MARCH, J.G. Learning from Experience in Organizations, **American Economic Review**, v.75, p: 298 – 302, 1975.
- HOLLAND, J. **Adaptation in Natural and Artificial Systems**, the MIT Press, 1975.
- \_\_\_\_\_. **Hidden Order: How Adaptation Builds Complexity**, Perseus Books, 1995.
- HOWELLS, J. Regional Systems of Innovation”, en Archibugui, D.; Howells, J. y Michie, J. (eds.), **Innovation Policy in a Global Economy, Cambridge: Cambridge University Press**, p. 67-93, 1999.
- \_\_\_\_\_. Tacit knowledge, innovation and regional economic geography, **Urban Studies**, v.39, p. 871-884, 2002.
- IAMMARINO, S. An evolutionary Integrated View of Regional Systems of Innovation: Concepts, Measures and Historical Perspectives, **European Planning Studies**, v.13, n.4, p. 497-519, 2005.
- KAPETANIOS, E. Quo Vadis computer science: From Turing to personal computer, personal content and collective intelligence, **Data & Knowledge Engineering**, v. 67, p. 286–292, 2008.
- KING, S.F.; BURGESS, TF. Beyond critical success factors: A dynamic model of enterprise system innovation. **International Journal of Information Management** v.26, p. 59–69, 2006.
- LENGYEL, B.; LEYDESDORFF, L. Regional innovation systems in Hungary: The failing synergy at the national level, **Regional Studies** (forthcoming), 2009.
- LEYDESDORFF, L. The Triple Helix, Quadruple Helix, and an N-tuple of Helices: Explanatory Models for Analyzing the Knowledge-based Economy? **Journal of Knowledge Economics** (in press), 2011.

- \_\_\_\_\_.; Fritsch, M. Measuring the knowledge base of regional innovation systems in Germany in terms of a Triple Helix dynamics, **Research Policy**, v. 35, p.1538–1553, 2006.
- LAGENDIJK, A.; LORENTZEN, A. Proximity, Knowledge and Innovation in Peripheral Regions. On the Intersection between Geographical and Organizational Proximity, **European Planning Studies**, v.15, p. 457-466, 2007.
- LALL, S. Developing Countries as Exports of Industrial Technology. **Research Policy**, v.9, p. 24-52, 1980.
- LÉVY, P. From social computing to reflexive collective intelligence: The IEMML research program, **Information Sciences**, v.180, p. 71–94, 2010.
- LIPPARINI, A.; LORENZONI, G. Le organizzazioni ad alta intensita` relazionale. Riflessioni sui processi di learning by interacting nelle aree ad alta concentrazione di imprese. **L'Industria** v. 4, p. 817–839, 1996.
- LORENZONI, G. **L'architettura di Sviluppo delle Imprese Minori. Costellazioni e Piccoli Gruppi**. Il Mulino, Bologna, 1990.
- LORENZ, E. Deterministic nonperiodic flow, **Journal of Atmospheric Science**, v. 20, p.282–291, 1963.
- LUNDEVALL, B-Å. **National Systems of Innovation. Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning**, London-New York: Pinter, 1992.
- \_\_\_\_\_. National Innovation Systems-Analytical Concept and Development Tool, **Industry and Innovation**, v.14, p. 95-119, 2007.
- \_\_\_\_\_.; JOHNSON, B. The Learning Economy, **Journal of Industry Studies**, v.1, n. 2, p.23-42, 1994.
- LYKOURANTZOU, I. et al. CorpWiki: A self-regulating wiki to promote corporate collective intelligence through expert peer matching, **Information Sciences**, v.180, p. 18–38, 2010.
- MACKINNON, D.; CUMBERS, A.; CHAPMAN, K. Learning, innovation and regional development: a critical appraisal of recent debates, **Progress in Human Geography**, v.26, p.293-311, 2002.
- MARTIJN, C.S. On model design for simulation of collective intelligence, **Information Sciences**, v.180, p.132–155, 2010.
- MUSIOLIK, J.; MARKARD, J.; HEKKERT, M. Networks and network resources in technological innovation systems: Towards a conceptual framework for system building, **Technological Forecasting and Social Change**, in press, p. 1 – 17, 2012.
- NELSON, R. R. National Innovation Systems: A retrospective on a Study, **Industrial and Corporate Change**, v.1, n.2, p.347-374, 1992.
- \_\_\_\_\_.; ROSENBERG, N. Technical innovation and national systems, In: \_\_\_\_\_; **OECD (2001a)**, Devolution and Globalization. Implications for local decision-makers, Paris: OECD, 1993.
- \_\_\_\_\_.; WINTER, S.G. **An Evolutionary Theory of Economic Change**, Harvard University Press, 1982.
- OCDE. **Knowledge management in the learning society**, Paris, OCDE, 2000.
- OTTINO, J. **Engineering complex systems**, **Nature**, 427, p.399, 2004.
- PADMORE, T.; GIBSON, H. Modelling systems of innovation: II. A framework for industrial cluster analysis in regions. **Research Policy**, v. 26, p.625–641, 1998.
- PARSONS, T. **The Social System**. Free Press, New York, 1951.
- PÉLI G.; NOOTEBOOM, B. Simulation of Learning in Supply Partnership, **Computational & Mathematical Organization Theory**, v.3, n.1, p. 43-66, 1997.
- PENROSE, E.T. **The Theory of the Growth of the Firm**, Oxford, Basil Blackwell, 1959.
- PIETROBELLI, C.; RABELLOTTI, R. Global Value Chains Meet Innovation Systems: Are There Learning Opportunities for Developing Countries? **World Development** v.39, n.7, p.1261-1269, 2011.
- PYKA, A.; SCHARNHORST, A. Network Perspectives on Innovations: Innovative Networks – Network Innovation. In: \_\_\_\_\_; **Innovation Networks New Approaches in Modelling and Analyzing**. Springer Dordrecht Heidelberg London New York, p. 1-19. 2009.

- RADOSEVIC, S. Transformation of science and technology systems into systems of innovation in central and eastern Europe: the emerging patterns and determinants. **Structural Change and Economic Dynamics**, v.10, p.277-320, 1999.
- ROBLEDO, J. **Introducción a la Gestión Tecnológica**, Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín Facultad de Minas Escuela Ingeniería de la Organización, Medellín, Julio 2010.
- ROSENBERG, N. **Inside the Black Box: Technology and Economics** (Cambridge University Press, Cambridge), 1982.
- SÆTHER, B.; ISAKSEN, A.; KARLSEN, A. Innovation by co-evolution in natural resource industries: The Norwegian experience, **Geoforum**, v.42, p. 373-381, 2011.
- SARVAN, F. et al. Network based determinants of innovation performance in yacht building clusters”, **Procedia Social and Behavioral Sciences** v.24, pp. 1671-1685, 2011.
- SCHEIN, E. **Organizational Culture and Leadership**, San Francisco, Jossey Bass, 1985.
- SCOTT, W.R. **Institutions and Organizations, Foundations for Organizational Science**, Thousand Oaks (CA), Sage Publications, 1995.
- SIMON, H.A. **Administrative Behavior**, 2nd edition, New York, John Wiley & Son, 1961.
- \_\_\_\_\_. **Bounded Rationality and Organizational Learning**, In: \_\_\_\_\_; M.D. Cohen and L.S. Sproull (eds), **Organizational Learning**, California: Sage Publications, p. 175-87, 1996.
- STRADER T.J.; LIN F.; SHAW M.J. Simulation of Order Fulfillment in Divergent Assembly Supply Chain, **Journal of Artificial Societies and Social Simulation**, v.1, n.2. <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/1/2/5.html>, 1998.
- SCHWANDT, D.R. Organizational Learning, in **Advances in Strategic Management**, v.14, Walsh, J.P. and Huffs, A., eds., JAI Press, Stanford, CT, 1997.
- \_\_\_\_\_.; Marquardt, M.J. **Organizational Learning: From World-Class Theories to Global Best Practices**, Chicago, St.Lucie Press, 2000.
- T. MA.; NAKAMORI, Y. Agent-based modeling on technological innovation as an evolutionary process. **European Journal of Operational Research**, v. 166, p.741-755, 2005.
- TÖDTLING, F.; LEHNER, P.; KAUFMANN, A. Do different types of innovation rely on specific kinds of knowledge interactions? **Technovation**, v.29, p.59-71, 2009.
- UYARRA, E. What is evolutionary about Regional Systems of Innovation? Implications for regional policy, **Journal of Evolutionary Economics**, v.20, p.115-137, 2009.
- \_\_\_\_\_.; FLANAGAN, K. De sistemas regionales de innovación a regiones como espacios de políticas de innovación, **Ekonomiaz**, v.69, n.1 p. 24-59, 2009.
- VAN MIERLO, B. et al. Learning towards system innovation: Evaluating a systemic instrument **Technological Forecasting & Social Change**, v. 77, p. 318-334, 2010.
- VICSEK, T. **Complexity: The bigger picture**, *Nature*, p. 131, 2002.
- WALSH J.P.; UNGSON, G.R. Organizational Memory, **Academy of Management Review**, v. 16, n. 1, p. 57-91, 1991.
- WOLF, T.; HOLVOET, T. Emergence versus self-organisation: different concepts but promising when combined, In: \_\_\_\_\_; S. Brueckner, G.D.M. Serugendo, A. Karageorgos, R. Nagpal (eds.), **Proceedings of the Workshop on Engineering Self Organising Applications**, v. 3464 of Lecture Notes in Computer Science, Springer, p. 1-15, 2005.
- YAMINS, D. **A Theory of Local-to-Global Algorithms for One-Dimensional Spatial Multi-Agent Systems**, Ph.D. Thesis, Harvard School of Engineering and Applied Sciences. 2007.
- ZAHRA, S.A.; GEORGE, G. Absorptive capacity: A review, reconceptualization, and extension. **Academy of Management Review**, v.27, p.185-203, 2002.
- ZOLLO, G.; CRESCENZO, E.; PONSIGLIONE, C. A gap analysis of regional innovation systems (ris) with medium-low innovative capabilities: the case of campania region (Italy) **ESU European University Network on Entrepreneurship Conference. September 12-17, Spain. 2011.**