

# PROPOSAL OF A METHOD FOR THE IMPLEMENTATION OF A SIMULATION MODEL BASED ON AGENTS OF REGIONAL INNOVATION SYSTEM

## PROPUESTA DE UN MÉTODO PARA LA APLICACIÓN DE UN MODELO DE SIMULACIÓN BASADA EN AGENTES DEL SISTEMA REGIONAL DE INNOVACIÓN

Recibido: 25 de enero 2015- aceptado: 5 de abril 2015

E. Embuz.<sup>1</sup>

Universidad Pontificia Bolivariana

J.D. Fernandez-Ledesma.<sup>2</sup>

Universidad Pontificia Bolivariana

### Keywords:

Regional Innovation System, simulation, method, model based on agents.

### Abstract

This article describes a method of applying a simulation model based on Agents of Regional Innovation System (SRI), which has been developed within the project "Analysis of the structure, relationships and dynamics of agents of the Regional Systems described innovation" led by GISAI Research Groups and belonging to the Universidad Pontificia Bolivariana in Medellín GTI. This proposed method is focused on a review of the most important needs of the Regional Innovation Systems and how they should be met step by step through the structure of the simulation model in its application.

### Palabras clave:

Sistema Regional de Innovación, Simulación, Método, Modelo Basado en Agentes.

### Resumen

A través del presente trabajo lo que se busca es proponer un método que permita aplicar de forma práctica, precisa y efectiva un Modelo de Simulación Basado en Agentes del Sistema Regional de Innovación (SRI), el cual ha sido desarrollado dentro del Proyecto "Análisis de la Estructura, relaciones y dinámicas de agentes de los Sistemas Regionales de Innovación" liderado por los Grupos de Investigación GISAI y GTI pertenecientes a la Universidad Pontificia Bolivariana sede Medellín. Esta propuesta de método está centrada en una revisión de las necesidades más relevantes de los Sistemas Regionales de Innovación y cómo éstas deben ser suplidas paso a paso a través de la estructura del Modelo de Simulación en su aplicación.

1. E. Embuz. Ingeniero Industrial, Especialista en sistemas Integrados de Gestión, Circular 1 N. 70-01; Medellín (correo e.: edeps@msn.com).

2. J.D. Fernández-Ledesma trabaja como Docente Titular en Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Pontificia Bolivariana, Circular 1 N. 70-01; oficina B11-234, Medellín (correo e.: javier.fernandez@upb.edu.co).

\*Este artículo es asociado al proyecto de investigación: método para la aplicación de un modelo de simulación basada en agentes del sistema regional de innovación

## I. INTRODUCCIÓN

La problemática se centra en la ausencia de un Método de Aplicación del Modelo de Simulación Basado en Agentes del Sistema Regionales de Innovación desarrollado dentro del Proyecto “Análisis de la Estructura, relaciones y dinámicas de agentes de los Sistemas Regionales de Innovación” liderado por los Grupos de Investigación GISAI y GTI pertenecientes a la Universidad Pontificia Bolivariana sede Medellín, por lo cual, el presente trabajo se convertiría en un insumo faltante.

## II. METODOLOGÍA

La metodología propuesta se encamina hacia una investigación basada en una revisión de literatura muy completa, acompañada de un análisis de información suministrada por el proyecto al cual pertenece dicha investigación y por último lograr el cumplimiento de los objetivos propuestos. Esto se describe en las siguientes tres fases del trabajo:

### FASE I

Apoiado en gran medida en Estado del Arte; Revisión bibliográfica sobre: Generalidades e importancia de los Sistemas Regionales de Innovación, necesidades más importantes de los Sistemas Regionales de Innovación y Modelos basados en agentes para para el estudio de los fenómenos de innovación

### FASE II

Revisión del Modelo de Simulación Basado en Agentes del Sistema Regional de Innovación desarrollado dentro del Proyecto “Análisis de la Estructura, relaciones y dinámicas de agentes de los Sistemas Regionales de Innovación” desde su estructura, justificación, desarrollo e interpretación.

### FASE III

Estudio y análisis de toda la información obtenida y revisada para entrelazar las necesidades más importantes de los Sistemas Regionales de Innovación teniendo en cuenta toda la Revisión Bibliográfica realizada y la estructura, justificación, desarrollo e interpretación del Modelo de Simulación que permita proponer un método de aplicación del mismo a los Agentes del Sistema Regional de Innovación de forma práctica, precisa y efectiva.

## III. DESARROLLO INVESTIGATIVO

Fase I – Estado del Arte. El concepto de Sistema, es un concepto que hoy en día ha invadido todos los campos de la ciencia y penetrado en el pensamiento y el habla populares y en los medios de comunicación y masas [1], y es muy frecuente que éste posea diversas interpretaciones dependiendo del contexto en que se maneje. Según [2] “un sistema es un conjunto de elementos relacionados”. Según [3] “un sistema es un conjunto estructurado de objetos y/o atributos junto con las relaciones entre ellos”. Según [1] “sistema es un conjunto de elementos en interacción” proponiendo que se compone de un aspecto estructural (informaciones, elementos, red de comunicaciones, límites) y un aspecto funcional, siendo así el elemento central en su propuesta Teoría General de Sistemas (1940), la cual considera que la conceptualización de “sistema” es una innovación que trasciende de manera muy importante todo lo referido desde la física y la biología hasta las ciencias sociales y del comportamiento y la filosofía, pero su estudio fue más que todo enfocado de forma muy pragmática, selectiva y conceptual, dejando abierta todo el cuestionamiento sobre la integración del concepto hacia todas las disciplinas de forma unificada.

Seguidamente, Ervin Lazlo y Stephen Pepper citados en [4], Ervin Lazlo en su Teoría de Sistemas Naturales considera que los Sistemas Sociales y Sistemas Biológicos son una subclase de los Sistemas Naturales gobernados por la autoestabilización adaptativa que los expone directamente hacia una evolución de su concepción y comportamiento por ser adaptables, todo esto lo complementa Stephen Pepper a través de sus estudios y publicaciones “Las concepciones del mundo”, “Concepto y Calidad”, entre otros denota la Teoría de Sistemas como una teoría afín con la concepción de que los sistemas aprenden a través de la obtención de mucha más información, ganada mediante su interacción con el medio sin importar si estos sistemas son organismos, organizaciones, sociedades o disciplinas científicas

Todo esto nos lleva a contemplar un “enfoque sistémico” considerando el concepto de sistema no como algo que proviene netamente de lo actual, de lo que está de moda, y por consiguiente llegar a ser considerado como algo pasajero o una técnica reciente, sino más bien ubicarlo en el contexto de la historia de las ideas; Como lo dicho en [1] los progresos que ha sufrido la Teoría

General Sistemas en el último siglo se han evidenciado en su desarrollo en áreas del conocimiento como la cibernética, la teoría de la información, la teoría de los juegos, la teoría de la decisión, la topología o matemáticas relacionales, el análisis factorial en psicología y otros campos. Esto trasciende de tal manera dentro de la realidad de la sociedad que ya se vislumbra la interpretación aplicativa y no solamente propositiva de éste concepto, es así como en [5] se distinguen los siguientes campos de aplicación:

Ingeniería de Sistemas (se emplea la cibernética y la teoría de la información)

Investigación de Operaciones (se emplea la programación lineal y la teoría de los juegos)

Ingeniería Humana (capacidades, limitaciones fisiológicas y variabilidad de los seres humanos, incluyendo la biomecánica, ingeniería psicológica, factores humanos, etc.)

En los últimos años, muchos campos pertenecientes a la sociedad tales como la biología, psicología, economía, sanidad, dirección de empresas, ciencias políticas entre otros, han manifestado con mucha mayor fuerza la colaboración de la Teoría General de Sistemas, analizado por George J. Klir en [6], éste autor explica la necesidad intrínseca en cuanto a la reinterpretación de las bases fundamentales de lo que debe constituir un sistema propiamente dicho y el área donde se desee realizar la aplicación correspondiente de la teoría.

Es así como a través de las necesidades particulares de nuevos conocimientos aplicativos, la definición de "sistema" depende del interés subjetivo que se posea para cada caso. La Teoría de Sistemas se ha enmarcado en sus inicios desde la ciencia propiamente dicha en campos tradicionales a la explicación exacta del entorno [1] lo que produjo una gran problemática en cuanto a la explicación, aplicación e interpretación en los campos biológicos, del comportamiento y sociológicos, con características muy puntuales en que son organismos vivos en cambio continuo hasta el punto de poder llegar a considerarse impredecibles, y es así donde se ve la necesidad de la introducción de nuevos modelos conceptuales que permitieran integrar diversas disciplinas evidenciados en [7], ejemplos como el estudio sobre redes de reacciones químicas[8], estudio sobre el crecimiento de las organizaciones [9] donde aplicaron los principios de la Teoría General de Sistemas propuesta en

[1] complementándola con nuevas aplicaciones totalmente distintas a la visión clásica con grandes resultados.

Estos nuevos modelos que permiten integrar el concepto de un "sistema" con distintas disciplinas le han permitido a la sociedad en general establecer sistemas en gran variedad de ámbitos, vemos que el estudio en la ingeniería humana que contempla factores humanos entre otros [5] permite la explicación de relaciones sistémicas dentro de dichos factores humanos, y una necesidad muy particular que hoy en día ha surgido con gran fuerza es el explicar "sistemas de innovación" que hacen parte fundamental de la sociedad.

Teniendo presente la aplicación del concepto de "sistema" según las necesidades particulares según el campo de acción y al adicionar el concepto de "innovación" nos arroja un escenario totalmente nuevo en vista de lo que cobija. Un sistema puede aplicar en el ámbito social [4] y la innovación entendida como un resultado de las interacciones sociales en búsqueda de un fin puede ser explicada de forma sistémica.

Ya tenemos claro que la Teoría General de Sistemas con su concepto central "sistema" se puede aplicar al ámbito social y la "innovación es, ante todo, un fenómeno social, originado en la interacción de actores diversos, cuya dinámica es responsable de la producción y transformación del conocimiento científico y tecnológico en riqueza económica, bienestar social y desarrollo humano" [10], la innovación sujeta muchas interpretaciones pero a nivel general suscita gran importancia para el desarrollo de la sociedad, en la teoría "Long Wave" [11] se sugiere que comportamientos innovadores juegan un papel significativo en la determinación del desarrollo económico y su fluctuación al largo plazo. En general la innovación es un fenómeno complejo y multidimensional y para lograr descifrar dicha complejidad se ve la necesidad de combinar diversas perspectivas teóricas [12], para tal fin podemos iniciar ver con mayor detenimiento toda la relación de diferentes ensayos y estudios realizados en concordancia de la fuerte relación entre el empresario, los riesgos y las recompensas de la innovación en diversos ámbitos de aplicación [13] en donde simplemente se demuestra que para correr riesgos hay que ser prudente, estudiar, interpretar y analizar la innovación desde el punto de vista de ser un valor primordial y a la vez agregado para

la sociedad actual, esto respaldado por [14] presentando la innovación y la colaboración de las personas que inciden en el desarrollo de la economía como una disciplina sumamente importante y sistemática.

Es de tal importancia la aplicación de estudios sobre innovación, que éste concepto ha sido llevado al ámbito de los servicios, y cómo estos deben innovar conforme el entorno de negocios así lo amerite [15] lo que trae grandes beneficios y propone investigación formal de la aplicación de servicios innovadores para fortalecer la economía internamente. En [16] la innovación es vista como un proceso dinámico en el cual, el conocimiento se acumula mediante el aprendizaje y las interacciones. De acuerdo con la Teoría Evolutiva citada en [17] la innovación se considera como un proceso social e interactivo que incorpora a diversos actores en un entorno específico y sistémico, y se establece que no sólo el conocimiento es creado de forma única a nivel de desarrollo interno de los actores, sino que también se genera de forma externa de acuerdo a las interacciones entre los mismos a través de la recombinación del conocimiento, introduciendo así la necesidad de estudiar la generación de innovación a través de las relaciones internas y externas de los diversos actores en base a los “sistemas de innovación”.

Hoy en día se ha integrado la terminología de “sistema de innovación” junto con el desarrollo de la sociedad, interpretando éste como un enfoque sistémico en la aplicación del concepto de innovación a nivel general, pero esto puede traer ciertas confusiones sobre el enfoque que se le desea dar a esta temática para el presente trabajo, la innovación será reconocida como una variable estratégica de competitividad estrechamente relacionada al territorio y al ámbito dónde se desarrolle, por lo cual, la clasificación de los Sistemas de Innovación se tomará desde [18] donde éstos son clasificados según su ámbito geográfico en transnacionales, nacionales, regionales y locales; Éstos constituyen un conjunto de instituciones, individuos y organizaciones que no siempre está instaurado de manera única debido a la gran variabilidad que estos actores puedan traer. Recordando a [16] al integrar la innovación junto con la visión de sistema se debe desplazar la perspectiva de las políticas propiamente dichas para privilegiar las interacciones entre las instituciones y poder estudiar todos los procesos intrínsecos en dichas interacciones que intervienen en la creación del conocimiento, y en su difusión y uso.

Conforme a la aplicación de dichos sistemas de innovación, nos enfocaremos primeramente en los Sistemas Nacionales de Innovación y seguidamente en los Sistemas Regionales de Innovación. Uno de los primeros autores a fines de la década de 1980 en investigar formal y rigurosamente los Sistemas Nacionales de Innovación fue Christopher Freeman enfocándola mucho más en economía en su libro “Technology Policy and Economic Policy: Lessons from Japan” [19] en donde expresa que los Sistemas Nacionales de Innovación “son redes de instituciones en los sectores públicos y privados cuyas actividades e interacciones promueven, importan, modifican y difunden nuevas tecnologías”, y rápidamente este concepto desarrollo una gran importancia en cuanto que no sólo le aportaba gran impulso al desarrollo de la innovación sino también a la aplicación práctica y efectiva de las políticas de innovación en la gestión para el liderazgo del mercado y también en el desarrollo de los países alrededor del mundo; están los aportes de [20] en donde los autores luego de alrededor de 10 años de investigación en diferentes aspectos de sistemas de innovación, sugieren el establecimiento formal del concepto de Sistemas Nacionales de Innovación, esto respaldado en que vieron la necesidad latente de tratar de proporcionarle a la sociedad una aproximación del significado de éste concepto debido a que se popularizaba cada vez más pero nadie tenía una total claridad sobre el mismo ya que proponen que este concepto es y será una herramienta fundamental dentro del desarrollo económico de los países, esto lo fundamentaron en que éstos sistemas se componen de los “elementos y las relaciones que interactúan con la producción, difusión y utilización de nuevos, y económicamente útiles, conocimientos, y se encuentran dentro de las fronteras Estado – Nación” [21]. En [22] se resalta que la competitividad de un país depende directa e indirectamente en la innovación aplicada a sus políticas y desarrollos económicos y una de los aspectos determinantes es el Sistema Nacional de Innovación que se tenga implementado en el país, teniendo en cuenta instituciones tanto públicas como privadas, de cuyas actividades e interacciones se determina la creación y difusión de innovación, y es por esto que las políticas que rigen a dicho sistema deben estar en constante estudio y evolución para adaptarse a los cambios del entorno; esto es respaldado por la OECD en el trabajo de [23] en donde se resalta la vital importancia del desarrollo de innovación para el aumento de competitividad

económica de un país, desarrollando un análisis empírico cuyo resultado fue consistente con la hipótesis propuesta de que la efectividad de la implementación de un Sistema Nacional de Innovación recae directamente en los niveles de educación que exista dentro de los países puesto que es un impacto positivo o negativo dependiendo de los niveles alcanzados, esto medido en la producción de conocimiento que se genere y análisis de involucramiento de datos. El Sistema Nacional de Innovación corresponde a “un sistema social, que tiene como actividad central el aprendizaje interactivo entre la gente” ;, varios autores coinciden en que éstos se basan en que en un gran porcentaje, todos los actores que influyen sobre las actividades de innovación poseen una dimensión Nacional (instituciones, cultura y valores) los cuales se encuentran sujetos a variables internas como estrategia, capacidades de los empleados, cultura organizacional, compromiso de la alta dirección, alianzas con agentes del sector y del entorno en general. Existen hoy en día varias publicaciones de estudios en cuanto a la presente temática que han sido sustentados a través de los criterios del Manual de Oslo (por ejemplo), estructurando encuestas nacionales, impartiendo procedimientos y métodos específicos de interpretación, análisis y sugerencias a partir de toda la información obtenida con miras hacia un desarrollo de innovación.

En [16] se determina que paralelamente a los Sistemas Nacionales de Innovación, podrían conformarse Sistemas Regionales de Innovación, esto explicado desde el punto de vista en que las instituciones públicas de investigación locales, las grandes empresas, y demás actores, pueden influir en los resultados de las regiones referente a innovación, en donde se propicia contacto con competidores, instituciones públicas de investigación, clientes, proveedores, etc., en [24] se establece la necesidad de individualizar sistemas de innovación para cada región en particular y poder analizar de forma mucho más específica la generación de innovación, en donde los agentes (actores del sistema) interactúan efectivamente al tener en cuenta su posición geográfica, el intercambio económico entre ellos y la dinámica de intercambio de conocimientos prevaleciendo temas económicos.

La necesidad de poder visualizar las interacciones entre los diferentes agentes de un sistema ha sido necesidad básica desde que todos los estudios referente a la temática se han llevado a cabo, [25] expresa algo muy importante en referente a llevar más allá la

terminología de “sistema” en cuanto implementa el concepto de homomorfismo de sistemas, para formalizar los principios de simulación y creación de modelos. Esto expresado también en [4] al citar las técnicas para simular procesos sociales y ambientales por computadoras, propuestas por Jay Forrester y muchos otros, y retomando la conceptualización de “sistemas de innovación”, podemos estar ante una oportunidad de simulación por computadora que nos permita estudiar con mucha mayor rigurosidad todas las interacciones que se llevan a cabo, esta necesidad se refuerza en lo dicho por [10] en donde se expresa que en la literatura centrada en la innovación existe una gran ausencia de modelos de simulación que tengan como objeto los sistemas y los procesos de innovación, y también se ha demostrado que las “pocas” implementaciones de dichas técnicas de simulación para el estudio de procesos concernientes a la innovación han sido sumamente exitosas y útiles[26], donde también se puede ver una gran aplicación de modelos de simulación en computadora para temas económicos [27] que van muy acorde con los principios en los que se basan para temáticas asociadas a lo social.

Luego de muchos años de investigación en procesos sociales, la simulación de los mismos ha surgido como una herramienta de última generación con creación e implementación de softwares capaz de resolver hasta cierto punto toda la incertidumbre que éste tipo de procesos poseen, como lo descrito en [28] a través de la simulación los investigadores pueden soportar sus estudios para comprender los efectos, parámetros críticos y clarificar el estado del arte con respecto al entendimiento sobre cómo dichos procesos evolucionan en el tiempo, todo esto acompañado con ahorros económicos significativos ya que no se debe implementar recursos materiales sino solo virtuales para realizar el proceso investigativo.

Según [29] se pueden diferenciar hasta cuatro enfoques de simulación, los cuales dependerán del tipo de estudio que se desee implementar y los resultados e interpretaciones que se pretendan alcanzar con dicho estudio, estos enfoques son el de Sistemas Dinámicos, Eventos Discretos, Basada en Agentes y Dinámica de Sistemas.

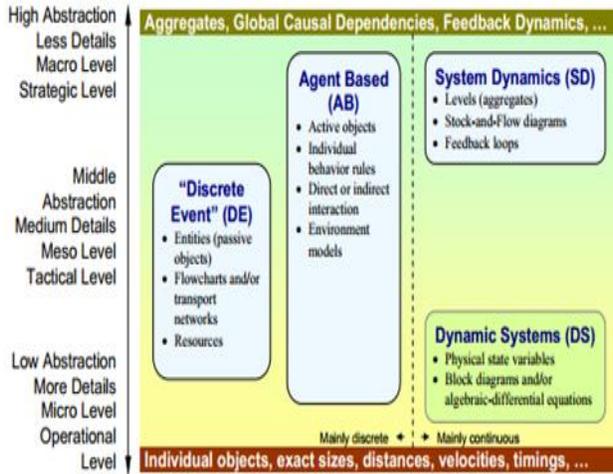


Fig. 1. Approaches (Paradigms) in Simulation Modeling on Abstraction Level Scale. [29].

Pero lo que realmente nos interesa es saber cuál es el enfoque adecuado para simular procesos sociales teniendo en cuenta el concepto de innovación el cual es nuestra finalidad. Para esto tenemos el trabajo de [30] en donde enfatizan que el enfoque más adecuado es el Modelo Basado en Agentes (MBA), esto debido a que los procesos sociales son generados por el actuar de sujetos individuales en interacción y perturbación mutua, lo cual es descrito en el MBA como comportamientos del tipo Bottom Up, lo cual significa que son aquellos que emergen del funcionamiento y operación de unidades individuales.

Este tipo de simulación brinda la flexibilidad de al menos tres posibles aplicaciones [31] :

Como solución al problema de la infra determinación empírica de las teorías sociológicas.

Explicación de fenómenos sociales a través de mecanismos que hagan alusión tanto a la acción de los individuos como a la estructura de interacción de los individuos.

Como método para evaluar políticas sociales y prever sus resultados antes de ser implantadas

Esto abre las puertas de un nuevo entendimiento de las ciencias sociales desde el modelamiento hacia ambientes computacionales, y estamos ante una explicación cuantitativa de aspectos netamente cualitativos, así como las ciencias exactas fueron descritas a través de estudios establecidos, así mismo las ciencias sociales podrían llegar a serlo mediante ésta herramienta.

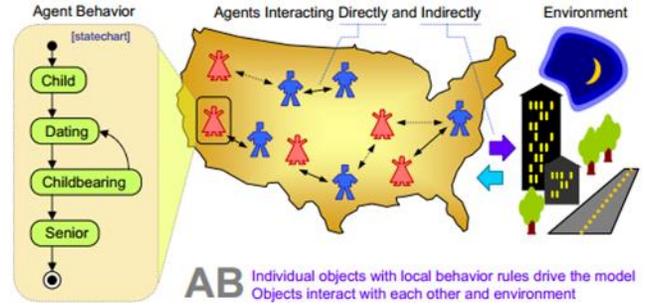


Fig. 2. Modelado Basado en Agente (MBA). Software de Simulación AnyLogic . [29].

Retomando la innovación como parte de un proceso social, dentro de la literatura aún existen pocos estudios aplicativos en modelos de simulación basadas en agentes que integren ambas temáticas, sin embargo, en los últimos años ésta temática ha tomado fuerza evidenciado en trabajos aplicativos como “Dinámicas de Conocimiento entre la Industria y Universidades en la Nanotecnología mediante Simulación Basada en Agentes” [32], ejecutando simulaciones de la dinámica existente en Software Netlogo, determinando los agentes pertenecientes al caso estudiado a través de la conceptualización de necesidades puntuales de sistemas nacionales y regionales de innovación, sus interacciones, estudiando el papel que juegan las colaboraciones, la financiación estatal y la estrategia de colaboración en el desempeño del sistema de innovación en nanotecnología. Obteniendo resultados que permitieron determinación de cómo beneficiar el desarrollo de la innovación a través de la interacción de los diferentes agentes.

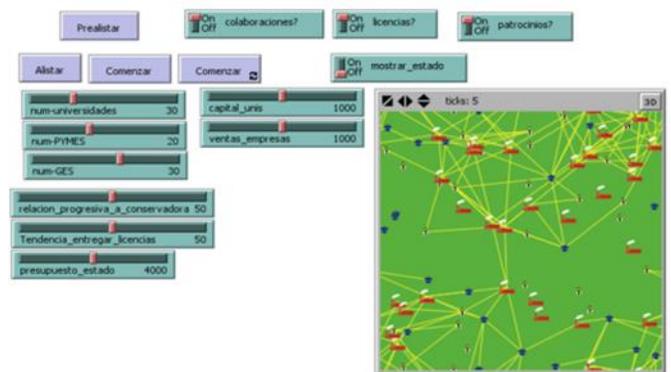


Fig. 3. MBA para un Sistema de Innovación en Nanotecnología. Tomado de [32].

Es así como debemos integrar todos los conceptos que hasta el momento hemos citado: sistema, innovación, sistema de innovación, sistema nacional de innovación, sistema regional de innovación, simulación, modelo

basado en agentes, y a partir de éstos establecer la necesidad de implementar un modelo de simulación basado en agentes del sistema regional de innovación.

### **Estructura de un SRI**

Los agentes que interactúan en un Sistema Nacional o Regional de Innovación, pueden llegar a ser agrupados de diversas formas. En primera instancia, lo propuesto por [33] puede ser clasificado en cuatro subsistemas:

✓ Las empresas y las estructuras de mercado:

Usuaris y difusoras, materializan las innovaciones en productos comercializables, son el puente entre el sistema productivo y la innovación. Su participación dependerá de la integración en redes interempresariales, la relación con los proveedores y clientes, nivel de internacionalización, estructura de los mercados y tipo de demanda, la cultura innovadora, etc.

✓ Las actuaciones públicas relacionadas con la innovación y el desarrollo tecnológico:

Establecen el marco general, legal e institucional donde se desenvuelven todos los agentes (estructura institucional, protección de la propiedad industrial e intelectual). Establecen la política tecnológica (planes de I+D+i), gestores (universidades, organismos públicos de innovación), promotores (centros tecnológicos, parques científicos y tecnológicos).

✓ La infraestructura pública y privada de soporte a la innovación:

Facilitadores de la actividad innovadora de las empresas, proporcionándoles medios humanos y materiales, información, etc.

✓ Entorno nacional/regional:

Estructura productiva, sistema financiero, sistema educativo, cultura innovadora

Seguidamente, apoyados en la literatura, podemos observar cómo llegan a existir puntos en común entre los estudios técnicos realizados. Según [34] se puede llegar a clasificar los agentes que interactúan dentro de un SRI de la siguiente forma:

✓ Las empresas:

- Agentes generadores y difusores del conocimiento
- Obligación en resistir presión competitiva
- Son las organizaciones de aprendizaje

✓ Las instituciones:

- Agentes de Investigación
- Influyentes en creación, desarrollo, transferencia y uso de tecnologías
- Estimulación de la innovación

✓ La Infraestructura del Conocimiento:

- Producir, financiar, coordinar, supervisar y evaluar esfuerzos de innovación
- Estimulación de la difusión de nuevas tecnologías (Parques Tecnológicos y Parques Científicos)
- Apoyo técnico e informativo a las empresas

✓ Política orientada a la Innovación Regional:

- Impactan a todo el sistema propiamente dicho

- Aumentar capacidad de aprendizaje y difusión del conocimiento

- Mejorar interacciones entre todos los agentes antes citados

Los enfoques presentados para la conceptualización, características y principales atributos para los agentes pertenecientes a los SRI son concebidos bajo estudios técnicos realizados por los diferentes autores, en donde éstos difieren en forma más no en la idea de fondo, esto es, que pueden aplicarse fácilmente al contexto de estudio para una región en particular [35] (la cual podría ser en la región de Antioquia, Colombia) o contexto específico [36] pues contiene características de adaptabilidad de conceptos.

### *Principales necesidades de los Sistemas Regionales de Innovación desde la literatura*

Para los agentes:

✓ En cuanto a su proximidad geográfica, cognitiva, organizacional, social, institucional, compartiendo normas, valores y leyes. Este inciso reforzado por [37], [34] y [38], en donde todos los autores coinciden en su apreciación respecto a la necesidad inherente a la proximidad geográfica que aporta grandes ventajas en términos de búsqueda de socios, aglomeraciones de empresas en distritos industriales que minimizan costos de implementación de las estrategias propuestas dentro del SRI, compartiendo conocimiento táctico, etc.

✓ Existencia de instituciones necesarias para el óptimo desarrollo.

✓ Instituciones adecuadas para emprender la innovación.

✓ Que las diversas interacciones conduzcan a transferencia del conocimiento.

✓ Estimulación interna de las instituciones para generación de conocimiento.

[39], [40], [41].

Existe un importante vínculo entre la especialización de la región y el tipo de actividades innovadoras que se realicen [33]. Respaldado por [42] que expresa que para aplicar políticas a nivel regional se deberán tener en cuenta patrones de especialización industrial, influencia del conocimiento en el proceso de innovación y conocimiento táctico, por lo tanto, las regiones no se pueden medir de igual forma.

Teniendo presente las principales necesidades inherentes de los SRI y sus generalidades muy bien estipuladas, se prosigue con todo el análisis del MBA desarrollado dentro del marco del proyecto al cual está sujeta la presente investigación, en donde se podrá establecer sus fundamentos, principales necesidades y por consiguiente se realizará una propuesta de un método de su aplicación en base a la literatura y la experiencia misma del desarrollo del modelo (esto, para la FASE III).

## FASE II - Revisión del Modelo de Simulación Basado en Agentes del Sistema Regional de Innovación

Las diversas aplicaciones de los Modelos Basados en Agentes, junto con estudios previos de viabilidad investigativa y soporte presupuestal, dentro del proyecto “Análisis de la Estructura, relaciones y dinámicas de agentes de los Sistemas Regionales de Innovación” al cual está adscrita la presente investigación, se realizó el trabajo titulado “Análisis de las dinámicas, estructuras y relaciones de los agentes del Sistema Regional de Innovación de Antioquia”, lo cual, permite visualizar un alcance determinado, el cual, a partir de la literatura expresada en [36] donde el concepto de sistemas puede aplicarse en un contexto en particular; Es así, como se analiza el Sistema de Innovación del Departamento de Antioquia (Colombia) y sus dinámicas desde las perspectiva de los sistemas adaptativos complejos a través de la simulación de un Modelo Basado en Agentes (el cual, se describe como la metodología idónea para estudios sociales según el soporte de la literatura en el Estado del Arte anteriormente estipulado dentro de la investigación, cuyas aplicaciones se ramifican a través de muchos campos del conocimiento), seguidamente, se obtuvo un modelo que relaciona variables e indicadores significativos a escala regional, el cual, explora las relaciones y estructuras entre agentes del sistema, prestando atención especial a las condiciones en las cuales se genera la innovación a nivel regional.

Todo está basado en la necesidad de poseer un instrumento claro, conciso, entendible, amigable y estandarizados para el estudio de los Sistemas Regionales de Innovación que permita ver preliminarmente si todas las hipótesis, cuestionamientos, pensamientos y demás suposiciones que se puedan presentar son correctas o al menos pueden considerarse muy probables que lo sean y así evitar los sesgos que éstas puedan provocar. Al incluir una mayor cantidad de variables en el modelo propuesto para el sistema estudiado permitiría tener en cuenta un mayor entendimiento del comportamiento de éste; Todo esto brindaría la oportunidad de desarrollar una discusión de iniciativas mucho más nutrida que pueda mostrar puntos específicos totalmente inesperados del fenómeno.

Las hipótesis a ser demostradas como parte de los objetivos se establecieron de la siguiente forma:

- ✓ Demostrar que las redes de innovación parecen someterse a un ciclo de vida en el cual el número de alianzas crece al principio, alcanzan su máximo y después declinan.
- ✓ El número de nodos generados en el sistema crece y por lo tanto el número de vínculos, sin embargo la densidad de la red parece decaer.

## Fundamentos Básicos

En base al Estado del Arte de la presente investigación se refuerza en que el desarrollo teórico de los Sistemas de Innovación, en particular, los Sistemas Regionales de Innovación, ha sido moldeado por medio de diversas escuelas de pensamientos, como la economía del aprendizaje, la teoría de red, la economía evolutiva, la economía de la innovación, entre otras [43].

El SRI de Antioquia lleva aproximadamente más de dos décadas creciendo e implementándose a partir de iniciativas locales con una aproximación de carácter *bottom-up*, donde se considera a los agentes clave del proceso como base de su construcción, es un acercamiento ágil de un todo que desea modelarse desde agentes anteriormente seleccionados, de los cuales, se tiene suficiente soporte como para que los resultados revelen una aproximación de la realidad que se pretende estudiar [44] en “Proceedings of the joint conference on multi-agent modelling for environmental management” en la ciudad de Bourg-Saint-Maurice (Francia) con su trabajo “Bottom-up approaches to building agent-based models: discussing the need for a platform”, donde brindan una guía para programadores novatos y/o experimentados durante el desarrollo de Modelos Basados en Agentes, en particular, con una aproximación “bottom-up”, a la cual se le realiza una completa revisión de literatura y aplicativa. En los años ochenta, la región de Antioquia se establecía como una de las regiones que disponía de una estructura básica de ciencia y tecnología con grandes fortalezas (sectores público, académico y productivo), planteando así retos a futuro en cuanto al desarrollo de una política de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) que fuera la estructura en donde se realizara la interacción entre los agentes, que hace parte fundamental para la generación de innovación, recordando así a [10] [36]. En los años noventa hubo un cambio significativo en Colombia debido a la reestructuración de la constitución, dentro de dichos cambios se impactó directamente a las regiones otorgándoles cierta autonomía en la toma de atribuciones, decisiones y funciones, esto, con aras de potencializar el desarrollo de capacidades e instituciones acompañado de infraestructura para un Sistema de Ciencia e Innovación, pero quedándose corto en cuanto a políticas de dinámicas de innovación en las regiones. Ya en la última década se establece el Comité Universidad-Empresa-Estado vinculado con los Consejos Regionales de Competitividad y el Consejo Departamental de CTI, esto, impacta directamente en el óptimo desarrollo que la región de Antioquia ha tenido en cuanto a innovación entre sus diferentes del SRI [18].

### *Contexto SRI y sus agentes: Región Antioquia (Colombia)*

Retomando la literatura, autores como [45] definen un SRI como la infraestructura institucional que apoya la

innovación en la estructura productiva de la región presentando dos elementos centrales: Una red de agentes (exploradores, explotadores, catalizadores y reguladores del conocimiento) y “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 [43]. A su vez, se debe tener en cuenta la interacción en un ambiente definido a nivel geográfico rigiéndose mediante políticas comunes de carácter sectorial, regional o nacional, recordando a [34]. Asumiendo así la aplicación de políticas regionales (dado el caso del análisis de SRI) teniendo en cuenta la especialización industrial, influencia del conocimiento en el proceso de innovación y conocimiento táctico, recordando a [42], lo cual es una necesidad inherente en el desarrollo de los SRI.

De esta forma, se debe analizar los SRI en base a la definición antes descrita, en la cual, estos sistemas están compuestos por varios sub-sistemas de actores o agentes:

1. Explotadores: Aplican y explotan el conocimiento (empresas – clientes, proveedores, competidores)
2. Exploradores: Producen y difunden conocimiento y habilidades (instituciones de investigación – laboratorios, instituciones educativas, etc.)
3. Catalizadores: Facilitadores de la transferencia y utilización del conocimiento [46] La idea central
4. Reguladores: Brindar lineamientos y coordinar la red de innovación (Agencia Nacional de Innovación, y para la región propiamente dicha las políticas del gobierno regional)

Para el desarrollo óptimo de la interacción necesaria de todos estos agentes es imprescindible el entorno donde se lleve a cabo dicha interacción, esto, gracias a que la generación de la innovación nunca podrá realizarse de forma totalmente interna dentro de los agentes, para esto, se debe aplicar exhaustivamente el concepto de “Open Innovation” (Innovación Abierta) reconociendo que la innovación no podrá generarse de manera aislada, y, por lo tanto, necesita siempre adquirir las ideas y los recursos del entorno exterior [47].

Para el caso en específico del SRI de Antioquia en el Modelo que se desarrolló se planteó como supuesto que el principal agente en el sub-sistema generador de las políticas es: el “Gobierno Regional”, dicho agente fue representado como el Entorno en el cual se desarrolla el SRI, definiendo así las políticas, traza de los procesos de innovación, estableciendo a su vez el marco de interacción entre los actores; Todo esto tiene una base fundamentada en la realidad que hoy en día se ve en la región donde no hay presencia de una Agencia Regional que lidere como agente principal del sub-sistema del SRI.

A su vez, para éste SRI en específico se debe rescatar

que va en búsqueda de apoyos de conocimiento, económicos y experticia de otros organismos a nivel tanto nacional (Sistema Nacional de Innovación) como a nivel internacional (organizaciones internacionales, etc.) para así poder adaptar dichos conocimientos a nivel de la región.

Es así que a nivel interno, luego de una constante retroalimentación de varias experiencias y aprendizaje, los actores que componen el SRI de Antioquia han implementado relaciones bidireccionales como: Convenios, proyectos de investigación conjuntos, publicaciones, gestión de proyectos de investigación, prestación de bienes y servicios, organización de eventos de relacionamiento entre los actores, servicios de asesorías y consultorías, llevando así al sistema al aprendizaje por la vía de capacidades y competencias.



Fig. 4. Modelo del Sistema Regional de Innovación de Antioquia. Tomado de “Análisis de las dinámicas, estructuras y relaciones de los agentes del Sistema Regional de Innovación de Antioquia”, Grupo de Investigación GTI y GISAI, UPB, Medellín, 2014

Éste SRI se encuentra a su vez sujeto a la adaptabilidad, esto, referente a las propiedades que debe tener como un sistema que no sea estático y fácilmente predecible ya que sería totalmente irrelevante estudiar factores sociales que son altamente complejos, por lo tanto, el SRI se debe tomar como un Sistema Adaptativo Complejo (SAC), donde este posee cierta capacidad de respuesta frente a cambios en el entorno mediante mecanismos como el aprendizaje a escala individual o la selección y reemplazo, esto directamente se refiere a los Sistemas Auto-Organizados que cumplen con: Aumento del Orden [48], autonomía, adaptación (aprendizaje y evolución), robustez, anticipación (cognición) y dinamismo [49], todas estas propiedades deberán estar sujetas a la adaptabilidad de forma íntegra, a la interacción entre las mismas y reglas establecidas, todo esto, para que sea posible que el sistema cumpla en su totalidad.

Esto nos lleva al concepto de “agentes inteligentes”, los cuales son el principal componente dentro de un Sistema de Innovación, y se extrapola al ámbito de la innovación estarán descritos mediante las siguientes

propiedades [50] :

- ✓ Autonomía: Los agentes pueden tener sus propias motivaciones a partir de las cuales generan autónomamente sus objetivos.
- ✓ Comunicación: Capacidad de cada agente de conversar utilizando un lenguaje basado en ontologías<sup>1</sup> [51] y realizar intervenciones asíncronas.
- ✓ Movilidad: Habilidad del agente de moverse en el ambiente; un agente puede alojarse en cualquier nodo y realizar sus tareas utilizando los recursos locales, para después volver a su nodo origen llevando la información procesada.
- ✓ Racionalidad: Los agentes tienen un conjunto de objetivos definidos, y emprenden acciones para conseguirlo.
- ✓ Inteligencia: Generalmente, la cualidad de inteligencia es asociada directamente con el concepto de agente. Debido a que un agente debe analizar, ordenar ideas y conocimiento sobre el entorno para llegar a una conclusión, y tomar acción de forma autónoma, es necesario implementar esta característica utilizando alguna tecnología (algún software), imprimiéndole así, inteligencia al agente.
- ✓ Razonamiento: Se refiere a que un agente puede decidir qué objetivo perseguir o a qué evento reaccionar, cómo actuar para conseguir el objetivo, o suspender o abandonar un objetivo para dedicarse a otro [52]. Es la capacidad de ordenar ideas con el fin de concluir algo.
- ✓ Reactividad: Los agentes perciben su entorno respondiendo a los cambios que ocurren en él.
- ✓ Sociabilidad: Los agentes interactúan con otros agentes mediante algún tipo de comunicación y convenios colectivos

#### Propuesta del MBA para el SRI de Antioquia

En base al concepto de Sistema Adaptativo Complejo (SAC) y todo lo que éste incluye desde sus fundamentos, se formuló el Modelo Basado en Agentes para el SRI de Antioquia. Dentro del proyecto se establecieron los siguientes lineamientos teniendo presente la realidad del sistema en sí mismo y la extensa revisión de literatura:

1. Amplia interacción entre los agentes que operan en el ámbito local y carencia de 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
7. Evaluación continua

El modelo integró dos aspectos diferentes:

1. Dimensión territorial de la innovación
2. Carácter Sistemático y Sistémico [53].

Se diseñó de acuerdo a la metodología propuesta por [54] :

1. Articulación del problema, respondiendo preguntas como: ¿cuáles son las variables y conceptos clave? Facilitando la delimitación del horizonte de tiempo para el modelo y también conociendo el comportamiento histórico de las variables y conceptos clave.
2. Formulación de la hipótesis, utilizando modos y modelos de referencia y se buscan datos que soporten el modelo.
3. Formulación del modelo y simulación, en donde se especifica la estructura del modelo, parámetros y condiciones iniciales.

Es así como en la Tabla 1 Variables del Modelo de SRI de Antioquia, se determinan las variables seleccionadas.

TABLA I  
VARIABLES DEL MODELO DE SRI DE ANTIOQUIA.

Variables del modelo de SRI	Explicación de la variable	Variables del modelo de SRI	Explicación de la variable
E_interrelación	Es la longitud del vínculo de una empresa (agente explorador) con otros agentes del sistema medido en parches de distancia, implica un grado de relación geográfica.	Exploradores	Es el número de agentes Exploradores (empresas) que va a tener el sistema en la simulación.
U_interrelación	Es la longitud del vínculo de una Universidad (agente explorador) con otros agentes del sistema medido en parches de distancia, implica un grado de relación geográfica.	Exploradores	Es el número de agentes Exploradores (universidades) que va a tener el sistema en la simulación.
%Empresa	Porcentaje de participación de los agentes Exploradores (empresas) dentro del sistema.	Catalizadores	Es el número de agentes catalizadores (centros tecnológicos) que va a tener el sistema en la simulación.
%Universidad	Porcentaje de participación de los agentes Exploradores (Universidades) dentro del sistema	%I+D	Es el porcentaje de Investigación y Desarrollo Nacional a simular para el SRI.
P_Universidad	Variable aleatoria de asignación de recursos dentro del sistema.	Imagen	La forma grafica con la cual se va a simular el SRI, puede ser sin imagen, imagen Antioquia o Imagen desigual de Antioquia.
P_Empresa	Variable aleatoria de asignación de recursos dentro del sistema.		

Para este modelo, las variables de entrada (inputs) fueron:

☐ %I+D.

☐ Número de agentes regionales en el sistema (exploradores, explotadores, catalizadores, gobierno).

Otras variables de importancia para la modelación son:

☐ El número de vínculos, el cual está representado dentro de la teoría de los SAC por dos variables: E\_interrelación y U\_interrelación.

☐ En los SAC, la interacción entre los agentes y el entorno es importante porque muestra cómo los agentes se desenvuelven y cómo varían los resultados.

☐ Existen para el modelo algunas variables aleatorias que simulan la asignación de recursos dentro del sistema para los diferentes agentes

Para medir el comportamiento regional de la innovación se utilizaron las siguientes medidas de desempeño:

- ☐ Publicaciones científicas
- ☐ Patentes
- ☐ Vínculos del sistema y densidad de red.

Para el diseño del sistema se estimó un límite de tiempo de 5 años, tiempo prudentemente en el cual un sistema puede desarrollar y generar proyectos, patentes y publicaciones.

Con la ayuda del programa NetLogo versión 5.0.3 (INSISOC, n.d.) se desarrolló un modelo del SRI para Antioquia con las variables, parámetros, tiempos y resultados antes mencionados. Un esquema de este modelo se puede ver en las Figuras 5, 6 y 7.

El modelo cuenta con una interfaz de simulación para el usuario, donde se pueden manipular a voluntad los parámetros antes mencionados. Éstos se encuentran ubicados en el lado izquierdo de la pantalla, en ese mismo lado, se pueden encontrar también gráficos y monitores de resultados de las simulaciones.

La interfaz cuenta con dos botones de comando: Preparar\_SRI y Simular\_SRI. Una vez elegidos los parámetros de la simulación se utilizan ambos botones. La interfaz de simulación cuenta con tres tipos de imágenes del SRI de Antioquia que se encuentran al lado derecho:

- ☐ Sin Mapa
- ☐ Mapa Antioquia
- ☐ Distribución desigual Antioquia

Para el diseño del modelo de SRI de Antioquia se proponen diferentes tipos de configuraciones espaciales ya que desde [34] se ha establecido que aún no se ha podido determinar, a ciencia cierta, cómo se puede representar gráficamente un SRI.

La primera de ellas permite estudiar y simular las redes dentro de un entorno sin distribuciones espaciales, es una dinámica más amplia sin una división territorial dentro de las empresas. Para la segunda se estudia la configuración espacial de las redes, territorios y agentes. En la Tabla 2 Regiones de Antioquia y distribución de Agentes, se puede observar que la distribución de los agentes en el departamento no es equitativa, ya que el 69% de ellos se encuentra en el Valle de Aburra, un área pequeña comparada con el resto de territorio. Sin embargo da una muestra real de las dinámicas de redes del departamento.

TABLA II

REGIONES DE ANTIOQUIA Y DISTRIBUCIÓN DE AGENTES. TOMADO DE “ANÁLISIS DE LAS DINÁMICAS, ESTRUCTURAS Y RELACIONES DE LOS AGENTES DEL SISTEMA REGIONAL DE INNOVACIÓN DE ANTIOQUIA”, GRUPO DE INVESTIGACIÓN GTI Y GISAI, UPB, MEDELLÍN, 2014.

Subregión de Antioquia	Distribución de Agentes
Bajo Cauca	2%
Magdalena	
Medio	5%
Nordeste	4%
Norte	3%
Occidente	1%
Oriente	7%
Suroeste	4%
Urabá	5%
Valle de Aburra	69%
9 Regiones	100%

Finalmente, se propone la distribución desigual de Antioquia, una propuesta gráfica para estudiar las dinámicas y las redes dentro del área ocupada destinada por los agentes. Surge entonces la pregunta: ¿Cuál debería ser el espacio requerido para una población que se estima en 69% de los agentes? Con base en esta pregunta se destinaron áreas de posible ocupación para los agentes en cada región según el porcentaje de agentes.

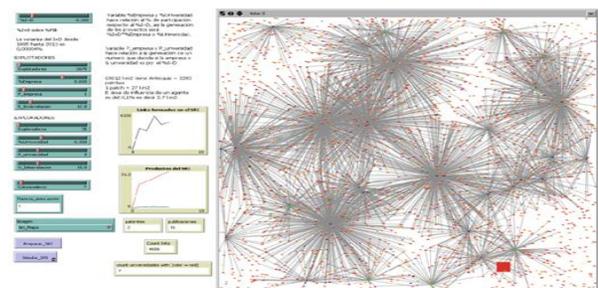


Fig. 5. Simulación SRI sin mapa. Tomado de “Análisis de las dinámicas, estructuras y relaciones de los agentes del Sistema Regional de Innovación de Antioquia”, Grupo de Investigación GTI y GISAI, UPB, Medellín, 2014

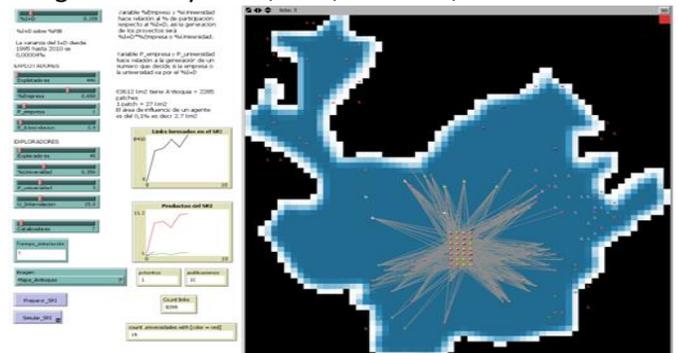


Fig. 6. Simulación SRI con mapa de Antioquia. Tomado de “Análisis de las dinámicas, estructuras y relaciones de los agentes del Sistema Regional de Innovación de Antioquia”, Grupo de Investigación GTI y GISAI, UPB, Medellín, 2014

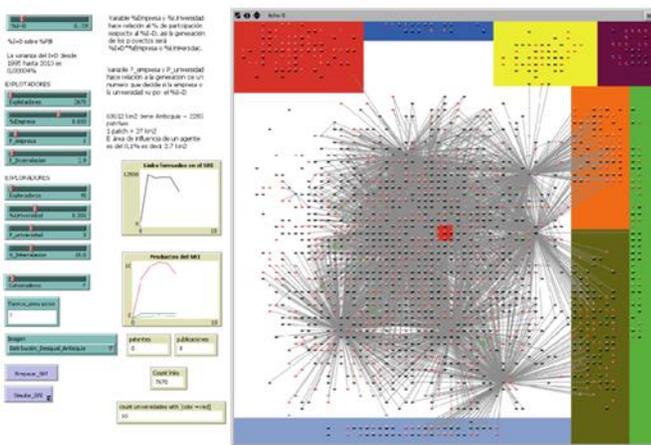
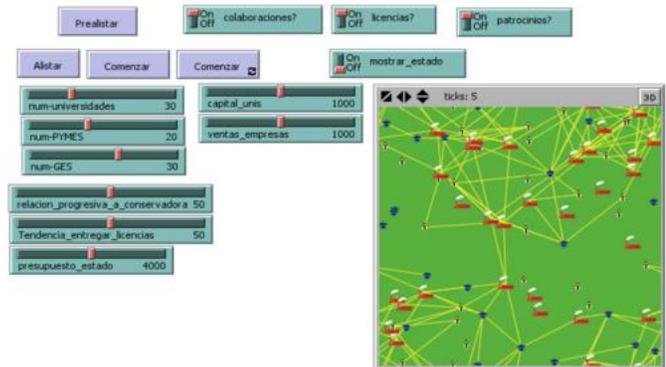


Fig. 7. Simulación SRI con Distribución desigual Antioquia. Tomado de “Análisis de las dinámicas, estructuras y relaciones de los agentes del Sistema Regional de Innovación de Antioquia”, Grupo de Investigación GTI y GISAI, UPB, Medellín, 2014

Ecuación 2: Coeficiente de clusterización en una red. Tomado de “Análisis de las dinámicas, estructuras y relaciones de los agentes del Sistema Regional de Innovación de Antioquia”, Grupo de Investigación GTI y GISAI, UPB, Medellín, 2014

$$C = \frac{1}{n} \sum C_i$$

Otra propiedad para estudiar las redes es la dada por los grados de distribución, que consiste en describir en forma de histograma qué cantidad de vértices tienen los agentes del sistema, evidenciando su nivel de



Como se puede observar en las Figuras 8, 9 y 10 se presenta de manera muy visual cómo el comportamiento dinámico y relacional de los SRI se conceptualiza como una red, aunque la definición formal de una red es útil en el desarrollo matemático de la teoría, para esta caso basta con considerar que una red es un montón de nodos entre los que existen conexiones, incluso, en un mismo conjunto de nodos se puede definir redes diferentes dependiendo de cómo se hayan definido las conexiones [55].

Seguidamente, teniendo el concepto de red presente, se debe realizar el análisis de la misma. El análisis de redes utiliza propiedades particulares para estudiar su comportamiento como: coeficiente de clusterización de red y grados de distribución de la red, que permiten determinar cuán conectada es la red de agentes en el SRI [56].

Ecuación 1: Clusterización en una red. Tomado de “Análisis de las dinámicas, estructuras y relaciones de los agentes del Sistema Regional de Innovación de Antioquia”, Grupo de Investigación GTI y GISAI, UPB, Medellín, 2014

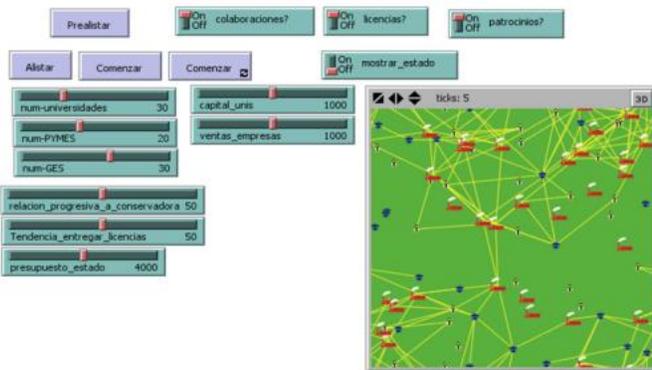
conectividad [56].

Propiedades mediante las cuales se puede realizar todo el análisis del SRI con un soporte matemático y estadístico que puede ser profundizado

Es así como el modelo queda abierto para su aplicación tomando en consideración el entorno y las características fundamentales de los agentes del SRI de Antioquia en donde se requiere un gran esfuerzo para la recolección de datos, visitas de campo, desarrollo de herramientas para todo el estudio, etc., y esto ya es considerado mucho más a profundidad dentro del macro proyecto al cual está sujeto. Para el alcance de la presente investigación solo es necesario comprender su estructura en general, sus necesidades, cómo se concibió y desarrolló.

Información fundamental es que a través del modelo de simulación se puede observar que el SRI en Antioquia responde a una agrupación compleja de agentes que, a través del tiempo, busca agrupaciones de otros agentes para cooperar en el sistema, aprendiendo mediante reglas a transformar este espacio. De esta forma se puede evidenciar que el SRI en Antioquia responde a las

características de un Sistema Adaptativo Complejo, abarcando así la ciencia de la complejidad como medio para entender las comunidades inmersas en los diversos SRI. En éste Sistema hay mayor cantidad de redes centralizadas en Medellín, esto se debe principalmente a que un vasto porcentaje de los agentes regionales,



aproximadamente 69% (Subregión Valle de Aburrá), se encuentran en dicha sub-región.

#### Principales Necesidades

La idea central en la literatura sobre Sistemas Regionales de Innovación es que el rendimiento de la economía depende directamente de las capacidades de innovación de las entidades e instituciones de investigación y de las diversas formas en que éstas interactúan con las instituciones públicas, entrando también en consideración con el marco legal y regulatorio, y a su vez con las variables de la demanda a suplir de acuerdo al contexto [53]; Es fundamental establecer prioridades en la promoción de innovación y diseñar políticas claras e implementar una apropiada combinación de herramientas que soporten la definición de dichas prioridades; es de suma importancia establecer cómo es producido el conocimiento, el tipo de conocimiento que es producido y cómo se organiza la interacción entre los agentes.

Como el modelo se diseñó de acuerdo a la metodología propuesta por [54]:

1. Articulación del problema, respondiendo preguntas como: ¿cuáles son las variables y conceptos clave? Facilitando la delimitación del horizonte de tiempo para el modelo y también conociendo el comportamiento histórico de las variables y conceptos clave.
2. Formulación de la hipótesis, utilizando modos y modelos de referencia y se buscan datos que soporten el modelo.
3. Formulación del modelo y simulación, en donde se especifica la estructura del modelo, parámetros y condiciones iniciales.

Resulta vital identificar estas 3 instancias con suma claridad, desde la perspectiva de la región en específica.

## IV.RESULTADOS

FASE II - Estudio y análisis de toda la información obtenida. Propuesta aplicación MBA

### ALCANCE

Los Sistemas Regionales de Innovación poseen diferentes características en diferentes regiones dependiendo en la especialización industrial que ésta posea [57] y a su vez, los SRI pueden ser muy diferentes entre regiones con similares estructuras industriales. Es por eso que se define anteriormente el alcance centrando todo en la Región de Antioquia – Colombia, en donde no se puede generalizar e implementar toda la investigación ya aplicada de forma genérica.

### JUSTIFICACIÓN

De acuerdo a todo el análisis desde la literatura y al MBA para el SRI de Antioquia desarrollado, se pueden encontrar varios puntos en común que solo el conocimiento empírico y científico pueden lograr de forma óptima, ésta es la razón por la cual se limitó el estudio a soportar desde el Estado del Arte, estudios anteriores, revisión bibliográfica, necesidades inherentes al concepto de SRI y todo lo que éste conlleva, y claro está, de todas las necesidades que el MBA desarrollado posee para lograr enmarcar un análisis totalmente objetivo con miras hacia proponer un método de aplicación del mismo de forma eficaz que logre establecer un estándar fácilmente comprensible para el lector.[58]

TABLA III

MAGNITUDES Y UNIDADES PRINCIPALES DEL SISTEMA MKSA.  
NOMBRES DE ALGUNOS COMPONENTES CAUSANTES.

NECESIDADES S.R.I	NECESIDADES MODELO DESARROLLADO
Para los <i>agentes</i> : En cuanto a su proximidad geográfica, cognitiva, organizacional, social, institucional, compartiendo normas, valores y leyes. Este inciso reforzado por [37] [34] y [38] en donde todos los autores coinciden en su apreciación respecto a la necesidad inherente a la proximidad geográfica que	La idea central en la literatura sobre Sistemas Regionales de Innovación es que el rendimiento de la economía depende directamente de las capacidades de innovación de las entidades e instituciones de investigación y de las diversas formas en que

aporta grandes ventajas en términos de búsqueda de socios, aglomeraciones de empresas en distritos industriales que minimizan costos de implementación de las estrategias propuestas dentro del SRI, compartiendo conocimiento táctico, etc.

Existencia de instituciones necesarias para el óptimo desarrollo.

Instituciones adecuadas para emprender la innovación.

Que las diversas interacciones conduzcan a transferencia del conocimiento.

Estimulación interna de las instituciones para generación de conocimiento.

[39], [40], [41].

Existe un importante vínculo entre la especialización de la región y el tipo de actividades innovadores que se realicen [33]. Respaldado por [42] que expresa que para aplicar políticas a nivel regional se deberán tener en cuenta patrones de especialización industrial, influencia del conocimiento en el proceso de innovación y

éstas interactúan con las instituciones públicas, entrando también en consideración con el marco legal y regulatorio, y a su vez con las variables de la demanda a suplir de acuerdo al contexto [53]; Es fundamental establecer prioridades en la promoción de innovación y diseñar políticas claras e implementar una apropiada combinación de herramientas que soporten la definición de dichas prioridades; es de suma importancia establecer cómo es producido el conocimiento, el tipo de conocimiento que es producido y cómo se organiza la interacción entre los agentes.

conocimiento táctico, por lo tanto, las regiones no se pueden medir de igual forma.	
---	--

A pesar que se tiene un gran componente de revisión e información, se deseó resumir los puntos clave en la Tabla 3 Principales Necesidades, para que de ésta manera se tenga una visión mucho más global pero sin desmeritar todo lo que hasta el momento se ha venido agregando conforme la investigación ha ido avanzando. [59]

En un primer momento se debe reconocer que la esencia en sí misma de los agentes que interactúan en un SRI no se encuentra inmersa en sí mismo sino más bien en el entorno en que se desarrollen. Es por eso que desde [18] en donde se realiza una revisión internacional realmente exhaustiva de las buenas prácticas de programas que promuevan los Sistemas Regionales de Innovación, se pueden dar pautas a los gobiernos regionales sobre cómo poder desarrollar un óptimo Sistema Regional de Innovación y mucho más si ya se tiene un MBA del SRI de Antioquia. Esto se describe en tomar el modelo correspondiente y acompañarlo de políticas establecidas para la transferencia de tecnología, creación de “clusters”, fortalecer la relación universidad-empresa desde todos los ámbitos y programas con un enfoque claramente territorial, es aquí donde vamos encontrando puntos en común de las necesidades a satisfacer tanto para los SRI propiamente dichos como para el modelo desarrollado (ver Tabla 3 Principales Necesidades)[60]. Posteriormente se debe asegurar fuentes de información para todos los actores, por ejemplo “The Economic Commission for Latin America and the Caribbean (UN-ECLAC) Science and Technology for Development (CYTDES)”, “Erawatch”, las páginas del “Inter-American Development Bank (IADB)” y el “World Bank” y así desarrollar los programas que soporten en SRI con la siguiente estructura: Título del Programa, Política (que incluya el desarrollo regional y el desarrollo empresarial), Política General (compromiso de los actores, colectividad de servicios y colaboradores de gran escala), Tipo de Programa (características principales), Agencia encargada (institución regional o nacional a cargo de la coordinación y la implementación), Palabras Claves, Característica Principal (un breve resumen del programa), Fortalezas y debilidades del programa, Descripción completa del programa, Objetivo General, Objetivos Específicos, Grupos Focales, Modo de

funcionamiento y selección de los beneficiarios, Duración, Financiamiento, Costos asociados, Presupuesto general especificando cada fuente de financiamiento para cada actividad/etapa/fase, Resultados, Evaluación, Link (si aplica para página web);[61][62] todos estos incisos pueden representarte mediante una matriz lo más entendible posible, se comunica, se documenta muy bien, se le realiza la trazabilidad establecida y se debe regir dentro de los lineamientos del gobierno regional.

Pueden aplicarse diferentes tipos de programas:

- ✓ Programas para Transferencia de Tecnología
- ✓ Programas con un claro foco en el Territorio
- ✓ Programas para conformar “Clusters” y desarrollarlos
- ✓ Programas enfocadas hacia el fortalecimiento de la relación universidad – empresa

El control para cada uno de estos programas para asegurar que realmente están generando un gran impacto positivo deberá realizarse desde las cifras de nuevos puestos de trabajo generados, cantidad de inversiones para nuevas empresas creadas, etc.[63]; también se debe considerar al especialización de la región y las políticas más apropiadas de acuerdo a sus especificidades, y finalmente se debe evaluar todos los objetivos propuestos para cada programa para que su desarrollo sea íntegro y efectivo y no solo cumpla con ciertas partes porque de lo contrario no sería sostenible en el tiempo.

Para el establecimiento de programas dentro del entorno regional es necesario:

1. Claridad de motivación para la intervención
2. Especialización del programa
3. Establecer objetivos reales y cumplibles
4. Soporte público
5. La importancia de la Triple Hélice: Universidad – Empresa – Estado
6. Compromiso del sector privado
7. Buen uso de los bienes
8. Intermediación de “clusters”

Asegurando un entorno saludable se tiene una alta probabilidad de que al implementar un SRI se logre impactar positivamente la generación de innovación.[64] Pero, esto no basta, no es suficiente para asegurar que si se toma el MBA del SRI de Antioquia se logre cubrir todas las necesidades antes descritas.

## **ESTRUCTURA**

Para el MBA del SRI de Antioquia se tomó como referencia para su diseño la metodología propuesta por [54] compuesta por tres instancias, lo que se busca en este momento de la investigación es tomar todo lo desarrollado e implementar ciertos pasos luego de una exhaustiva revisión de literatura que dé respuesta a las necesidades inherentes del concepto de SRI y el Modelo que ya se ha corrido y entregar un derrotero en el cual se particularicen todas las necesidades entrecruzadas.[65]

En base a todo lo visto hasta el momento, en este punto de la investigación se determinan los parámetros que se debe cumplir para implementar el modelo:

- ✓ Estructuras espacio-temporales
- ✓ Múltiples estados estables
- ✓ Bifurcaciones
- ✓ Determinar muy bien las dinámicas de interacción entre un agente y el entorno para que de esta forma se pueda originar una estructura o funcionalidad emergente
- ✓ Agrupamiento de especialistas[66]
- ✓ Al implementar es de resaltar un patrón conocido que muestra las propiedades deseadas emergentes (los patrones proporcionan efectivas soluciones reutilizables a problemas recurrentes)

Se deben tener muy bien identificados los agentes Reguladores, Explotadores, Exploradores y Catalizadores, revisándole a cada uno si está integrado a un Programa, lo cual es muy importante como ya antes lo habíamos citado.[67]

La aplicación de nuevos conocimientos obtenidos a través de la apertura internacional para incorporar modelos internacionales a nivel regional que aporten nuevas e innovadoras herramientas.

La innovación vista desde James (1979) como crear e introducir soluciones originales a las necesidades existentes y las nuevas que surjan debe ser el pilar que permita enfocar los esfuerzos para una búsqueda de conocimiento y que la generación de utilidades para todos los actores se derive de este esfuerzo.

Se deben implementar estudios apoyados por el gobierno regional enfocados hacia cuales son las temáticas especializadas que existen para la región de Antioquia en específico y así poder llegar a explotar las mayores capacidades y ventajas que se poseen.[68]

Es de resaltar que cuando se incorpora una ayuda tecnológica como un software (el cual se pudo observar en el MBA del SRI de Antioquia) es inherente a la simulación que nunca se tomarán en cuenta todas las variables que entran en juego y que ésta herramienta le aporta “inteligencia” a todos los agentes, pero antes de

esto, se debe analizar muy bien cómo y por qué se les están otorgando ciertas características y rasgos y determinar si en realidad si se está cumpliendo mínimamente con dichas características. [69] Finalmente, se propone la distribución desigual de Antioquia, una propuesta gráfica para estudiar las dinámicas y las redes dentro del área ocupada destinada por los agentes. Surge entonces la pregunta: ¿Cuál debería ser el espacio requerido para una población que se estima en 69% de los agentes? Con base en esta pregunta se destinaron áreas de posible ocupación para los agentes en cada región según el porcentaje de agentes.

## V. CONCLUSIONES

El desarrollo de políticas nacionales y regionales siempre estarán sujetas al factor humano que muchas veces ese el impedimento primordial para asegurar el avance hacia nuevas realidades propuestas desde la academia. Muchos de estos tipos de investigaciones, a pesar de que poseen un fundamento y financiamiento muy visible, muchas veces se quedan en proyectos debido a que no existe una verdadera comunicación entre los diversos actores, la universidad, perteneciente a Triple Hélice: Universidad – Empresa – Estado, es fundamental para el desarrollo del SRI, pero si no hay colaboración de los 3 a la vez no hay esfuerzo que valga.[70]

Respecto al punto de vista territorial, vemos que para la región de Antioquia, su producción en un 69% respecto a innovación se encuentra focalizada en la subregión del Valle de Aburrá, [71] y lo que se busca con este trabajo es precisamente determinar cómo suplir las necesidades del SRI de forma equitativa, proponiendo programas y la forma cómo estos deben ser gestionados y estar sujetos siempre al seguimiento.

La propuesta para un método de aplicación para un MBA de los SRI aún está lejos de poder ser considerada como algo totalmente tangible, estandarizada y puntual, esto debido a que si establecemos desde la literatura aún hay muchos conceptos que poseen muchas formas de interpretación y a su vez se encuentra el factor de la “realidad” entendiendo éste como que a pesar de que se puedan brindar lineamientos fuertemente argumentados, nada es posible sin una verdadera gestión del conocimiento, un apoyo íntegro en programas que sustenten el SRI, un entendimiento transparente y sincero por parte de los gobiernos regionales que prioricen sobre lo que realmente importa.[72] Así pues, el camino está trazado y se recomienda que es importante acompañar modelos basados en agentes

para aplicaciones en las ciencias sociales desde la argumentación más amena y entendible y no tan matemática y estadística como se realizó para el presente trabajo,[73] para así acercar mucho más la academia con el diario vivir y que se entienda que existe la necesidad de que el público en general tenga más interacción con estas temáticas[74][75].

“Como trabajo futuro bajo una perspectiva bottom-up, se propone comprender aún mejor aquellas dinámicas de red de patrones de comunicación entre los agentes del sistema, así como de patrones de invención y aprendizaje, en especial, aquel aprendizaje de carácter localizado que permite la especialización de los agentes y, por consiguiente, un mejor desempeño. De igual forma se recomienda realizar modelos que permitan conocer los fenómenos emergentes en los SRI como patrones de compartición del conocimiento y sus procedimientos localizados de búsqueda y exploración, la integración y especialización de redes localizadas y el consiguiente alineamiento de los modos de gobernanza, así como la dependencia de las trayectorias históricas de sus procesos de innovación” Tomado de “Análisis de las dinámicas, estructuras y relaciones de los agentes del Sistema Regional de Innovación de Antioquia”, Grupo de Investigación GTI y GISAI, UPB, Medellín, 2014.[76][77][78].

## REFERENCIAS

- [1] L. V. Bertalanffy, Teoría General de los Sistemas. (J. Almela, Trad.) 1976.
- [2] J. P. Gigch, Teoría General de Sistemas. México: Trillas. 2004
- [3] B. Wilson, Sistemas: Conceptos, metodología y aplicaciones. México: Limusa. 1993
- [4] R. Lilienfeld, Teoría de Sistemas Orígenes y Aplicaciones en ciencias sociales. México D.F: Trillas. 1984
- [5] R. Ackoff, Games, Decisions, and Organization. General Systems, 145 - 150. 1959
- [6] L. V. Bertalanffy, W. R. Ashby, & G. M. Weinberg, Tendencias en la Teoría General de Sistemas. Madrid. 1978
- [7] W. R. Ashby, Can a Mechanical Chess-Player Outplay its Designer. British Journal of Philosophy of Science, 44. 1952
- [8] D. F. Bradley & M. Calvin, Behavior: Imbalance in a Network of Chemical Transformation. General Systems, 56 - 65. 1956
- [9] M. Haire, Biological Models and Empirical History of The Growth of Organizations. New York. 1959

- [10] J. Robledo, & Y. Ceballos, Estudio de un proceso de innovación utilizando la dinámica de sistemas. Cuadernos de Administración, 127 - 159. 2008
- [11] C. Freeman, Unemployment and Technical Innovation: A Study of Long Waves and Economic Development. (J. Clark, Ed.) London. 1982
- [12] Lundvall, B. A., & Lindgaard, J. Product Innovation, interactive learning and economic performance. Elsevier. 2004
- [13] J. A. Schumpeter, Essays on entrepreneurs, innovations, business cycles, and the evolution of capitalism. Transaction. 2006
- [14] Drucker, P. F. (1986). Innovation and Entrepreneurship. Harper Prenal. 1986
- [15] Metcalfe, J. S., & Miles, I. (). Innovation Systems in the Service Economy. Kluwer Academic Publisher. 2000
- [16] EUROSTAT & OECD. Oslo Manual: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data, 3rd Edition. 2005.
- [17] Feria, M., Rodríguez, M., & Herrera, S. (2012). El Sistema Regional de Innovación en Aguascalientes (México): Entre el Discurso y la Realidad. Cuadernos de Administración, 163 - 184.
- [18] Llísterri, J. J., & Pietrobelli, C. (2011). Los Sistemas Regionales de Innovación en América Latina. Washington D.C: Publicaciones Banco Interamericano de Desarrollo.
- [19] C. Freeman, Technology Policy and Economic Policy: Lessons from Japan. London: Pinter. 1987
- [20] Lundvall, B. A., Johnson, B., Sloth, E., & Dalum, B. National Systems of Production, Innovation and Competence Building. Research Policy, 213 - 231. 2002
- [21] Lundvall, B. A. National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning. London: Pinter. 1992
- [22] Cvetanović, S., & Sredojević, D. THE CONCEPT OF NATIONAL INNOVATION SYSTEM . Economic Themes, 167 - 185. 2012
- [23] Seki, I., & Barbaros, R. National Innovation Systems and University Economics Approach for Measuring Competitive Power. Ege Academic Review, 407 - 424. 2011
- [24] Leydesdorff, L., & Fritsch, M. Measuring the knowledge base of regional innovation systems in Germany in terms of a Triple Helix dynamics. Research Policy, 1538 - 1553. 2006
- [25] Wymore, W. Mathematical Theory of Systems Engineering: The Elements. New York. 1967
- [26] Axelrod, R., & Tesfatsion, [www2.econ.iastate.edu](http://www2.econ.iastate.edu). Recuperado el 05 de 06 de 2014, de [www2.econ.iastate.edu/](http://www2.econ.iastate.edu/): <http://www2.econ.iastate.edu/tesfatsi/abmread.htm>
- [27] Tesfatsion, L., & Judd, K. Handbook of Computational Economics, Volume 2: Agent-Based Computational Economics. Netherlands: Elsevier. 2006
- [28] Garson, G. Computerized Simulation in the Social Sciences A Survey and Evaluation. Simulation & Gaming, 267 - 279. 2009
- [29] Borshchev, A., & Filippov, A. From System Dynamics and Discrete Event to Practical Agent Based Modeling: Reasons, Techniques, Tools. The 22nd International Conference of the System Dynamics Society. Oxford, England. 2004
- [30] Quezada, A., & Canessa, E. Modelado basado en Agentes: Una herramienta para completar el análisis de fenómenos sociales. Avances en Psicología Latinoamericana, 226 - 238. 2010
- [31] García-Veldecasas, J. (2011). La simulación basada en agentes: una nueva forma de explorar los fenómenos sociales. Revista Española de Investigaciones Sociológicas, 91 - 109.
- [32] Aristizábal, A. Dinámicas de Conocimiento entre la Industria y universidades en la Nanotecnología mediante Simulación Basada en Agentes. Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de: Magíster en Ingeniería Administrativa. Medellín, Antioquia, Colombia. 2013
- [33] Velardiez, M. (2008). Política tecnológica y agentes del sistema regional de innovación. Impacto del V PM de I+D de la UE en las regiones españolas. Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa, 95-120.
- [34] Doloreux, D. What we should know about Regional Systems of Innovation. Technology in society, 243-263. 2002
- [35] C. Alvarez, Los cluster del sistema regional de innovación antioqueño: mas debilidades que fortalezas en su desempeño. Tecnológicas, 187-222. 2009
- [36] C. Edquist, Systems of Innovation Approaches. Their Emergence and Characteristics. En C. Edquist, Systems of Innovation: Technologies, Institutions, and Organizations (págs. 1-35). London and Washington: Pinter. 2007
- [37] Archibugi, D., Howells, J., & Michie, J. Innovation Policy in a Global Economy. Cambridge University Press. 1999
- [38] Pyka, A., & Scharnhorst, A. Innovation Networks: New approaches in Modelling and Analyzing. Berlin: Springer. 2009
- [39] Braczyk, H., Cooke, P., & Heidenreich, M. Regional Innovation Systems: The Role of Governances in a Globalized World. London: Routledge. 2004
- [40] Isaksen, A. Building Regional Innovation Systems: Is Endogenous Industrial Development Possible in the Global Economy? Canadian Journal of Regional Science, 101-120. 2001

- [41] Lundvall, B. A. National Innovation Systems - Analytical Concept and Development Tool. *Industry and Innovation*, 95-119. 2007
- [42] Tödtling, F., & Trippl, M. One size fits all?: Towards a differentiated regional innovation policy approach. *Research Policy*, 1203-1219. 2005
- [43] Quintero, S., & Robledo, J. El Aprendizaje como Propiedad emergente en los Sistemas Regionales de Innovación. XV Congresso da Associação Latino-Iberoamericana de Gestão de Tecnologia, ALTEC, (págs. 1 - 16). Porto. 2013
- [44] Rixon, A., Moglia, M., & Burn, S. Bottom-up approaches to building agent-based models: discussing the need for a platform. PROCEEDINGS OF THE JOINT CONFERENCE ON MULTI-AGENT MODELLING FOR ENVIRONMENTAL MANAGEMENT. Bourg-Saint-Maurice, France. 2005
- [45] Asheim, B., & Gertler, M. The Geography of Innovation Regional Innovation Systems. En J. Fagerberg, D. Mowery, & R. Nelson, *The Oxford Handbook of Innovation* (págs. 291-317). Oxford: Oxford University Press. 2005
- [46] Zollo, G., De 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, University of Seville, Spain, (págs. 1 - 19). Seville. 2011
- [47] Gómez, M., & Kerexeta, G. Introduction: A Variety of Innovation Topics Approaches. *Cuadernos de Gestión*, 15-25. 2012
- [48] D. Yamins, A THEORY OF LOCAL-TO-GLOBAL ALGORITHMS FOR ONE-DIMENSIONAL SPATIAL MULTI-AGENT SYSTEMS. A dissertation presented to the School of Engineering and Applied Sciences in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in the subject of Applied Mathematics, Cambridge. 2007
- [49] Perozo, N., Aguilar, J., Terán, O., & Molina, H. An affective model for the multiagent architecture for self-organizing and emergent systems (MASOES). *Revista Técnica de Ingeniería Universidad de Zulia*, 80-90. 2012
- [50] Perozo, N. Modelado Multiagente para Sistemas Emergentes y Auto-organizados. Tesis Doctoral presentada en cotutela ante la Universidad de los Andes y la Universidad Paul Sabatier como requisito para optar al título de Doctor, Mérida. 2011
- [51] Weiss, G. *Multiagent Systems: A modern Approach to Distributed Modern Approach to Artificial Intelligence*. Cambridge: The MIT Press. 1999
- [52] Palma, J., & Marín, R. *Inteligencia Artificial, Técnicas, Métodos y Aplicaciones*. McGrawHill. 2008
- [53] Ponsiglione, C., De Crescenzo, E., Lanzetta, V., & Zollo, G. The Analysis of Regional Innovation Systems in Europe: the Case of a Region with Medium-Low Innovation Capability. 15th Uddevalla Symposium, Entrepreneurship and Innovation Networks, Portugal, (págs. 1-23). Faro. 2012
- [54] Serman, J. (2000). *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. Irwin: McGrawHill.
- [55] Aldana, M. Instituto de Ciencias Físicas - UNAM. Recuperado el 28 de 10 de 2014, de Instituto de Ciencias Físicas - UNAM: <http://www.fis.unam.mx/~max/MyWebPage/notastwocolumn.pdf>
- [56] Newman, M. The structure and function of complex networks. *Siam Review*, 167-256. 2003
- [57] Andersson, M., & Karlsson, C. Regional Innovation Systems in Small and Medium-Sized Regions. En B. Johansson, C. Karlsson, & R. Stough, *The Emerging Digital Economy* (págs. 55-81). Berlin: Springer Berlin Heidelberg. 2006
- [58] Navarro, M. El marco conceptual de los Sistemas de Innovación Nacionales y Regionales. *Revista madri+d(Monografía 4)*, 87-102. 2002
- [59] Bailey, A., Lawrence, M., Shang, H., Katz, A., & Peirce, S. Agent-Based Model of Therapeutic Adipose-Derived Stromal Cell Trafficking during Ischemia Predicts Ability To Roll on P-Selectin. *Plos Computational Biology*, 1 - 17. 2009
- [60] Drucker, P. *The Discipline of Innovation*. Harvard Business Review, 95-102. 2002
- [61] Fleming, L. Recombinant Uncertainty Technological Search. *Management Science*, 117-132. 2001
- [62] Zhong, X., & Ozdemir, S. Structure, learning, and the speed of innovation: A two-phase model of collective innovation using Agent Based Modeling. *Industrial and Corporate Change*, 1459-1492. 2010
- [63] Dong, X., Foteinou, P., Calvano, S., Lowry, S., & Androulakis, I. Agent-Based Modeling of Endotoxin-Induced Acute Inflammatory Response in Human Blood Leukocytes. *Plos One*, 1 - 13. 2010
- [64] Cooke, P. (1992). Regional innovation systems: Competitive regulation in the new Europe. *Geoforum*, 365-382.
- [65] Lauberte, I., & Ginters, E. (2008). Agent-based Simulation in applicant's character recognition.
- [66] Boschma, R. (2005). Proximity and Innovation: A Critical Assessment. *Regional Studies*, 61-74.
- [67] Caicedo, H. (2012). Análisis del sistema regional de ciencia, tecnología e innovación del Valle del Cauca. *Estudios Gerenciales*, 125-148.

- [68] Eapen, B. (2009). Agent-based model of laser hair removal: A treatment optimization and patient education tool. *Indian Journal of Dermatology, Venereology & Leprology*, 383 - 387.
- [69] . Goldthorpe, J. H. (2000). *On Sociology: Numbers, Narratives, and the Integration of Research and Theory*. Oxford: Oxford University Press.
- [70] Hedström, P. (2005). *Dissecting the Social*. Cambridge: Cambridge University Press. London: Sage Publications
- [71] González, S. (2004). ¿Sociedades artificiales? Una introducción a la simulación social. *Revista Internacional de Sociología*, 199-222.
- [72] González, S. (2006). The Role of Dynamic Network in Social Capital: A Simulation Experiment. *Revista de Sociología*, 171-194.
- [73] Miller, B. W., Breckheimer, I., McCleary, A. L., Guzmán-Ramírez, L., Caplow, S. C., Jones-Smith, J. C., & Walsh, S. J. (2010). Using stylized agent-based models for population-environment research: A case study from the Galápagos Islands. *Population & Environment*, 401 - 426.
- [74] Sklar, E. (2007). Software Review: Netlogo, a Multi-agent Simulation Environment. *Artificial Life*, 303 – 311
- [75] Gilbert, N. (2008). *Agent-Based Models (Quantitative Applications in the Social Sciences)*.
- [76] Annual Proceedings of Vidzeme University of Applied Sciences "ICTE in Regional Development", 58 - 64. Valmiera, Latvia.
- [77] Metcalfe, J. (1998). *Evolutionary Economics and Creative Destruction*. London: Routledge.
- .