

ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA, RELACIONES Y DINÁMICAS DE LOS AGENTES DEL
SISTEMA REGIONAL DE INNOVACIÓN EN ANTIOQUIA

JULIÁN ALBERTO URIBE GÓMEZ

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

ESCUELA DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL

MAESTRÍA EN GESTIÓN TECNOLÓGICA

MEDELLÍN

2015

ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA, RELACIONES Y DINÁMICAS DE LOS AGENTES DEL
SISTEMA REGIONAL DE INNOVACIÓN EN ANTIOQUIA

JULIÁN ALBERTO URIBE GÓMEZ

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

ESCUELA DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL

MAESTRIA EN GESTIÓN TECNOLÓGICA

MEDELLÍN

2015

ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA, RELACIONES Y DINÁMICAS DE LOS AGENTES DEL
SISTEMA REGIONAL DE INNOVACIÓN EN ANTIOQUIA

JULIÁN ALBERTO URIBE GÓMEZ

Trabajo de grado para optar al título de Magister en Gestión Tecnológica

Asesor

Diana Patricia Giraldo Ramírez

IAI. Doctora en Ingeniería

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

ESCUELA DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL

MAESTRÍA EN GESTIÓN TECNOLÓGICA

MEDELLÍN

2015

Noviembre de 2015

Julián Alberto Uribe Gómez

Declaro que esta tesis (o trabajo de grado) no ha sido presentada para optar a un título, ya sea en igual forma o con variaciones, en esta o cualquier otra universidad” Art 82 Régimen Discente de Formación Avanzada.

Firma

A mi madre...

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi sincero agradecimiento al Grupo de Investigación en Gestión de la Tecnología y la Innovación y a todos sus miembros, especialmente a Luciano Gallón y a Diana Patricia Giraldo Ramírez por toda su ayuda, recomendaciones, sugerencias y paciencia para hacer posible la culminación de este trabajo.

CONTENIDO

INTRODUCCION.....	13
1. El sistema regional de innovación (SRI)	15
1.1 Concepto de sistema regional de innovación	15
1.2 Los agentes y sus atributos en el SRI	17
1.3 Composición, propiedades y mecanismos de los SRI	24
1.4 Variables e indicadores de los SRI.....	26
2. El sistema de innovación en Antioquia	31
2.1 El sistema regional de innovación en el departamento de Antioquia	31
2.2 Conceptualización del SRI en Antioquia.....	32
2.3 Hallazgos del SRI de Antioquia como ejercicio práctico	33
2.4 Análisis de la región de Antioquia	39
3. Simulación basada en agentes para entender el comportamiento de los SRI	44
3.1 Concepto de SBA	44
3.2 Formulación del modelo basado en agentes para el SRI de Antioquia.....	48
3.3 Análisis del comportamiento del sistema.....	55
3.4 Validación y verificación del sistema	61
4. Propuesta estratégica de mejora para el SRI de Antioquia	67
CONCLUSIONES	79
BIBLIOGRAFÍA	82
ANEXO 1 Formalización de encuestas para los agentes del SRI de Antioquia	88
ANEXO 2 Encuesta digital a través de la plataforma google.sites	90
ANEXO 3 Análisis estadístico.....	94

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de los diferentes enfoques de los SRI	23
Tabla 2. Primera configuración de indicadores de innovación en los SRI	27
Tabla 3 Segunda configuración de indicadores de innovación en los SRI.....	27
Tabla 4 Tercera configuración de indicadores de innovación en los SRI.....	28
Tabla 5. Cuarta configuración de indicadores de innovación en los SRI	29
Tabla 6 Variables de entrada y salida del SRI	30
Tabla 7 Construcción de las relaciones entre agentes del SRI de Antioquia.....	34
Tabla 8 Agentes participantes en la encuesta del SRI.....	34
Tabla 9 Número de respuestas a las preguntas de los explotadores	35
Tabla 10 Número de respuestas a las preguntas de los catalizadores.....	37
Tabla 11 Número de respuestas a las preguntas de los exploradores	38
Tabla 12 Indicadores básicos para la región de Antioquia.....	39
Tabla 13 Comparativo del número de patentes otorgadas	40
Tabla 14 Comportamiento de la Invención en Colombia	41
Tabla 15 Indicadores de CT+i para Colombia.....	43
Tabla 16 Variables del modelo de SRI de Antioquia.....	50
Tabla 17 Regiones de Antioquia y distribución de Agentes	54
Tabla 18 Resultados promedios del Número de Patentes por cada experimento	56
Tabla 19 Resultados promedios del Número de Publicaciones por cada experimento	57
Tabla 20 Resultados promedios del número de links por cada experimento.....	58
Tabla 21 Comparativos de resultados entre las encuestas y el modelo.	64

Tabla 22 Resultados del diseño de experimento para el porcentaje de I+D.	66
Tabla 23 Porcentaje de industrias que participan en Innovación en la región.	68
Tabla 24 Marco de estrategias básicas en un SRI.....	75
Tabla 25 Estrategias de innovación.....	77
Tabla 26 Experimentos por escenarios en el SRI	78
Tabla 27. Diseño Experimental para el porcentaje de I+D y el número de patentes	94
Tabla 28. Diseño Experimental para el porcentaje de I+D y el Número de publicaciones	94
Tabla 29. Diseño Experimental para el porcentaje de I+D y el número de Links del SRI.....	94

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Primera configuración con cuatro agentes del SRI	18
Ilustración 2. Segunda configuración con cuatro Agentes del SRI	19
Ilustración 3 Agentes sintetizados del SRI.....	21
Ilustración 4 Relaciones entre agentes de diferentes SRI	21
Ilustración 5 Red de Explotadores-clientes-proveedores	36
Ilustración 6 Red de catalizadores.....	37
Ilustración 7 Porcentaje del PIB para I+D comparativo con los países de las BRICS.....	42
Ilustración 8 Paradigmas de simulación.....	46
Ilustración 9 Componentes en la modelación de una SBA.....	47
Ilustración 10 Simulación SRI sin mapa.....	52
Ilustración 11 Simulación SRI con mapa Antioquia	53
Ilustración 12 Simulación SRI de Antioquia con distribución desigual	54
Ilustración 13 Diagrama de flujo para el modelo SRI de Antioquia.....	55
Ilustración 14 Grados de distribución del experimento 1	60
Ilustración 15 Grados de distribución del experimento 2	60
Ilustración 16 Diagrama explicativo capacidades de innovación en una región ...	71
Ilustración 17 Comparativo de la Innovación en Colombia.....	73
Ilustración 18 Comparativo de la innovación en América Latina	73
Ilustración 19 Introducción encuesta Exploradores.....	90
Ilustración 20 Introducción encuesta Explotadores	92
Ilustración 21 Introducción encuesta Catalizadores	93
Ilustración 22 Variables del modelo de SRI	95

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1. Clusterización en una red.....	59
Ecuación 2. Coeficiente de clusterización en una red.....	59
Ecuación 3. Estadístico de validación para el modelo SRI.....	65

GLOSARIO

Innovación: Una innovación es la introducción de un nuevo, o significativamente mejorado, producto (bien o servicio), de un proceso, de un nuevo método de comercialización o de un nuevo método organizativo, en las prácticas internas de la empresa, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores (OECD, 2005).

Sistema: Objeto formado por un conjunto de partes entre las que se establece alguna forma de relación que las articula en la unidad que es precisamente el sistema (Aracil & Gordillo, 1997).

Simulación: Imitación del sistema de comportamiento, a través de cálculos numéricos ejecutados en un modelo de un sistema dinámico (Gamarra, Gamarra, & Gamarra, 1995).

Modelo: Objeto que representa a otro (Aracil & Gordillo, 1997), instrumento que ayuda a responder preguntas acerca de un aspecto de la realidad al que convenimos en considerar un sistema concreto (Aracil & Gordillo, 1997).

Agente: Entidades o individuos heterogéneos quienes pueden comportarse de forma diferente (Dyner, Peña, & Arango, 2008).

Red: Ordenamiento de elementos, los cuales se pueden llamar vértices o nodos, con conexiones entre ellos llamados vínculos (Newman, 2003).

Complejidad: Estado en el que muchos factores diferentes interactúan entre sí (Sametband, 1999).

RESUMEN

La innovación y sus sistemas de conocimiento, son un fenómeno complejo donde éstos en una forma general interactúan mediante agentes para crear el Sistema Regional de Innovación (en lo sucesivo SRI), los cuales en el sentido más estricto de la palabra resultan ser las organizaciones que producen y transforman el conocimiento; sin embargo por su característica compleja los agentes pueden ser también clasificados en económicos, sociales, públicos y privados.

En vista de que estos agentes interactúan de forma diversa, continua y cooperativa, se hace necesario construir un marco analítico apropiado para estudiar este fenómeno emergente mediante el análisis de su evolución e interacción, por medio de la modelación como herramienta de análisis para estudiar cuales serían las estructuras y las dinámicas con base en su flujo de conocimiento.

En este sentido lo que busca este trabajo es presentar un marco teórico y analítico sobre los SRI, posterior a esto, se evidencian comportamientos del sistema antioqueño con base en encuestas y demás estadísticas importantes de la región, que serán insumos importantes para explorar un modelo de simulación basado en agentes, con el cual se revelan posibles dinámicas y relaciones de los agentes antes nombrados, donde se encuentra que aumentos en el % de investigación y desarrollo regional sumado a un aumento de agentes exploradores mejora las capacidades de innovación en el sistema, finalmente se presentan propuestas con base en literatura científica para mejorar los SRI y en general explotar de modo más eficiente la innovación y tecnología regional bajo otras perspectivas.

PALABRAS CLAVE: Innovación, Sistema, Interacción, Simulación, Agentes

INTRODUCCION

La red de agentes que componen el SRI es difusa cuando se trata de explicar su desarrollo y comportamiento, lo anterior debido principalmente a que se cuentan con elementos más teóricos que prácticos al explicar sus relaciones, por lo que se evidencia una baja operacionalización de los agentes y sus atributos, limitando la representación del sistema a un conjunto de entidades que realizan actividades en función de sus “propiedades, restricciones y capacidades”.

El SRI al ser un fenómeno complejo donde interactúan numerosos agentes y el concepto asociado a la innovación resulta aún limitado para la comprensión de este sistema, se considera entonces que, es necesario realizar una aproximación por medio de la simulación para entender de manera práctica cómo se presenta la interacción y la cooperación y como las diferentes acciones combinadas o patrones de los agentes producen sucesos innovadores de impacto regional.

Actualmente los SRI son descritos como una red compleja debido principalmente a sus múltiples interacciones entre sus agentes. Esta red se caracteriza por los siguientes factores: El primer factor se define particularmente como un fenómeno emergente, dicho fenómeno está asociado a interacciones, procesos de aprendizaje y transferencia de conocimiento; el segundo factor es la interacción de estos agentes, caracterizada ésta por sus variables de desempeño, lo que da lugar, a que no se conozcan ni se alcancen a comprender por su complejidad de red estos aspectos en un sistema de innovación.

Lo anterior lleva a pensar que para que un SRI tenga un desempeño adecuado se hace necesario convertir factores y variables en datos observables de los atributos de los agentes, todo esto conduciendo a una definición de estructuras, relaciones y reglas que permiten conocer los comportamientos no solo de carácter particular (Bottom up) sino

también de carácter global (Top down), posibilitando en gran medida la formulación de estrategias y políticas adecuadas para los SRI.

Por lo tanto, este trabajo de grado se ha propuesto el siguiente objetivo general: Proponer un modelo que permita conocer las dinámicas de desempeño de los factores claves del SRI Antioqueño que conduzcan a fenómenos emergentes producto de la interacción entre agentes.

Finalmente, se han propuesto los siguientes objetivos específicos:

- Identificar los agentes y sus atributos “propiedades y mecanismos” que componen el SRI en estudio.
- Identificar los factores y variables claves que generan fenómenos emergentes como la innovación en el SRI.
- Desarrollar un modelo de SBA, el cual permita trasladar las relaciones encontradas en la teoría de los fenómenos emergentes en los SRI, así como la identificación de patrones de comportamiento del sistema.
- Diseñar escenarios de políticas y estrategias que conduzcan a un mejor desempeño en el SRI en estudio.

1. El sistema regional de innovación (SRI)

En este capítulo se mostrará el marco conceptual y estado del arte sobre el sistema regional de innovación. En la sección 1.1 se presenta una mirada sobre el concepto de sistema regional de innovación. En la sección 1.2 se realiza una introducción sobre las características de los agentes y sus atributos. En la sección 1.3 se habla sobre composición, propiedades y mecanismos de los SRI y en la sección 1.4 se muestran antecedentes y una revisión de literatura sobre algunos indicadores de los SRI.

1.1 Concepto de sistema regional de innovación

El SRI no es un concepto nuevo, y ha sido estudiado por un número considerable de autores, comenzando por Cooke que en 1992 lo introdujo por primera vez, definiéndolo como aquel entramado constituido por “subsistemas de generación y explotación de conocimiento que interactúan y se encuentran vinculados a otros sistemas regionales, nacionales y globales, para la comercialización de nuevo conocimiento” (Cooke, 1992). Sin embargo, dicho concepto se derivó de los estudios de Freeman y Lundvall que en 1987 y 1988 respectivamente, fundaron el concepto de Sistema Nacional de Innovación, este fue rápidamente aceptado explicando así particularmente cómo las empresas transforman y absorben conocimiento por medio de sus capacidades innovadoras a través del entorno en el cual se encuentran inmersas (Lundvall, 1995).

Sin embargo los sistemas de innovación pueden ser definidos de varias formas y estos pueden ser nacionales, regionales, sectoriales o tecnológicos, por lo tanto, en la literatura se reconocen cuatro conceptualizaciones de sistemas de innovación (Landolfi, Palumbo, Ponsiglione, Tortora, & Zollo, 2012):

- Los Sistemas Nacionales de Innovación (SNI)
- Los Sistemas Regionales de Innovación (SRI)
- Los Sistemas Sectoriales de Innovación (SSI)
- Los Sistemas Tecnológicos (ST)

Sin embargo es importante aclarar la pregunta ¿qué es un sistema? Los ingenieros de sistemas lo definen como un conjunto de componentes interrelacionados que trabajan para lograr un objetivo en común, por lo tanto están constituidos por componentes, relaciones y atributos (Carlsson, Jacobsson, Holmén, & Rickne, 2002). Todos los sistemas de innovación presentados anteriormente involucran y tienen como función específica permitir la generación, difusión y uso del conocimiento y la tecnología, entendidos como artefactos físicos como el know-how técnico con algún valor económico.

Por lo tanto un sistema de innovación es una mezcla de componentes y relaciones con características y atributos, cuya función es generar valor económico por medio del conocimiento técnico, y en donde las principales características son las capacidades tecnológicas, estas son entendidas como competencias económicas de cada uno de los actores o agentes (Carlsson et al., 2002).

Los sistemas de innovación también deben ser vistos desde diferentes dimensiones, una de estas es la dimensión física o geográfica (Carlsson et al., 2002), la cual determina los límites geográficos del sistema. A partir de esta dimensión se puede definir entonces el concepto de región, la cual es descrita como un arreglo de redes de innovación e instituciones geográficamente definidas y con un soporte administrativo (Uyarra, 2009) con base en una alta interacción de empresas regionales y con salidas de innovación (David Doloreux & Parto, 2005).

Por otro lado, el acercamiento que se da a los sistemas de innovación son criticados por sus vagos conceptos y límites difusos, lo anterior trae dificultades en la recolección de datos y medidas para la construcción de conceptos teóricos, esto significa que en teoría los sistemas de innovación están basados en estudios empíricos (Li, 2009).

Ahora bien, complementando la definición propuesta por Cooke en 1992, diversos autores han brindado sus propias definiciones y acercamientos sobre lo que es un SRI, esto implica que dicho concepto no tiene definiciones generalmente aceptadas (Doloreux & Parto, 2005), pero es típicamente entendida como un arreglo o conjunto de intereses públicos o privados, instituciones y otras organizaciones que funcionan acorde a relaciones que conduzcan a la generación, uso y disseminación de conocimiento (Doloreux & Parto, 2005).

Siguiendo a Asheim y Isaksen, un SRI puede ser definido como el lugar donde la comunicación entre empresas, las estructuras sociales y el ambiente institucional pueden estimular socialmente y territorialmente el aprendizaje colectivo y la innovación (Pyka & Scharnhorst, 2009). Otras definiciones utilizan descripciones normativas, las cuales son definidas como el conjunto de relaciones económicas, políticas e institucionales que se dan en una área geográfica, la cual genera procesos de aprendizaje que elevan la producción, diseminación y uso del conocimiento (Iandoli et al., 2012). Así mismo procedimientos de captura de desarrollo tecnológico en un territorio (Doloreux & Parto, 2005), donde se conjugan los sistemas de producción y las instituciones (Doloreux, 2002).

Finalmente el autor David Doloreux presenta una definición más precisa y completa de lo que podría ser definido como SRI, según el autor esta hace referencia a concentraciones espaciales de empresas y organismos públicos y semipúblicos como universidades, institutos de investigación, agencias de transferencia, organismos gubernamentales, entre otros, quienes producen innovación sobre la base de interacciones y aprendizaje colectivo a través de prácticas institucionales comunes (Doloreux, 2003).

Finalmente basta con concluir que desde 1990 hasta nuestros días, el concepto de SRI ha ganado importancia y especial atención sobre todo para investigadores, académicos y gestores de políticas porque se estudia el proceso y el marco analítico para entender cómo se genera el proceso de innovación en las economías de las regiones (Doloreux & Parto, 2005).

1.2 Los agentes y sus atributos en el SRI

Para que el SRI funcione adecuadamente se requiere de componentes que interactúen, como por ejemplo instituciones, empresas, bancos, universidades, institutos de investigación, agencias de políticas públicas, etc (Carlsson et al., 2002). Este extenso conjunto de componentes se denominan en la literatura actores o agentes y su distribución y clasificación dentro de los SRI ha sido estudiada extensivamente, es así como según Doloreux (2002) sugiere que los agentes presentes en el SRI son cuatro y se observan en la ilustración 1:

- Las empresas
- Las instituciones
- La infraestructura de conocimiento
- Política orientada a la innovación regional

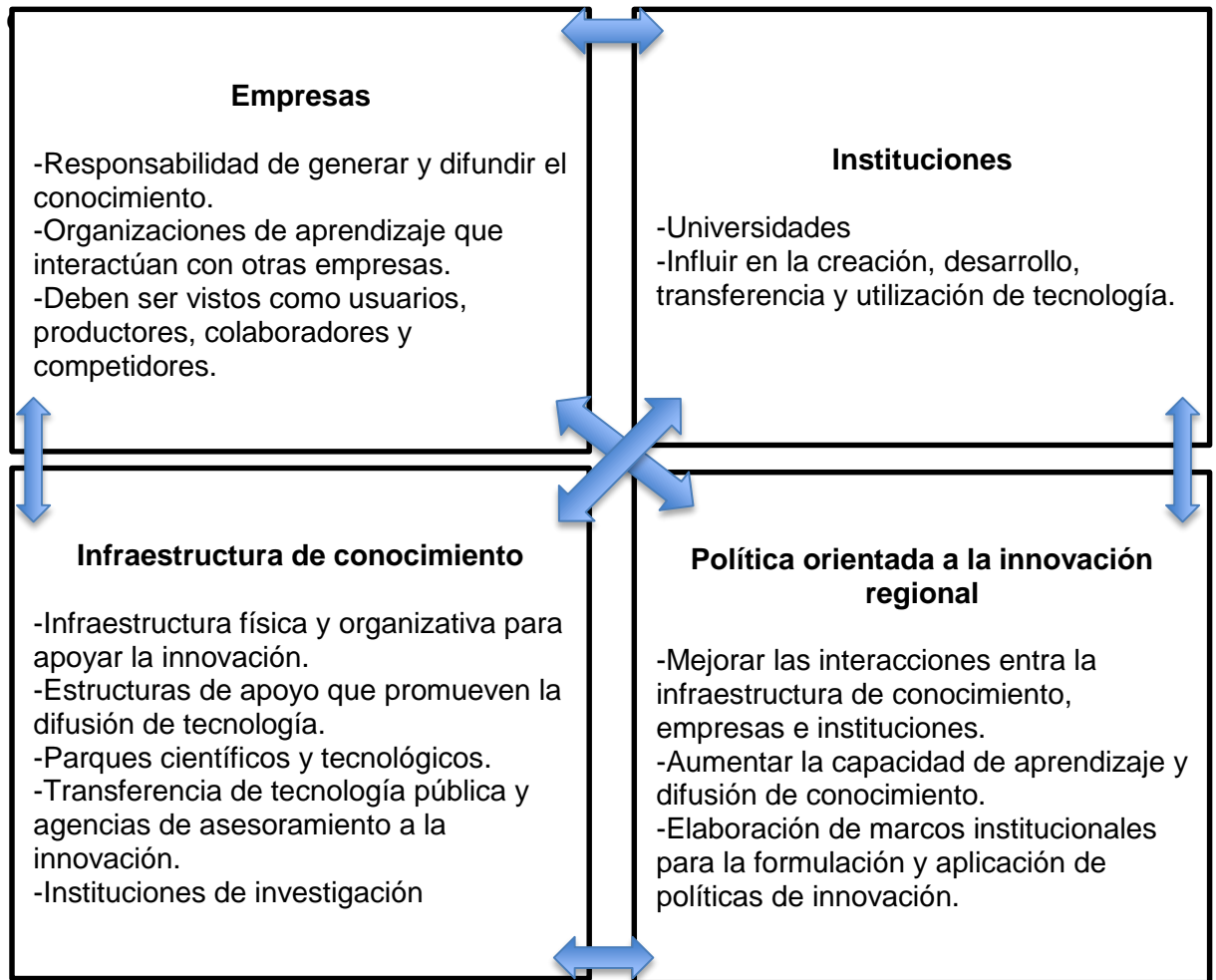


Ilustración 1. Primera configuración con cuatro agentes del SRI

Según la comunidad de Madrid (Buesa et al., 2011), el SRI puede ser agrupado siguiendo la siguiente clasificación presentada en la ilustración 2:



Ilustración 2. Segunda configuración con cuatro Agentes del SRI

Entonces, los agentes para este sistema son los siguientes:

- Las empresas, relaciones inter-empresariales y estructuras del mercado.
- La infraestructura pública y privada de soporte a la innovación.
- Las actuaciones públicas en relación con la innovación y el desarrollo tecnológico.
- El entorno global.

A pesar de las similitudes y las diferencias entre ambos enfoques, es necesario aclarar que los actores o los agentes del sistema pueden ser diferentes según el contexto al cual pertenezcan o según a la región donde se encuentren (Acevedo-Alvarez, 2009). Finalmente el sistema con sus múltiples agentes se puede sintetizar en un contexto más simple mostrado en la ilustración 3 tomada de (Iandoli et al., 2012), adaptado de Schwandt (1997), el cual es descrito de la siguiente manera:

Los productores de conocimiento, el cual es el conjunto de universidades, centros de investigación, laboratorios públicos y privados, estos agentes exploran los límites del conocimiento producido, generando nuevas ideas, nuevos métodos y nuevas técnicas, y se denominan EXPLORADORES.

Los productores son el conjunto de empresas, especialmente las pequeñas y las medianas que son definidas en el SRI como EXPLOTADORES, donde transforman el conocimiento en valor para el mercado.

Los mediadores de la innovación como las oficinas de alianza de las universidades, parques tecnológicos, incubadoras tecnológicas y asociaciones de comercio, son definidos como CATALIZADORES o facilitadores en el proceso complejo de transferencia, adaptación y utilización del conocimiento. Según Doutriaux (2003) Las universidades deberían ser vistas con mayor precisión como "catalizadores" de la innovación tecnológica, estimulando y aumentando la producción y el flujo de conocimiento que es una parte integral del proceso de innovación (Bramwell, Hepburn, & Wolfe, 2012).

Finalmente el GOBIERNO, es el que señala las políticas y guías de la región (Zollo, De Crescenzo, & Ponsiglione, 2011).

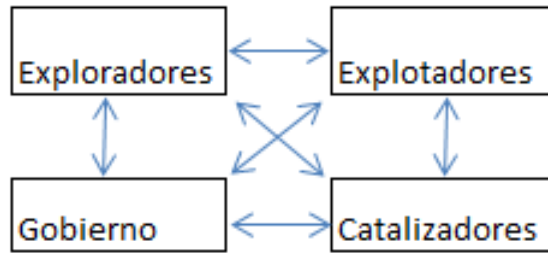


Ilustración 3 Agentes sintetizados del SRI

Sternberg (2007) proporciona una perspectiva más amplia del modelo de SRI, en el cual se aprecian las relaciones entre diferentes SRI y SNI. Lo anterior se puede observar en la ilustración 4.

Desde esta perspectiva se pueden apreciar solo tres agentes fundamentales del sistema que interactúan con otros SRI, para este sistema son:

- Empresas innovadoras
- Instituciones de I+D
- Instituciones de educación superior

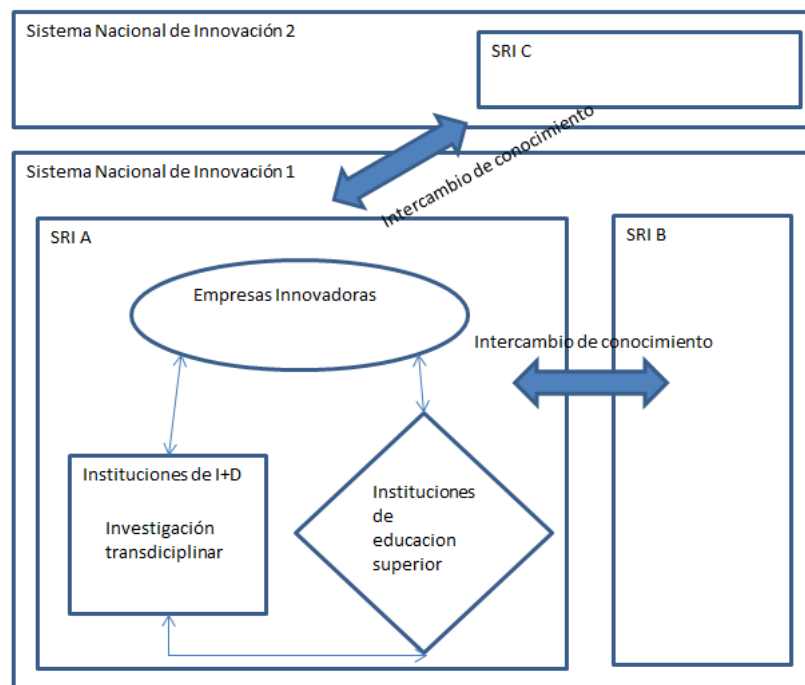


Ilustración 4 Relaciones entre agentes de diferentes SRI

Desde el contexto presentado por Doloreux (2002) los atributos de los agentes dentro del sistema son los siguientes:

Empresas:

- Agentes generadores y difundidores de conocimiento.
- Obligados a innovar para resistir la presión competitiva.
- Considerados como organizaciones de aprendizaje.

Instituciones:

- Agentes de investigación.
- Influyen en la creación, desarrollo, transferencia y utilización de tecnologías.
- Estimulan la innovación técnica.

Infraestructura de conocimiento:

- Agentes encargados de producir, financiar, coordinar, supervisar y evaluar los esfuerzos de innovación.
- Estructuras de apoyo que promueven la difusión de la tecnología (parques científicos y tecnológicos).
- Agentes de innovación y asesoramiento, apoyo técnico e informativo a las empresas.

Políticas orientadas a la innovación regional:

- Impactan a todo el sistema.
- Se encargan de aumentar la capacidad de aprendizaje y difusión del conocimiento a todo el sistema.
- Encargadas de mejorar la interacciones entre las empresas, instituciones e infraestructuras del conocimientos.

En resumen, las relaciones son definidas como los vínculos entre agentes del sistema y los atributos son las propiedades de los agentes (Carlsson et al., 2002), las relaciones en los sistemas de innovación tienen que ver principalmente con la transferencia de conocimientos y tecnología, los cuales tienen lugar en los mercados (Carlsson et al., 2002),

dichas relaciones impulsan la cooperación entre empresas y organizaciones de conocimiento, esta cultura soportada en la innovación es la que permite al SRI evolucionar en el tiempo (Doloreux & Parto, 2005).

La Tabla 1 presenta el resumen de los enfoques y las metodologías tratadas en esta primera parte, presentando así, las diferencias entre los agentes del sistema y una característica del mismo.

Tabla 1. Resumen de los diferentes enfoques de los SRI

Autor	Enfoques SRI			
	Doloreux (2002)	Buesa et al (2011)	Iandoli et al (2012)	Sternberg (2007)
Clasificación agentes	-Empresas -Instituciones -Infraestructura de conocimiento -Política orientada hacia la innovación	-Empresas, relaciones interempresariales y estructura del mercado -Actuaciones públicas en relación con la innovación -Infraestructura de soporte a la innovación -Entorno nacional y regional	-Exploradores -Explotadores -Gobierno -Catalizadores	-Empresas Innovadoras -Instituciones de I+D -Instituciones de educación superior
Principales características y diferencias	Sistema que conjuga agentes y políticas de gobierno.	Sistema de políticas, el autor concibe el sistema como la relación reglas y normas.	Sistema simple, el autor define claramente los agentes que se relacionan, las reglas son inherentes a los agentes.	El sistema presenta la relación de tres agentes claramente definidos y explora la posibilidad de relacionarse con otros sistemas.

1.3 Composición, propiedades y mecanismos de los SRI

El contexto regional en el cual se mueven los sistemas de innovación, proveen una serie de reglas, convenciones y normas que prescriben los roles de comportamientos entre los agentes. Dichas reglas pueden ser factores económicos o socio culturales, los cuales facilitan las interacciones para la transmisión e intercambio de información y conocimiento (Doloreux & Parto, 2005). La habilidad del sistema para generar, difundir e intercambiar información y conocimiento se puede evaluar mediante algunos indicadores, donde el más habitual es el indicador de patentes, el cual revela el volumen y la dirección de las capacidades tecnológicas. Podría decirse que la mejor medida de la innovación está dada por el número de innovaciones que han sido comercializadas (Buesa, Heijs, & Baumert, 2010), otro indicador está relacionado con el número de ingenieros y científicos activos en los campos del conocimiento (Carlsson et al., 2002), sin embargo esto será discutido más adelante.

Según Lundvall (1992; citando a Howells 1999,71) (Alvarez, 2009) destaca las propiedades básicas de un SRI:

- La organización interna de las empresas
- La relación entre las empresas
- El papel del sector público
- Puesta en marcha del sector financiero
- La intensidad de la I+D
- Las organizaciones de I+D

Mientras que según Doloreux (2002) los mecanismos internos que componen un SRI pueden ser descritos de la siguiente manera:

- Aprendizaje interactivo: es el proceso altamente relacionado con la innovación, en el cual se genera aprendizaje y conocimiento entre agentes, es entendido como la red de conocimiento donde pueden interactuar empresas e instituciones. Pyka &

Scharnhorst, (2009) consideran que a esta red se puede aplicar un enfoque de análisis de redes sociales en los SRI, generando así 3 medidas:

- La *multiplexidad* que puede ser medida como el número de vínculos entre dos agentes, por ejemplo si dos agentes en un SRI son vinculados por la transferencia de conocimiento y si su transferencia es basada en una confianza mutua, entonces un vínculo refleja la transferencia de conocimiento y un segundo vínculo reflejará la confianza.
 - El *valor del vínculo* es descrito por su frecuencia o intensidad de la interacción entre agentes.
 - Los *grados de libertad* miden el número de vínculos con los cuales un agente se conecta con otros.
- Producción de conocimiento: este ítem se desarrolla en un ambiente menos organizado y se puede referir a compartir conocimiento, el cual puede aparecer en forma tácita o codificada; en términos de la red de agentes que integran el SRI este conocimiento puede ser compartido más fácilmente si se tienen los mismos valores, fondo y comprensión de los problemas.
 - Proximidad: según Pyka & Scharnhorst (2009) la proximidad regional es un recurso que promueve la generación y difusión de conocimiento, al igual que un proceso de aprendizaje más rápido y una variable que incrementa la innovación.

Para Cambridge (1999) la proximidad geográfica tiene una influencia fundamental en como una empresa busca socios estratégicos en términos de investigación para identificar nuevos y más sofisticados componentes de equipos. También es importante resaltar que este factor no solamente beneficia la reducción de la distancia física, el transporte asociado y los costos sino también porque facilita el

intercambio de información, disminuye la incertidumbre, incrementa la frecuencia de los contactos interpersonales, por lo tanto una mayor distancia geográfica decrece la frecuencia de interacción entre actores del sistema de innovación (Iandoli et al., 2012), también facilita la confianza, difundiendo valores comunes y creencias y promoviendo el aprendizaje (Zollo et al., 2011).

En conclusión se explica que el conocimiento y el intercambio tecnológico que se produce por la cercanía entre las instituciones, resulta ser un factor de éxito para los sistemas regionales de innovación (Bramwell et al., 2012), por lo tanto la innovación ocurre más fácilmente en situaciones de concentración geográfica y proximidad (Doloreux & Parto, 2005).

Finalmente citando a Doloreux, (2002) se puede decir que las aglomeraciones de empresas como los distritos industriales que comparten un común socio-económico puede ser beneficioso para compartir conocimiento tácito, convirtiendo esta red como una forma de organización industrial.

- Arraigo social: este mecanismo de los SRI se podría entender como un aspecto social y de naturaleza cultural, en este orden de ideas se concibe el arraigo como un agente con alto grado de valor social y cultural que interactúa con otros agentes para generar aprendizaje colectivo.

1.4 Variables e indicadores de los SRI

Para determinar la magnitud del SRI, se deben tener en cuenta una serie de indicadores o variables clave que determinen o validen que esta región puede ser considerada un sistema de Innovación, al respecto se presentan una serie de propuestas de indicadores que han sido utilizados por la literatura para explicar el fenómeno, una primera aproximación se puede encontrar en la tabla 2 adaptada de (Carlsson et al., 2002), en la cual se tienen en cuenta 3 aspectos fundamentales que son: indicadores de generación de conocimiento, indicadores de difusión de conocimiento y los indicadores del uso del conocimiento.

Tabla 2. Primera configuración de indicadores de innovación en los SRI

Indicadores de generación de conocimiento	Indicadores de la difusión de conocimiento	Indicadores del uso del conocimiento
Número de patentes	Sincronización/Estado de los desarrollos	Empleo
Numero de ingenieros o científicos	Aceptación regulatoria	Volumen de negocios
Movilidad de profesionales	Numero de aliados/Número de licencias de distribución	Crecimiento
Diversidad tecnológica		Activos financieros

La tabla 3 adaptada de (Zollo et al., 2011), presenta otra serie de indicadores, los cuales reflejan de qué manera el conocimiento es generado por medio del gasto de I+D y la educación de tercer nivel (universitaria), de qué forma este conocimiento es transformado en generación de patentes y todo lo que tiene que ver con el ámbito empresarial, y finalmente cuales son los efectos en la economía, a través del número de empleos en alta tecnología y Empresas de servicios de conocimiento intensivo por sus siglas KIBS.

Tabla 3 Segunda configuración de indicadores de innovación en los SRI

Facilitadores	Recursos humanos	Educación de tercer nivel Aprendizaje a largo plazo
	Soporte y finanzas	Acceso a banda ancha Gastos públicos en I+D
Actividades empresariales	inversión empresarial	Gastos de negocios en I+D
	Rendimientos	Patentes
Salidas	Efectos económicos	Empleos en manufactura de media-alta y alta tecnología
		Empleo en servicios de conocimiento intensivo

La tabla 4 adaptada de (Chen & Guan, 2011) presenta otra propuesta donde se tienen en cuenta innovaciones incrementales, tales como los artículos y las patentes, como indicadores de innovación en los SRI.

Tabla 4 Tercera configuración de indicadores de innovación en los SRI

Innovación incremental	Artículos internacionales Artículos nacionales patentes nacionales Valor añadido a industrias de alta tecnología
Stock de conocimiento	PIB per cápita Acumulación de Artículos internaciones Acumulación de Artículos nacionales Acumulación de patentes nacionales
Entradas de innovación	I+D básico I+D aplicado y experimental Científicos e ingenieros de tiempo completo Fondos de gobierno para ciencia y tecnología
Adquisición externa de conocimiento	Colaboración en ciencia y tecnología Transferencia de tecnología Inversión directa extranjera
Sofisticación de la innovación	Capacidad de diseño Capacidad de manufactura y producción Calidad de los empleados
Ambiente común de innovación	Ambiente de comunicación Ambiente de marketing Ambiente financiero Desempeño de las instituciones de investigación publicas
Ambiente de cluster específico	Desempeño de la I+D en industria de alta tecnología Desempeño de la I+D en industria manufacturera tradicional
Vínculos de innovación	Desempeño de la I+D de universidades Nivel del venture

La tabla 5 adaptada de (Iandoli et al., 2012) presenta un acercamiento de cuales serían aquellos indicadores y variables para cada uno de los agentes del sistema, nuevamente

se incluye dentro de los análisis el número de patentes como una medida importante y significativa para medir el desempeño del SRI.

Tabla 5. Cuarta configuración de indicadores de innovación en los SRI

Actores	Variables	Indicadores
Exploradores	Conocimiento	Gastos públicos en I+D Empleo en KIBS
Explotadores	Valor económico	Gastos de negocios de I+D Gastos en la no innovación de I+D Innovación interna de PYMEs Productos y procesos innovadores Innovaciones en marketing y organizacionales Eficiencia de recursos innovadores EPO patentes Ventas de nuevo mercado Ventas de nuevas empresas
Catalizadores	Vínculos	PYMEs innovadoras colaborando con otros Empleo en KIBS
Gobierno	Marcos y reglas	Educación ternaria Aprendizaje a largo plazo Gastos públicos en I+D

En términos generales, todas las variables mostradas explican el comportamiento de la innovación dentro de un SRI. Sin embargo, es necesario simplificar variables e indicadores permitiendo así una comprensión más precisa de este sistema, por esta razón algunos autores como (Shiping & Weidong, 2009) consideran y proponen que partir desde los productos generados del conocimiento es una forma factible de medición. En ese orden de ideas las patentes y las publicaciones cumplen la función de expresión de conocimiento a través de todo el sistema.

Por otro lado, es importante también evaluar quienes o qué son los gestores de la creación, uso y difusión del conocimiento. Esto entonces es explicado a través de dos variables de entrada, las cuales son personal de tiempo completo en actividades de I+D y el gasto en actividades de ciencia y tecnología en la región (Shiping & Weidong, 2009).

Es decir, el personal de tiempo completo y el gasto en I+D generan un indicador de creación de conocimiento que se divide en patentes y publicaciones (Shiping & Weidong, 2009). Esto se puede ver en la tabla 6 adaptado (Shiping & Weidong, 2009).

Tabla 6 Variables de entrada y salida del SRI

INDICADORES SRI	
Entradas	Gasto en I+D Personal de tiempo completo en I+D
Salidas	Patentes Publicaciones

2. El sistema de innovación en Antioquia

En este capítulo se realiza una descripción de la metodología planteada para abordar el sistema de innovación en Antioquia. En la sección 2.1 se realiza una introducción al SRI en Antioquia. En la sección 2.2 se habla sobre la operacionalización del sistema. En la sección 2.3 se presentan los hallazgos de la encuesta realizada para obtener resultados del sistema. Finalmente, en la sección 2.4 se presenta el análisis de la región de Antioquia.

2.1 El sistema regional de innovación en el departamento de Antioquia

En Antioquia el SRI lleva más de dos décadas desarrollándose a partir de la puesta en marcha de iniciativas locales con una aproximación *bottom up* (Llisterri & Pietrobelli, 2011). En los años ochenta, la región contaba con grandes fortalezas y una cierta estructura de ciencia y tecnología en los sectores de conocimiento en el ámbito académico, productivo y público, y por aquellos años se planteó como reto desarrollar una política de ciencia y tecnología que girara alrededor de la interacción entre los agentes (Llisterri & Pietrobelli, 2011).

En el año 1993 la región inició un proceso de integración entre los agentes, liderado por Proantioquia, una institución creada para impulsar el desarrollo de la región mediante la participación de los agentes a fin de integrarlos al desarrollo del departamento.

En el año 1995, siguiendo lo dispuesto en la ley nacional de ciencia y tecnología, Antioquia pasó a formar parte de la Comisión Regional de Noroccidente, junto con los departamentos de Quindío, Risaralda y Caldas (Llisterri & Pietrobelli, 2011).

Entre los años 2002 y 2009, Antioquia logró un desarrollo importante en materia de integración entre los diferentes agentes del SRI y avanzó de forma decidida en la creación y la consolidación de escenarios de apoyo a la innovación, así como de estructuras de articulación. De hecho, la región cuenta con un número importante de entidades de interfaz públicas y privadas, tanto de orden nacional como regional. Sin embargo, y a pesar de que se trata de uno de los SRI más avanzados del país, aún subsisten problemas que impiden

que estos esfuerzos se reflejen de forma proporcional en las actividades de innovación (Llisterri & Pietrobelli, 2011).

Para el departamento de Antioquia, la construcción del SRI tiene 4 agentes fundamentales que respetan las reglas antes mencionadas para la consolidación de un SRI que sea globalmente competitivo, sintetizando, estas serían: procesos basados en redes, sin estructuras jerárquicas y participación de múltiples actores (Echavarría, 2010). Según Echavarría (2010) los actores que componen el sistema de Innovación de Antioquia con algunos ejemplos, son los siguientes:

- Universidades
- Intermediarios articuladores del conocimiento: CIDET, CECIF, CIDI, CTA, etc.
- Empresas: UNE, EPM, Bancolombia, NOEL, ZENÚ, etc.
- Plataformas de Apoyo: Medellín digital, ANDI, Proantioquia, Ruta N, etc.

Según Echavarría (2010), es importante que cada agente del sistema reconozca su rol, se alinee con las agendas regionales, vigoricen la colaboración en red y se estimule la confianza. Actualmente se apuesta a tres grandes sectores: salud, energía y TICs.

Sin embargo aunque el sistema actual contiene capacidades y fortalezas en cuanto a ciencia, tecnología e innovación se refiere, la región carece de coordinación institucional y limitaciones para la financiación de ciertas etapas de la innovación (Robledo & Quintero, 2010).

El desafío a nivel regional consiste en lograr la coordinación institucional y en generar confianza de tal manera que los agentes del sistema superen el “competir para ganar”.

2.2 Conceptualización del SRI en Antioquia

En términos generales, en cuestión de agentes explotadores la región de Antioquia cuenta con dos sectores importantes que son los servicios y el industrial, en 2006, Antioquia tuvo una participación del 24% en el empleo industrial y ocupó el primer lugar en inversión industrial neta, con el 50% (Llisterri & Pietrobelli, 2011), y contando un número total de

empresas aproximadamente 77000 entre Pymes y grandes empresas (Cámara de Comercio, 2014).

Por otro lado, Medellín cuenta con alrededor de 41 entidades de educación, entre universidades, corporaciones, centros de formación, institutos, escuelas y fundaciones. Por su parte, de las siete instituciones de educación superior que existen en el departamento, la Universidad de Antioquia y la Universidad Nacional sede Medellín son entidades públicas (Llisterri & Pietrobelli, 2011). Sin embargo otras fuentes como la cámara de comercio reporta 49 Universidades entre públicas y privadas (Cámara de Comercio, 2014).

La región también cuenta con instituciones encargadas de articular la implementación de las políticas de innovación, servir como estructuras de interfaz y prestar servicios de innovación en el departamento, tales como: CODECTI, CUEE, Ruta n, SENA, Parque Tecnológico de Antioquia, la Red de Telemedicina de Antioquia, el Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia (CTA), ANDI, ACOPI, Tecnova, entre otros (Llisterri & Pietrobelli, 2011).

2.3 Hallazgos del SRI de Antioquia como ejercicio práctico

Para el estudio y análisis del SRI de Antioquia, se desarrolló un ejercicio práctico que incluyó el uso de encuestas como apoyo y registro de información. Las encuestas buscan encontrar mediante una serie de indicadores cuáles son las relaciones entre los agentes del sistema, su interacción y productos de innovación.

Las relaciones presentadas y sus productos de innovación tales como proyectos de investigación, patentes, publicaciones, asesorías y demás fueron presentados extensamente en el capítulo 1.

La tabla 7 presenta las variables o indicadores que se estudiarán en el SRI de Antioquia. Cada una de estas variables representa el medio por el cual un agente interactúa con otro en el SRI, por ejemplo dos agentes exploradores interactúan por medio de publicaciones.

Tabla 7 Construcción de las relaciones entre agentes del SRI de Antioquia

	Explorador	Explotador	Catalizador
Explorador	Proyectos de investigación conjuntos Publicaciones	Proyectos de investigación conjuntos	Gestión de proyectos de investigación Eventos conjuntos
Explotador		Proveer bienes y servicios directos	Asesorías y consultorías Eventos
Catalizador			Prestar servicios de consultoría

Con base en la tabla anterior, se propuso una muestra de agentes a nivel regional los cuales participarían en una encuesta que mediría la interacción de los agentes del SRI.

Estos agentes fueron divididos en tres clases: catalizadores, exploradores y explotadores. La muestra contó inicialmente con 3 agentes catalizadores, 7 agentes exploradores y 17 agentes explotadores, a los cuales se les envió la presentación de la encuesta motivo de esta investigación la cual se presenta en el Anexo 1.

La Tabla 8 muestra el detalle de los agentes, su clase e institución a la cual representan.

Tabla 8 Agentes participantes en la encuesta del SRI

CLASE AGENTE	INSTITUCIÓN
Catalizadores	CTA CECIF Cidet
Exploradores	Universidad de Antioquia Universidad Pontificia Bolivariana Corporación Universitaria LaSallista Universidad de Medellín Eafit ITM
Explotadores	Politécnico Jaime Isaza Cadavid Argos BANCOLOMBIA

Nutresa
 Nutresa (Zenú)
 Socoda S.A.
 BESAME PRENDAS INTIMAS
 Bicicletas Base
 BOCADILLOS EL CARIBE
 PROCESOS METALIZADOS LTDA
 CERVECERIA UNION S.A.
 SOFASA
 TORTAS Y TORTAS
 COMODISIMOS
 METALMUEBLES
 Dometal S.A
 Corpaul
 SISPROMETAL

La encuesta desarrollada bajo la plataforma google.sites (ver Anexo 1) presenta las preguntas y los contenidos enviados a cada grupo de agentes. Estas incluían una breve descripción y algunas palabras claves para su mayor comprensión.

Una vez realizadas las encuestas a los agentes elegidos del SRI de Antioquia se obtuvo una serie de resultados que son presentados a continuación:

En la tabla 9 se muestran las respuestas de 9 de los 17 agentes explotadores respecto a sus redes de comercio y la cantidad de agentes con los que interactúan en el sistema.

Tabla 9 Número de respuestas a las preguntas de los explotadores

¿Cuántos proveedores apoyan su actividad económica?	¿Cuántos clientes directos que compran su bien o servicio tienen actualmente?
Más de 11	Más de 41
Entre 6-10	Más de 41
Más de 11	Más de 41
Más de 11	Más de 41
Más de 11	Más de 41
Más de 11	Más de 41
Más de 11	Más de 41
Más de 11	Más de 41
Más de 11	Más de 41

Para los explotadores, las estadísticas presentadas anteriormente dan cuenta de que cada uno de ellos tiene una red e interacciones con otros agentes de la misma clase, los cuales son proveedores de bienes o servicios. La red de este sistema de agentes se extiende aproximadamente a 11 proveedores y más de 41 clientes en el SRI de Antioquia, por lo tanto al realizar el análisis de red para esta sola interacción se encuentra lo siguiente:

Un agente explotador tiene mínimamente en su red interacción con 52 agentes explotadores, es decir 41 clientes y 11 proveedores.

La idea de esta red es presentada con base en las estadísticas obtenidas, dicha red es mostrada en la ilustración 5 con la ayuda del software de simulación basado en agentes Netlogo.

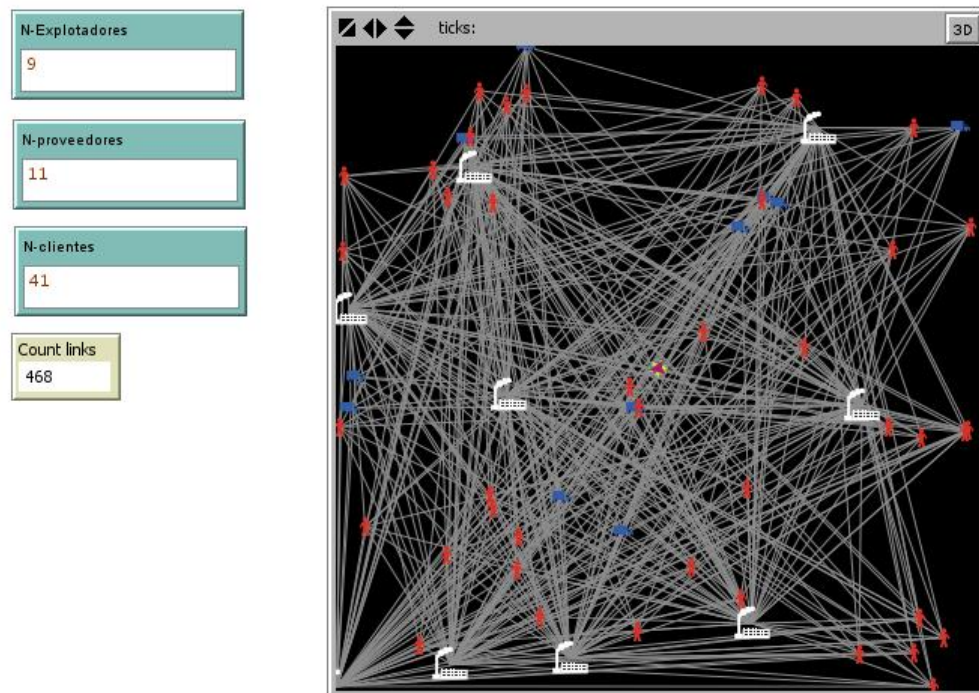


Ilustración 5 Red de Explotadores-clientes-proveedores

El sistema presentado en la ilustración 5 presenta la situación evaluada en la tabla 9, por lo tanto para cada agente explotador representado en forma de fábrica se vincula con 11 proveedores y con 41 clientes, los cuales están representados por personas, así este

sistema percibe como red un total de 468 vínculos, esto es solo los vinculos para el sistema de 9 agentes encuestados.

La tabla 10 presenta las estadísticas consolidadas a la pregunta realizada a los catalizadores del SRI de Antioquía ¿Cuántas asesorías y consultorías ha realizado en asocio con otro intermediario del Sistema Regional de Innovación en los últimos 5 años?

Tabla 10 Número de respuestas a las preguntas de los catalizadores

Número de asesorías y consultorías	Agentes que respondieron	%Ponderación
Cero	3	21%
Entre 1-10	5	36%
Entre 11-20	3	21%
Más de 21	3	21%

En este caso la red de catalizadores se puede representar gráficamente según se observa en la ilustración 6, para tener una idea de las interacciones presentes.

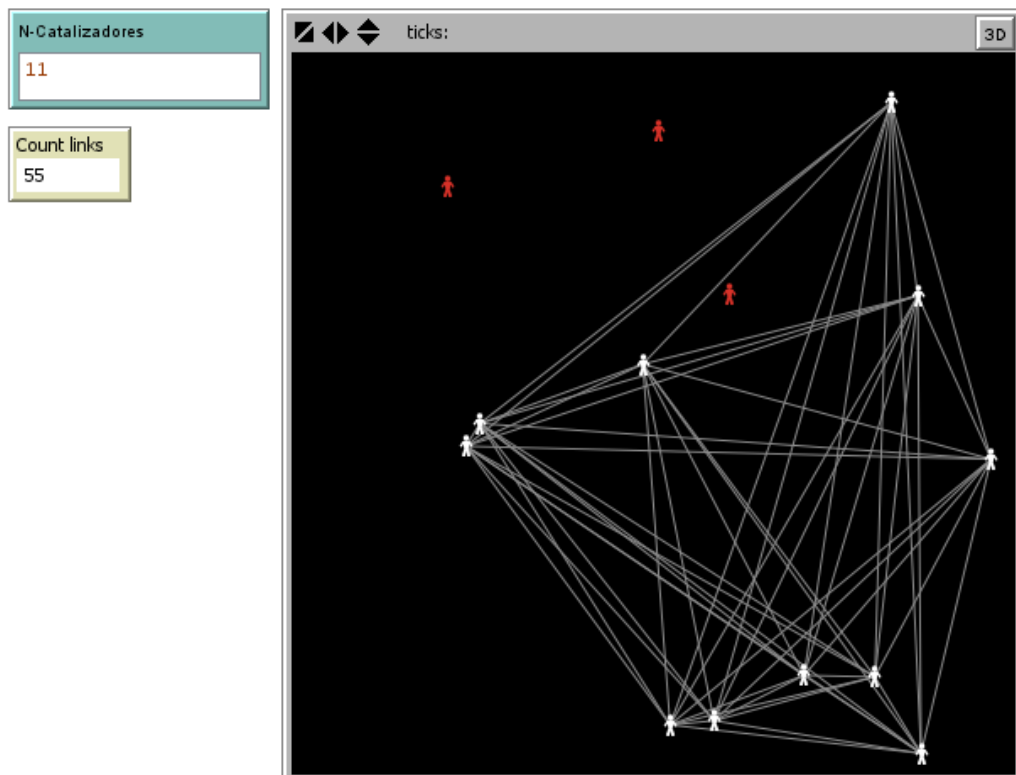


Ilustración 6 Red de catalizadores

La red de catalizadores muestra 55 vínculos entre ellos, estos agentes son los que interactúan generando asesorías y consultorías con otros agentes del sistema, solo 3 agentes no interactúan con otros agentes del sistema, ya que estos no han interactuado con otros agentes dentro del sistema según la encuesta.

La Tabla 11 muestra los resultados de la encuesta realizada a los Exploradores del sistema regional. En esta encuesta todos los agentes programados respondieron la encuesta.

Tabla 11 Número de respuestas a las preguntas de los exploradores

¿Cuántas patentes ha desarrollado en asocio con otra Universidad, Laboratorio o Centro de investigación en los últimos 5 años?	¿Cuántas publicaciones ha generado en asocio con otra Universidad, Laboratorio o Centro de investigación en los últimos 5 años?	¿Cuántas patentes ha desarrollado en asocio con PYMES en los últimos 5 años?	¿En cuántos proyectos de investigación ha participado con algún intermediario del Sistema Regional de Innovación en los últimos 5 años?	¿En cuántos eventos (foros, congresos, conversatorios, seminarios, etc.) ha participado con un intermediario del Sistema Regional de Innovación en los últimos 5 años?
Cero	Más de 41	Cero	Más de 21	Más de 11
Cero	Más de 41	Cero	Más de 21	Más de 11
Cero	Entre 1-20	Cero	Entre 1-10	Más de 11
Cero	Entre 1-20	Cero	Cero	Entre 1-5
Entre 1-5	Entre 1-20	Cero	Entre 1-10	Entre 6-10
Cero	Entre 1-20	Cero	Entre 1-10	Entre 1-5
Cero	Entre 1-20	Cero	Cero	Entre 1-5

La información obtenida de la encuesta a los exploradores muestra una tendencia baja a la creación de productos de innovación para el SRI como son las patentes y una tendencia alta a la participación en proyectos, publicaciones y seminarios.

También es importante resaltar que los exploradores, según la información suministrada, no se asocian con otras universidades ni empresas para generar los productos de innovación necesarios en el sistema.

2.4 Análisis de la región de Antioquia

A lo largo de todo este capítulo se ha caracterizado, definido y estudiado el SRI de Antioquia, partiendo desde su contexto como región y antecedentes hasta llegar a un ejercicio de conocimiento regional práctico para estructurar su dinámica. A continuación se presenta el contexto macroeconómico, de desarrollo industrial y científico de la región de Antioquia, la Tabla 12 presenta algunos de los principales indicadores de la región.

Tabla 12 Indicadores básicos para la región de Antioquia

Indicador	Valor	Fuente de consulta
Población [Personas] (2010)	6065846	(Gobernación de Antioquia, 2014)
Densidad [Habitantes/Km2]	95,36	(Gobernación de Antioquia, 2014)
Total fuerza de trabajo [Personas] (2009)	3551329	(Gobernación de Antioquia, 2014)
Total Empresas en Antioquia	128244	(Cámara de Comercio, 2011)
Total Empresas en Medellín y el Valle de Aburra	88488	(Cámara de Comercio, 2011)
Empresas por cada 1000 habitantes	21,1	(Cámara de Comercio, 2011)
% PIB departamental	13,5%	(Ministerio de Educación Nacional, 2012)
PIB per cápita (Millones de Pesos)	9,75	(Ministerio de Educación Nacional, 2012)
Total Universidades en Antioquia	74	(Ministerio de Educación Nacional, 2012)
Investigadores (2012)	2338	(Colciencias, 2012)
Investigadores en Antioquia por cada 1000 habitantes	0,38543676	(Colciencias, 2012)

Dentro de los datos más importantes se destacan una reducida fuerza de trabajo, el número de empresas por cada mil habitantes el cual es 21, donde el número óptimo de regiones industrializadas está alrededor de 50 empresas por cada mil habitantes (Cámara de Comercio, 2011). De igual manera cabe destacar el número considerablemente bajo de investigadores por cada mil habitantes el cual es de 0.38. Sin embargo aunque esas dificultades estén presentes dentro del contexto regional en términos de importancia económica, Antioquia es el segundo departamento con mayor participación en el PIB

nacional con el 13,5%, después de Bogotá, posición que también ocupa en el ámbito de la industria (Llisterri & Pietrobelli, 2011).

Otro indicador importante que se debe definir en el sistema de Antioquia es el número de patentes, esto se define como un título de propiedad que otorga un derecho de exclusividad para la explotación temporal de una solución técnica, es decir la patente es un título jurídico que protege a la invención y que la blinda para impedir que otros fabriquen, utilicen u oferten su venta (Gomez, 2013) (Poveda, 1993) (Comercio, 2014).

Las patentes pueden ser de tres tipos:

- Patentes de invención
- Patentes de diseño
- Patentes de planta (para toda variedad vegetal distinta y nueva, de reproducción asexual, excluidas las plantas multiplicadas por tubérculo)

Las patentes permiten evaluar el rendimiento y el nivel de especialización o fortaleza tecnológica de un país cuando se desarrollan y se comercializan con impacto o incidencia en la agenda regional, global o continental.

Estos conceptos son importantes para conocer el grado de competitividad que la región genera con respecto a otros países, este comparativo se puede ver en la Tabla 13 adaptada de (Gomez, 2013).

Tabla 13 Comparativo del número de patentes otorgadas

País	Patentes otorgadas por millón de habitantes
Estados Unidos	741
Reino Unido	290
Alemania	582
Colombia	4

En términos generales, la generación de patentes no se debe en gran parte a la falta de inventiva nacional, sino principalmente por factores que tienen que ver con el

fortalecimiento y cooperación de los diferentes sectores competitivos nacionales y regionales, como por ejemplo la transferencia de tecnología y conocimiento presente en la universidad, empresa, centros tecnológicos y gobierno. En la tabla 14 adaptada de (Mayor, 2005) se puede observar el comportamiento histórico del número de patentes de invención en Colombia durante el último siglo, ubicando a la región de Medellín y Antioquia como uno de los grandes contribuyentes en este aspecto con una participación del 16% del total para Colombia.

Tabla 14 Comportamiento de la Invención en Colombia

Evolución del número de patentes de Invención Colombianas entre 1848-2000							
Región	1848-1904	1905-1930	1931-1960	1961-1990	1991-2000	Total por región	% de participación por región
Bogotá-Cundinamarca	226	322	379	405	90	1422	61%
Medellín-Antioquia	15	132	99	105	26	377	16%
Cali-valle	8	20	32	88	24	172	7%
Barranquilla-Atlántico	1	31	29	29	2	92	4%
Manizales-Caldas	2	47	28	15	2	94	4%
Bucaramanga-Santander	6	25	13	4	9	57	2%
Resto de regiones	4	43	15	28	13	103	4%
Total por época	262	620	595	674	166	2317	100%
% de participación por época	11%	27%	26%	29%	7%	100%	

En lo que respecta al ámbito de la innovación, más del 13% del gasto colombiano se ejecutó en este departamento en ese mismo año, ocupando Antioquia el segundo lugar en el país, con un 19% del total de las empresas innovadoras. No obstante, el gasto en I+D sólo alcanzó el 1,4%, mientras que el 93% de este gasto se realizó en Bogotá (Llisterri & Pietrobelli, 2011). Lo anterior implica que el porcentaje de gasto en I+D es pobre comparado con otras regiones. En la ilustración 7 se puede observar esta comparación

con el caso de las BRICS o en países como Suecia que invierten el 3,82%, Alemania el 2,43% o estados unidos el 2,71%.

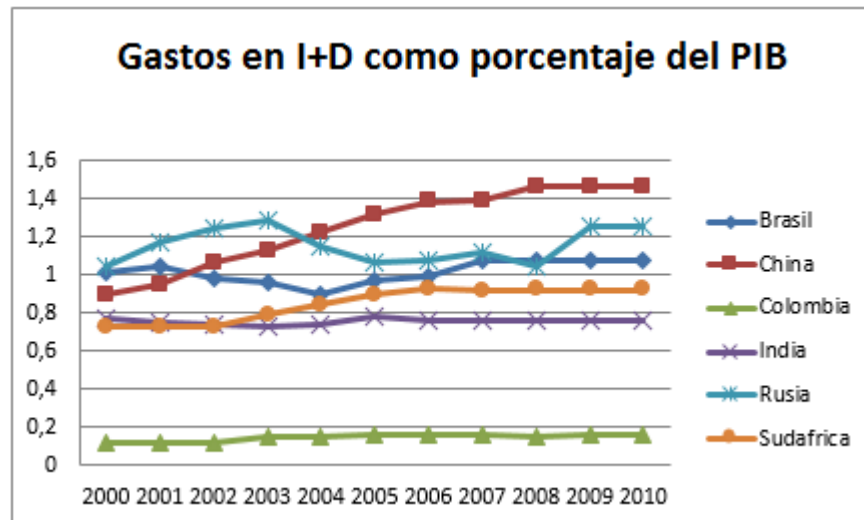


Ilustración 7 Porcentaje del PIB para I+D comparativo con los países de las BRICS

Otros indicadores importantes son suministrados por el foro económico mundial donde en el informe global de competitividad 2014-2015, se muestra a Colombia en el puesto 66 de 144 países. Los indicadores son los siguientes (Consejo Privado de Competitividad, 2015):

- Infraestructura (puesto 84)
- Salud y educación primaria (puesto 105)
- Eficiencia del mercado de bienes (puesto 109)
- Eficiencia del mercado laboral (puesto 84)
- Desarrollo del mercado financiero (puesto 70)
- Innovación (puesto 77)
- Aprestamiento tecnológico (puesto 68)

La tabla 15 (Pineda, 2012) muestra algunos indicadores para diagnosticar como ha sido la dinámica de la investigación y por tanto la innovación en Colombia. Esta información complementa los datos presentados en las tablas 12 y 13, las cuales muestran la participación en patentes de Colombia.

Tabla 15 Indicadores de CT+i para Colombia

Indicadores de CT+i para Colombia	
%I+D del PIB	0,16%
% de Población dedicada a investigación del total nacional	0,45%
Investigadores con maestría por cada 100.000 habitantes	5,8
Investigadores con doctorado por cada 100.000 habitantes	2,9
% de doctorados dedicados a Ingeniería	13%
% de investigadores empleados en la Universidad	89%
% de investigadores empleados en la empresa gubernamental	5%
% de investigadores empleados en la empresas privadas	4%
% de investigadores empleados en ONG	2%

De este capítulo y según los datos revelados se puede concluir que la innovación nacional, en la cual se incluye el SRI de Antioquia se caracterizan por:

- Intensidad general baja de I+D tecnológico;
- Énfasis primario en la investigación básica y muy baja concentración en la investigación aplicada;
- Bajos niveles de transferencia tecnológica entre el sector público y el sector privado, y dentro del propio sector privado;
- Escasos vínculos con redes de I+D tecnológico e innovación.

3. Simulación basada en agentes para entender el comportamiento de los SRI

En este capítulo se desarrolla la metodología utilizada durante la investigación. En la sección 3.1 se presenta la Fase 1 donde se realiza la revisión de artículos científicos hallados durante la vigilancia tecnológica. En la sección 3.2 se presenta la Fase 2 donde se seleccionan las variables más influenciadas con la ayuda de la metodología MICMAC y, finalmente, en la sección 3.3 se presenta el diagrama causal propuesto, en el que se relacionan las variables más influyentes, se identifican y se explican los bucles que lo componen.

3.1 Concepto de SBA

La modelación y simulación basada en agentes (de ahora en adelante SBA) es un paradigma de los sistemas, que tiene como objetivo comprender y modelar el comportamiento de entidades individuales en un sistema determinado. Esta ofrece formas fáciles para entender cómo los comportamientos individuales afectan a otros agentes del sistema (Macal & North, 2013), mediante tres elementos básicos:

- Los agentes, los cuales serían las instituciones pertenecientes al SRI.
- Las relaciones o conexiones, estas indicarían la cooperación entre agentes.
- El ambiente, que en este caso sería la región de Antioquia.

En términos generales la SBA se enfoca en estudiar sistemas que contengan gran cantidad de objetos activos como lo son: personas, negocios o incluso proyectos, demanda, productos, etc, los cuales tengan asociados la variable tiempo y que tengan un comportamiento individual (Borshchev & Filippov, 2004).

Teniendo en cuenta que los sistemas regionales contienen gran cantidad de elementos, enlaces y comportamientos individuales y que la innovación es un fenómeno complejo y

sistémico (OECD, 2005), se puede concluir por lo tanto que un SRI es un sistema complejo, por lo cual la SBA es una herramienta muy útil para diseñar y analizar dichos sistemas, donde los agentes o componentes interactúan bajo grados de dependencia y control (Humann & Madni, 2014) (Akgün, Keskin, & Byrne, 2014). Sin embargo, la teoría todavía discute sobre qué tipos de propiedades un objeto debería llamarse “agente”, pero lo que sí es claro es que estos tienen la característica de ser *descentralizados*, esto significa que no existe un lugar en el modelo de SBA donde el comportamiento sea definido, sino que el modelador define un comportamiento a nivel individual y el comportamiento global emerge (Borshchev & Filippov, 2004).

La SBA es principalmente un paradigma de simulación discreto, el cual abarca todos los niveles de simulación desde el operacional pasando por el táctico y llegando hasta el nivel estratégico, por lo tanto cruza todos los niveles de abstracción, esto se puede observar en la ilustración 8 tomada de (Borshchev & Filippov, 2004).

Por lo tanto para el estudio y análisis de los SRI se ha elegido el paradigma de SBA, debido a que esta aproximación es mucho más general y consistente, ya que permite capturar mayor nivel de complejidad en la estructura y en la dinámica, otra razón importante es que permite la construcción del sistema en ausencia de conocimiento sobre las interdependencias globales (Borshchev & Filippov, 2004).

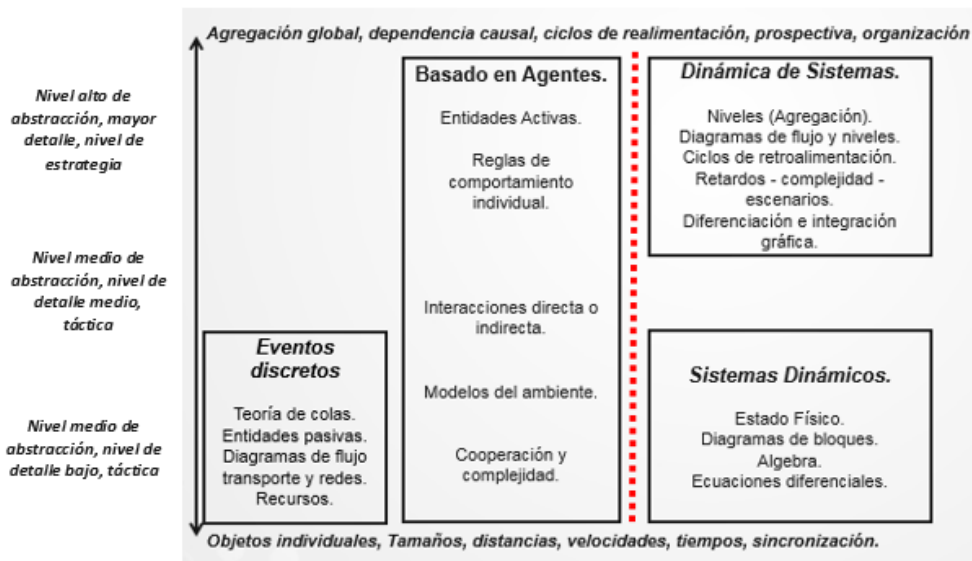


Ilustración 8 Paradigmas de simulación

Relativamente nuevo y más utilizado en ambientes académicos, forma parte de los 4 mayores paradigmas de simulación, los cuales son: La dinámica de sistemas (DS), el cual trabaja bajo un nivel de mayor abstracción y por lo tanto más estratégico, la simulación de eventos discretos, utiliza un nivel táctico y con nivel de abstracción medio, los sistemas dinámicos, el cual se usa para modelar sistemas de mayor nivel de detalle y enteramente operacional y, la SBA.

Existe una fuerte correspondencia entre la DS y la SBA para explicar un fenómeno físico o científico, principalmente se puede re-conceptualizar un modelo de DS en otro de SBA, esto simplemente implica mejorar el modelo de SBA capturando una dinámica más sofisticada, es decir añadiendo más detalles desde el nivel estratégico al táctico (Borshchev & Filippov, 2004).

Los datos generados por SBA puede proveer información importante acerca del comportamiento del sistema, descubrir interacciones ocultas y explorar escenarios tipo “what-if” (Humann & Madni, 2014). Una descripción figurada se presenta en la Ilustración 9, tomada de Macal & North, (2013).

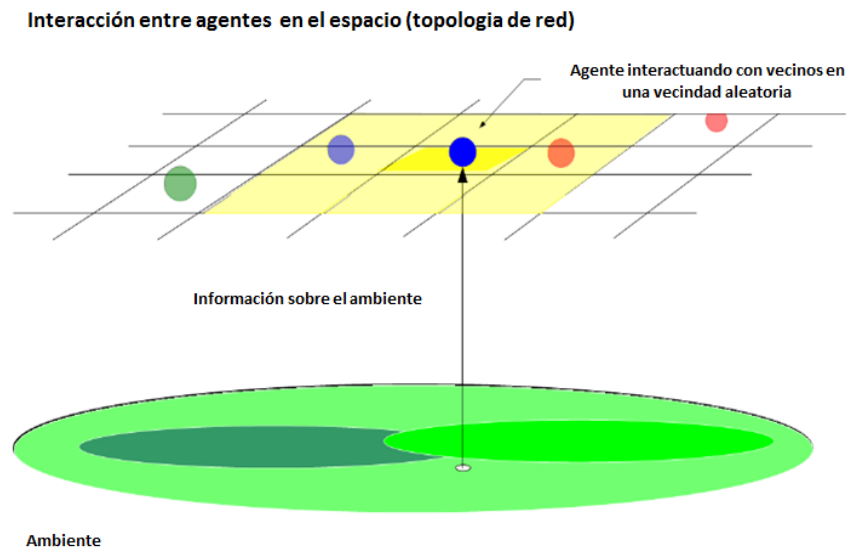


Ilustración 9 Componentes en la modelación de una SBA

El SRI también puede ser considerado como un Sistema Complejo Adaptable (de ahora en adelante SCA), esto se debe principalmente a la conexión e interdependencia de los agentes en el sistema y a las interacciones entre el sistema y el ambiente (Akgün et al., 2014). En los SCA los agentes pueden representar personas, moléculas y organizaciones, es importante tener en cuenta que estos agentes actúan con base en reglas, principios y condiciones. Estos son sistemas dinámicos, no lineales, emergentes, auto organizativos y resilientes (Iandoli et al., 2012).

Otras definiciones acerca de SCA incluyen como la descrita por Miller & Page (2007) que la importancia de la dependencia entre los agentes forman la definición de complejidad, la cual es una de las propiedades más importantes del sistema, ya que en los SCA la remoción de un elemento puede reconfigurar el comportamiento del sistema, llevando así a la emergencia y auto organización de los nuevos componentes o agentes encontrados en el sistema.

Los agentes interactúan con otras entidades mediante conexiones, las cuales se pueden mantener simples y estables, como en redes familiares o conocidos, pero también pueden ser inestables como en las redes de mercados (Miller & Page, 2007), de esto se concluye

que la velocidad en el cambio de estas conexiones es la que lleva a la complejidad del sistema.

Por lo tanto, el desarrollo del SRI mediante la SBA, implica estudiar la emergencia del sistema, lo cual en ciencias de la complejidad significa como son los diferentes patrones de comportamiento inducidos a nivel local por la interacción de los agentes (Epstein & Axtell, 1996a). 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 (Quintero & Robledo, 2013), en términos generales y bajo un concepto más extenso y explícito, los SRI son considerados sistemas de aprendizaje complejos donde existen acciones interactivas, influenciadas por procesos dinámicos en redes, las cuales incluyen diferentes actores (Zollo et al., 2011).

3.2 Formulación del modelo basado en agentes para el SRI de Antioquia

Para formular un modelo de SBA para el SRI en Antioquia como un SCA se deben identificar algunos elementos característicos difundidos por la literatura y diseñar el sistema, como son: 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 (Quintero & Robledo, 2013).

Es importante tener en cuenta que para el desarrollo de un modelo que se acerque a una propuesta de un SRI, se deben integrar dos diferentes aspectos: uno es la dimensión territorial de la innovación, el cual se ha analizado en capítulos anteriores y otro es el carácter sistemático y sistémico (Iandoli et al., 2012).

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”) 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 (Quintero & Robledo, 2013).

Para diseñar y desarrollar el modelo basado en agentes del SRI de Antioquia se utilizó la siguiente metodología propuesta por (Sterman, 2000):

1. Articulación del problema, donde se responden preguntas tales como: ¿Cuáles son las variables y conceptos claves?

En este numeral se delimita el horizonte de tiempo para el modelo y donde se conoce el comportamiento histórico de las variables y los conceptos clave.

2. Formulación de hipótesis, en este punto se utilizan modos y modelos de referencia y se buscan datos que soporten el modelo.
3. Formulación de un modelo de simulación, en el cual se especifica la estructura del modelo, los parámetros y las condiciones iniciales.

Siguiendo la metodología propuesta para el desarrollo del modelo, las variables son las presentadas y explicadas en la tabla 16.

Las variables de entrada para el modelo son:

- Porcentaje de gasto 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, estos están representados por dos variables E_interrelación y U_interrelación.

- En los SCA, la interacción entre los agentes y el entorno es importante porque muestra como los agentes se desenvuelven y como los resultados varían, por esta razón la imagen del sistema es importante para obtener estos resultados.
- Existen para el modelo algunas variables aleatorias que simulan la asignación de recursos dentro del sistema para los diferentes agentes, estas asignaciones se presentaron en el capítulo 2.

Tabla 16 Variables del modelo de SRI de Antioquia

Variables del modelo de SRI	Explicación a la variable
E_interrelación	Es la longitud del vínculo de una empresa (agente explotador) con otros agentes del sistema medido en patches de distancia, implica un grado de relación geográfica.
U_Interrelación	Es la longitud del vínculo de una Universidad (agente explorador) con otros agentes del sistema medido en patches de distancia, implica un grado de relación geográfica.
%Empresa	Porcentaje de participación de los agentes Explotadores (empresas) dentro del sistema.
%Universidad	Porcentaje de participación de los agentes Exploradores (Universidades) dentro del sistema.
P_Universidad	Variable aleatoria de asignación de recursos dentro del sistema.
P_Empresa	Variable aleatoria de asignación de recursos dentro del sistema.
Explotadores	Es el número de agentes Explotadores (empresas) que va a tener el sistema en la simulación.
Exploradores	Es el número de agentes Exploradores (universidades) que va a tener el sistema en la simulación.
Catalizadores	Es el número de agentes catalizadores (centros tecnológicos) que va a tener el sistema en la simulación.
%I+D	Es el porcentaje de Investigación y Desarrollo Nacional a simular para el SRI.

Imagen

La forma gráfica con la cual se va a simular el SRI, puede ser sin imagen, imagen Antioquia o Imagen desigual de Antioquia.

En el comportamiento regional de la innovación presentado en el capítulo 2, se mencionaron resultados importantes a nivel región, los cuales miden su desempeño. Con el modelo propuesto de SBA se pretende dar respuesta a estos resultados.

Por lo tanto, las variables de salida que se pretenden medir con el modelo de SBA son las siguientes:

- 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 en el cual un sistema prudentemente puede desarrollar y generar proyectos, patentes y publicaciones, los autores Fritsch & Slavtchev (2011) consideran que las aplicaciones de patentes son publicadas solo después de doce a dieciocho meses después de la solicitud. Este es el tiempo necesario para que la oficina de patentes verifique la aplicación y las condiciones básicas que garantizan el patentamiento.

Con la ayuda del programa NetLogo versión 5.0.3 se desarrolló un modelo del SRI para Antioquia con las variables, parámetros, tiempos y resultados antes mencionados, un esquema de este modelo puede verse en las ilustraciones 10, 11 y 12.

El modelo cuenta con una interfaz de simulación para el usuario, donde se pueden manipular los parámetros antes mencionados, los cuales se encuentran ubicados en el lado izquierdo de la pantalla. En este mismo lado se puede encontrar también gráficos y monitores de resultados de las simulaciones. Cuenta con dos comandos de botones: 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 imagen del SRI de Antioquia, que se encuentran al lado derecho:

1. Sin Mapa
2. Mapa Antioquia
3. Distribución desigual Antioquia

En la literatura se ha encontrado que un problema fundamental en el estudio de todos los SRI, es que aún no se ha podido determinar a ciencia cierta cómo un SRI puede verse en realidad (Doloreux & Parto, 2005), es por esta razón que para el diseño del modelo de SRI de Antioquia se propone diferentes tipos de configuraciones espaciales.

El primero de ellos 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, este tipo de distribución se muestra en la ilustración 10.

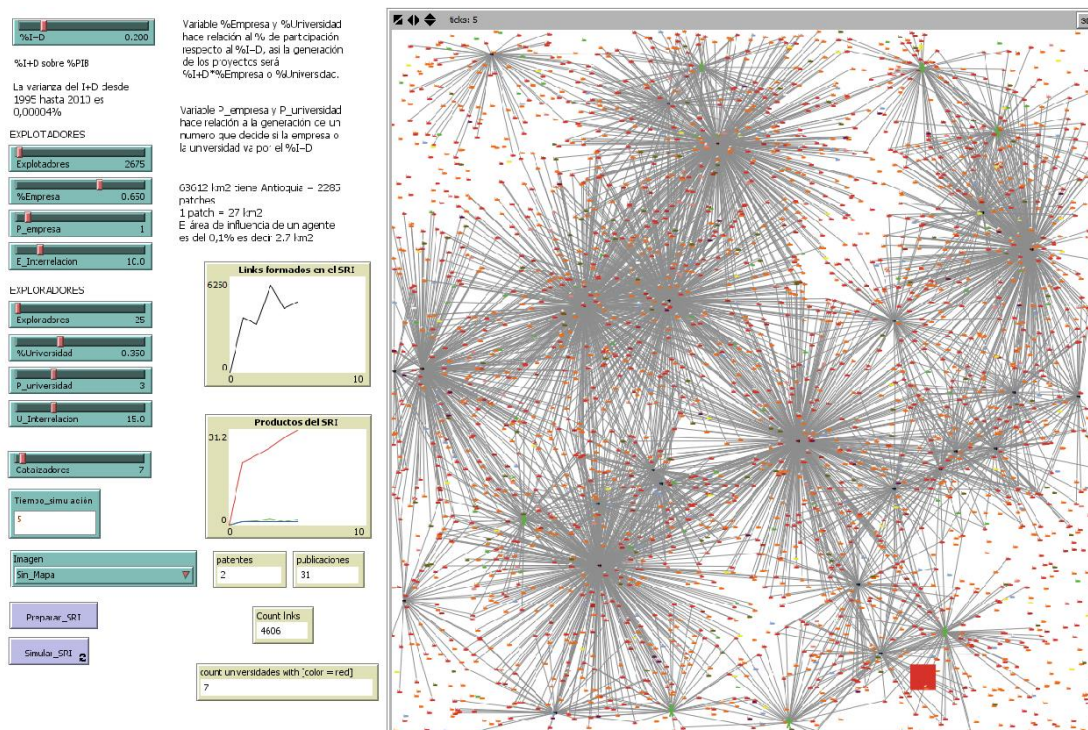


Ilustración 10 Simulación SRI sin mapa

Para el segundo, se estudia la configuración espacial de las redes, territorios y agentes. Aquí se puede ver que la distribución de los agentes en el departamento no es equitativa, ya que el 69% de los agentes se encuentran en el Valle de Aburrá el cual es un área pequeña comparada con el resto de territorio, sin embargo da una muestra real de las dinámicas de redes del departamento, este tipo de configuración se puede ver en la ilustración 11.

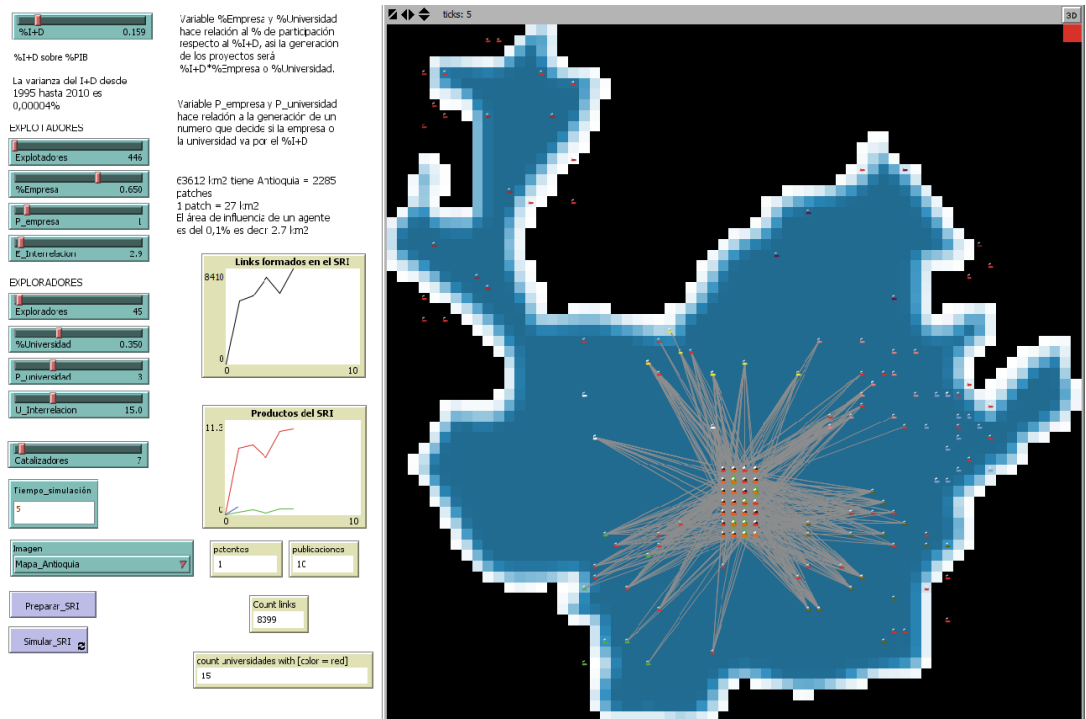


Ilustración 11 Simulación SRI con mapa Antioquia

Finalmente, la distribución desigual de Antioquia es una propuesta gráfica para estudiar las dinámicas y las redes dentro del área regional proporcional al número de agentes que la ocupan (ver tabla 17). Con base en esta pregunta se destinaron áreas de posible ocupación para los agentes en cada región según el porcentaje de Agentes, este comportamiento se muestra en la ilustración 12.

Tabla 17 Regiones de Antioquia y distribución de Agentes

Subregión de Antioquia	Distribución de Agentes	Color de la región
Bajo Cauca	2%	Violeta
Magdalena Medio	5%	Verde
Nordeste	4%	Naranja
Norte	3%	Amarillo
Occidente	1%	Azul rey
Oriente	7%	Verde oliva
Suroeste	4%	Azul celeste
Urabá	5%	Rojo
Valle de Aburra	69%	Blanco
9 Regiones	100%	

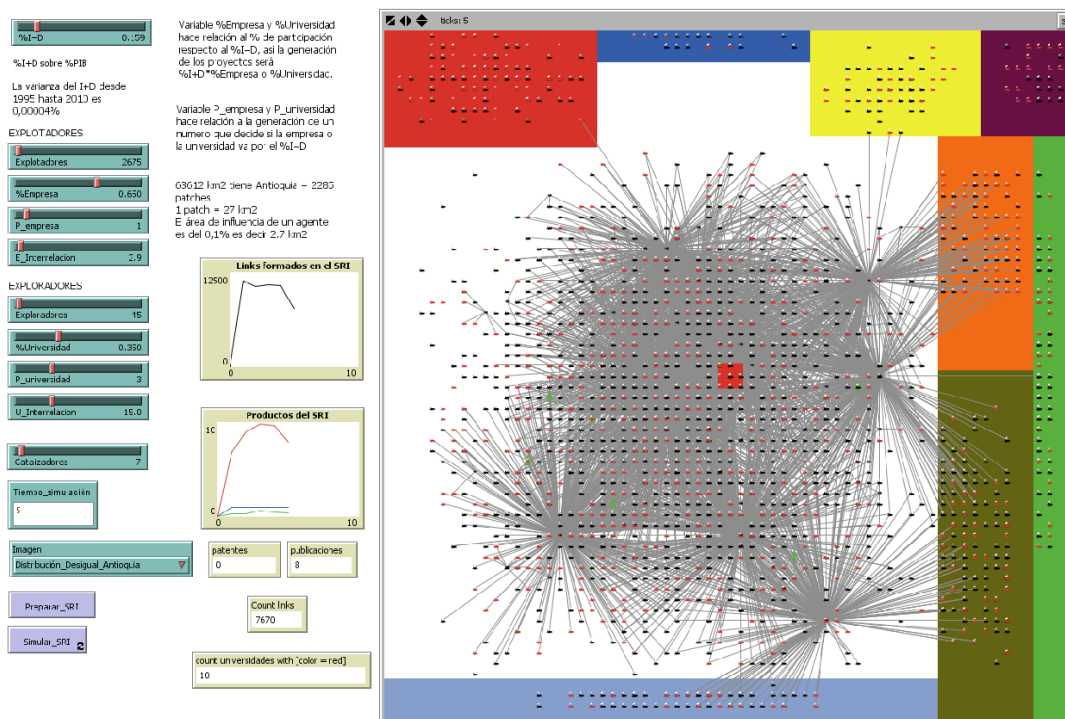


Ilustración 12 Simulación SRI de Antioquia con distribución desigual

El proceso de formulación del programa utilizado en este modelo sigue una estructura algorítmica básica, donde con las variables de entrada (%I+D y número de agentes), el

modelo genera resultados de salida (patentes, publicaciones y número de vínculos), este se puede observar en la ilustración 13.

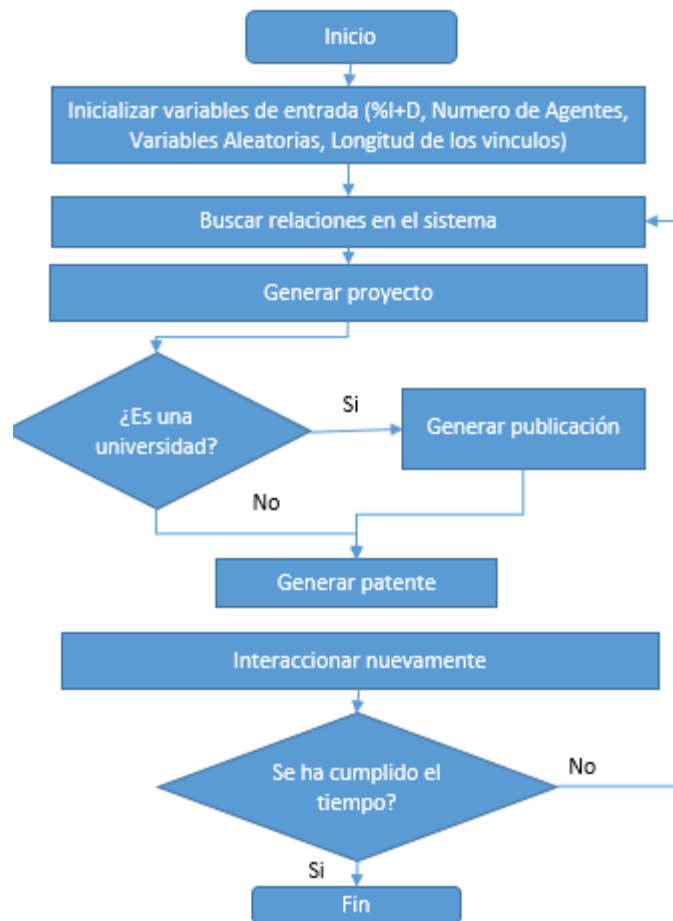


Ilustración 13 Diagrama de flujo para el modelo SRI de Antioquia

3.3 Análisis del comportamiento del sistema

El modelo del SRI de Antioquia requiere de una serie de variables de entrada que, una vez procesadas, generen tres variables de salida, las cuales son: patentes, publicaciones y número de vínculos del sistema.

Las patentes y las publicaciones muestran la generación de actividades de innovación dentro de la región, mientras que, el número de vínculos del sistema da cuenta de la influencia y la densidad de la red entre los actores que se encuentran en el sistema.

Una serie de experimentos con el modelo fueron llevados a cabo, variando sus diferentes parámetros de entrada para obtener resultados de salida. Estos experimentos se pueden ver en el anexo 3.

Los resultados de los experimentos llevados a cabo mediante las simulaciones para el SRI de Antioquia se presentan a continuación.

El primer resultado importante dentro de la simulación del SRI de Antioquia son las patentes generadas por el sistema.

Lo anterior se puede observar en la tabla 18, donde el experimento que generó mayor número de patentes en el SRI es el 14 con un promedio de 14.3 patentes en promedio al final del ejercicio, donde intuitivamente se espera que haya un mayor %I+D y donde la Universidad tenga un porcentaje de participación mayor, sin embargo los vínculos generados en este experimento son menores.

Tabla 18 Resultados promedios del Número de Patentes por cada experimento

Simulaciones	Consolidado del Promedio de las corridas del Número de Patentes				
	1	2	3	4	5
1	0,0	13,3	11,2		
2	0,0	10,2	12,0		
3	0,0	11,8	14,0		
4	0,0	4,5	4,0		
5	0,0	2,3	3,3		
6	0,0	2,0	2,0	1,5	
7	0,0	11,8	11,6	11,4	
8	0,0	14,8	14,0	14,3	15,0
9	0,0	13,3	13,0	13,3	13,5
10	0,0	1,7	1,3	1,7	1,3
11	0,0	0,7	0,8	0,9	0,6
12	0,0	2,5	3,5	3,0	
13	0,0	15,3	13,3	14,0	
14	0,0	13,9	14,6	14,7	14,3
15	0,0	2,0	2,1	1,5	1,9

El resultado generado para el número de publicaciones del SRI se pueden observar en la Tabla 19, donde nuevamente el experimento 14 obtuvo los mejores resultados en la simulación, generando en promedio para el último periodo del experimento un promedio de 1045,4 publicaciones.

Tabla 19 Resultados promedios del Número de Publicaciones por cada experimento

Consolidado del Promedio de las corridas del Número de Publicaciones					
Simulaciones	1	2	3	4	5
1	0,0	0,0	0,0		
2	0,0	8,1	70,3		
3	0,0	31,4	31,4		
4	0,0	13,0	15,6		
5	0,0	10,7	27,3		
6	0,0	29,0	27,0	22,8	
7	0,0	217,1	232,8	225,4	
8	0,0	758,5	1061,0	850,8	1139,8
9	0,0	778,9	646,6	830,1	838,4
10	0,0	23,0	22,7	25,0	33,0
11	0,0	18,2	18,6	19,5	18,8
12	0,0	34,5	34,5	29,5	
13	0,0	263,3	310,8	222,0	
14	0,0	755,3	1007,6	1039,6	1045,4
15	0,0	36,4	33,3	31,8	30,1

Finalmente pero no menos importante es el número de links obtenidos para la red del SRI. Los valores resaltados en la tabla 20 son los más altos obtenidos de los experimentos, estos son los experimentos 9, 10 y 11, en los cuales se obtienen hasta 291231 vínculos en la red, este resultado se obtiene para un número de 70000 agentes explotadores y 25 agentes exploradores, con una alta participación en el %I+D de los agentes explotadores y con una alta interrelación de los agentes, esto quiere decir que existen 291231 canales de información que se prestan para generar proyectos entre los diversos agentes, que en el tiempo derivaran en futuras patentes y publicaciones para el SRI de Antioquia.

Tabla 20 Resultados promedios del número de links por cada experimento.

Consolidado del Promedio de las corridas del Número de Links					
Simulaciones	1	2	3	4	5
1	0,0	10866,7	7598,9		
2	0,0	7255,6	9959,9		
3	0,0	4060,4	5699,6		
4	0,0	15653,3	17937,1		
5	0,0	19741,3	24003,0		
6	0,0	88734,5	67616,0	88876,5	
7	0,0	88623,3	114586,4	120411,0	
8	0,0	95913,3	124383,0	144722,0	150010,8
9	0,0	146280,6	185028,5	170230,1	203683,5
10	0,0	186052,7	155823,3	162186,0	203834,0
11	0,0	213331,4	245132,8	266102,1	291231,3
12	0,0	33510,5	42917,0	51467,5	
13	0,0	42477,8	53908,3	55729,8	
14	0,0	59543,1	78310,2	91945,7	100606,1
15	0,0	86972,0	101048,8	108922,0	116123,4

Otro tipo de análisis para entender en comportamiento de los SRI, consiste en estudiar su concepto como red, por lo tanto, se define una red (network) como un arreglo de entidades que son llamados nodos con conexiones entre ellos llamados vértices (Newman, 2003), por lo tanto un sistema que toma esta forma puede ser llamado grafo en la literatura matemática y puede tomar distintas connotaciones, como redes sociales, redes de crédito, redes de amigos, redes genealógicas, redes económicas, redes de transmisión de enfermedades, etc. (Epstein & Axtell, 1996b). Por lo tanto también se puede definir a una red como una conformación de nodos unidimensionales vinculado con un número definido de vecinos, donde mientras mayor sea el número de conexiones más cohesionado se vuelve el sistema (Miller & Page, 2007).

El análisis de redes tiene propiedades para estudiar su comportamiento, estas son: coeficiente de clusterización de red y los grados de distribución de la red, los cuales muestran qué tan conectada es la red de agentes en el SRI (Newman, 2003).

La clusterización en redes se define, según la Ecuación 1, como la cantidad de tripletas conectadas a un solo vértice, es decir, en término de redes sociales, el amigo de su amigo es también su amigo o, un arreglo de tres nodos conectado con cada uno de los otros. La clusterización toma valores desde 0 hasta 1, ahora, el coeficiente de clusterización mide la densidad de triángulos en una red y se puede definir como el promedio de la clusterización de cada nodo de la red. Lo anterior se puede ver en la Ecuación 2 (Newman, 2003; Watts & Strogatz, 1998).

$$C_i = \frac{\text{Número de triángulos conectados al vértice } i}{\text{Número de tripletas centradas en el vértice } i}$$

Ecuación 1. Clusterización en una red.

$$\text{Coeficiente de Clusterización} = \frac{\sum C_i}{n}$$

Ecuación 2. Coeficiente de clusterización en una red.

Otra propiedad para estudiar las redes consiste en estudiar los grados de distribución de la red, lo cual es describir en forma de histograma qué cantidad de vértices tienen los agentes del sistema, evidenciando su nivel de conectividad (Newman, 2003), es llamada también conectividad de la red y es medida generalmente por la densidad de los vínculos por nodo (Pyka & Scharnhorst, 2009).

Algunos autores parten del hecho de que en redes de tecnología o industria la emergencia de innovaciones importantes pueden ser esperadas en ambientes de baja conectividad durante la fase de emergencia mientras que el proceso de difusión de innovaciones puede darse en un ambiente de conectividad creciente mientras que el sector madura incrementando el número de nodos y por lo tanto su diversidad (Pyka & Scharnhorst, 2009).

La ilustración 14 muestra los grados de distribución de la red para el experimento 1, de aquí se concluye que aproximadamente 8000 agentes tienen al menos un vínculo con un vecino, 1100 agentes tienen 2 vecinos, 700 agentes tienen 3 vínculos y 50 tienen 4 vínculos, el resto de agentes no tienen vínculos con ningún agente, esto lleva a calcular un

coeficiente de red de 0.02, lo cual es un índice muy bajo ya que implica que no existen vínculos de clusterización en la región.

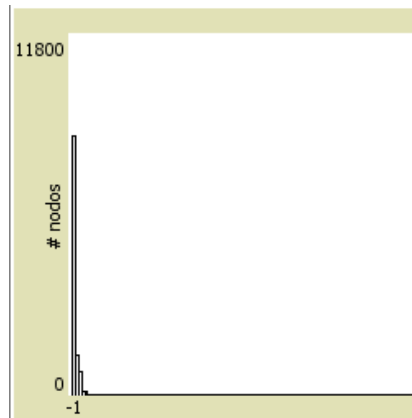


Ilustración 14 Grados de distribución del experimento 1

La ilustración 15 muestra para el experimento 2 una distribución que permite observar que aproximadamente 10000 agentes tienen al menos 1 vínculo, 800 tienen 2 y 90 tienen 3, el resto de agentes no tienen vínculos que les permita generar capacidades de innovación, por lo que su coeficiente de clusterización es cero.

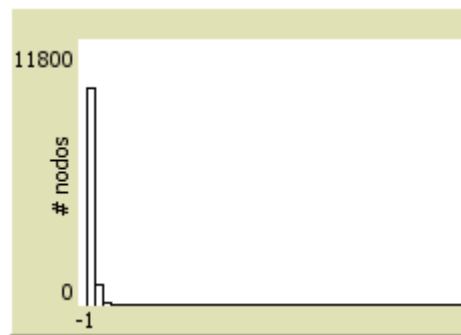


Ilustración 15 Grados de distribución del experimento 2

Para el experimento 8 se obtuvo un coeficiente de clusterización de 0.25, esto implica entonces que al menos varios grupos de agentes pertenecen a una vecindad específica, la cual está generando clústeres en el SRI, dada la alta distancia en los vínculos que manejan los agentes y su participación en el sistema.

Para el experimento 10 se obtuvo un coeficiente de clusterización de 0.1, sus grados de distribución fueron más variados, 2900 agentes tuvieron 1 vínculo, 1500 tuvieron 7 vínculos,

260 tuvieron 10 vínculos, 200 tuvieron 16 vínculos, 60 tuvieron 13 y 40 tuvieron 19 vínculos respectivamente.

En conclusión se puede asegurar que el coeficiente de clusterización para una región aumenta conforme crecen las relaciones entre agentes del sistema, debido principalmente a la longitud de sus vínculos con los cuales conectar agentes y a un porcentaje de participación mayor de agentes exploradores en el porcentaje de gasto de I+D que son los generadores de mayores propuestas de Innovación.

3.4 Validación y verificación del sistema

A partir de una búsqueda de datos y encuestas regionales, se modeló un sistema para explicar precisamente la interacción de agentes en un entorno característico. El modelo toma un conjunto de variables de entrada para transformarlas en un conjunto de salidas que expliquen los productos de innovación generados en la región.

La verificación y la validación (particularmente la validación) juegan un papel importante en los modelos basados en agentes (de ahora en adelante MBA), ya que se busca persuadir a los tomadores de decisiones para que acepten dichos modelos y las propuestas hechas por los modeladores (Goto & Takahashi, 2013).

Pero ¿Qué es validar un sistema? Muchos autores definen validación como “la correcta conclusión con base en premisas” lo que implica que este soportada por una verdad objetiva (Stermán, 2000), también se define este concepto como el grado de homomorfismo entre un sistema y un segundo sistema que supuestamente representa (Goto & Takahashi, 2013), otros autores lo consideran el proceso de evaluar el grado de precisión entre el modelo computacional y la representación del mundo real (Ormerod & Rosewell, 2009).

Sin embargo, ningún modelo puede ser validado ni verificado certeramente, ya que todos los modelos están equivocados (Stermán, 2000), esto se debe principalmente a que los modelos, mentales o informales, son limitados por nuestro conocimiento y simplificados de un mundo real. Esto lleva a pensar que no existe un perfecto significado en validar un MBA,

debido a que la validación en muchos casos es un tipo de proceso social (Goto & Takahashi, 2013), donde se confrontan las opiniones de expertos y modeladores.

No obstante, partiendo desde la premisa sobre lo equivocado que están los modelos, este hecho no exenta al modelador de que de alguna forma desde lo epistemológico y computacional se verifiquen los resultados, que en muchos casos no tienen teorías científicas fuertemente formuladas que lo sustenten, por lo tanto existen algunos conceptos útiles al respecto para realizar validaciones y verificaciones.

Existen más de 75 técnicas y conceptos de verificación, validación y evaluación de modelos presentadas en la manual de simulación (Banks, 1998), estas técnicas han sido clasificadas en cuatro grupos diferentes, que son: informales, estáticas, dinámicas y formales (Olsen & Raunak, 2013).

Sin embargo otros autores han dividido estos conceptos para validar modelos en validación informal y validación objetiva (Godoy & Bartó, 2002). La validación informal cuenta con varias herramientas que son: las entrevistas, panel u opinión de expertos (Korb, Geard, & Dorin, 2013) y test de Turing. Por otra parte la validación objetiva cuenta con criterios como: correspondencia de estructuras, correspondencia de comportamientos y correspondencia de fenómenos (Godoy & Bartó, 2002).

Otros conceptos de validación incluyen tres tipos: validación de modelos conceptuales, validación operacional y validación de datos (Goto & Takahashi, 2013) (Olsen & Raunak, 2013), la primera implica que todos los supuestos sobre el modelo han sido incluidos, la segunda considera que el comportamiento del software sea acorde con lo que se espera del sistema bajo simulación y finalmente se debe asegurar que los datos necesarios estén disponibles y correctos (Olsen & Raunak, 2013).

Finalmente, existe otro tipo de validación para los MBA llamada empírica, la cual consiste en un procedimiento a través del cual el modelador evalúa que las salidas (outputs) del modelo se aproximen a la realidad (Fagiolo, Birchenhall, & Windrum, 2007), esto implica aislar algunas características del fenómeno actual, describir sus relaciones causales donde se asume que estos mecanismos (determinísticos o estocásticos) generan los datos. A

estos mecanismos causales se les llama “proceso de generación de datos del mundo real” (PGDmr). Un modelo que se aproxime a las proporciones del PGDmr es llamado “modelo de generación de datos” (MGD), y este debe ser más simple que el PGDmr. La medida de que MGD sea una buena representación de PGDmr es evaluada comparando las salidas de la simulación con las observaciones del mundo real (Fagiolo, Moneta, & Windrum, 2007). Ahora, para realizar la validación y verificación del MBA para el SRI de Antioquía, se utiliza la validación o correspondencia de estructuras y posterior a esto, se valida el comportamiento, usando la validación empírica como fuente de comparación entre modelos.

El MBA para el SRI de Antioquía establece la relación entre agentes a través de una red para generar productos de innovación tales como patentes y publicaciones. Estos, tal y como se enuncian en el capítulo 1 se clasifican en 4: exploradores, explotadores, catalizadores y gobierno, cada uno con un papel y reglas definidas dentro del sistema. Ahora, en el capítulo 1, la ilustración 3 presenta los vínculos entre agentes, esta ilustración representa una estructura validada por la literatura científica, por lo cual se considera una estructura real.

Por lo tanto, la ilustración 3 soportada dentro del marco teórico fue modelada en un software basado en agentes replicando su estructura para dar cuenta de su comportamiento.

Para realizar la validación de comportamiento se confrontan los resultados de la encuesta (patentes y publicaciones ver tabla 10), los cuales vienen del proceso de datos generados por el mundo real (PDGmr) contra el modelo de generación de datos (MGD) obtenidos mediante los experimentos (ver tablas 18 y 19).

En la tabla 21 se puede ver la comparación de resultados entre el estado real del sistema y el modelo.

Tabla 21 Comparativos de resultados entre las encuestas y el modelo.

Resultados de innovación SRI	Sistema inicial (Encuestas)	Sistema Simulado (modelo)	Resultados promedio (modelo)	Condiciones iniciales del modelo
Patentes	Cero Entre 1 y 5	Experimento 6	1,4	%I+D 0,16 % alto de participación empresas poca interacción entre agentes
		Experimento 10	1,2	%I+D 0,16 % alto de participación empresas alta interacción entre agentes
		Experimento 11	0,6	%I+D 0,16 % alto de participación empresas media interacción entre agentes
Publicaciones	Entre 1 y 2 Más de 40	Experimento 6	19,7	%I+D 0,16 % alto de participación empresas poca interacción entre agentes
		Experimento 10	20,7	%I+D 0,16 % alto de participación empresas alta interacción entre agentes
		Experimento 11	15	%I+D 0,16 % alto de participación empresas media interacción entre agentes

Como se puede ver en la tabla 21, los resultados obtenidos en el modelo bajo tres experimentos (6, 10 y 11) que son los que mejor se ajustan a la realidad del sistema bajo sus condiciones iniciales, generan salidas de patentes y publicaciones similares a la encuesta realizada, lo que valida el modelo desde el comportamiento. Sin embargo vale

aclarar que no se conoce a ciencia cierta qué tipo de interacción tiene el sistema real, ya sea baja, media o alta, por lo que se comparan tres modelos con la realidad y no uno solo. También se puede validar comportamiento con base al número de vínculos generados. De la ilustración 5 se obtuvo que 61 explotadores generaban para el sistema real una red de 468 vínculos entre empresas, proveedores y clientes, sin embargo bajo niveles de participación de %I+D en la región siendo muy optimistas se puede generar una red de 234 vínculos. Ahora 70000 explotadores simulados en el sistema pueden generar por lo tanto 268524 vínculos, en la tabla 20 se muestra como el experimento 11 genera en su última simulación 291231 vínculos en el sistema.

La tabla 22 muestra la validación del sistema mediante el diseño experimental, en este apartado se utilizan las herramientas estadísticas y el estadístico del valor crítico de F para probar dos hipótesis para cada escenario, una primera hipótesis que se denominó hipótesis nula implica probar dentro del modelo que el %I+D no muestra valores significativos en las patentes, publicaciones ni vínculos generados en el sistema, esto implica que las variables son independientes y no tienen relación alguna, el caso contrario se denomina hipótesis alternativa, en esta hipótesis se plantea probar que el %I+D muestra valores significativos en las patentes, publicaciones y vínculos del sistema mostrando dependencia entre las variables.

Esto se muestra mediante el siguiente estadístico de prueba:

$$Prueba\ de\ Fisher > Valor\ crítico\ de\ F$$

Ecuación 3. Estadístico de validación para el modelo SRI

En donde, si se cumple que la prueba de Fisher es mayor que el valor crítico de F, se rechaza la hipótesis nula y por lo tanto se acepta la alternativa.

De acuerdo a lo anterior, se observa que mediante el diseño experimental, se encuentra significancia entre las variables, es decir, son dependientes. Esto valida las variables y su

importancia dentro del sistema. El análisis de varianza y la tabla ANOVA para estos diseños son presentados en el anexo 3.

Tabla 22 Resultados del diseño de experimento para el porcentaje de I+D.

Variable independiente	Variable dependiente	Prueba de hipótesis nula (Ho)	Prueba de hipótesis alterna (H1)	Resultados	Conclusión	
%de I+D	Número de patentes	El % de I+D no muestra valores significativos en la obtención de patentes en el SRI	El % de I+D muestra valores significativos en la obtención de patentes en el SRI	F=8,48>VF=2,32	Rechazo Ho	El % de I+D muestra valores significativos en la obtención de patentes en el SRI
		El % de I+D no muestra valores significativos en la obtención de publicaciones en el SRI	El % de I+D muestra valores significativos en la obtención de publicaciones en el SRI	F=2,35>VF=2,32	Rechazo Ho	El % de I+D muestra valores significativos en la obtención de publicaciones en el SRI
%de I+D	Número de vínculos	El % de I+D no muestra valores significativos en el número de vínculos en el SRI	El % de I+D muestra valores significativos en el número de vínculos en el SRI	F=5,69>VF=2,32	Rechazo Ho	El % de I+D muestra valores significativos en el número de vínculos en el SRI

Con base en estos resultados, se puede probar a priori que el modelo cumple la realidad a la cual se ajusta.

Por lo tanto no se espera que el MBA presentado en este capítulo responda todas las preguntas que giran en torno a los SRI, pero que dé cuenta de una visión y una manera de interpretar este vasto y complejo sistema.

4. Propuesta estratégica de mejora para el SRI de Antioquia

Como se ha podido observar, en el capítulo 2 se identificaron y se caracterizaron las variables en términos regionales que impactan a la tecnología y a la innovación en Antioquia.

La caracterización y la identificación de las variables se desarrolló a través de una encuesta y sobre los datos regionales para Antioquia y el comparativo del número de patentes para Colombia presentados en las tablas 12 y 13, lo cual ha llevado a concluir que en Colombia el nivel de innovación y patentamiento es muy bajo en comparación con otros países.

De igual forma, se evidenciaron carencias regionales en términos del comportamiento de la innovación debido a patentes y publicaciones en el SRI de Antioquia. Se encontró que la región de Antioquia cuenta con una participación de 16% en este nivel de patentamiento, cifra que surge de la estadística tomada durante 70 años (Mayor, 2005), esta carencia lleva a plantear estrategias que integren los agentes del SRI para impulsar la productividad empresarial y regional y explotar así sus niveles de innovación y competitividad.

En el capítulo 3 se desarrolló un modelo de simulación que explica dicho comportamiento mediante un conjunto de variables de entrada y de salida presentadas en la tabla 5. Las simulaciones presentadas en este capítulo muestran formas de lograr esta integración mediante las redes que forman los agentes en el SRI, así como también el modo en el cual ellos deben participar en el sistema para generar mayor número de salidas como patentes y publicaciones.

Sin embargo el modelo de simulación en sí mismo resulta insuficiente, debido principalmente a que las estrategias de mejoramiento deben ir acompañadas de factores cualitativos de los agentes del SRI y por lo tanto niveles de diferenciación más detallados dentro de los mismos.

Se puede decir que diversos autores como Robledo & Quintero (2010) y Echavarría (2010) afirman que el SRI de Antioquia carece de políticas e instituciones que impulsen la tecnología y la innovación a pesar de que en la región existen capacidades para generarlas.

Un análisis de la composición general de los agentes del sistema muestra que según Sternberg (2000) los agentes generadores de innovación pertenecen a alguna de estas categorías:

- Industrias manufactureras
- Negocios o proveedores de servicios orientados a la innovación
- Universidades
- Agencias de transferencia

En la tabla 23 se presenta la composición porcentual de agentes que participan en innovación en la región de Antioquía.

Tabla 23 Porcentaje de industrias que participan en Innovación en la región.

Tipo de Industria o negocio	Porcentaje de participación en la región	Fuente
Industrias manufactureras	14,8%	(Comercio, 2014)
Negocios o proveedores de servicios orientados a la innovación	5,87%	(Comercio, 2014)
Universidades	0,74%	(Comercio, 2014)
Total	21,41%	

Por lo tanto menos del 30% del total de las empresas en la región son negocios que generan innovación, es decir patentes y publicaciones. Lo anterior conlleva a pensar que uno de los aspectos que genera la baja obtención de productos de innovación dentro del SRI es principalmente la baja cantidad de empresas innovadoras y sectores innovadores.

Sin embargo, no es suficiente con tener dentro del SRI empresas innovadoras sino también contar con activos de innovación para generar esa transformación. Por lo tanto se puede

argumentar que el incremento en el porcentaje de I+D y el personal de tiempo completo puede explicar parcialmente el aumento en patentes (Li, 2009). Por otra parte, la existencia de porcentaje de I+D para invertir permite mayor inversión en capacidades de innovación, lo cual genera una función de capacidad, el cual es un flujo que afecta directamente a la capacidad de Innovación (Arango & Martínez, 2012), por lo tanto, las inversiones en las capacidades de innovación tecnológica son decisiones estratégicas críticas para la competitividad (Robledo & Villalba, 2012).

En la tabla 12 se puede observar que el 58% de la población de Antioquia son trabajadores ocupados en empresas, sin embargo este total engloba el 100% de todo el conjunto de empresas en Antioquia y no solamente el 30% que implican aquellas que generan innovaciones. Lo anterior pone de manifiesto que el número de trabajadores ocupados en empresas innovadoras es mucho menor.

Por lo tanto es importante no sólo incrementar el número de empresas que se dediquen a la innovación sino también el número de personas que se dediquen a la I+D en la región. Para eso es necesario impulsar el número de personas jóvenes con niveles de educación universitaria especialmente en ciencias e ingeniería combinada con un incremento en la calidad de entrenamiento y experiencia en industria (Chang & Chen, 2004), ubicándolas en empresas innovadoras del sector, favoreciendo la aparición de productos innovadores, lo cual trae ventajas dentro del SRI, ya que a mayor cantidad de empleados en I+D mayor es la oportunidad de encontrar pares para cooperación e intercambio de conocimiento (Fritsch & Slavtchev, 2011).

Entonces, si en una región el nivel educativo es bajo, sólo algunas empresas van a poder tener trabajadores que puedan utilizar y manejar las últimas tecnologías de forma eficiente, por lo tanto el proceso de transferencia de tecnología se limitará (Perry, 2005).

Invertir en talento humano en niveles estratégicos como el directivo o el investigativo contribuirá al fortalecimiento de las capacidades empresariales, lo que pondrá a la empresa en mejor posición para formular e implementar políticas y estrategias de innovación exitosas (Robledo & Villalba, 2012).

Otro aspecto importante a tener en cuenta es que la habilidad de los empleados dedicados a I+D en las empresas dependen de la disponibilidad y la cantidad de conocimientos (Fritsch & Slavtchev, 2011), por lo tanto, los agentes exploradores es decir las universidades, deben fortalecer su calidad y capacidad generando así personal mejor capacitado en I+D. Lo anterior implica que el desempeño en innovación de las empresas depende de la calidad de investigación de la universidad, la intensidad en la cual ésta interactúa con las empresas (Fritsch & Slavtchev, 2011), las capacidades de innovación y la apertura para compartir conocimiento (Yam, Lo, Tang, & Lau, 2011) todo por medio de sus vínculos y relaciones a través de ellas.

Las simulaciones realizadas en el capítulo 3 explican que cuando existe cercanía entre agentes en la región se presenta una alta eficiencia en las actividades de innovación (Fritsch & Slavtchev, 2011), por lo tanto el contacto cara a cara y la proximidad geográfica permite entonces a través de mecanismos de transmisión altamente localizados en la región el flujo de conocimiento codificable y no codificable de valor económico (Crescenzi & Rodríguez-Pose, 2012).

Debido a todos los factores antes mencionados, se puede decir que la innovación es un fenómeno social originado por la interacción de diversos actores, cuya dinámica es responsable de la producción y transformación del conocimiento en bienestar y desarrollo (Robledo & Ceballos, 2008).

La ilustración 16 presenta como se integran las diversas estrategias planteadas y como estas se relacionan como una forma de generar capacidades de innovación en la región.

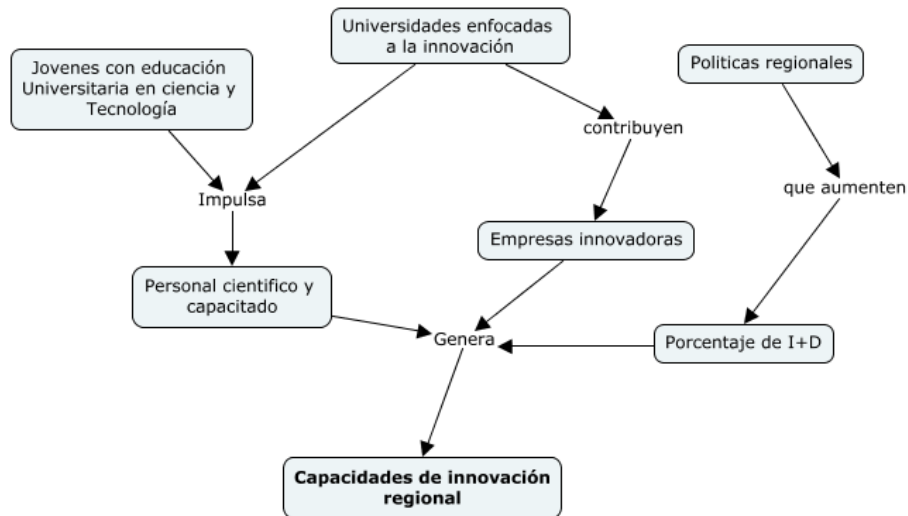


Ilustración 16 Diagrama explicativo capacidades de innovación en una región

De modo general se ha presentado en la ilustración 16 un diagrama que relaciona algunas variables importantes para enfrentar el problema de la baja innovación de la región.

El diagrama de la ilustración 16 caracteriza de algún modo el proceso que se debe seguir para plantear las estrategias de innovación en la región. Es claro sin embargo que existen otros factores que deben tenerse en cuenta para lograr este objetivo, al respecto hacen falta entonces políticas eficientes y eficaces para generar innovación en la región.

Muchos autores han demostrado que la baja eficiencia en innovación es un factor común en América Latina, dado que las necesidades macro que requiere el SRI de Antioquia, también son necesarias en muchas otras regiones del mismo continente.

Cada una de las acciones establecidas en la ilustración 17 deben partir desde las instituciones y políticas económicas que entiendan que la innovación es ciertamente un fenómeno económico que requiere acumulación de capital financiero y humano, es decir, que promuevan la inversión y la educación (Perry, 2005). Estas acciones antes descritas se deben apalancar por marcos regulatorios que promuevan el cumplimiento de contratos, legalidad en ambientes competitivos, derechos de propiedad y mayores facilidades para

hacer empresas, dicho de otro modo, el nivel de innovación es mayor en países donde la regulación es mejor.

La apertura comercial es otra variable clave que ha demostrado que con mayores niveles de importaciones la demanda de trabajadores con niveles educativos terciarios y secundarios aumenta, este fenómeno se debe principalmente a que cuando se abren las economías las empresas se ven obligadas a buscar tecnologías más efectivas para competir, aumentando así el talento humano calificado. Lo cual significa que las empresas que innovan más constante y rápidamente, en general, emplean más trabajadores con altos niveles de habilidad, remunerando con mejores salarios y ofreciendo más estabilidad, es resumen, las empresas innovadoras contribuyen al desarrollo de la economía regional (Park, 2001).

La innovación a nivel regional también se beneficia del sistema financiero, ya que promoviendo el capital de riesgo para el innovador y la empresa tecnológica se mejora el proceso de innovación.

La innovación resulta ser también un fruto del conocimiento y no meramente un resultado de políticas económicas y financieras. Existen sinergias de ambas partes para generar cambios y no puede verse aisladamente sino como un conjunto. Por lo tanto, el conocimiento es parte del desarrollo económico (Perry, 2005) debido al efecto multiplicador que tiene la generación de una nueva tecnología, ya que esta se puede apropiar y aprovechar, pero sin correctas políticas de propiedad intelectual, no habría innovación.

Otro aspecto que se debe tener en cuenta es que una parte del proceso central de innovación en tecnología y ciencia se hace alrededor y en conexión con la universidad. Los países más exitosos tienen niveles de contratación con las universidades y consideran que la calidad de éstas es muy buena (Perry, 2005). En la ilustración 17 se puede observar el comparativo de Colombia con otros países de América Latina, Europa, Asia y Norteamérica. Colombia presenta niveles bajos en cuanto a la calidad de su investigación científica al igual que la colaboración entre empresas y universidades (World Economic Forum, 2014).

Los resultados coinciden con los de Brasil los cuales son igualmente bajos, mientras que en países como Alemania y Estados Unidos estos indicadores son relativamente altos.

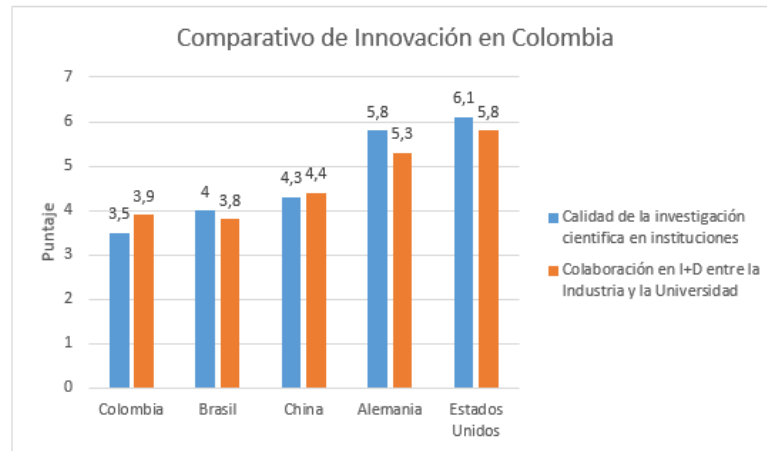


Ilustración 17 Comparativo de la Innovación en Colombia

En general, los países latinoamericanos figuran con bajos niveles de calidad de la investigación en instituciones y niveles de colaboración entre universidades y empresas. En la ilustración 18 se muestra un comparativo entre estos aspectos para la región de América Latina, Norteamérica compuesta por México, Estados Unidos y Canadá y un tercer bloque compuesto por países nórdicos (World Economic Forum, 2014).

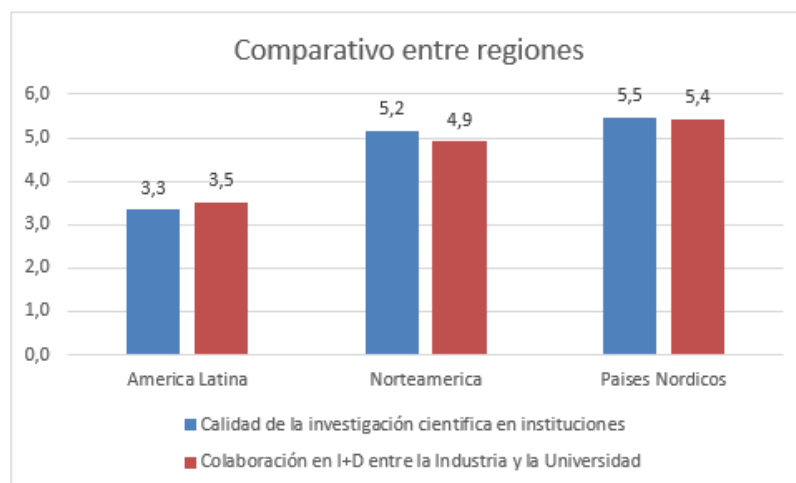


Ilustración 18 Comparativo de la innovación en América Latina

Según Perry (2005) el papel de la universidad debe ser mayoritariamente activo, para propiciar el acercamiento entre empresa y universidad. Las universidades aún están inmersas en una cultura excesivamente humanista, casi medieval, autónoma, enclaustrada y en un aislamiento espléndido, cuando la realidad tiene que estar completamente ligada con la sociedad y el sistema productivo, es importante que jueguen y que tengan niveles de competencia

Según Pineda (2012) a grandes rasgos, se deben considerar cuatro factores para mejorar el sistema de investigación e innovación en la región:

- Tecnologías: Una fuente continua de innovaciones que pueden convertirse en la base de una nueva estructura productiva hacia sectores de mayor valor agregado tecnológico.
- Talento humano: Fuerza de trabajo altamente capacitada en todos los niveles, con habilidades y competencias para incorporarse a las nuevas condiciones de la economía del conocimiento.
- Capital: Acceso a financiación de diversas fuentes y una manera para que los inversionistas obtengan rendimientos de su inversión
- Know-how: Una estructura de transferencia de tecnología y conocimiento desde centros de excelencia de clase mundial, con consolidación de comunidades de práctica y aprendizaje con una red de mentores, asesores, modelos por imitar y proveedores de servicio.

Diversos autores proponen otras estrategias para promover la innovación y la competitividad de la región, así Park (2001), considera 5 aspectos políticos para promoverla los cuales están listados en la tabla 24 adaptada de (Park, 2001), estas 5 políticas macro se encuentran ligadas cada una con un número de estrategias que se deben considerar para lograr el objetivo.

Tabla 24 Marco de estrategias básicas en un SRI

Aspectos políticos	Estrategias
Promover la clusterización en regiones específicas	Soportar la especialización de la industria existente. Establecer tecno parques. Reestructurar los parques industriales tradicionales.
Crear hábitats para la innovación y el emprendimiento	Promover el rol de las universidades como fuentes de conocimiento, fortaleciendo el lazo entre universidades e industrias en el intercambio de talento humano y favoreciendo la generación de spin-offs. Proveer incentivos para que los profesionales se sientan atraídos hacia actividades de Ciencia y Tecnología. Proveer variadas fuentes de financiamiento para los nuevos negocios inclinados hacia la generación de tecnologías. El gobierno debe favorecer el mercado laboral y reglas que beneficien a los negocios de tecnología.
Construcción de aprendizaje colectivo y redes de innovación	Promover la cooperación entre empresas, removiendo los obstáculos legales o regulatorios que afecten estas redes. Generar incentivos para las alianzas entre empresas y universidades. Las empresas deben permitir el fácil acceso de conocimiento a los profesionales. Promover la formación de redes sociales a través de seminarios, conferencias para el intercambio de conocimiento.
Construcción de capital social	Alentar a las ONG a participar en redes de difusión e información de conocimiento. Establecer con la ayuda de agentes civiles la formación de reglas y normas claras en los negocios.
Promover las redes locales y globales	Deben ser desarrolladas regiones de aprendizaje transfronterizas con ayuda intergubernamental. Promover las redes tecnológicas colaborativas inter-regionales. Promover el aprendizaje de las mejores prácticas en otros lugares o SRI en el entorno global.

Irwin (2009) considera que para incrementar las “soluciones” de innovación el SRI se debe acoger las siguientes tres políticas:

- Generar descubrimientos científicos propios y originales.
- Integrar las tecnologías para la obtención de nuevos productos y servicios.
- Absorber de la mejor manera posible el conocimiento tecnológico mundial.

Se considera que con estos pilares fundamentales se mejorará significativamente la productividad en la innovación y el conocimiento base que se requiere, sin embargo todo esto se debe hacer bajo plataformas que impulsen la infraestructura innovadora a través de inversiones gubernamentales, que existan fondos de empresas privadas, así como la fusión entre agentes del sistema.

Las anteriores son soluciones que impactan en la generación de más innovaciones en el sistema, sin embargo, existen otros mecanismos apalancadores que según Irwin (2009) son las claves de la estrategia en I+D:

- Incrementos en gastos de I+D en horizontes lejanos de tiempo.
- Tener puntos de referencia en gastos de I+D, como gastos en otros países con respecto al propio.
- Medición de las tasas de crecimiento de I+D año por año, planeación a corto plazo.
- Expandir clusters e incubadoras de empresas que lleven a la Innovación.

Finalmente Robledo, Lopera, & Villalba (2012) presentan una contribución estratégica al mejoramiento de la innovación desde los procesos de los agentes explotadores, sin embargo puede traducirse en oportunidades o buenas prácticas para establecer políticas en los SRI.

Las empresas y su entorno buscan estrategias para fortalecer la competitividad y el éxito mediante procesos y fórmulas clave, entendiendo que el sistema y el entorno donde se mueven es complejo, adaptativo y dinámico que contiene no linealidades, inercia, retrasos y retroalimentación (Robledo et al., 2012), lo cual requiere de estrategias para lograr la efectividad operacional en este tipo de entorno.

La tabla 25 adaptada de (Robledo et al., 2012) muestra las estrategias propuestas para alcanzar el desempeño de las empresas en el tiempo, las cuales pueden ser expandidas a un SRI.

Tabla 25 Estrategias de innovación.

Tipo de Estrategia para Innovación	Descripción	Aspectos tácticos
Ofensiva	Es diseñada para alcanzar el liderazgo tecnológico, requiere nuevo conocimiento técnico y tecnológico	*Acumulación de capacidades tecnológicas *Altas inversiones en I+D *Vinculación y capacitación de personal científico y técnico altamente especializado. *Fuertes relaciones con centros de investigación.
Defensiva	Se enfoca en ser seguidora temprana del líder tecnológico	*Aspecto imitativo de la innovación del mercado. *Inversiones medianas en I+D. *Acuerdos de uso de licencias.
Imitativa	Se enfoca en ser seguidora tardía del líder tecnológico	*No se requiere inversión en I+D. *Requiere capacidades tecnológicas. *Vinculación y capacitación de personal técnico. *Se requiere de herramientas de transferencia tecnológica.
Oportunista	Se aprovechan los nichos del mercado sin explorar u explotar.	*Baja capacidad tecnológica. *Alta capacidad de Marketing.
Dependiente	Se generan fuertes relaciones con otros agentes, existe dependencia comercial	*Altas relaciones con agentes proveedores del sistema.
Tradicional	Se identifican gustos y necesidades por satisfacer mediante lo empírico u artístico. No existe una ruptura tecnológica y todos los procesos son estáticos.	*Bases científicas deficientes. *Conocimiento tradicional. *Habilidades artesanales.

Según la tabla 25, se puede entonces enmarcar cada uno de los experimentos realizados con el modelo de simulación, en un tipo de estrategia, así mismo diversos autores han sugerido manipular las variables incrementándolas o decrementándolas, con el fin de obtener resultados en los procesos de innovación del SRI, el detalle de la estrategia utilizada para cada experimento se encuentra en la tabla 26.

Tabla 26 Experimentos por escenarios en el SRI

Exp.	%I+D	Cat	Explot	Explor	Escenario	Autor
1	0,16	7	70000	5	Normal-Inicial	
2	0,2	7	70000	5	Defensiva	
3	0,16	7	70000	5	Normal-Inicial	
4	0,2	7	70000	15	Ofensiva	(Li, 2009)
5	0,16	7	70000	15	Imitativa	(Chang & Chen, 2004)
6	0,16	7	70000	20	Medianamente Imitativa	(Chang & Chen, 2004)
7	0,25	7	70000	20	Ofensiva	(Li, 2009)
8	0,3	7	35000	25	Altamente Ofensiva	(Li, 2009)
9	0,3	7	70000	25	Ofensiva	(Li, 2009)
10	0,16	7	70000	25	Altamente Imitativa	(Chang & Chen, 2004)
11	0,16	7	70000	25	Altamente Imitativa	(Chang & Chen, 2004)
12	0,16	7	70000	20	Medianamente imitativa	(Chang & Chen, 2004)
13	0,25	7	70000	20	Medianamente imitativa	(Chang & Chen, 2004)
14	0,3	7	70000	25	Altamente Ofensiva	(Li, 2009)
15	0,2	7	70000	25	Ofensiva	(Li, 2009)

CONCLUSIONES

A través del modelo de simulación se puede observar que existe mayor cantidad de redes centralizadas en Medellín. Lo anterior se debe principalmente a que un vasto porcentaje de los agentes regionales, aproximadamente 69%, se encuentran en dicha región.

De igual forma, los resultados indican que la simulación del experimento 8 presenta mayor cantidad de generación de patentes con 15 y publicaciones en el sistema con 1139 durante el último periodo simulado, debido a un mayor porcentaje de inversión de I+D y una mayor participación de los agentes exploradores en el sistema.

Con un incremento en el porcentaje de I+D del 46%, es decir de 0,16% a 0,3%, se obtiene en el modelo de simulación un incremento de 74,8% en generación de patentes a nivel regional pasando de un promedio de 3,77 patentes a 15.

Mediante el análisis de redes se puede ver que para el experimento 3 hubo un mayor índice de clusterización, lo que indica que existe mayor agrupamiento e interrelación con otros agentes, Lo cual se debe principalmente a un mayor porcentaje de participación de las universidades en el sistema, como también a un porcentaje de I+D mayor, sumado a una mayor creación de vínculos en la red de los diversos agentes.

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.

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.

Es muy poca la cantidad de modelos de simulación de la innovación, esto es debido principalmente a que este es un fenómeno social altamente complejo, esto conlleva a que los pocos modelos construidos para estudiar su comportamiento sean poco fiables. Sin embargo dentro de la investigación científica ha resultado ser importante, ya que con esta se pueden evidenciar relaciones a partir de la simplicidad de los modelos.

Sobre el modelo de simulación es importante aclarar que los agentes son homogéneos, es decir no existe segregación ni especialización por parte de ellos, por lo tanto en el modelo no se incluyen los diferentes sectores de la economía, y la regla que prevalece en el modelo es de interacción y asociación con base en proximidad y participación del porcentaje de I+D. Esto significa que el modelo de simulación presentado no necesariamente es un modelo real, es una visualización simple de un sistema, para abstraer un comportamiento probable. Por otra parte el modelo no interactúa con factores exógenos u otros sistemas regionales o nacionales de innovación, es un micro ambiente delimitado por sus propias capacidades y comportamientos.

Las políticas macroeconómicas como el comercio y la inversión extranjera estimulan la demanda en educación más calificada y al mismo tiempo la educación hace que el comercio y la inversión sean más rentables, es decir, que ambas variables se favorecen de vínculos de retroalimentación positivas que favorecen en términos generales la innovación, todo esto debe ir acompañado de mejores instituciones y economías más abiertas y competitivas.

El éxito de los SRI está dado por el proceso de crecimiento, visualizado como un sistema dinámico, en el que las innovaciones humanas y de conocimiento son cada vez más importantes, por lo tanto estas dinámicas requieren de una visión política holística y global.

BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo-Alvarez, C. A. (2009). Los clúster del sistema regional de innovación antioqueño: más debilidades que fortalezas en su desempeño. *Tecnológicas*, (23), 187–222.
- Akgün, A. E., Keskin, H., & Byrne, J. C. (2014). Complex adaptive systems theory and firm product innovativeness. *Journal of Engineering and Technology Management*, 31(101), 21–42. doi:10.1016/j.jengtecman.2013.09.003
- Aracil, J., & Gordillo, F. (1997). *Dinámica de sistemas* (p. 198). Madrid: Alianza Editorial.
- Arango, S., & Martínez, S. (2012). Análisis sistémico de la industria del software en Colombia: una mirada a la inversión en capacidades de innovación. In J. Robledo Velasquez (Ed.), *Innovación para la competitividad y el crecimiento de la industria colombiana de software* (Primera Ed., pp. 73–102). Medellín.
- Banks, J. (1998). *Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice*. (J. Banks, Ed.) (1st ed., p. 864). Wiley-Interscience.
- Borshchev, A., & Filippov, A. (2004). From System Dynamics and Discrete Event to Practical Agent Based Modeling: Reasons, Techniques, Tools. In *The 22nd International Conference of the System Dynamics Society* (pp. 1–23). Oxford.
- Bramwell, A., Hepburn, N., & Wolfe, D. A. (2012). *Growing Innovation Ecosystems: University-Industry Knowledge Transfer and Regional Economic Development in Canada By Final Report to the Social Sciences and Humanities Research Council of Canada* (pp. 1–63). Toronto.
- Buesa, M., Casado, M., Heijs, J., Gutiérrez de Gandarilla, A., & Martínez Pellitero, M. (2011). *El sistema regional de I+D+I de la Comunidad de Madrid*. (D. G. de Investigación, C. de Educación, & C. de Madrid, Eds.) (p. 190). Madrid. Retrieved from www.madrimasd.org
- Buesa, M., Heijs, J., & Baumert, T. (2010). The determinants of regional innovation in Europe: A combined factorial and regression knowledge

- production function approach. *Research Policy*, 39(6), 722–735.
doi:10.1016/j.respol.2010.02.016
- Cámara de Comercio. (2011). *Revista Antioqueña de Economía y Desarrollo* (pp. 1–81).
- Cámara de Comercio. (2014). Información Estadística: Servicios y Productos Empresariales.
- Cambridge. (1999). *Innovation Policy in a Global Economy* (pp. 1–290).
- Carlsson, B., Jacobsson, S., Holmén, M., & Rickne, A. (2002). Innovation systems : analytical and methodological issues. *Research Policy*, 31, 233–245.
- Chang, Y.-C., & Chen, M.-H. (2004). Comparing approaches to systems of innovation: the knowledge perspective. *Technology in Society*, 26(1), 17–37.
doi:10.1016/j.techsoc.2003.10.002
- Chen, K., & Guan, J. (2011). Mapping the functionality of China's regional innovation systems: A structural approach. *China Economic Review*, 22(1), 11–27. doi:10.1016/j.chieco.2010.08.002
- Colciencias. (2012). *Investigadores Activos* (pp. 1–3).
- Comercio, C. de. (2014). Estructura Empresarial de Antioquia. 2007. Retrieved from http://www.camaramed.org.co/Documentos/info_estadistica/estructuraempresarial2007tamano.pdf
- Consejo Privado de Competitividad. (2015). Informe nacional de competitividad 2014-2015. Bogotá.
- Cooke, P. (1992). Regional innovation systems: Competitive regulation in the new Europe. *Geoforum*, 23(3), 365–382. doi:10.1016/0016-7185(92)90048-9
- Crescenzi, R., & Rodríguez-Pose, A. (2012). an “Integrated” Framework for the Comparative Analysis of the Territorial Innovation Dynamics of Developed and Emerging Countries. *Journal of Economic Surveys*, 26(3), 517–533.
doi:10.1111/j.1467-6419.2012.00726.x
- Doloreux, D. (2002). What we should know about regional systems of innovation. *Technology in Society*, 24(3), 243–263. doi:10.1016/S0160-791X(02)00007-6

- Doloreux, D. (2002). What we should know about regional systems of innovation. *Technology in Society*, 24(3), 243–263. doi:10.1016/S0160-791X(02)00007-6
- Doloreux, D. (2003). Le système régional d'innovation dans la périphérie : observations, synthèse et interrogations, 103–118.
- Doloreux, D., & Parto, S. (2005). Regional innovation systems: Current discourse and unresolved issues. *Technology in Society*, 27(2), 133–153. doi:10.1016/j.techsoc.2005.01.002
- Dyner, I., Peña, G., & Arango, S. (2008). Elementos de simulación basada en agentes. In *Modelamiento para la simulación de sistemas socio-económicos y naturales* (Primera Ed., p. 333). Medellín: Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.
- Echavarría, S. (2010). Una Aproximación al Sistema Regional de Innovación. *Universidad-Empresa-Estado*, 33–37.
- Epstein, J., & Axtell, R. (1996a). *Growing Artificial Societies* (pp. 1–220).
- Epstein, J., & Axtell, R. (1996b). *Growing Artificial Societies: Social Science from the Bottom Up* (p. 226). The Brookings Institution.
- Fagiolo, G., Birchenhall, C., & Windrum, P. (2007). Empirical Validation in Agent-based Models: Introduction to the Special Issue. *Computational Economics*, 30(3), 189–194.
- Fagiolo, G., Moneta, A., & Windrum, P. (2007). A Critical Guide to Empirical Validation of Agent-Based Models in Economics: Methodologies, Procedures, and Open Problems. *Computational Economics*, 30(3), 195–226.
- Fritsch, M., & Slavtchev, V. (2011). Determinants of the Efficiency of Regional Innovation Systems. *Regional Studies*, 45(7), 905–918. doi:10.1080/00343400802251494
- Gamarra, A., Gamarra, D., & Gamarra, J. (1995). El enfoque de Dinámica de sistemas.
- Gobernación de Antioquia. (2014). Anuario Estadístico de Antioquia. Retrieved from <http://www.antioquia.gov.co/index.php/antioquia/datos-de-antioquia/187-ocultos/6865-antioquia-estadisticas-e-indicadores->
- Godoy, L., & Bartó, C. (2002). Validación y valoración de modelos en la Dinámica de Sistemas. *Revista Argentina de Enseñanza de La Ingeniería*, (5), 31–47.

- Goto, Y., & Takahashi, S. (2013). Agent-Based Modeling and Simulation Validation by Scenario Analysis. In T. Murata, T. Terano, & S. Takahashi (Eds.), *Agent-Based Approaches in Economic and Social Complex Systems VII* (pp. 3–16). Springer Japan. doi:10.1007/978-4-431-54279-7_1
- Humann, J., & Madni, A. M. (2014). Integrated Agent-based modeling and optimization in complex systems analysis. *Procedia Computer Science*, 28, 818–827. doi:10.1016/j.procs.2014.03.097
- Iandoli, L., Palumbo, F., Ponsiglione, C., Tortora, C., & Zollo, G. (2012). Prospettive e Instrumenti per lo sviluppo di sistemi regionali di innovazione auto-sostenibili.
- Irwin, P. (2009). China's embrace of the market economy: understanding its innovation strategy. *European View*, (8), 133–141.
- Korb, K., Geard, N., & Dorin, A. (2013). A Bayesian Approach to the Validation of Agent-Based Models. In A. Tolk (Ed.), *Ontology, Epistemology, and Teleology for Modeling and Simulation* (pp. 255–269). Springer Berlin Heidelberg. doi:10.1007/978-3-642-31140-6_14
- Li, X. (2009). China's regional innovation capacity in transition: An empirical approach. *Research Policy*, 38(2), 338–357. doi:10.1016/j.respol.2008.12.002
- Llisterri, J., & Pietrobelli, C. (2011). *Los Sistemas Regionales de Innovación en América Latina* (p. 126).
- Lundvall, B.-Å. (1995). National Systems of innovation: Towards a theory of innovation and interactive learning. *Research Policy*, 24(2).
- Macal, C. M., & North, M. J. (2013). Introductory Tutorial: Agent-Based modeling and simulation. *Proceedings of the 2013 Winter Simulation Conference*, 362–376.
- Mayor, A. (2005). *Inventos y patentes en Colombia, 1930-2000: de los límites de las herramientas a las fronteras del conocimiento* (p. 583). Medellín: ITM.
- Miller, J., & Page, S. (2007). *Complex Adaptive Systems: An introduction to computational models of social life* (p. 272). Princeton University Press.
- Ministerio de Educación Nacional. (2012). *Educación Superior-Síntesis Estadística Departamento de Antioquia* (pp. 1–13).
- Newman, M. (2003). *The structure and function of complex networks*. Santa Fe.

- OECD. (2005). *Manual de Oslo Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación* (p. 194).
- Olsen, M., & Raunak, M. (2013). A framework for simulation validation coverage. In *Proceedings of the 2013 Winter Simulation Conference* (pp. 1569–1580).
- Ormerod, P., & Rosewell, B. (2009). Validation and Verification of Agent-Based Models in the Social Sciences. In F. Squazzoni (Ed.), *Epistemological Aspects of Computer Simulation in the Social Sciences* (pp. 130–140). Springer Berlin Heidelberg. doi:10.1007/978-3-642-01109-2_10
- Park, S. O. (2001). Regional innovation strategies in the knowledge-based economy. *Geo Journal*, (53), 29–38.
- Perry, G. (2005). Hacia políticas eficientes de innovación en América Latina. *Cuadernos de Pensamiento Social*, 15.
- Pineda, L. (2012, May 9). El “cul de sac” del desarrollo científico y tecnológico de Colombia. *Le Monde Diplomatique*, p. 6.
- Poveda Ramos, G. (1993). *Ingeniería e Historia de la Técnicas*. (Colciencias, Ed.).
- Pyka, A., & Scharnhorst, A. (2009). *Innovation Networks: new approaches in modelling and analyzing* (pp. 1–331).
- Quintero, S., & Robledo, J. (2013). El Aprendizaje como Propiedad Emergente en los Sistemas Regionales de Innovación. In *XV Congreso Latino-Iberoamericano de Gestión 2013* (pp. 1–16). Oporto.
- Robledo, J., & Ceballos, Y. F. (2008). Estudio de un proceso de innovación utilizando la dinámica de sistemas. *Cuadernos de Administracion*, 21, 127–159.
- Robledo, J., Lopera, D., & Villalba, M. (2012). Contribuciones al análisis estratégico de la industria Colombiana de Software, a partir de la simulación de escenarios de competencia, utilizando dinámica de sistemas. In J. Robledo Velasquez (Ed.), *Innovación para la competitividad y el crecimiento de la industria colombiana de software* (primera ed., pp. 147–174). Medellín.
- Robledo, J., & Quintero, S. (2010). El SRI en Antioquia: ¿Un cuerpo sin cabeza? *Universidad-Empresa-Estado*, 38–44.
- Robledo, J., & Villalba, M. (2012). Multinacionales y capacidades de innovación tecnológica en la industria colombiana del software. In J. Robledo Velasquez

(Ed.), *Innovación para la competitividad y el crecimiento de la industria colombiana de software* (Primera Ed., pp. 119–146).

Sametband, M. (1999). *Entre el orden y el caos: la complejidad* (Primera Ed., p. 167). Fondo de Cultura Económica.

Shiping, G., & Weidong, Z. (2009). Efficiency Evaluation on Knowledge Creation in Regions of China.

Sterman, J. D. (2000). *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World* (p. 1008). McGraw-Hill/Irwin.

Sternberg, R. (2000). Innovation Networks and Regional Development — Evidence from the European Regional Innovation Survey (ERIS): Theoretical Concepts, Methodological Approach, Empirical Basis and Introduction to the Theme Issue. *European Planning Studies*, 8(4), 389–407.

Sternberg, R. (2007). Entrepreneurship, Proximity and Regional Innovation Systems. *Tijdschrift Voor Economische En Sociale Geografie*, 98(5), 652–666. doi:10.1111/j.1467-9663.2007.00431.x

Uyarra, E. (2009). What is evolutionary about “regional systems of innovation”? Implications for regional policy. *Journal of Evolutionary Economics*, 20(1), 115–137. doi:10.1007/s00191-009-0135-y

Watts, D., & Strogatz, S. (1998). Collective dynamics of “small-world” networks. *Nature*, 393, 440–442.

World Economic Forum. (2014). *Global Competitiveness Report 2014-2015*.

Yam, R. C. M., Lo, W., Tang, E. P. Y., & Lau, A. K. W. (2011). Analysis of sources of innovation, technological innovation capabilities, and performance: An empirical study of Hong Kong manufacturing industries. *Research Policy*, 40(3), 391–402. doi:10.1016/j.respol.2010.10.013

Zollo, G., De Crescenzo, E., & Ponsiglione, C. (2011). A Gap Analysis of regional innovation systems (RIS) with medium-low innovative capabilities: the case of campana region (Italy). Napoli.

ANEXO 1 Formalización de encuestas para los agentes del SRI de Antioquia

ENCUESTA EXPLORADORES

Recibe un cordial saludo,

La innovación y sus sistemas de conocimiento, son un fenómeno complejo en el cual se involucran acciones coordinadas y la interacción de varios de sus agentes. El estudio de la forma de cómo se relacionan dichos agentes, es una de las prioridades dentro del contexto productivo. Es por lo anterior que el *Grupo de Investigación Gestión de la Tecnología y la Innovación* GIGTI y el *Grupo en Sistemas Aplicados a la Industria* GISAI de la Universidad Pontificia Bolivariana, se encuentran desarrollando un estudio que busca analizar la estructura, relaciones y dinámica de los agentes del Sistema Regional de Innovación de Antioquia.

Te invitamos a participar en él diligenciando esta sencilla encuesta que no te tomará más de 5 minutos. Para aportar tus respuestas sólo debes hacer clic en el siguiente enlace: <http://goo.gl/K05wMw>

Esperamos con gratitud tu participación antes el viernes **29 de noviembre** de 2013 y te invitamos, desde ya, a conocer los resultados consolidados el estudio una vez concluido.

Muchas gracias por tu participación.

Atentamente,

ENCUESTA EXPLOTADORES

Recibe un cordial saludo,

La innovación y sus sistemas de conocimiento, son un fenómeno complejo en el cual se involucran acciones coordinadas y la interacción de varios de sus agentes. El estudio de la forma de cómo se relacionan dichos agentes, es una de las prioridades dentro del contexto productivo. Es por lo anterior que el *Grupo de Investigación Gestión de la Tecnología y la Innovación* GIGTI y el *Grupo en Sistemas Aplicados a la Industria* GISAI de la Universidad Pontificia Bolivariana, se encuentran desarrollando un estudio que busca analizar la estructura, relaciones y dinámica de los agentes del Sistema Regional de Innovación de Antioquia.

Te invitamos a participar en él diligenciando esta sencilla encuesta que no te tomará más de 5 minutos. Para aportar tus respuestas sólo debes hacer clic en el siguiente enlace: <http://goo.gl/zieGwT>

Esperamos con gratitud tu participación antes el viernes **29 de noviembre** de 2013 y te invitamos, desde ya, a conocer los resultados consolidados el estudio una vez concluido.

Muchas gracias por tu participación.

Atentamente,

ENCUESTA CATALIZADORES

Recibe un cordial saludo,

La innovación y sus sistemas de conocimiento, son un fenómeno complejo en el cual se involucran acciones coordinadas y la interacción de varios de sus agentes. El estudio de la forma de cómo se relacionan dichos agentes, es una de las prioridades dentro del contexto productivo. Es por lo anterior que el *Grupo de Investigación Gestión de la Tecnología y la Innovación* GIGTI y el *Grupo en Sistemas Aplicados a la Industria* GISAI de la Universidad Pontificia Bolivariana, se encuentran desarrollando un estudio que busca analizar la estructura, relaciones y dinámica de los agentes del Sistema Regional de Innovación de Antioquia.

Te invitamos a participar en él diligenciando esta sencilla encuesta que no te tomará más de 5 minutos. Para aportar tus respuestas sólo debes hacer clic en el siguiente enlace: <http://goo.gl/4jv8ZS>

Esperamos con gratitud tu participación antes el viernes **29 de noviembre** de 2013 y te invitamos, desde ya, a conocer los resultados consolidados el estudio una vez concluido.

Muchas gracias por tu participación.

Atentamente,

ENCUESTA AGENTES REGIONALES DEL SISTEMA DE INNOVACION - EXPLORADORES-

Esta encuesta hace parte de un proyecto de investigación de la Universidad Pontificia Bolivariana, en el cual se busca analizar las relaciones y dinámicas del Sistema Regional de Innovación en Antioquia.

La Encuesta evalúa objetivamente los resultados de las interacciones entre empresas (explotadores), universidades (exploradores) y los intermediarios (catalizadores).

Para mayor claridad en los términos de la encuesta, se presentan algunas definiciones de los siguientes términos:

- PYMES: Acrónimo de "pequeña y mediana empresa", son empresas con características distintivas e independientes.
- Intermediario: Organización pública o privada que facilita la interacción entre empresas y universidades para la gestión de proyectos, eventos, etc. Impulsan y aceleran la generación del conocimiento.
- Eventos: Se consideran eventos a los siguientes ítems: foros, congresos, conversatorios, seminarios, etc., que son compartidos por varios agentes.
- Sistema Regional de Innovación: "Es la Infraestructura institucional que apoya la innovación en la infraestructura productiva de una región (Asheim & Gertler, 2005), dicho sistema esta integrado por los sub-sistemas de generación y explotación del conocimiento (Cooke, 1996,1998,2002); sobre estos sub-sistemas pueden actuar las organizaciones gubernamentales y agencias de desarrollo regional constituyendo a su vez otro sub-sistema del SRI (Tripl & Todtling, 2007).

Ilustración 19 Introducción encuesta Exploradores

¿Cuántas patentes ha desarrollado en asocio con otra Universidad, Laboratorio o Centro de investigación en los últimos 5 años? *

- Cero
- Entre 1-5
- Entre 6-10
- Más de 11

¿Cuántas publicaciones ha generado en asocio con otra Universidad, Laboratorio o Centro de investigación en los últimos 5 años? *

- Cero
- Entre 1-20
- Entre 21-41
- Más de 41

¿Cuántas patentes ha desarrollado en asocio con PYMES en los últimos 5 años? *

- Cero
- Entre 1-5
- Entre 6-10
- Más de 11

¿En cuántos proyectos de investigación ha participado con algún intermediario del Sistema Regional de Innovación en los últimos 5 años? *

- Cero
- Entre 1-10
- Entre 11-20
- Más de 21

¿En cuántos eventos (foros, congresos, conversatorios, seminarios, etc.) ha participado con un intermediario del Sistema Regional Innovación en los últimos 5 años? *

- Cero
- Entre 1-5
- Entre 6-10
- Más de 11

ENCUESTA AGENTES REGIONALES DEL SISTEMA DE INNOVACION -EXPLOTADORES-

Esta encuesta hace parte de un proyecto de investigación de la Universidad Pontificia Bolivariana, en el cual se busca analizar las relaciones y dinámicas del Sistema Regional de Innovación en Antioquia.

La Encuesta evalúa objetivamente los resultados de las interacciones entre empresas (explotadores), universidades (exploradores) y los intermediarios (catalizadores).

Para mayor claridad en los términos de la encuesta, se presentan algunas definiciones de los siguientes términos:

- Proveedor: Entidad que presta apoyo logístico de bienes o servicios a otras entidades para la transformación de bienes y servicios.
- Cliente: Usuario final de un bien o un servicio.
- Sistema Regional de Innovación: "Es la Infraestructura institucional que apoya la innovación en la infraestructura productiva de una región (Asheim & Gertler, 2005), dicho sistema esta integrado por los sub-sistemas de generación y explotación del conocimiento (Cooke, 1996,1998,2002); sobre estos sub-sistemas pueden actuar las organizaciones gubernamentales y agencias de desarrollo regional constituyendo a su vez otro sub-sistema del SRI (Tripl & Todtling, 2007).

***Obligatorio**

¿Cuántos proveedores apoyan su actividad económica? *

- Cero
- Entre 1-5
- Entre 6-10
- Más de 11

¿Cuántos clientes directos que compran su bien o servicio tiene actualmente? *

- Entre 1-21
- Entre 21-40
- Más de 41

Ilustración 20 Introducción encuesta Explotadores

ENCUESTA AGENTES REGIONALES DEL SISTEMA DE INNOVACION -CATALIZADORES-

Esta encuesta hace parte de un proyecto de investigación de la Universidad Pontificia Bolivariana, en el cual se busca analizar las relaciones y dinámicas del Sistema Regional de Innovación en Antioquia.

La Encuesta evalúa objetivamente los resultados de las interacciones entre empresas (explotadores), universidades (exploradores) y los intermediarios (catalizadores).

Para mayor claridad en los términos de la encuesta, se presentan algunas definiciones de los siguientes términos:

- Intermediario: Organización pública o privada que facilita la interacción entre empresas y universidades para la gestión de proyectos, eventos, etc. Impulsan y aceleran la generación del conocimiento.
- Eventos: Se consideran eventos a los siguientes ítems: foros, congresos, conversatorios, seminarios, etc., que son compartidos por varios agentes.
- Sistema Regional de Innovación: "Es la Infraestructura institucional que apoya la innovación en la infraestructura productiva de una región (Asheim & Gertler, 2005), dicho sistema esta integrado por los sub-sistemas de generación y explotación del conocimiento (Cooke, 1996,1998,2002); sobre estos sub-sistemas pueden actuar las organizaciones gubernamentales y agencias de desarrollo regional constituyendo a su vez otro sub-sistema del SRI (Tripl & Todtling, 2007).

***Obligatorio**

¿Cuántas asesorías y consultorías ha realizado en asocio con otro intermediario del Sistema Regional de Innovación en los últimos 5 años? *

- Cero
- Entre 1-10
- Entre 11-20
- Más de 21

Ilustración 21 Introducción encuesta Catalizadores

ANEXO 3 Análisis estadístico

Tabla 27. Diseño Experimental para el porcentaje de I+D y el número de patentes

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	971,288	5	194,257	8,485	1,5535E-06	2,323
Dentro de los grupos	1923,098	84	22,894			
Total	2894,387	89				

Tabla 28. Diseño Experimental para el porcentaje de I+D y el Número de publicaciones

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	1061656,84	5	212331,368	2,356	0,0472	2,323
Dentro de los grupos	7569591,15	84	90114,1804			
Total	8631248	89				

Tabla 29. Diseño Experimental para el porcentaje de I+D y el número de Links del SRI

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	1,2247E+11	5	2,4494E+10	5,69812991	0,00014203	2,3231265
Dentro de los grupos	3,6108E+11	84	4298580016			
Total	4,8355E+11	89				

E_interrelación	U_interrelación	%Empresa	%Universidad	P_empresa	P_Universidad	%H+D	Catalizadores	Explotadores	Exploradores
4	7	0,56	0,44	1	3	0,16	7	70000	5
4	7	0,56	0,44	1	3	0,2	7	70000	5
4	7	0,56	0,44	1	3	0,16	7	70000	5
4	8	0,56	0,44	1	3	0,2	7	70000	15
4	8	0,56	0,44	1	3	0,16	7	70000	15
6	10	0,56	0,44	2	3	0,16	7	70000	20
10	10	0,4	0,6	1	3	0,25	7	70000	20
10	15	0,4	0,6	3	3	0,3	7	35000	25
10	15	0,4	0,6	1	2	0,3	7	70000	25
10	15	0,65	0,35	1	3	0,16	7	70000	25
10	20	0,65	0,35	1	3	0,16	7	70000	25
6	10	0,56	0,44	2	3	0,16	7	70000	20
10	10	0,4	0,6	1	3	0,25	7	70000	20
10	10	0,4	0,6	1	2	0,3	7	70000	25
10	15	0,65	0,35	1	3	0,2	7	70000	25

Ilustración 22 Variables del modelo de SRI

