

CONSEJO LATINOAMERICANO DE ADMINISTRACIÓN

**XIII Coloquio Doctoral de CLADEA**

En el marco de la

50ª Asamblea Anual CLADEA 2015

Viña del Mar, Chile – Universidad de Valparaíso

---

**MODELO DE EFECTIVIDAD DE LA RED DE INNOVACIÓN  
TECNOLÓGICA. UNA VISIÓN DESDE EL CONSTRUCTIVISMO SOCIAL**

Por:

MBA, **Carmen Cecilia Daza Villadiego**, PhD (c)

Profesora

Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Doctorado en Administración

Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador

Director:

PhD, Fernando López Parra

Septiembre de 2015

# MODELO DE EFECTIVIDAD DE LA RED DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA. UNA VISIÓN DESDE EL CONSTRUCTIVISMO SOCIAL

## *Abstract proposal*

This paper discusses the dynamics of relationships within the University-Industry-State-Society Network in the processes of technological innovation. We have developed a set of seven theoretical propositions which ultimately constitute the preliminary research hypothesis of this investigation. These propositions have been developed from the perspective of national innovation systems and social constructivism in technology, and are also based on a preliminary model of the effectiveness of inter-organizational networks. The effectiveness of the network was evaluated by collecting and aggregating data on sample results of academic research groups at each site. The results of the quantitative and qualitative data of the whole network level's analysis show that the effectiveness of the network could be explained by various social and technical factors. More specifically, this research shows how the diversity of the links, the intensity of interactions, both formal and informal, external cooperation and socio-technical vision, influence the effectiveness of transfer processes as well as the adoption and use of technological knowledge by the society as a whole. In this sense, the main contribution of this thesis is the construction of a theoretical framework and a model of network effectiveness of technological innovation which help reinforce the theory of the effectiveness of inter-organizational networks within the context of technological innovation.

**Keywords:** *Theory of inter-organizational network effectiveness, Social constructivism in technology, Technological innovation, Interpretive flexibility approach, Structural Equation Modeling*

Esta tesis trata sobre la dinámica de las relaciones dentro de la red Universidad-Empresa-Estado-Sociedad en los procesos de innovación tecnológica. Desde la perspectiva del sistema nacional de innovación y del constructivismo social en tecnología, y en base a un modelo preliminar de la eficacia de la red interorganizacional, hemos desarrollado un conjunto de siete proposiciones teóricas que, en definitiva, constituyen las hipótesis preliminares de la investigación. La efectividad de la red se evaluó mediante la recopilación y agregación de datos sobre los resultados de las muestras de los grupos de investigación académicos en cada sitio. Los resultados del análisis, a nivel de red total, de los datos cuantitativos y cualitativos, muestran que la eficacia de la red podría explicarse por varios factores sociales y técnicos. En concreto, esta investigación muestra cómo la diversidad de los vínculos, la intensidad de las interacciones, tanto formales como informales, la cooperación externa, y una visión socio-técnica, influyen en la eficacia de los procesos de transferencia, adopción y uso del conocimiento tecnológico por parte de la sociedad en su conjunto. En este sentido, la construcción del marco teórico y el modelo de la eficacia de la red de innovación tecnológica que se proponen en esta investigación constituyen la principal aportación de la tesis, ya que contribuyen a reforzar la teoría de la eficacia de la red interorganizacional en contextos de innovación tecnológica.

**Palabras clave:** *Teoría de la Efectividad de redes interorganizacionales, Constructivismo social en tecnología, Innovación tecnológica, Flexibilidad interpretativa, Modelación con ecuaciones estructurales*

## INTRODUCCIÓN

En el marco de los estudios organizacionales, el análisis interorganizacional constituye el nivel de estudio más amplio, principalmente en el ámbito de las relaciones interorganizacionales. En este sentido, en la presente tesis se explica un conjunto de factores determinantes en la construcción de las relaciones interorganizacionales, desde la visión de red entera o total, que influyen en los procesos de generación de innovación tecnológica, para lo cual el análisis interorganizacional descansa en la necesidad de ventilar los mecanismos de efectividad de la red total en la dinamización de la tecnología y la innovación, con la participación activa del tejido industrial y de actores en el ámbito gubernamental y de política pública, universidades y centros de investigación, cuanto de actores del ámbito social.

Desde la perspectiva del constructivismo social en tecnología, y dentro de ésta bajo el enfoque de la teoría del actor-red, la capacidad de generación de una innovación tecnológica trasciende la mera capacidad de la gestión de recursos de investigación y desarrollo (I+D) de las organizaciones; supone, por una parte, la capacidad de aprendizaje organizacional, por otra, considera que la capacidad de generar redes heterogéneas de actores y de relacionamientos, mediante procesos sociales de continuas negociaciones, de alineamiento de intereses, de formación de alianzas y canalización de recursos, permite transformar una idea en una innovación tecnológica, a través de procesos colectivos (Latour 1986, Callon 1986b, Law 1986, Grint & Woolgar 1997, Tatnall 2000, Pérez y Vinck 2009).

Por otra parte, los dispositivos estatales, tales como la gestión y concesión de ayudas públicas para la introducción de nuevos productos o la mejora y creación de nuevos métodos y procesos del aparato productivo, el fomento de las tareas de investigación y desarrollo, la colaboración entre empresas, universidades y centros de investigación y la promoción de la transferencia de tecnologías locales o foráneas, requieren de mecanismos de efectividad en el análisis de los relacionamientos entre los principales figurantes de la red, en el sentido del papel de las instituciones y organizaciones, dentro de un sistema formal de innovación, para la prestación del apoyo efectivo a la dinámica de generación de las innovaciones y de su apropiación y usos por parte de la sociedad en su conjunto.

Desde estos miramientos, el interés de la tesis es enfocar el análisis del concepto de efectividad de la red de innovación tecnológica, no desde un ámbito

predominantemente económico o financiero, sino desde una visión constructivista social, lo que implica considerar una confluencia de grupos de interés y un conjunto de significados en torno a la innovación tecnológica que se genera en medio de un entramado de relacionamientos híbridos (la red heterogénea de individuos y de elementos organizacionales, naturales y técnicos).

En este orden de ideas, en la presente tesis se erigió el concepto de “Efectividad de la red interorganizacional de innovación tecnológica”, como constructo, definiéndolo en términos de resultados de la red total (*whole network outcomes*), así: *Agregado de resultados a nivel de concepción de artefactos o procesos técnicos y a nivel de gestión del conocimiento tecnológico generado en la red hacia la sociedad en su conjunto*”.

Bajo esta concepción, se buscó integrar la visión constructivista y el patrón de Sistema Nacional de Innovación, para intentar, mediante un esquema deductivo-inductivo, generar un modelo de efectividad, basado en el esquema de estructura e integración de la red interorganizacional y contexto de cooperación, desarrollado por autores contemporáneos, denominado “Modelo Preliminar de Efectividad de la Red” (Keith Provan & H. Brinton Milward 1995, 2001 y Keith Provan & Juliann Sebastian 1998), ya que en la actualidad es el modelo teórico que lidera las investigaciones sobre la efectividad de redes interorganizacionales, a nivel de red entera o total, y sobre el cual otros investigadores actualmente realizan estudios de validación y refinación de las variables de dicho modelo (por ejemplo, Milward et al 2006, Provan & Kenis 2008, Raab & Suijkerbuijk 2009, Turrini et al 2010, Milward et al 2010, Raab et al 2013).

A partir de este objetivo, la efectividad de la red interorganizacional en la generación de innovación tecnológica se constituyó en el *objeto de estudio* de la presente investigación. Dicho objeto lo hemos estudiado considerando un marco constructivista y en su contexto real; es decir, se ha abordado desde una perspectiva lo más cercana posible a las entidades que son parte de la red, en sus particulares entornos y considerando la dinámica de interacciones y los resultados de la red entera o total, en materia de innovación tecnológica (Goes & Park 1997, Ahuja 2000).

Desde estas consideraciones, al abordar el análisis de la efectividad en términos de los resultados de la red entera o total, se planteó la siguiente *Interrogante principal de investigación*: *¿Cómo es, si la hay, la relación entre el contexto, la estructura de la red interorganizacional, en el marco del Sistema Nacional de Innovación, y la efectividad a nivel de red entera o total?*

La investigación empírica de esta tesis, buscó responder esta pregunta estudiando un conjunto de factores incidentes en las relaciones socio-técnicas, que se

han requerido o han sido parte del desarrollo de una innovación tecnológica, ya sea de producto o de proceso, en el marco institucional del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTeI) de Colombia y de la universidad o centro de investigación, bajo el esquema de red: Universidad-Empresa-Estado-Sociedad (U-E-E-S). En este sentido, estudiamos las relaciones sociales y técnicas a partir de los desarrollos tecnológicos y las innovaciones de producto o de proceso generados en el seno de grupos de investigación escolásticos, pertenecientes a 11 instituciones universitarias en territorio colombiano, a las que la investigadora tuvo capacidad de acceder.

En sí, las redes en los casos estudiados se eligieron considerando que los actores principales y sus respectivos roles han sido formalmente reconocidos y legitimados en el marco del Sistema Nacional y Regional de Ciencia, Tecnología e Innovación en Colombia, que le otorga una fuerte característica institucional; específicamente, los actores se enmarcan bajo el esquema de articulación entre la *Academia*, la *Industria* y el *Estado*, conceptualizado en los modelos: *Triángulo de Sábato* (Sábato y Botana, 1978) y de *Triple Hélice* (Etzkowitz y Leydesdorff, 1998, 2000), y sus roles se configuran y reconfiguran en el marco de redes socio-técnicas.

Estas condiciones se ajustan notoriamente a los propósitos de la investigación, respecto de generar un modelo de efectividad de la red interorganizacional para la innovación tecnológica, a partir de la dinámica de relacionamientos entre múltiples actores, los que se hallan diseminados, no solo al interior de la industria o la empresa, sino, como lo apuntan Walter Powell (1996) y Mikel Buesa (2001) en los intersticios entre las empresas manufactureras y de servicios, las universidades, los laboratorios y/o institutos o centros de investigación y los órganos del Estado.

Bajo estos términos, la efectividad de la red recae en los resultados “*outcomes*”, a nivel de cambio o mejora tecnológica y de nuevo conocimiento tecnológico, y en este sentido, las nuevas oportunidades tecnológicas y de conocimiento, ciertamente complejas y de difícil medición, están en función de la magnitud y estructura de las interrelaciones, y de las reales motivaciones de interacción en un contexto institucional, político y socio-económico.

En este orden de ideas, y en el esfuerzo de proponer el modelo de efectividad, se halló inspiración en el planteamiento de un marco terminológico y conceptual preparatorio, y un marco teórico ecléctico, sobre el cual se extrajo un conjunto de proposiciones teóricas; a partir de éstas, proponemos un modelo preliminar conceptual de efectividad de la red interorganizacional, cuyos componentes responden a los

momentos de configuración y reconfiguración de la red socio-técnica para la innovación tecnológica, que se desenvuelve bajo un esquema no lineal, sino mediante procesos colectivos que dinamizan la construcción (y al mismo tiempo, la estabilidad e inestabilidad) de dicha red.

En consecuencia, la derivación de estas proposiciones, que relacionan la visión del Constructivismo social en tecnología y el esquema interactivo de Sistema Nacional de Innovación, se ponen a prueba, primeramente a nivel de un caso de estudio primario (caso GITEM), en el ámbito particular, y luego en un conjunto de red de actores que lideraron y/o participaron activamente en la generación de innovación tecnológica, en el marco del SNCTeI, en territorio colombiano, dentro del período 2010-2014; el análisis de los resultados extraídos (a nivel cualitativo y a nivel cuantitativo) consolidaron el esquema del conjunto de factores determinantes de la efectividad de la red socio-técnica en el ámbito de la innovación tecnológica (Véase la Figura 1); en este sentido, se pretende proporcionar una metodología de análisis en materia de gestión de redes interorganizacionales, a través de los flujos de relacionamientos universidad-industria-Estado-sociedad, en la generación de innovaciones tecnológicas, esquema que puede interesar no solo a la institución universitaria, sino a las unidades productivas empresariales y a los hacedores de política pública en ciencia y tecnología.

## **DESARROLLO TEÓRICO**

En esta tesis, el principal aporte del referencial teórico, además de la formulación de las proposiciones e hipótesis preliminares de la investigación, consiste en establecer las definiciones de los constructos que conformarán la estructura del modelo teórico de efectividad de la red interorganizacional socio-técnica, objeto de estudio. De esta manera, la revisión de la literatura se direccionó hacia el análisis de los fundamentos teóricos y conceptuales referidos, por una parte, a la noción de red, redes interorganizacionales y la noción de efectividad de la red interorganizacional en el marco de procesos de innovación tecnológica, por otra, a los postulados y enfoques del constructivismo social en tecnología en relación a la mediación de los objetos y de los actores sociales en los procesos de formación de redes socio-técnicas para la innovación tecnológica.

En relación a la noción de red de actores (individuos, unidades, órganos u organizaciones), como estructura, representa posiciones de los actores y vínculos entre éstos, con una cierta forma de interdependencia estructural basada en los intercambios que se generan como resultado de las relaciones interpersonales o interorganizacionales dentro de un contexto (Mandell 1999, Barringer & Harrison 2000). En este sentido, el nivel de estudio de las redes lo enmarcamos a nivel del análisis interorganizacional, haciendo referencia a los resultados que pueden alcanzarse a nivel de la red total, en que las investigaciones se han centrado en el impacto de las acciones y de los diferentes o múltiples niveles de configuraciones de la red sobre los resultados a nivel de la red completa. Esta perspectiva supone que la red involucra a varias organizaciones que trabajan en colaboración para alcanzar una meta más o menos común o compartida y que el éxito de una organización individual en la red puede o no ser crítico para el éxito de la red en su conjunto (Provan et al 2007, Powell 2005).

En el sentido de red interorganizacional, propiamente, introdujimos la noción de Sistema Nacional de Innovación **SNI** (en inglés, National Innovation Systems NIS) como un tejido de múltiples agentes o un conjunto de prácticas, instituciones y organizaciones del sector público y privado, a través del cual se posibilita el trasvase de ideas, tecnología, conocimientos y profesionales, determinando a su vez el desempeño innovativo a nivel nacional (Freeman 1987, 1995; Lundvall 1992, Johnson 2003).

En el marco de la discusión sobre la perspectiva de sistema nacional de innovación como modelo o como teoría, tratamos los aspectos capitales de la innovación, el conocimiento tecnológico, la dimensión espacial y el esquema de interacciones entre los tipos de organizaciones e instituciones que conforman la noción de SNI (Schumpeter 1978, Sábato y Botana 1978, Kline 1985, Edquist 1997, Etzkowitz y Leydesdorff 2000, Lundvall 1992, Dagnino 2003, Cooke 2003 ); destacamos, a la vez, la complejidad en el análisis de las relaciones universidad-empresa-Estado y de los niveles de cooperación entre actores para verificar la estimulación a la búsqueda de mayor conocimiento.

Bajo estas circunstancias, propusimos lo siguiente:

**Proposición teórica 1:** Los elementos motivacionales que *se generan en el marco de las relaciones: Universidad-Empresa-Estado, se tornan en valiosos instrumentos para encarar y superar las distintas dificultades de coordinación para lograr la cooperación efectiva entre los distintos actores de una red interorganizacional para la innovación tecnológica.*

Sobre los procesos de aprendizaje y generación de conocimiento tecnológico, hemos considerado el esquema de relaciones entre aprendizaje interactivo e innovación,

propuesto por B. Johnson, destacando que los elementos institucionales (rutinas, normas, reglas y leyes) podrían reducir la incertidumbre, pero a la vez pudieran estimular o retardar los flujos económicos y de información, y el aprendizaje mismo (Johnson 1992); por su parte, Peter Lane y Michael Lubatkin alegan que el intercambio de nuevas informaciones, conocimientos y competencias, compartidas de manera formal o informal entre actores en una red interorganizacional, genera fuente de ideas e innovación que se absorben a través de, lo que convinieron en llamar, “*learning from network*” (Lane & Lubatkin 1998).

De lo anterior, propusimos:

***Proposición teórica 2:*** *Las relaciones entre actores de la red: Universidad-Empresa, tanto a nivel formal como informal, propician el aprendizaje interactivo y la producción de conocimiento tecnológico, en el marco de proyectos institucionales y de cooperación para la innovación tecnológica.*

El marco teórico en torno a la noción de efectividad de la red, entendida en el ámbito interorganizacional en contextos de innovación tecnológica, estuvo enmarcado en las dimensiones del modelo de efectividad propuesto por Keith Provan & H. Brinton Milward (tal como lo indicamos al inicio de este documento). En este sentido, en consideración del flujo y la disponibilidad de recursos del ambiente externo que se dan a través de diferentes vínculos interorganizacionales (Goes & Park 1997), indispensables en los procesos de innovación tecnológica, propusimos lo siguiente:

***Proposición teórica 3:*** *Las condiciones del entorno y, en general, el contexto de cooperación e intercambio y aportación de recursos contribuyen de manera efectiva en los resultados de la red entera o total en materia de innovación tecnológica.*

En relación a la tipología propuesta por Gautam Ahuja, en el sentido de vínculos directos, indirectos y el nivel de conectividad o de no conectividad (“*structural holes*”), estudiamos la configuración estructural o de integración de una red abierta y los resultados sobre los procesos de colaboración interorganizacional, en materia de adopción o generación de innovación tecnológica. En el marco de los estudios en la industria química (Ahuja 2000) y de otras investigaciones en el campo de la innovación como ventaja competitiva (Podolny & Stuart 1995) y en contextos de emprendimientos en biotecnología (Powell et al 1996), propusimos lo siguiente:

***Proposición teórica 4.*** *Para entender la dinámica de relacionamientos de la red en su conjunto, que contribuye en la generación de nuevo conocimiento tecnológico e innovación, es preciso identificar las propiedades o características de su estructura en relación al grado de conectividad de la red, a la diversidad de los vínculos y a la intensidad de las interacciones.*



En relación a los esquemas de integración centralizada y de gobernanza de la red dentro de un sistema formal, Provan & Milward (2001), Milward, Kenis & Raab (2006), defienden que es necesaria una cierta forma de gobierno para garantizar que los actores se involucren en la acción colectiva y de apoyo mutuo, se gestione el conflicto y se proporcione dirección y soporte en la utilización eficiente de los recursos adquiridos para la red (Provan & Kenis 2008). Por otra parte, en los ambientes en que se comparte el conocimiento tecnológico y se presume un nivel importante de conectividad en los procesos de innovación tecnológica, el desarrollo de la confianza y el entendimiento y comprensión de valores y normas de la actividad conjunta resultan en una alternativa sobre el esquema de gobernanza u otros mecanismos de control formales. Bajo estas consideraciones, propusimos lo siguiente:

***Proposición teórica 5.*** *Para generar la capacidad de integración de la red en su conjunto, dentro de un sistema formal, que contribuya en la generación de nuevo conocimiento tecnológico e innovación, es preciso desarrollar mecanismos de coordinación y control colectivo que respondan a cierto grado de centralización/descentralización, mientras se genera la confianza, el compromiso y la reputación de las relaciones intra-red.*

Dentro del marco teórico, la perspectiva constructivista social en tecnología se posiciona como práctica en el análisis de la efectividad de la red en contextos de innovación tecnológica. Bajo esta perspectiva ha sido posible configurar los determinantes de la efectividad en lo concerniente a la magnitud y estructura de las interrelaciones, en base a los postulados de la *teoría del actor-red* y de la configuración *socio-técnica* de los vínculos al interior de las redes interorganizacionales.

El enfoque de la *teoría del actor-red* se originó en el campo de la sociología de la ciencia, a partir de estudios desarrollados por Bruno Latour y Michel Callon, en Francia, y John Law, en Estados Unidos. La noción de actor-red constituye una categoría de la sociología compuesta por entidades naturales (los objetos<sup>1</sup>) y sociales (los individuos y grupos), con una capacidad de asociarse y conectarse entre sí mediante una red o estructura, a través de la cual, en distintos momentos y contextos diversos, pueden redefinirse sus entidades, la “mediación<sup>2</sup>” entre ellos y las relaciones mutuas (Callon 1998, 155-161); en este sentido, la red es socio-técnica.

---

<sup>1</sup> Los objetos comprenden tanto los elementos de carácter técnico (*materiales, prototipos, artefactos técnicos, equipos, dispositivos, procesos técnicos*) como los relacionados con los aspectos organizacionales (*documentos, equipos, políticas, regulaciones y demás aspectos institucionales y organizacionales*).

<sup>2</sup> La mediación se refiere al involucramiento de objetos y de otros entes sociales en las interacciones entre actores (Law 1992) por las actividades y acciones que llevan a cabo dentro de una red socio-técnica.

De esta manera, la teoría del actor-red constituye una vía para la comprensión de la forma como los actores interactúan para construir redes heterogéneas (sociales y técnicas) fuertes o débiles, mediante “*procesos de traducción*”, para lograr transformar una idea en innovación. Los procesos de traducción constituyen el punto central del enfoque denominado *Sociology of translation* (literalmente expresado como “sociología de la traducción”), en que Callon (1995) y Law (1992) lo relacionan con el estudio de los mecanismos de construcción de relaciones.

En ámbitos de innovación y tecnología, el enfoque de la sociología de la traducción pretende explicar los procesos innovativos como el resultado de un proceso de formación de redes y, en ese contexto, concibe la red socio-técnica como un conjunto de asociaciones o vinculaciones, en que sus distintos actores se involucran, traduciendo los hechos y aportando sus propios recursos en medio de las “convergencias relativas” de intereses diversos dentro de la red heterogénea (Latour 1995, 2008, Tatnall 2000).

Bajo estas visiones, propusimos lo siguiente:

**Proposición teórica 6.** *Para que la red socio-técnica que lleva a cabo la generación de una innovación tecnológica se desarrolle, en el marco de la convergencia de intereses de sus actores, es necesario que se lleven a cabo procesos de traducción o construcción de relaciones, para interesar y enrolar a otros en el logro de proyectos innovativos.*

Dentro de la perspectiva del constructivismo social, los investigadores Wiebe Bijker y Trevor Pinch incorporan en los estudios de la sociología de la tecnología el *enfoque constructivista social*, arguyendo que la tecnología se halla configurada por fuerzas sociales de distinto nivel; y, en este sentido, defienden que no solo la tecnología produce efectos en la sociedad, sino que a su vez los factores sociales configuran significativamente el desarrollo y la implementación de una tecnología determinada (Bijker, Hughes & Pinch 1987).

Es así que, siendo la premisa básica del constructivismo social en tecnología sostener que la realidad no es única e irrefutable, sino que se construye socialmente a través de un proceso dinámico de actuación e interpretación del mundo (Callon 1986, 1995; Law 1988, 1992), el enfoque del actor-red, de la sociología de la traducción y el enfoque constructivista social, coinciden en el análisis de los procesos de construcción de los objetos tecnológicos en relación a la forma como estos procesos y artefactos son interpretados y adoptados por los actores sociales en distintas circunstancias.

Desde esta visión, Bijker y Pinch (1984) remarcan el carácter de constructo social de la tecnología, en que subyacen elementos de eficacia o ineficacia en los

procesos de construcción de un artefacto u objeto físico, cuya adopción como objeto tecnológico, independientemente de su calidad técnica, genera controversias en el grupo social relevante, en relación a intereses en conflicto por las diversas interpretaciones y significados socialmente construidos. En este sentido, los elementos de eficacia o ineficacia se relacionan con el significado que los grupo sociales relevantes atribuyen al artefacto u objeto físico, la percepción y variedad de problemas y soluciones que conllevan al éxito o fracaso en la adopción o uso de los artefactos y a la “flexibilidad interpretativa”, cuya tesis sostiene que el significado que distintos grupos de actores sociales otorga a un determinado artefacto o proceso tecnológico se articula alrededor de los intereses de las distintas interpretaciones circunstanciales según los grupos de actores sociales en conflicto (Bijker 1995, Lawler 2003).

La mediación de los objetos en las actividades y acciones de los actores sociales para la generación de artefactos tecnológicos y la variedad de significados atribuibles en su transferencia, adopción y uso, nos llevó a proponer lo siguiente:

**Proposición teórica 7.** *En el proceso de generación de innovación tecnológica, la visión socio-técnica implica la conformación de actores-red y la consideración de los esquemas interpretativos de los grupos sociales relevantes involucrados en la transferencia, adopción y uso de los artefactos y procesos técnicos.*

## PROPUESTA

Se ha partido de la tesis que la efectividad de la red para la innovación tecnológica está condicionada por el contexto de cooperación político-institucional e industrial y por la dinámica de relacionamientos entre el “colectivo híbrido” (actores sociales y los objetos) que contribuyen en la generación de conocimiento tecnológico e innovación. Bajo este escenario, se bosqueja una propuesta de análisis de la efectividad de la red de innovación tecnológica, en que se combina un conjunto de categorías, en el sentido de la estructura e integración de la red y el contexto en que ésta se desenvuelve (Provan 1995-2007, Powel 1996, Goes 1997, Ahuja 2000), integrando a la vez el enfoque o teoría constructivista social en tecnología con el enfoque o teoría del actor-red, en el imaginario del “*Sociology of translation*”. De esta manera, se configura una propuesta de modelo teórico integrado de efectividad, el cual se ha convertido en la guía para la definición del conjunto de factores determinantes de la efectividad de la red de innovación tecnológica, los cuales se muestran en la Figura 1.

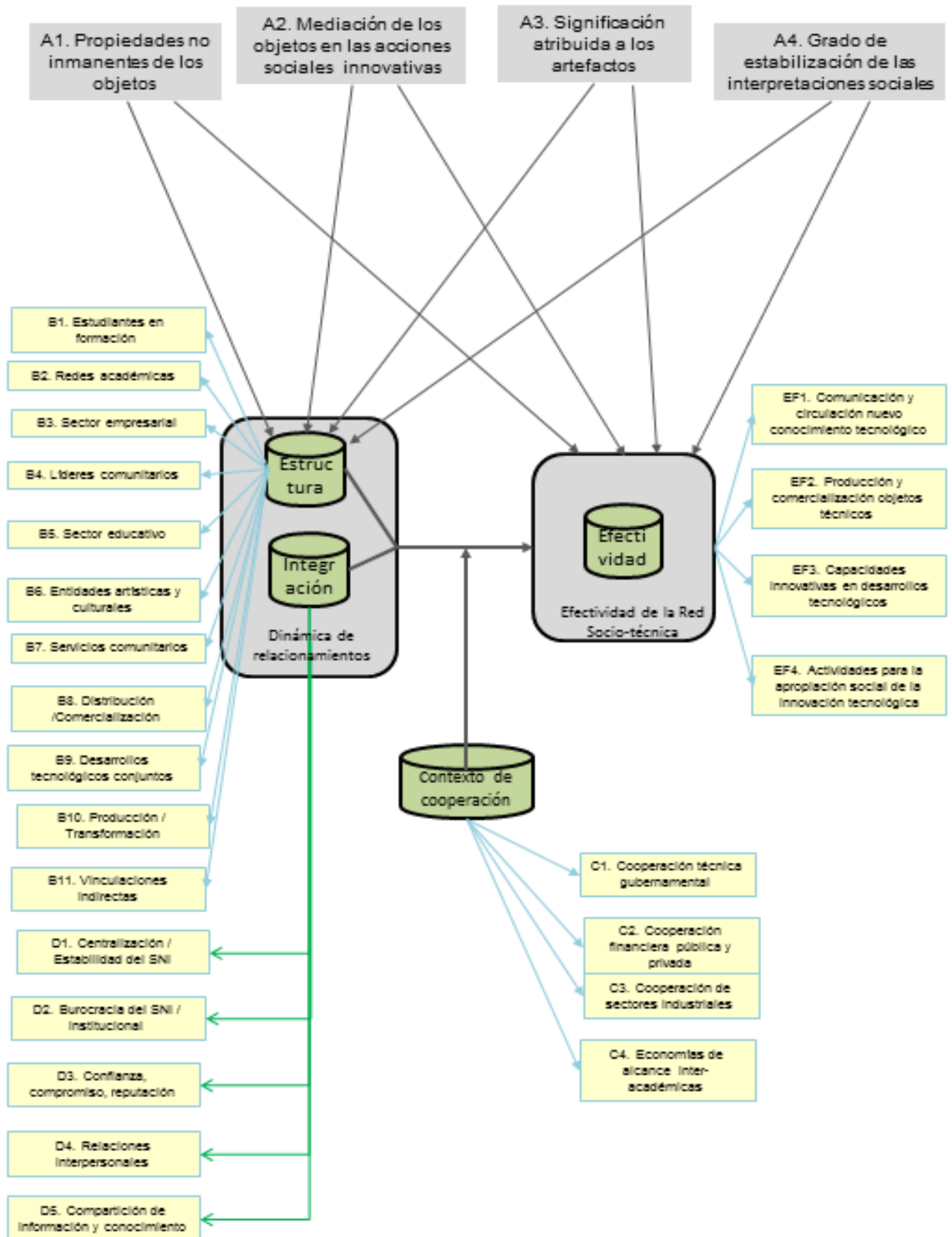


Figura 1. Propuesta de modelación con ecuaciones estructurales de la efectividad de la red de innovación tecnológica.

## METODOLOGÍA

En esta tesis la investigación sobre el fenómeno de la efectividad en las redes de innovación tecnológica se ha basado tanto en el estudio de un caso único (caso *singular, especial o “revelador”*) cuanto en la indagación de múltiples casos. En ese sentido, el tratamiento del material de los casos estudiados considera datos de tipo cualitativo como de tipo cuantitativo; por tanto, se destaca que el diseño de estudio de casos constituye la estrategia principal de la investigación empírica. Es así que, tanto para el caso único como para los casos múltiples, la unidad de análisis está constituida por un producto social, como es la red socio-técnica que se conforma alrededor de la generación de una innovación tecnológica de producto o de proceso, en el marco del sistema formal de innovación tecnológica en Colombia- SNCTeI.

La red socio-técnica, en cada caso de estudio, se ha representado a través de la estructura reticular de los grupos de investigación escolásticos y sus respectivos objetos o elementos técnicos y organizacionales, que se encuentran avalados por 11 de las principales universidades en las tres grandes regiones de Colombia, en ciencia, tecnología e innovación<sup>3</sup>.

La entrevista fue el método de indagación ampliamente utilizado, así como las visitas de observación a laboratorios científicos relacionados con procesos de generación de innovación tecnológica de producto y de proceso. El acceso *in situ* en el caso único (Caso GITEM) se logró a través de una estancia de investigación en la Universidad Autónoma de Occidente (Cali- Colombia), entre noviembre y diciembre de 2010.

La entrevista semiestructurada a profundidad se aplicó a un grupo diverso de informantes calificados como expertos, al haber estado involucrados en proceso de generación de innovación tecnológica; entre ellos destacan las posiciones de gerencia de alto nivel del sector industrial y de servicios, de direcciones generales en instituciones académicas y de Estado (nivel directivo de Colciencias) y científicos e investigadores que lideran grupos de investigación en algunas de las principales universidades de Colombia.

---

<sup>3</sup> Las denominaciones regionales corresponden a la “Estrategia de Regionalización de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación”, de COLCIENCIAS (Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia). En este sentido, las tres grandes regiones del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, son: i) **Región Centro Oriente** (con Bogotá –Distrito Capital, capital del Departamento de Cundinamarca); ii) **Región Eje Cafetero** (con Medellín, capital del Departamento de Antioquia) y iii) **Región Pacífico** (con Cali, capital del Departamento del Valle Del Cauca).

Las unidades de observación en el estudio de casos múltiples se abordaron a través de la aplicación de un cuestionario determinado, en el que se buscó confirmar las proposiciones teóricas y probar las hipótesis que se formularon para guiar el estudio empírico de la tesis. El modelo teórico de efectividad que se propuso luego de la indagación del cuerpo teórico y del estudio de caso único (caso GITEM), se constituyó en la guía para la elección de los casos múltiples y de los métodos de recolección y análisis de la evidencia empírica. El acceso al terreno para la aplicación del cuestionario se obtuvo a través del documento de resultados de la Convocatoria-Colciencias 640, publicada en marzo de 2014. El alcance de la indagación se definió para los grupos de las categorías A y A1, en los Programas de ciencia y tecnología: Electrónica / Telecomunicaciones / Informática, Biotecnología, Desarrollo tecnológico e Innovación industrial y en salud.

La depuración de los grupos de investigación, seleccionados en las diferentes escuelas o departamentos de ingeniería se la realizó a través de la indagación documental en cada uno de los respectivos GrupLac de la base de datos SCienTi-Colciencias, en que se confrontaron los datos de los resultados de medición de los grupos que respondieron a la Convocatoria/Colciencias 640 y la información registrada de cada grupo en las mencionadas bases de datos. La lista definitiva sumó un total de 62 grupos de investigación de categorías A1 y A, con lo cual se obtuvo una muestra teórica, no estadística; esto significa que la generalización no se la haría a una población, sino que a partir del análisis de la indagación empírica se inferirán hipótesis o generalizaciones teóricas.

En razón que en el planteamiento del modelo se ha definido un conjunto de variables observables y variables latentes, en una relación causal, se resolvió la aplicación de la técnica de modelización con ecuaciones estructurales –SEM (*Structural Equation Modeling*); esta técnica que actualmente ha incrementado su aplicación para el caso de análisis de datos en la investigación de las ciencias sociales, permite analizar la modelización de variables observadas y de variables latentes (Lévy 2005) a partir de esquemas de relaciones definidos a priori por el investigador y la teoría de referencia.

Cabe destacar que, se contó con una base de respuestas de los cuestionarios proveniente de informantes expertos y científicos en el campo de la generación de nuevo conocimiento tecnológico e innovación; por lo cual, a través de la modelación con ecuaciones estructurales, fue factible arribar a un análisis confirmatorio de variables, con lo cual a la vez ha sido factible probar las hipótesis del estudio y validar el modelo conceptual de forma cuantitativa.

## HALLAZGOS

Los hallazgos de la investigación empírica apuntan a validar las relaciones definidas en el modelo práctico de la efectividad de la red de innovación tecnológica (Figura 1), con lo cual se probarían las hipótesis del estudio en los siguientes ámbitos de interacción: el contexto de cooperación interorganizacional, las vinculaciones reticulares en el actor-red, la integración y gobernanza de la red en el sistema de innovación, la generación de conocimiento tecnológico y los esquemas interpretativos socio-técnicos de los grupos sociales relevantes involucrados en la transferencia, adopción y uso de los artefactos y procesos técnicos.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La discusión y el análisis de la evidencia empírica partió de la referencia a las características del sistema nacional y regional de innovación de Colombia, en que se destaca la estrategia de desarrollo y competitividad, en el marco del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación – SNCTeI, que se presenta a distintos niveles de desarrollo, en cada una de los contextos regionales estudiados en la tesis. Asimismo, se condujo el análisis de la evidencia empírica siguiendo el proceso iterativo de construcción de una explicación, en función del cual se relacionaron las proposiciones teóricas de investigación de la tesis.

De esta manera, principalmente, en lo concerniente al Caso GITEM, acorde con la narrativa del caso y de las evidencias revisadas en los casos múltiples contextuales, se va realizando la correspondencia de las proposiciones teóricas con los factores determinantes de la efectividad que se acreditan en las situaciones vivenciales descritas, de actores y objetos inmersos en procesos innovativos, en el marco del SNCTeI en territorio colombiano.

Luego, se da paso al análisis descriptivo y de modelización de los datos recopilados en los cuestionarios, que fueron aplicados a los grupos de investigación académicos identificados en cada uno de los casos de estudio; posteriormente, se realiza el análisis sobre los constructos o variables latentes del modelo asociados al esquema integrado de efectividad resultante; finalmente, en relación con los resultados del proceso de modelización de la red de innovación tecnológica, se realiza la contrastación

de los factores de efectividad de la red entera o total con las hipótesis del estudio; a través del cometido de las hipótesis, por tanto, se facilita la validación del modelo definitivo, a la luz del conjunto de proposiciones teóricas expuestas en la tesis.

Las conclusiones de la tesis van dirigidas a la propuesta de nuevos elementos de análisis para estudiar las estructuras de redes interorganizacionales en contextos de innovación, la diversidad de factores influyentes en la dinámica de relacionamientos de la red, bajo las percepciones y afectaciones que se generan en los grupos sociales o actores que participan en los procesos de innovación tecnológica; con lo cual se sugerirían elementos clave para configurar la política pública en ciencia y tecnología enfocada en la efectividad de la apropiación social del conocimiento tecnológico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahuja, G.** (2000): "Collaboration Networks, Structural Holes and Innovation: A Longitudinal Study, *Administrative Science Quarterly*, Vol. 45, Pp. 425-455
- Barringer, B. R.**; Harrison, J. S. (2000): "Walking a tightrope: Creating value through inter-organizational relationships", *Journal of Management*, Vol. 26, No. 3, Pp. 367-403
- Bijker, W. E.** & Pinch, T. (1984): "The Social Construction of Facts and Artifacts: or how the Sociology of Science and Sociology of Technology might benefit each other". *Social Studies of Science*, Vol. 14, pp. 399-441.
- ; Hughes, T.; Pinch, T. (1987): "The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology", *The MIT Press*, Cambridge (MA).
- Buesa, M.** (2001): "El Sistema Regional de Innovación de la Comunidad de Madrid", IAIF - Universidad Complutense de Madrid. Consultado en noviembre de 2011: <http://eprints.ucm.es/6782/1/30-01.pdf>.
- Callon, M.** (1986): "The Sociology of an Actor-Network: the case of the Electric Vehicle", en: Michel Callon, John Law & Arie Rip (eds): "Mapping the Dynamics of Science and Technology: Sociology of Science in the Real World", *The Mac Millan Press Ltd.*, Pp. 19-35, London
- (1995): "Algunos elementos para una sociología de la traducción. La domesticación de las vieiras y los pescadores de la bahía de St. Brieuc", en Iranzo, J. M. et al, (Eds). "Sociología de la ciencia y la tecnología", *Consejo Superior de Investigaciones Científicas*, Pp. 259-282, Madrid
- (1998): "El proceso de construcción de la sociedad. El estudio de la tecnología como herramienta para el análisis sociológico", en Domènech, M. y F. Tirado (Eds). "Sociología simétrica. Ensayos sobre ciencia, tecnología y sociedad", *Gedisa*, Pp. 143-170, Barcelona
- COLCIENCIAS** (2014a): "Convocatoria Nacional para el Reconocimiento de Grupos de Investigación, Desarrollo Tecnológico y/o Innovación y para el Reconocimiento de Investigadores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. 2013", Bogotá, D.C., marzo 12 de 2014, 263 páginas
- COLCIENCIAS** (2014b): "Modelo de Medición de los Grupos de Investigación, Desarrollo Tecnológico o de Innovación y de Reconocimiento de Investigadores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, año 2014", Bogotá, D.C., octubre 15 de 2014, 164 páginas
- Edquist, C.** (1997): "Systems of Innovation. Technologies, Institutions and Organizations", *Pinter Publishers*, Londres.
- Etzkowitz, H.; Leydesdorff, L.** (1998), "The endless transition: a triple hélix of university-industry-government relations", *Minerva*, 36, Pp. 203-220
- (2000): "The dynamics of innovation: from National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of university-industry-government relations", *Research Policy*, V. 29, No.2, pp. 109-123
- Freeman, C.**, et al (1988): "National Systems of Innovation", en Dosi, G. et al (Eds) (1988), "Technical Change and Economic Theory", Cap. 15, Pp. 309-398, *Laboratory of Economics & Management*, Pisa
- (1995), 'The National Innovation Systems in Historical Perspective', *Cambridge Journal of Economics*, Vol. 19, No. 1.
- Goes, J.; Park, S.** (1997): "Interorganizational Links and Innovation: The Case of Hospital Services", *Academy of Management Journal*, Vol. 40, No. 3, Pp. 673-696



- Johnson, B.** (1992): "Institutional Learning", en Bengt-Åke Lundvall (Ed.): "National Innovation Systems: Toward a Theory of Innovation and Interactive Learning", Cap. 2, Pp 23-45, *London Pinter Publishers*
- ; Lundvall B.-Å.; Edquist, Ch. (2003) "Economic Development and the National Systems Approach", *First Globelics Conference*, Río de Janeiro
- Kline, S.** (1985): "Innovation is not a linear process", *Research Management*, Vol. 28, No. 4, Pp. 36-45.
- Lane, P.; Lubatkin, M.** (1998): "Relative Absorptive Capacity and Interorganizational Learning", *Strategic Management Journal*, Vol. 19, No. 5, Pp. 461-477
- Latour, B.** (1986): "The Powers of Association", en "Power, Action and Belief. A new sociology of knowledge?", *Sociological Review*, monograph 32, *Law, J (Ed), Routledge & Kegan Paul*, pp. 264-280, London
- & Woolgar, S. (1995): "La vida en el laboratorio. La construcción de los hechos científicos", *Alianza Editorial*, Madrid
- (2008): "Reensamblar lo Social. Una Introducción a la Teoría del Actor-red", *Manantial*, Buenos Aires
- Law, J.** (1986): "The Heterogeneity of Texts", Mapping the Dynamics of Science and Technology, Callon, M., Law, J., and Rip, A., *Macmillan Press*, pp.67-83, *Londres*
- (1988): "Technology and Heterogeneous Engineering: The case of Portuguese expansion", en Bijker, W. E.; Hughes, T.; Pinch, T. (1987): "The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology", *The MIT Press*, Pp. 111-134, Cambridge (MA),
- (1992): "Notes on the theory of the actor-network: ordering, strategy, and heterogeneity", *Systems Practice*, Vol. 5, No. 4, p. 379-393
- Lawler, D.** (2003): "Las funciones técnicas de los artefactos y su encuentro con el constructivismo social en tecnología", *REDES*, Vol. 1, No. 1, Pp. 27-71, Buenos Aires
- Lévy, M.** (2005): "Modelización y Análisis con Ecuaciones Estructurales", en Lévy, M. & Varela, J. (2005): "Análisis Multivariable para las Ciencias Sociales", Cap. 17, Pp. 767-814, Universidad de Québec; Pearson Educación, S. A., Madrid.
- Lundvall, B.-Å.** (ed.) (1992); "National Innovation Systems: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning, Cap. 1, pp. 1-20, *London Pinter Publishers*
- ; Johnson, B., Edquist, Ch. (2003): "Economic Development and the National Systems Approach", *First Globelics Conference*, Río de Janeiro.
- Mandell, M. P.** (1999): "Community Collaborations: Working Through Networks and Network Structure", *Policy Studies Review*, Vol 16, No. 1, Pp. 42-65
- Milward, H. B.; Kenis, P.; Raab, J.** (2006): "Introduction: Towards the Study of Network Control", *International Public Management Journal*, Vol. 9, No. 3, Pp. 203-208
- et al (2010): "Governance and Collaboration: An Evolutionary Study Of Two Mental Health Networks", *Journal of Public Administration Research and Theory*, Vol. 20, Supplement 1, Pp. 125 -141
- Pérez M., C. & Vink, D.** (2008): "El rol de la comunicación en la co-construcción de conocimiento y de redes de vinculación y transferencia en nanotecnología", *IIIS, 3er. Simposium Internacional en Comunicación del Conocimiento y Conferencias*, Pp. 250-255, Orlando, Fl.
- Pinch, T.; Bijker, W. E.**; (1984): "The Social Construction of Facts and Artifacts: or how the Sociology of Science and Sociology of Technology might benefit each other". *Social Studies of Science*, Vol. 14, pp.399-441
- Podolny, J.M.; Stuart, T. E.** (1995): "A Role-Based Ecology of Technological Change", *American Journal of Sociology*, Vol. 100, No. 5, Pp. 1224-1260, University of Chicago Press
- Powell, W. et al** (1996): "Interorganizational Collaboration and the Locus of Innovation: Networks of Learning in Biotechnology", *Administrative Science Quarterly*, Vol. 41, No. 1, Pp. 116-145
- Provan, K.; Millward, H. B.** (1995): "A Preliminary Theory of Organizational Network Effectiveness: A Comparative Study of Four Community Mental Health Systems", *Administrative Science Quarterly*, Vol. 40, , No. 1, Pp. 1-33, *Cornell University*
- (2001): "Do Networks Really Work? A Framework for Evaluating Public-Sector Organizational Networks", *Vo. 61, No. 4, Pp. 414-424*
- Provan, K. ; Sebastian, J.** (1998): "Networks Within Networks: Service Link Overlap, Organizational Cliques, and Network Effectiveness", *Academy of Management Journal*, Vol. 41, No. 4, Pp. 453-463
- ; Fish, A., et al (2007): "Interorganizational Networks at the Network Level: A Review of the Empirical Literature on Whole Networks", *Journal of Management*, Vol. 33, No.3, Pp. 479-516
- ; Kenis, P. (2008): "Modes of Governance: Structure, Management, and Effectiveness", *Journal of Public Administration Research and Theory*
- Raab, J.; Suijkerbuijk, S.** (2009): "Heading towards a network theory of effectiveness. A replication with set-theoretic extension of Provan and Milward (1995)", Ponencia en el XXIX Sunbelt Conference, San Diego, CA.

- Raab, J. et al** (2013): "Combining Structure, Governance, and Context: A Configurational Approach to Network Effectiveness", *Journal of Public Administration Research and Theory*
- Sábato, J. A; Botana, N.** (1978), "La Ciencia y la Tecnología en el Desarrollo futuro de América Latina", *Revista de Integración*, No. 3, Buenos aires
- Schumpeter, J.** (1978), "Teoría del Desarrollo Económico", *Fondo de Cultura Económica*, México
- Tatnall, A.** (2000): "Innovation and Change in the Information Systems Curriculum of an Australian University: a Socio-technical Perspective", *PhD Thesis, Education Rockhampton, Central Queensland University*.
- Turrini, A. et al** (2010): "Networking Literature About Determinants of Network Effectiveness", *Public Administration Vol. 88, No. 2, Pp.528-550*