



**Universidad Autónoma Metropolitana
Unidad Iztapalapa**

**División de Ciencias Sociales y Humanidades
Departamento de Economía**

**Posgrado en Estudios Sociales
Maestría en Economía Social**

*“Análisis del espacio relacional del Programa de Estímulos
a la Innovación (2009 – 2018). Un caso de estudio desde la
teoría de las redes sociales”*

**Presenta: Alan Ricardo Ortiz Pedroza
Director: Dr. Manuel Lara Caballero
Lectores: Dr. Miguel Guajardo
Dra. Alma Patricia de León**

México, Ciudad de México.

17 de noviembre de 2020

Índice de contenido

Resumen.....	4
Abstract.....	5
Retribución social de la Idónea Comunicación de Resultados: “Análisis del espacio relacional del Programa de Estímulos a la Innovación (2009 – 2018). Un caso de estudio desde la teoría de las redes sociales”.....	7
Capítulo 1. Introducción	7
1.1 Introducción y contexto de la investigación	8
1.2 Antecedentes.....	12
1.3 Problema de investigación	14
1.4 Objetivo	15
1.5 Hipótesis.....	16
1.6 Operacionalidad de las hipótesis	16
Capítulo 2. La innovación en México.....	18
2.1 Obstáculos en el proceso innovador en México	18
2.2 El proceso de innovación en México	21
2.3 El papel del Estado el proceso de innovación en México.....	23
2.4 El Programa de Estímulos a la Innovación	25
2.5 La Triple Hélice. Un modelo generador de vínculos	36
Recapitulación.....	39
Capítulo 3. Análisis de redes sociales.....	41
3.1 Importancia del análisis de redes sociales	41
3.2 Elementos de las redes.....	48
3.2.1 Actores	48
3.2.2 Relaciones	50
3.2.3 Límites de la red.....	53
3.3 Análisis de redes sociales: visualización, análisis actores, atributos y comunidades	54
Recapitulación.....	67
Capítulo 4. Resultados del Programa de Estímulos a la Innovación: un análisis de redes sociales	68
4.1 Base de datos, caracterización de los actores y estadística descriptiva.	68
Recapitulación.....	92
Capítulo 5. Conclusiones	93

Anexo Teórico	100
Contextualización y definición de métricas	100
Estimación	102
Código utilizado en Python para transformación de la base de datos en la matriz de adyacencia	105
Bibliografía	114
Links. Base de datos y matrices de adyacencia.	117

Resumen

La presente investigación analiza el espacio relacional a través de los vínculos generados por la implementación del Programa de Estímulos a la Innovación (PEI) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), que busca fomentar el proceso innovador en México durante el periodo 2009-2018, donde se define la importancia relativa de los atributos región y área industrial, para conocer la relación entre dos actores: i) las empresas, e ii) instituciones de educación superior y/o centros de investigación (IES/CI) que están vinculados en un mismo proyecto. El objetivo es analizar los atributos y los vínculos de los actores relevantes con una propuesta metodológica que utilice el enfoque de análisis de redes sociales (ARS) para identificar los vínculos en el conjunto de actores dentro de la estructura de la red que permita visualizar aquellos actores que, dentro de las reglas de operación que propone el Programa, cuenten con un mayor número de proyectos asociados, lo que significa que son atrayentes dentro del proceso innovador. Los resultados de la investigación distinguen 5 agrupaciones generadas por la interacción de los actores y sus atributos: i) la primera tiene relación con las tecnologías de información y comunicación (TIC), que se vinculan con las áreas industriales de electrónica y energía, así como IES/CI y empresas maquiladoras localizadas en la zona noroeste del país, ii) la segunda con el sector automotriz que tiene relación con la aeroespacial, así como IES/CI y firmas de la región noreste del país; iii) en la tercera, el sector predominante es química que tiene relación con los plásticos, así como IES/CI y empresas de la zona del bajío; iv) agroindustrial que tiene relación con los alimentos y farmacéutica, además de vínculos con IES/CI y empresas de la región centro, y v) la más pequeña de todas es la comunidad que tiene como actor al área industrial referida a la salud, que además de ser la más pequeña de todas, no tiene una zona geográfica definida y se relaciona con IES/CI de todo el país. Para contrastar los resultados obtenidos a partir de relaciones temáticas se procedió a realizar una red donde solo se vincularan los actores (IES/CI, Empresas). En este ejercicio se identifican 12 grandes comunidades, donde los actores sobresalientes son aquellas IES/CI que se vinculan a empresas relacionados a los sectores TICS, Agroindustrial, Alimentos y Automotriz, cabe mencionar que las comunidades se localizan en lugares cercanas a la ubicación de las IES/CI cuando se trata de universidades estatales, sin embargo las IES/CI de mayor tamaño que tienen presencia más amplia en el territorio nacional gestan comunidades en diferentes lugares.

Por último, esta investigación presenta evidencia de la importancia de focalizar los esfuerzos de política pública en función de las características propias de cada región, área industrial e IES/CI que se busquen impulsar, porque el PEI al no tomar en cuenta esta heterogeneidad, puede fomentar la disparidad regional e industrial, donde existen actores en el sur y sureste del país que no son capaces de generar agrupaciones.

Abstract

This research analyzes the relational space through the networks generated by the implementation of the *Programa de Estimulos a la Innovación* (PEI) of the National Council of Science and Technology (CONACYT), which seeks to promote the innovative process in Mexico during the period 2009-2018, where it defines the relative importance of interaction in the region, a space where three relevant actors associated with the PEI are related: i) enterprises; ii) higher education institutions and/or research centers (IES/CI), and iii) the industrial area. The objective is to analyze the links of the relevant actors with a methodological proposal that uses the social network analysis (ARS) approach, to identify communities within the general network structure that allows the visualization of those actors that, within the operation rules proposed by the Program, have a greater number of associated projects, which means that they are attractive within the innovative process. The results of the research distinguish the following 5 communities generated by the interaction of the actors in the PEI in order of importance: i) the first one is related to information and communication technologies (ICT), which are linked to the industrial areas of electronics and energy, as well as IES/CI and maquiladora companies located in the northwest of the country, ii) the second one is related to the automotive sector, which is linked to aerospace, as well as IES/CI and firms in the northeast of the country; iii) in the third one, the predominant sector is the chemical one, which is related to plastics, as well as IES/CI and companies from the Bajío region; iv) the agro-industrial one, which is related to food and pharmaceuticals, as well as links with IES/CI and companies from the central region; and v) the smallest of all is the community that has as a player the industrial area referred to health, which, besides being the smallest of all, does not have a defined geographical area and is related to IES/CI of the

whole country. Finally, this investigation presents evidence of the importance of focusing the efforts of public policy according to the characteristics of each region, industrial area and IES/CI which are sought to be promoted, because the PEI, by not taking into account this heterogeneity, promotes regional and industrial disparity, where there are actors in the south and southeast of the country who are not capable of generating communities.

Retribución social de la Idónea Comunicación de Resultados: “Análisis del espacio relacional del Programa de Estímulos a la Innovación (2009 – 2018). Un caso de estudio desde la teoría de las redes sociales”

La presente investigación genera una contribución importante a la comunidad académica, empresarial, organismos públicos del gobierno federal y a la sociedad civil. Mediante la investigación que aquí se desarrolla genera un aporte significativo al realizar un análisis en donde se vincular a los actores involucrados en el proceso de innovación en México de esta manera la comunidad académica, empresarios, sociedad civil y los lectores en general podrán reflexionar sobre la pertinencia de impulsar y analizar políticas públicas que tienen como propósito incentivar la innovación en México. La retribución social de este documento se base en la identificación de los identificar los atributos y los vínculos de los actores relevantes con una propuesta metodológica que utilice el enfoque de análisis de redes sociales (ARS) para mostrar los vínculos en el conjunto de actores involucrados al Programa de Estímulos a la Innovación. En este sentido la investigación que desarrollamos pone énfasis en la importancia de integrar a la discusión de la implementación de políticas públicas considerando atributos como la región y sectores industriales. La investigación científica es una importante retribución para la sociedad mexicana, a través de esta se generan debates que aportan interesantes discusiones en temas que involucren a la sociedad, de esta manera podemos encontrar soluciones que permitan resolver las problemáticas sociales que México enfrenta.

Capítulo 1. Introducción

1.1 Introducción y contexto de la investigación

La economía mexicana, durante 40 años del siglo pasado, se encontró cerrada, fuertemente regulada, y basada en la protección de sus industrias nacionales por medio de la sustitución de importaciones. En la década de 1980, el país comenzó a experimentar la transición hacia una economía abierta. En esta coyuntura de apertura económica de México se vislumbraron los primeros esfuerzos para establecer las bases desde donde surgieran mayores oportunidades de inversión en ciencia y tecnología.

El informe titulado “La Estrategia de Innovación” presentado por la OCDE (1991), muestra evidencia que las naciones que lograron que la innovación sea un elemento recurrente dentro de su dinámica industrial, han conseguido acelerar sus tasas de crecimiento económico y expandir su brecha tecnológica. Lo anterior, sugiere una estructura económica más adecuada e involucrada al papel central de la innovación, donde la OCDE (1991) señala que la capacidad de innovación de los países y las regiones trasciende la esfera de lo científico y tecnológico para considerar los diversos aspectos sociales y estructurales que inciden en la creación de un entorno capaz de promover, complementar y multiplicar los esfuerzos compartidos; dentro de este proceso innovador, interactúan diversos agentes que convergen en la producción, difusión y uso del conocimiento nuevo, tales como el gobierno, la industria y otros sectores como las instituciones de educación superior (IES) y los centros de investigación (CI).

Los vínculos entre los diversos actores dentro de estos sistemas de innovación¹ pueden concretarse en proyectos de investigación, intercambios de personal, intercambio de patentes, entre otras actividades, además de comprender que componentes dentro de un sistema de innovación son imprescindibles y determinantes para identificar los puntos de convergencia de los actores políticos con la finalidad de mejorar el rendimiento de la innovación y la competitividad; también es de utilidad para localizar los desajustes en el sistema que impiden

¹ En los trabajos de Freeman (1991), aparece por primera vez el concepto de sistema de innovación donde señala que este concepto resulta una herramienta útil para ayudar a entender las diferencias en las tasas de progreso tecnológico que experimentan las naciones y regiones y, por ende, las diferencias en sus resultados económicos.

el desarrollo tecnológico y la innovación (Carlsson et al., 2002). Los sistemas de innovación consisten en una mezcla de componentes y relaciones con características y atributos, cuyas características son denominadas capacidades o competencias económicas.

Las políticas nacionales desempeñan un papel importante en la creación de un entorno que fomente la innovación, donde los indicadores de desempeño en ciencia e innovación muestran que México aún se encuentra rezagado si lo comparamos con otros países; según cifras de la OCDE, necesita alcanzar los promedios internacionales respecto a los indicadores de desempeño en innovación, donde las estadísticas para el año 2018 de la proporción de gasto en investigación y desarrollo con respecto al PIB en México es de alrededor del 0.5% siendo esta la más baja entre los países miembros; por ejemplo, China e Israel destinan el triple mientras Brasil y EE.UU el doble.

Por este motivo, con la finalidad de revertir esta situación, existen varios programas que se impulsan desde el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), uno de ellos es el Programa de Estímulos a la Innovación (PEI)² que tuvo como objetivo general incentivar a nivel nacional la inversión de las empresas en actividades y proyectos relacionados con la investigación, desarrollo tecnológico e innovación a través del otorgamiento de estímulos complementarios.

La idea central del PEI es que estos apoyos tengan el mayor impacto sobre la competitividad de la economía nacional, donde la inversión en ciencia y tecnología a través de diversos mecanismos es importante, porque sin el apoyo por parte del Estado, la posibilidad de que muchos actores se involucren dentro del proceso de innovación en México es mínima. El Estado al invertir en este tipo de programas e instrumentos, atrae y genera un ambiente de confianza para las firmas, éste es un esfuerzo que han aplicado los países que han crecido a ritmos acelerados, apoyando su sistema nacional de innovación (SNI).

Esta investigación adquiere relevancia dada la coyuntura actual del país, donde no se vislumbra una clara posición por parte del gobierno federal del Presidente de la República, el Lic. Andrés Manuel López Obrador, respecto a los temas de innovación y desarrollo tecnológico, en específico de una política que fomente la inversión de las empresas en estos rubros. En este tenor, el gobierno actual a través del CONACYT tomó la decisión de seguir con la convocatoria del PEI para el año 2019, pero en la publicación de resultados justificó

² El Programa de Estímulos a la Innovación estuvo vigente del año 2009 a 2018

que no existía suficiencia presupuestaria para seguir apoyando este programa, con la finalidad de sustituirlo por el Programa Estratégico Nacional de Tecnología e Innovación Abierta (PENTA), el cual pretende incrementar la eficiencia del desarrollo tecnológico y la innovación, además de alinearlos a los programas nacionales estratégicos de la presente administración. La Dra. Elena Álvarez-Buylla, directora general del CONACYT³, justificó el lanzamiento de esta convocatoria argumentando que en el sexenio pasado se aplicó una cuantiosa inversión que se transformó en gasto, pues México disminuyó 16 lugares en su capacidad de innovación; por tal motivo, es necesario replantear el modelo para incentivar una nueva política pública del sector, a fin de generar aplicaciones eficientes y efectivas.

Las reflexiones presentadas en esta introducción, visan la importancia de esta investigación, porque realizar un análisis con la herramienta de análisis de redes sociales (ARS) del PEI, durante los años que estuvo vigente (2009 – 2018), permiten abordar cuantitativamente y cualitativamente las vinculaciones resultado de la implementación de este programa para identificar comunidades, es decir, relaciones significativas que permiten cumplir con dos objetivos específicos del Programa: i) incentivar la creación y permanencia de redes de innovación o alianzas estratégicas para el desarrollo de proyectos, en campos precursores del conocimiento que se traduzcan en productos, procesos o servicios de alto valor agregado, con impacto regional, sectorial y social, y ii) ampliar la base de cobertura de apoyo a empresas nacionales desde una perspectiva descentralizada.

La presente investigación analiza el espacio relacional a través de las redes generadas por la implementación del Programa de Estímulos a la Innovación (PEI) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), que busca fomentar el proceso innovador en México durante el periodo 2009-2018, donde se busca definir la importancia relativa de la interacción en la región, espacio donde se relacionan tres actores relevantes asociados al PEI: i) las empresas; ii) instituciones de educación superior y/o centros de investigación (IES/CI), y iii) el área industrial. El objetivo es analizar los vínculos de los actores relevantes con una propuesta metodológica que utilice el enfoque de análisis de redes sociales (ARS) para identificar comunidades dentro de la estructura de red general, entendidas como

³ La Dra. Elena Álvarez-Buylla, Directora General del CONACYT, presentó estas declaraciones el 19 de agosto del 2019 en el “Marco de la inauguración del año académico de la Academia Mexicana de Ciencias”. Para más información consultar la editorial del diario “La Jornada” del día 01/19/2019. <https://www.jornada.com.mx/2019/01/19/edito>

aglomeraciones de firmas de un mismo sector productivo o industrial o de actividades económicas vinculadas en un área geográfica delimitada con IES/CI; lo anterior, permite visualizar aquellos actores que, dentro de las reglas de operación que propone el Programa, cuenten con un mayor número de proyectos asociados, lo que significa que son atractivos dentro del proceso innovador.

La hipótesis central es que las comunidades están constituidas por empresas de relativa especialización que están asociadas a un mayor número de proyectos del PEI, reflejando una marcada división del trabajo –lo que deriva en ventajas de escala y productividad–, y de base tecnológica semejante y en permanente proceso de adopción de mejores técnicas, teniendo como transmisoras del conocimiento a instituciones de educación superior. En este sentido, Porter (1991) señala que las agrupaciones o comunidades que cuentan con mayor eficiencia son gracias a la actuación individual que obtienen de las externalidades; es decir que la inducción a mayor competencia exige mayor especialización, división del trabajo y mayor productividad e innovación. La proximidad facilita la interacción de productores, proveedores y usuarios, favoreciendo el aprendizaje, la confianza y la reputación.

La importancia de analizar las regiones está fundamentada en la idea de Porter (1991) que menciona que a partir de la actuación individual de las empresas se genera disparidad entre las regiones, porque existen regiones atrasadas donde la articulación productiva mediante externalidades imposibilita mover y utilizar recursos locales, lo que disminuye las barreras de entrada al promover inversiones colectivas teniendo como apoyo al Estado para sí coadyuvar en la solución de limitaciones de empresas individuales para situaciones de alguna complejidad vinculadas con diversificación y especialización, equipamiento, tiempos muertos, mano de obra y su calificación requerida así como su productividad. La articulación productiva expresada en las comunidades ofrece potencial para disminuir el capital de trabajo al posibilitar menores inventarios, facilitar la introducción de créditos y documentos comerciales o incentivos por parte del estado y en general, la búsqueda de más y mejores oportunidades, mejorando las capacidades financieras de los grupos a nivel regional y sectorial.

La presente investigación consta de cinco capítulos. En el primero se hace una revisión sobre el proceso de innovación en México, donde se analizan los esfuerzos realizados desde el Estado para encaminar este proceso y los vínculos con la iniciativa privada; también se

explica a detalle el Programa de Estímulos a la Innovación. En el segundo capítulo, se aborda la metodología propuesta donde se analizan los elementos que componen al análisis de redes sociales (ARS), así como sus alcances y limitaciones. En el tercer capítulo se desarrolla el concepto de espacio relacional, así como el concepto de comunidades para justificar la pertinencia de encaminar el PEI hacia un enfoque regional y sectorial, donde sus vínculos resultantes tienen diferentes impactos según la región y el sector, es decir el espacio relacional de este Programa puede condicionar sus objetivos y resultados. En el cuarto se presentan resultados preliminares de redes en donde se identifica estructura de la red emanada de este programa así como la identificación de las comunidades. Por último, proponen algunas recomendaciones preliminares de política pública con base en los resultados obtenidos en la presente investigación.

1.2 Antecedentes

El concepto de innovación, a través del tiempo, ha tenido diversas interpretaciones donde durante la primera mitad del siglo XX, fue considerado como el resultado de procesos aislados dentro una dinámica lineal; dentro de los estudios que investigan los determinantes del crecimiento económico se incorporó a la innovación además del capital y el trabajo. En las obras de Schumpeter (1939), Solow (1956), Abramovitz (1956), Schmookler (1966), Griliches (1986), Fagerberg (1988) y Freeman (1994), se reconoce a la innovación como un factor clave para el crecimiento económico. En este sentido, Nuchera et al. (2002), mencionan que entender la innovación como un proceso lineal significa que el origen de la innovación tecnológica se da dentro de un proceso secuencial y ordenado que, a partir del conocimiento científico y diversas fases como la investigación aplicada, desarrollo y producción logra tener éxito. Sin embargo, asumir a la innovación como un proceso lineal deja grandes limitaciones. Una de estas limitaciones tiene que ver con asumir que la innovación es un proceso racional que puede ser planificado, programado y desagregado en actividades independientes para simplificar su gestión, donde se desconoce que la tecnología dispone una estructura de conocimientos propios que se transmiten entre los actores inmiscuidos en este proceso y que se acumulan durante algún tiempo.

En la actualidad, con la intención explicar y superar las limitaciones que el modelo lineal de innovación tecnológica supone, han surgido diversas investigaciones donde se entiende como un proceso de red⁴. Esta nueva manera de entender la innovación busca resolver problemas que tienen origen en el mercado, porque se dan relaciones entre diferentes agentes o actores donde existe un intercambio de varios insumos facilitando el aprendizaje de diferentes maneras (Lengrand, 1999); siguiendo esta idea, Porter (1991

) sugiere que la competitividad de un país depende en gran medida de la capacidad de innovar dentro de sectores y regiones específicas, por lo que resulta de suma importancia conocer la forma en que los procesos de innovación se desarrollan a través de las redes que se gestan en estos espacios.

La innovación como proceso que se da en forma de red pretende resolver las fallas de mercado que están vinculadas a la acción del Estado (Lengrand, 1999), donde la justificación económica de las diversas políticas públicas que promocionan la innovación pueden clasificarse en dos grandes áreas:

- i. La existencia de fallas de mercado asociadas al fenómeno innovador incluyendo aquellas relacionadas con el financiamiento del emprendimiento innovador.
- ii. La existencia de fallas sistemáticas⁵ en torno al proceso innovador.

En el caso de México se han realizado esfuerzos importantes para diseñar y desarrollar políticas a través de los estímulos a la innovación que permitan fortalecer las redes que vinculan investigación desarrollo tecnológico e innovación (IDTI), donde se asume que la aplicabilidad y éxito de estas estrategias son uno de los grandes desafíos del país. En este contexto, el Programa de Estímulos a la Innovación (PEI) se implementa en el año 2009 con el propósito de revertir la situación de la baja inversión que detone el proceso de innovación en el país, mediante estímulos económicos complementarios⁶. El PEI pretende incentivar la creación y permanencia de redes de innovación o alianzas estratégicas para el desarrollo de

⁴ Valdivieso (2000) sugiere que la innovación no se puede considerar como un evento ocasional, es el resultado de un proceso complejo e interactivo en el que intervienen tecnologías, formaciones profesionales, capacidades organizativas, diseños y otros factores intangibles de la actividad empresarial.

⁵ Las fallas sistémicas son aquellas que, aunque se solucionen las fallas del mercado, el problema en el freno al proceso innovador continúa.

⁶ Es importante señalar que las reglas de operación, objetivos y características del programa han sufrido algunos cambios a lo largo del tiempo.

proyectos, en campos precursores del conocimiento que se traduzcan en productos, procesos o servicios de alto valor agregado, con impacto regional, sectorial y social.

1.3 Problema de investigación

La competitividad y la innovación, según diversos autores, surgen en lugares donde existen ciertas capacidades como soporte institucional, recursos humanos, infraestructura y servicios especializados (Cooke, 2003). En la literatura existen diversas propuestas sobre el papel que desempeñan los actores y las dinámicas internas y externas de estos que hacen posible el éxito o fracaso del proceso innovador (Cooke, 2000; Doloreux, 2002).

En México, existen varios problemas que los actores involucrados enfrentan asociados al proceso innovador enfrentan, dado las características heterogéneas del país, el problema de mayor importancia que enfrentan las empresas se asocia a la falta de financiamiento y de gestión empresarial, la ausencia de estas dos condiciones merma el proceso de innovación (Muñoz, 1999). Por tal motivo, los incentivos a la innovación en un país con las características económicas, regionales y de innovación como México son esenciales, donde la literatura y la evidencia empírica muestran que son necesarios para las empresas porque pueden ejercer efectos multiplicadores importantes, además de los encadenamientos productivos que tienen impactos directos en el desarrollo regional (Unger, 2011, Doloreux, 2002)

Los programas públicos destinados a la innovación tienen importantes áreas de oportunidad para modificar la estructura y las pautas de comportamiento de la empresa tanto en productividad como en capacidad de innovación, además de intentar resolver los problemas estructurales que parecen registrar importantes sesgos de acceso a los programas públicos por errores de diseño, por lo que la cobertura de atención a la innovación puede ser menor a lo esperado, dejando fuera del programa a muchas empresas que reúnen todas las características y atributos, y que fueron las que motivaron el diseño del programa.

Por tal motivo, es importante realizar investigaciones que permitan mejorar la calidad y los resultados de las políticas gubernamentales en México, desde los grandes proyectos que involucran millones de pesos de presupuesto, hasta los programas de menor perfil. En esta investigación se pretende identificar las relaciones surgidas a partir del PEI, así como los

fenómenos económicos relacionados a la concentración de inversión a nivel regional y sectorial; de tal forma que al detectar las relaciones más importantes de aquellos elementos y actores que inciden en la realización de proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación (IDTI), se podrá tener conocimiento de los efectos que estas interacciones tienen en la dinámica económica regional y sectorial del país, además de generar información para conocer si el PEI cumplió con algunos de sus objetivos. La aportación de esta investigación, con los resultados cuantitativos y cualitativos, será emitir recomendaciones preliminares de política pública que permitan evaluar de manera particular este tipo de programas con el análisis de redes sociales como herramienta.

1.4 Objetivo

La presente investigación analiza el espacio relacional a través de las redes generadas por la implementación del Programa de Estímulos a la Innovación (PEI) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), que busco fomentar el proceso innovador en México durante el periodo 2009-2018, donde se buscó definir la importancia relativa de la interacción en la región, espacio donde se relacionan tres actores relevantes asociados al PEI: i) las empresas; ii) instituciones de educación superior y/o centros de investigación (IES/CI), y iii) el área industrial. Los actores pueden ser considerados como entidades sociales sujetos a los vínculos de las redes sociales (Wasserman y Faust, 1994), donde estas entidades pueden ser de diversos tipos: individuos, empresas, unidades colectivas, agencias de servicio público, estados, entre otros; de tal forma que, los lazos relacionales son los vínculos entre pares de actores o las unidades de análisis dentro de las redes sociales siendo estas de tipo personales, transferencia de recursos, asociaciones, etc.

El objetivo es analizar los vínculos de los actores relevantes con una propuesta metodológica que utilice el enfoque de análisis de redes sociales (ARS) para identificar comunidades dentro de la estructura de red general que permita visualizar aquellos actores que, dentro de las reglas de operación que propone el Programa, cuenten con un mayor número de proyectos asociados, lo que significa que son atractivos dentro del proceso innovador y permite reconocer los mecanismos de una estrategia que fomente la inversión en innovación de las empresas con base en las comunidades y estructura de la red.

En otras palabras, el objetivo de esta investigación consiste en analizar las relaciones generadas entre empresas e instituciones de educación superior y centros de investigación, durante la implementación del PEI tomando en cuenta los atributos de los actores y determinar si durante el periodo de estudio (2009 – 2018) se cumplen con dos objetivos específicos del Programa: i) incentivar la creación y permanencia de redes de innovación o alianzas estratégicas para el desarrollo de proyectos, en campos precursores del conocimiento que se traduzcan en productos, procesos o servicios de alto valor agregado, con impacto regional, sectorial y social, y ii) ampliar la base de cobertura de apoyo a empresas nacionales desde una perspectiva descentralizada.

1.5 Hipótesis

El comportamiento de los actores está asociado a la posición que ocupan en el sistema estructurado de las relaciones sociales, es decir, que los lazos relacionales surgidos a través de los patrones de concentración de las empresas y los estímulos complementarios otorgados para proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación por el Programa de Estímulos a la Innovación (PEI), generan comunidades con vínculos sólidos en aquellas regiones y sectores que cuentan con capacidades específicas como soporte institucional, recursos humanos y financieros, infraestructura y servicios especializados, es decir que las regiones y los sectores dinámicos son las que dominan la escena en el aprovechamiento de este tipo de estímulos, aun cuando su competitividad descansa en otros recursos y no en la innovación o implementación de estos programas propiamente dicha.

1.6 Operacionalidad de las hipótesis

La fuente de información para esta ICR es publicada por el CONACYT sobre el PEI en una base de datos que ofrece información sobre los proyectos inscritos desde el año 2009 hasta el 2018, donde contiene información de 6,472 proyectos y su vinculación con IES, región, sector así como el monto asignado para la realización de cada uno de estos; es importante señalar que, al ser una base de datos de tamaño considerable para el análisis de redes, se

transformó en una base de datos de tipo Multi-Dimension Clustering⁷. La transformación de la base de datos original proporcionada por CONACYT en una de tipo Multi-Dimension Clustering proporciona un método que permite que los datos de una tabla puedan ser agrupados físicamente en varias dimensiones, lo que mejora el desempeño de las consultas, reduciendo el gasto de mantenimiento en los datos tales como reorganizaciones y mantenimiento de índices durante la creación, eliminación y actualización de datos.

La metodología de análisis de redes sociales se utiliza para estudiar las interacciones resultantes entre los actores involucrados en el PEI, donde además se estudian los roles que los actores tienen en la red según sea su grado, poder de intermediación en relación y cercanía. Los vínculos pueden ser directos o indirectos, direccionales o no-direccionales, y tener diferentes intensidades; estas características determinan el tipo de relación existente y el tipo de estructura de red que conforman (Rodríguez, 1995).

El ARS provee un marco conceptual y metodológico para analizar las relaciones existentes entre los miembros de un grupo es decir las comunidades resultantes de la interacción entre actores, para analizar la estructura que emerge como consecuencia de dichas relaciones y el papel que juegan los individuos dentro de esa estructura (Wasserman y Faust, 1994; Garrido 2004).

⁷ Este método de agrupación de datos está pensado inicialmente para “Data Warehouse”, donde las consultas normalmente se hacen sobre bases de datos con grandes volúmenes de información lo que conlleva a tener problemas en los tiempos de respuesta. Las consultas que se realizan siempre van relacionadas con fechas, cálculos, productos, regiones, tipos, áreas geográficas, áreas industriales, entre otros.

Capítulo 2. La innovación en México

En el presente capítulo se describe de manera general el problema de la innovación en México, para después describir la situación regional y sectorial respecto a la innovación que permita comprender por qué unas regiones y sectores son más innovadores que otros, y así entender las diferencias de los procesos innovadores. Por tal motivo, se requiere medir y comparar los niveles de innovación y, por otro lado, entender el proceso de generación de innovación y analizar el origen de las disparidades en las dotaciones de insumos tecnológicos y en la eficiencia en su utilización.

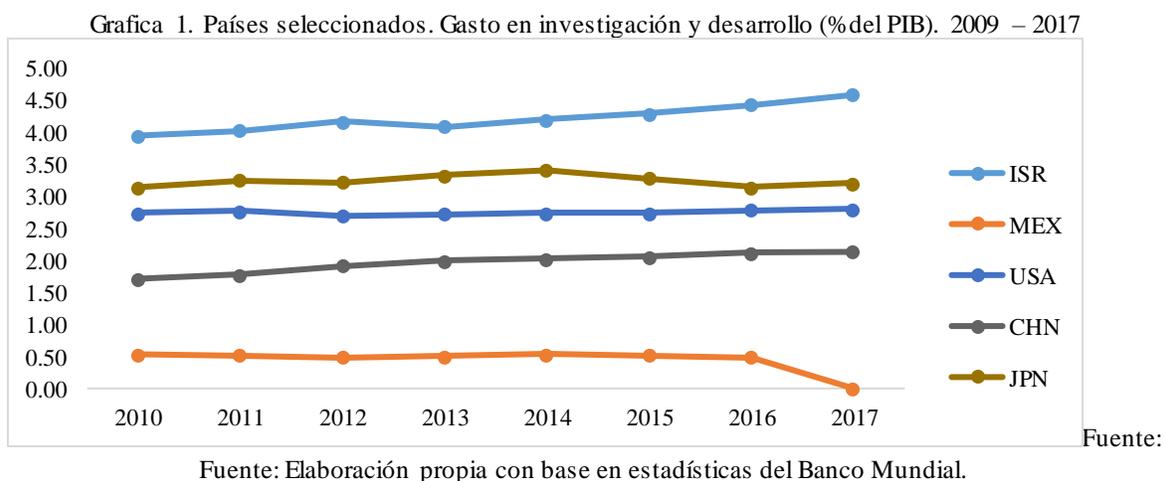
2.1 Obstáculos en el proceso innovador en México

El crecimiento anual promedio del producto interno bruto (PIB) en México, durante los últimos 20 años, ha sido menor que el de otras naciones emergentes, donde registra una tasa media de crecimiento de 1.9% con base en información del Banco Mundial; este dato es bajo comparado con el 3.3% alcanzado por el conjunto de países que conforman la región de Latinoamérica. En el contexto internacional actual, es necesario alcanzar mayores niveles de competitividad si se desea lograr tasas de crecimiento que permitan converger con los países más avanzados, donde a su vez, esta mayor competitividad está vinculada, sin duda, con la innovación. El problema es que la economía mexicana está lejos de poder considerarse una economía con relevante capacidad innovadora en el contexto internacional (Moreno - Brid, 2009).

La Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos define en su documento *“Measuring innovation: A New Perspective”* la innovación como la habilidad de una organización de satisfacer necesidades económicas, relativas al mejor uso de su tiempo y recursos (OCDE, 2010). Las empresas innovadoras cuentan con mayores niveles de valor agregado y productividad, lo que aumenta su contribución a la competitividad de la economía en su conjunto. La innovación en México, a partir de la década de 1980, se convirtió en un tema ampliamente estudiado por el estancamiento económico que se presenta desde entonces, por lo que para revertir esta situación, la OCDE recomienda en el texto antes citado el generar iniciativas que permitan alcanzar a los países punteros en gasto en

investigación y desarrollo para que la innovación fungiera como el motor del crecimiento económico.

En la Gráfica 1 se muestran un comparativo de los niveles de inversión total en ciencia y tecnología de México respecto a países como Israel, Corea del Sur, EE. UU y Japón, los resultados indican que nuestro país apenas invierte apenas el 0.5% del PIB donde la mayor parte de esta inversión proviene del sector público. En los países antes mencionados la inversión privada representa el 80% de su gasto en ciencia y tecnología, lo que les permite tener dinámicas industriales donde se generan empleos de calidad con un impacto directo en la economía.



El reto de México es lograr un crecimiento económico similar al de países desarrollados, por lo que requiere fortalecer su sistema de ciencia, tecnología e innovación y consolidar su Sistema Nacional de Innovación (SNI), el cual está integrado por elementos y relaciones dentro de una economía, delimitada en un contexto territorial, político, económico y normativo, incluyendo empresas, su organización interna, instituciones sociales, regulación macroeconómica, el sector financiero, la infraestructura educativa, el sistema I + D, el sistema de comunicaciones y las condiciones de mercado (Moreno, 2010). El concepto de SNI sirve como referencia para la preparación de política pública sobre innovación (Edquist, 2006), donde Natera (2005) encuentran que en el nivel agregado, variables macroeconómicas (como el PIB), la inversión agregada, la capacidad para innovar, la productividad y la competitividad se relacionan en el tiempo con el gasto realizado en materia de ciencia y tecnología. Lo anterior nos brinda un marco de referencia que nos ayuda a identificar los

obstáculos para su desarrollo e implementar los instrumentos de política adecuados (Cabrero et al., 2006). Por otro lado, existe evidencia que su grado de fortaleza permite explicar por qué algunos países son más exitosos que otros, donde una nación que cuenta con un SNI consolidado muestra alta competitividad nacional (Lundvall, 1992), creando el escenario propicio para que florezca la creación de nuevas ideas que luego se difunden en la economía para impulsar cambios que mejoren el bienestar y el crecimiento económico.

En México se han encaminado esfuerzos notables para implementar políticas públicas que, mediante programas de estímulos a la innovación, permitan fortalecer la investigación, desarrollo tecnológico e innovación (IDTI); el supuesto es que la implementación de estos programas tendrá un impacto en la competitividad y productividad de las empresas domésticas y extranjeras que se encuentran localizadas dentro del territorio nacional (Méndez, 2002). La aplicabilidad y éxito de estas estrategias son uno de los desafíos que el país mantiene, donde en años recientes, la política de innovación en México busca cumplir dos propósitos centrales. El primero es promover la innovación por parte de empresas e individuos al mismo tiempo que se contrarrestan la percepción de riesgo ante la incertidumbre que los resultados de la actividad de inversión supone; mientras que el segundo propósito es contribuir a que la innovación se perciba de una manera natural e incluyente y vinculante dentro del sector público, privado y las instituciones de educación superior (IES)⁸. La colaboración entre estos actores se dirige hacia la promoción de una economía del conocimiento que recientemente se asocia a la generación de nuevas políticas de innovación⁹, donde en México desde las últimas dos décadas se han estudiado las características regionales y sectoriales para entender los procesos de innovación en estos espacios. La economía, gestión empresarial y la geografía sostienen que la colocación estratégica de las firmas en un territorio sugiere un esfuerzo de innovación sostenido, esta colocación resulta clave para mejorar la competitividad de las empresas, y favorecen la transformación territorial (Méndez, 2002). En la literatura existen distintos modelos para estudiar las zonas geográficas que parten de visiones con gran énfasis productivo y empresarial, así como del funcionamiento adecuado de los actores que participan en un espacio de libre mercado, que de esta forma

⁸ Estos dos propósitos centrales se encuentran indicados en el Plan Nacional de Desarrollo 2007 – 2012, y el Plan Nacional de Desarrollo 2013 – 2018.

⁹ En los informes de la Comisión Europea (2002) donde se refieren a políticas de innovación, se resumen los antecedentes de las políticas de innovación de primera y segunda generación.

esperan su autorregulación, donde también participan otras disciplinarias que incluyen factores económicos, políticos, sociales, culturales e institucionales, para lograr un análisis más integral de la realidad regional (Rozga, 2003).

2.2 El proceso de innovación en México

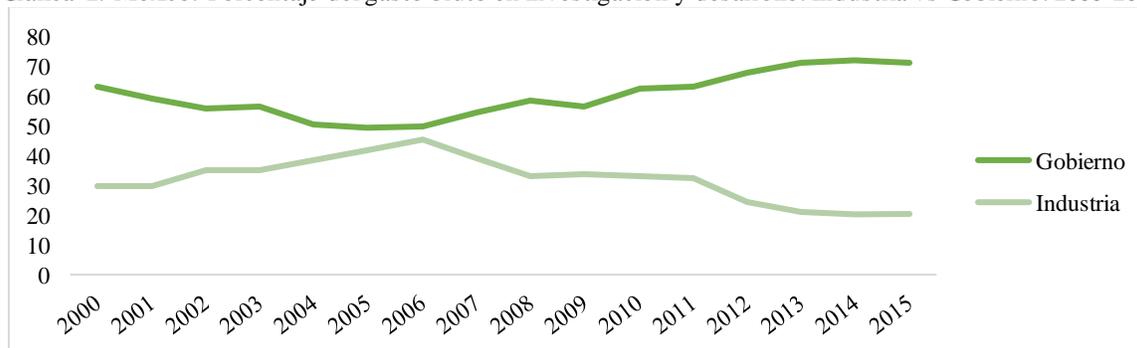
El surgimiento de las iniciativas para estimular la innovación desde el gobierno en México es un tema relevante. Un esfuerzo de política pública notable fueron los estímulos fiscales para incrementar la inversión de la iniciativa privada en el gasto nacional de investigación y desarrollo propuesta por la Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y el Desarrollo Tecnológico (ADIAT) en 2011. Esta asociación propone la implementación inicial de este programa propone un crédito fiscal del 20% sobre el gasto de inversión anual en investigación y desarrollo para las empresas grandes y de 35% para las pequeñas y medianas. El programa no alcanzó los resultados que se tenían contemplados y desde el comienzo presentó una alta concentración en empresas de carácter multinacional que para 2005 acapararon el 60% de los estímulos solicitados.

La manera de definir a los proyectos de IDTI también generó problemas, por lo que en muchas ocasiones se apoyaron innovaciones marginales o desarrolladas en otros países (OCDE, 2010). El número de empresas participantes, entre 2001 y 2006, creció de 193 a 1,045; el número de proyectos presentados pasó de 679 a 1,616 y los estímulos otorgados de 416 a 4,000 millones de pesos, viéndose beneficiadas empresas, principalmente grandes y con capital extranjero, pertenecientes a las ramas automotriz, química, informática, farmacéutica, metalmecánica, de alimentos, electrónica y eléctrica, que en conjunto representaron poco más del 80% de los estímulos aprobados en 2006 (Cámara de Diputados, 2011); dadas las recomendaciones de la OCDE, la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) decidió cancelar el programa en 2008 e instrumentar uno nuevo que sólo apoyaría proyectos que tuvieran un impacto considerable en la IDTI del país, con la finalidad de establecer un límite de recursos destinados a las grandes empresas y, realizar una evaluación integral anual del programa (OCDE, 2008).

Los problemas encontrados en el primer intento de implementar el programa de estímulos fiscales a la innovación motivaron a la Comisión Especial para la Competitividad de la

Cámara de Diputados, el Foro Consultivo Científico y Tecnológico y el Centro de Estudios Sociales de Opinión Pública, para realizar una mesa de reflexión sobre la situación de la Ciencia y Tecnología en México, y una revisión de los programas para incentivar la investigación científica y el desarrollo tecnológico (Cámara de Diputados, 2011). En la Gráfica 2 se identifica que las firmas mexicanas canalizan poco capital a inversiones que tienen que ver con la innovación y el desarrollo tecnológico, además de carecer de recursos humanos especializados para dicha actividad, por ende, su productividad es baja lo cual nos lleva a un escenario de desventaja al momento de competir con firmas extranjeras; también los datos muestran que hasta el año 2006, el porcentaje de gasto de industria y gobierno tiende a converger, después de podemos observar que para el año 2015, el gobierno invierte 1/3 más que el sector privado.

Gráfica 2. México. Porcentaje del gasto bruto en investigación y desarrollo. Industria vs Gobierno. 2000-2015



Fuente: Elaboración propia con base en estadísticas de la OCDE.

Por tal motivo, al tomar en cuenta los puntos más débiles que se identificaron en las mesas de trabajo realizadas, se modificó el sistema de evaluación de los proyectos propuestos por las empresas, con métodos para validar la información proporcionada, dando trato preferente a las pequeñas y medianas empresas. La presente investigación realiza una aportación al campo de estudio de la innovación de las empresas, ya que al analizar los vínculos generados a través del PEI entre IES/CI y empresas daremos cuenta diferencias regionales y sectoriales cuando se implementan este tipo de esfuerzos por incentivar la innovación. En este sentido (Unger, 2011) nos menciona que existen regiones y los sectores dinámicos son las que dominan la escena en el aprovechamiento de todo tipo de estímulos, aun cuando su competitividad descansa en otros recursos y no en la innovación propiamente dicha.

Los estímulos a la innovación son una herramienta útil, pero al presentarse en México condiciones heterogéneas en sus regiones y sectores, es conveniente analizar la incidencia regional y sectorial de estos programas, así como el papel que juegan las IES/CI como canales de transmisión del conocimiento. La naturaleza de la colaboración entre los actores antes mencionados podría facilitar la construcción de un capital social para las disciplinas y las organizaciones basado en la confianza, la interacción y la acumulación de aprendizajes para el desarrollo de la innovación (CEPAL, AECID & SEGIB, 2010), donde esta colaboración crea al mismo tiempo un sistema de relaciones con un alto grado de complejidad.

2.3 El papel del Estado en el proceso de innovación en México.

En años recientes, específicamente en el año 2010 se formalizó una amplia reforma a la Ley de Ciencia y Tecnología (LCyT), donde se identifican los siguientes cambios y características sustanciales (DOF, 27-04-2010):

- a) El concepto de innovación se introduce como un eje del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación y se propone una definición operativa a partir de la cual innovación significa “generar un nuevo producto, diseño, proceso, servicio, método u organización o añadir valor a los existentes” (LCyT, Artículo 4, fracción IX) siguiendo así las líneas generales que marca la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) en el Manual de Oslo, elaborado en 2005.
- b) El Comité Intersectorial para la Innovación (CII) se crea y es el encargado de diseñar y operar la política pública de innovación, en el que participan el secretario de Economía (presidente), el director del CONACYT (vicepresidente), y el secretario de Educación Pública (vocal).
- c) El marco jurídico para la creación de Unidades de Vinculación y Transferencia de Conocimiento (UVTC) se aprueba para la generación y ejecución de proyectos en materia de desarrollo tecnológico e innovación para vincularlos a los sectores productivos y de servicios.
- d) Las bases se establecen para el otorgamiento de incentivos a investigadores para obtener beneficios a través de regalías por la explotación de la propiedad intelectual.

- e) Bajo los cambios formulados el 9 de diciembre de 2009, se instaló el CII que aprobó, el 27 de mayo de 2011, el Programa Nacional de Innovación (PNI), con el cual se instituirán políticas públicas para la promoción y el fortalecimiento de la innovación en los procesos productivos y de servicios, buscando incrementar la competitividad de la economía nacional.

El PNI considera la innovación como una prioridad nacional, pues sólo a través de ella se puede incrementar la competitividad de nuestra economía y lograr las tasas de crecimiento y generación de empleos de calidad que México requiere; se tiene un diagnóstico preciso sobre las fortalezas y debilidades de la innovación en México, por lo que se busca la creación de un entorno favorable para su ecosistema, el cual se soporta sobre seis pilares: mercado nacional e internacional, generación de conocimiento con orientación estratégica, fortalecimiento a la innovación empresarial, financiamiento de la innovación, capital humano y un marco regulatorio e institucional (Gonzales, 2012); en este sentido, se plantea la necesidad de conectar la oferta del conocimiento y capital intelectual con la demanda empresarial mediante la creación o fortalecimiento de entornos o instrumentos dinámicos, con el fin de conectar y alinear la oferta y la demanda de conocimiento.

En el financiamiento de algunas de las acciones del PNI se constituyó el Fondo Sectorial de Innovación (Finnova) y el Fondo de Fondos de Capital emprendedor que complementan a otros mecanismos de financiamiento, entre los que destacan el Fondo de Innovación Tecnológica, Programa de Estímulos a la Innovación (PEI), Fondo de Innovación Tecnológica SE-Conacyt, Fondo de Cooperación Internacional (Foncicyt), 18 fondos sectoriales y el Fondo de Contragarantías Prosoft. Recursos y acciones del PNI se encaminan a la reducción de la brecha que México tiene con respecto a los mejores sistemas de innovación a nivel internacional y la meta sería eliminarla en forma total para el 2020 (Cámara de Diputados, 2011).

El PNI es un instrumento consistente de política pública que habrá de afinarse y ajustarse al ritmo de su instrumentación. Sin embargo, demerita su propósito, así como las metas trazadas cuando sus planteamientos y acciones nodales se detonan a partir del último año de gobierno. El alcance de lo planteado en contraposición al poco tiempo para implementarlo refleja no sólo su inviabilidad, sino que convierte a las acciones en este rubro en un ejercicio de pura retórica (Gonzales, 2012). Es por esta situación que la OCDE considera y reitera que en

México no se han hecho inversiones suficientes en ciencia, tecnología e innovación. La recomendación es que cada país invierta al menos 1% de su PIB, en los países desarrollados este tipo de inversión alcanza un promedio de 2%; mientras que en Suecia se destina 3.8% y en Estados Unidos 2.7%, en México se alcanza apenas un gasto del 0.5 por ciento.

2.4 El Programa de Estímulos a la Innovación

Las empresas son agentes que buscan maximizar sus beneficios, por lo que las políticas que el Estado instrumente mediante los estímulos a la ciencia y tecnología, impactan en su competitividad y productividad; es importante señalar que este impacto es diferenciable ya que las firmas se encuentran inmersas en estructuras regionales y sectoriales distintas. La operación del PEI inició en el año 2009 en México, promoviendo la interacción de las empresas que buscan aumentar sus niveles de competitividad mediante mejorar procesos y productos mediante un vínculo con las instituciones de educación superior (IES), donde se impulsó el aprendizaje y la implementación de cambios dentro de los agentes que interactúan en este proceso; aunque se intuye que el PEI ha tenido impactos en el funcionamiento de los sistemas regionales de innovación no se tiene certeza del alcance del impacto.

En este sentido, Calderón (2009) evaluó de manera agregada la primera edición del PEI con énfasis en el diseño. En 2013, el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (Coneval, 2013), evaluó a nivel nacional el PEI entre 2011 y 2013, con resultados no completamente atribuibles a la intervención del PEI, pues aunque los proyectos aprobados fueron científica y tecnológicamente trascendentes, sólo el 48% de ellos consideró que el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) fue determinante para su realización. Esta investigación toma relevancia ya que mediante el análisis de redes sociales conoceremos los impactos en las

empresas que han participado en el programa y cómo se reflejan a nivel sectorial y regional. Precisamente a través de la creación de redes de conocimiento entre las empresas beneficiadas y la estructura científica y tecnológica que da soporte a la innovación.

Diferentes investigaciones han analizado al PEI. A partir del año 2009, lo han evaluado manera inicial y general, las más relevantes son las siguientes:

- Uno de los pioneros en analizar este programa fue Calderón (2009), quien realiza una

revisión sin considerar las implicaciones que el Programa tuvo a nivel sectorial y regional.

- El Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) realizó el estudio “Informe de evaluación específica de desempeño 2012-2013. Innovación tecnología para negocios de alto valor agregado, tecnologías recursos y competitividad de las empresas en México (2011-2013)”, donde señala que, aunque los proyectos aprobados fueron importantes para el proceso de innovación, el 48% de las firmas involucradas consideró que el apoyo del CONACYT no fue determinante para la realización de estos.
- El documento que elaboró Unger (2011), donde establece la necesidad de encaminar esfuerzos de las políticas de innovación hacia los sectores y regiones diferenciando sus fortalezas y debilidades, para reconocer la especificidad de cada situación.
- El trabajo de Moctezuma et al. (2016) pone especial énfasis en la región y los sectores, en este documento muestran como el PEI contribuye al Sistema Regional de Innovación (SRI) de Baja California de 2009 a 2013, analizando los efectos al interior de las empresas y dentro la red donde se realizan las vinculaciones e interacciones entre las empresas, científicos y gobierno.
- La investigación de Balderrama et al. (2019) examina los impactos del PEI en el estado de Sonora, mediante el diseño de un modelo que permite evaluar el peso moderador de factores relacionados con las características de las empresas y las características del proyecto.

La estructura centralizada de los recursos del PEI promueve que cada región sea diferente porque puede captar, en mayor o menor medida, los mayores beneficios posibles del programa para fortalecer aspectos específicos de su desarrollo como: especializaciones productivas, vocaciones innovadoras, apoyo a clústeres y formación de recursos humanos.

El PEI consideró los siguientes seis objetivos específicos en la última convocatoria del año 2019:

- I. Fomentar el crecimiento anual de la inversión del sector productivo nacional en IDTI.
Es importante resaltar que el programa otorga apoyos económicos complementarios,

sin que ello signifique la sustitución de la inversión que las empresas realizan en actividades de IDTI durante el ejercicio fiscal.

- II. Propiciar la vinculación de las empresas en la cadena del conocimiento “educación-ciencia-tecnología-innovación” y su articulación con la cadena productiva del sector estratégico que se trate.
- III. Formar e incorporar recursos humanos especializados en actividades de IDTI en las empresas.
- IV. Generar nuevos productos, procesos y servicios de alto valor agregado, y contribuir con esto a la competitividad de las empresas.
- V. Contribuir a la generación de propiedad intelectual en el país y a la estrategia que asegure su apropiación y protección.
- VI. Ampliar la base de cobertura de apoyo a empresas nacionales desde una perspectiva descentralizada.

El Programa Presupuestario (Pp) U-003 “Innovación Tecnológica para Incrementar la Productividad de las Empresas”, también conocido como el Programa de Estímulos a la Innovación, cuenta con un documento descriptivo del Diseño¹⁰, en el cual se define el problema principal a resolver: “en México hay insuficiente inversión privada encaminada a actividades y proyecto de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación (IDTI) para impulsar la educación científica y tecnológica como elemento indispensable para la transformación de México en una sociedad del conocimiento, y, que además, contribuya a alcanzar en los próximos años la meta del 1% en el indicador GIDE/PIB”. En este sentido, el problema identificado es producto de un análisis sobre diferentes estudios relacionados con la importancia de la inversión pública y privada en innovación como motor del crecimiento y competitividad en los países, contribuyendo a la conformación de una economía de bienestar basada en el conocimiento, donde destacan los siguientes elementos:

- La falta de financiamiento es a menudo un obstáculo importante a la innovación de las empresas.
- Las actividades de innovación además de demandar grandes sumas de capital son

¹⁰ La información de este apartado respecto al PEI, es referente del Documento diagnóstico y de las reglas de operación del programa.

riesgosas e inciertas y presentan fallas de mercado, con un enfoque económico.

- Las empresas no tienen suficientes incentivos para invertir en la innovación.
- En México existe un bajo nivel de inversión privada orientada a actividades y proyectos de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación.

El PEI tiene como objetivo que las empresas beneficiadas, en conjunto, inviertan mayores recursos que los que reciben, desarrollando con éxito proyectos de carácter tecnológico, logrando la maduración de las tecnologías desarrolladas. El propósito del programa está vinculado con el Programa Sectorial de Educación (PSE) y el Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (PECiTI) para los años 2014-2018. El Programa Sectorial de Educación, en el Objetivo 6 busca impulsar la educación científica y tecnológica como elemento indispensable para la transformación de México en una sociedad del conocimiento. En el PECiTI se relaciona con los siguientes objetivos:

- Objetivo 1. Contribuir a que la inversión nacional en investigación científica y desarrollo tecnológico crezca anualmente y alcance el 1% del PIB.
- Objetivo 2. Contribuir a la formación y fortalecimiento del capital humano de alto nivel.
- Objetivo 3. Impulsar el desarrollo de las vocaciones y capacidades de ciencia, tecnología e innovación (CTI) locales, para fortalecer el desarrollo regional sustentable e incluyente.
- Objetivo 4. Contribuir a la generación, transferencia y aprovechamiento del conocimiento vinculado a las instituciones de educación superior

La cobertura del PEI es a nivel nacional para su implementación operativa, pero el CONACYT contempla la colaboración de las Entidades Federativas, a través de sus instancias gubernamentales. La población potencial está compuesta por todas aquellas empresas mexicanas, con al menos un año de haber iniciado operaciones ante el SAT, sin importar número de empleados, facturación, sector, giro o actividad económica que: i) cuenten con preinscripción o registro definitivo en el Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas (RENIECYT) y que por lo tanto realizan actividades de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación (IDTI) en el país, de manera individual o en vinculación con Instituciones de Educación Superior públicas o privadas nacionales (IES) y/o Centros e Institutos de Investigación públicos nacionales (CI); ii)

presenten a través de la Plataforma PEI una propuesta de proyectos de investigación y/o desarrollo tecnológico o innovación tecnológica en el periodo fijado por la convocatoria en turno; y que cumplen con todos los lineamientos y/o requisitos de elegibilidad señalados en la convocatoria correspondiente, y iii) obtienen una calificación mínima aprobatoria de acuerdo a la normatividad del programa (75/100).

La población objetivo está compuesta por las empresas que aprobaron un proceso de evaluación con un umbral de calificación mayor al de la calificación mínima aprobatoria y que presentan permita identificar a las propuestas de mayor calidad; es importante señalar que la identificación y cuantificación tanto de la población potencial como objetivo se obtiene después del proceso de evaluación de los proyectos de la población potencial participante.

La metodología para la cuantificación del número de empresas potenciales y objetivos utiliza la información derivada de la “Plataforma PEI”, donde se capturan las propuestas de proyectos y se condiciona la finalización y envío de las mismas al cumplimiento de los requisitos normativos; la revisión y actualización de la población potencial, objetiva y apoyada se realiza cada año con base en la convocatoria respectiva publicada. La Dirección de Innovación que pertenece a la Dirección Adjunta de Desarrollo Tecnológico e Innovación (DADTI) es la responsable de mantener una base de datos los proyectos sometidos, evaluados y apoyados desde el año 2009 hasta la fecha.

El PEI es un programa que fomenta la eficiencia porque en los mismos lineamientos del programa se realiza un proceso de evaluación de los proyectos para seleccionar sólo aquellas empresas que presentan los mejores proyectos para asignarles el apoyo. La población objetivo del PEI se concentra en:

- INNOVAPYME que complementa con recursos públicos la inversión en IDTI de micro, pequeñas y medianas empresas.
- INNOVATEC incentiva la inversión en IDTI de las empresas grandes; ambos permiten a todas las empresas tener patentes, productos, procesos o servicios novedosos que mejoren su competitividad y fomenten con ello las ventajas competitivas de cada región o entidad del país.
- PROINNOVA fomenta el flujo de conocimiento entre actores empresariales de ambos tamaños con Instituciones de Educación Superior y Centros de Investigación.

El PEI cuenta con una cuantificación y características de la población que presenta el problema, pero es importante aclarar que es una política pública en la que la dicha cuantificación sólo es posible hacerla ex post y no ex ante, ya que las empresas para las que fue diseñado el programa tienen atributos que no son directamente verificables, porque no necesariamente todas estarán dispuestas a cumplir con los requisitos del programa (como por ejemplo, elaborar un proyecto), y aun cuando cumplieran con todos los requisitos es necesario validar que aquellas que solicitan ser beneficiarias tienen los mejores proyectos con base en los criterios establecidos.

En cuanto a la ubicación territorial de la población, en el documento “Lineamientos del Programa de Estímulos a la Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación” se establece que la cobertura es a nivel nacional y para su implementación operativa, el CONACYT contemplará la colaboración de las entidades federativas; además se cuenta con el documento “Criterios de selección de Proyectos Apoyados en las Bolsas Estatales” donde se describe de manera detallada el alcance territorial del programa. Aunque en ningún documento está descrito el plazo revisión y su actualización del mismo, cada año, como resultado de las evaluaciones se somete a reconsideración el mismo.

El PEI, a partir de las definiciones de la población potencial, objetivo y atendida establecidas en el “Documento Descriptivo del Diseño del Pp U-003 Programa de Estímulos” cuenta con la siguiente cobertura el programa.

Tabla 1. Histórico de población potencial, objetivo y atendida, 2012-2015

Año	Población potencial	Población objetivo	Población atendida
2012	744	595	433
2013	1,167	1,018	601
2014	1,167	944	749
2015	1,079	774	673

Fuente: CONACYT (2015)

En este sentido y señalando lo que la tabla 1 nos muestra Guajardo y Coronado (2017) nos mencionan que en las políticas que persiguen la eficiencia existe un elemento de decisión que es crucial para determinar a las poblaciones a las que se dirige una política, como es el caso del Programa de Estímulos a la Innovación. En este sentido, la Dirección de Innovación del CONACYT basa su estrategia de cobertura de acuerdo con un proceso presupuestario determinado por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP). Cada año, de acuerdo con los Criterios Generales de Política Económica⁴ publicados por la Secretaría, la Dirección elabora, de manera interna y voluntaria, una solicitud de monto de recursos que serán necesarios para lograr los objetivos y metas del Programa en el próximo año fiscal. Es necesario recalcar que el monto presupuestario asignado al programa es la variable que más influye en la cantidad de población apoyada. Para estimar el monto, la población potencial, población objetivo y posible población apoyada para el próximo año fiscal, se realizan las siguientes actividades de acuerdo con una serie de escenarios y supuestos:

ESCENARIO 1. La cantidad del monto que se solicita para el año siguiente depende del total del presupuesto que hubiese sido necesario para cubrir la demanda de estímulos de la Población Potencial del año anterior.

ACTIVIDAD 1. Se suma el total de la cantidad de montos solicitados del año anterior de todos los proyectos de la Población Potencial (sin importar la calidad del proyecto). Se

establece como supuesto que, si todo lo demás se mantiene constante, la Población Potencial del próximo año sea similar al del año anterior.

Ejemplo: En el 2015 el monto de apoyo público destinado a la población atendida fue aproximadamente de 3,552 MDP. La suma de montos de apoyos públicos correspondientes al resto de los proponentes (incluidos aquellos que no aprobaron el proceso de selección) fue aproximadamente de 8,564 MDP. Si se aplica el supuesto del Escenario 1, si se quisiera atender a toda la población de proponentes del próximo año como mínimo se requerirían, si todo lo demás se mantiene constante, aproximadamente 12,117 MDP sin considerar los gastos de operación (Población Atendida + Población No Atendida = 3,552 + 8,564 MDP).

ESCENARIO 2. Dado que el programa busca calidad en los proyectos participantes, la cantidad del monto que se solicita para el año siguiente depende del total del presupuesto que hubiese sido necesario para cubrir la demanda de estímulos de la Población Potencial que obtuvo una calificación igual o mayor de 75.00 puntos en el proceso de evaluación del año anterior.

ACTIVIDAD 2. Se suma el total de la cantidad de montos solicitados del año anterior de todos los proyectos de la Población Potencial que obtuvieron una calificación aprobatoria en el proceso de evaluación (igual o mayor que 75:00 puntos). Se establece como supuesto que, si todo lo demás se mantiene constante, la población objetivo del próximo año sea similar al del año anterior, pero que la posible población apoyada para el próximo año se incremente en relación con el aumento del “Apoyo Público de la Población Objetivo No Atendida” del año anterior.

Ejemplo: En el 2015 el número de apoyos públicos asignados a la población atendida fue de 3,552 MDP aproximadamente. Esta población representa a una parte de la población objetivo que aprobó un proceso de evaluación y posteriormente un proceso de selección. La estrategia de cobertura bajo el escenario 2, consideraría el monto del apoyo público de la población atendida del año anterior más el monto del apoyo público de la población objetivo que aprobó el proceso de evaluación, pero no el de selección. Por lo tanto, el presupuesto requerido para el año siguiente sería:

Apoyo Público Población Atendida + Apoyo Público Población Objetivo No Atendida = 3,552 MDP + 2,812 MDP = 6,365 MDP aproximadamente, sin considerar los gastos de operación.

ESCENARIO 3. Para la estimación del monto presupuestario del siguiente año fiscal, se parte del supuesto de que se tratará de asignar apoyos, antes del término del sexenio, al 100% de los proyectos aprobados del año anterior.

ACTIVIDAD 3. El monto presupuestario para el siguiente año fiscal se estima considerando dos elementos:

- 1) El monto público de los proyectos “aprobados y apoyados” del año anterior y;
- 2) el monto público de los proyectos “aprobados y no apoyados” del año anterior dividido entre el número de años que faltan para que concluya el sexenio.

$$\begin{aligned} & \text{Monto Público}_{t+1} \\ &= \sum \text{Monto de proyectos "aprobados y apoyados"}_{t-1} \\ &+ \frac{\sum \text{Monto de proyectos "aprobados y no apoyados"}_{t-1}}{\text{Número de años para término de sexenio}} \end{aligned}$$

Se espera, si todo lo demás se mantiene constante, que la población objetivo sea similar a la del año anterior, pero que la población apoyada se incremente en un porcentaje relacionado al aumento en el presupuesto requerido para cubrir una tasa de cobertura del 100 del año anterior dividido entre el número de años que faltan para el término del sexenio. Es decir, el aumento de la población objetivo es proporcional a la segunda parte de la ecuación anterior.

Ejemplo:

En el 2015, el monto público de los proyectos “aprobados y apoyados”: 3,552 MDP aproximadamente. El monto público de los proyectos “aprobados y no apoyados” 2,812 MDP aproximadamente.

$$\text{Monto público}_{t-1} = 3552 + \frac{2812}{2}$$

Con los escenarios antes descritos, el Programa hace un requerimiento presupuestal a la SHCP, para que sea considerado como insumo en la construcción del Proyecto de Presupuesto de Egresos del año fiscal inmediato posterior.

En el documento “Modelo general de procesos del U 003 Innovación Tecnológica para incentivar la productividad de las empresas” se identifican a través de diagramas de flujos los siguientes procesos claves en la operación del programa para cumplir con los servicios:

- Planeación. Es la etapa donde se realiza la programación operativa a través de la redacción y validación de documentos normativos, así como el análisis de recursos económicos y la conformación de la bolsa nacional y estatal.
- Difusión. Una vez que se publican los términos de referencia y la convocatoria en el portal del CONACYT, se realiza la difusión a través de talleres y atención telefónica a interesados.
- Solicitud de apoyos. En la plataforma PEI se reciben las solicitudes completas hasta el cierre de la convocatoria para la integración del Padrón de la Población Potencial.
- Selección de beneficiarios. Esta es una de las etapas más importantes donde se integra el padrón de la población objetivo a través de evaluación y calificación de todas las propuestas, para con base en los recursos disponibles se determinen el apoyo financiero a través de la bolsa nacional o estatal.
- Producción de bienes y servicios. En esta etapa se elabora un convenio de asignación de recursos.
- Entrega de apoyos. Una vez que se firma el convenio de asignación de recursos y se entrega y revisa toda la documentación, se entrega el apoyo e integra el padrón de la población atendida.
- Seguimiento a beneficiarios. En esta etapa se realiza una selección aleatoria de proyectos aprobados para visitas In Situ, donde a través de evaluadores seleccionados para este fin se tiene que llenar y evaluar un Informe Técnico, Financiero y Dictamen Contable hasta esperar el Dictamen de Cierre del Proyecto. Un proyecto puede cumplir o no en esta etapa de seguimiento por lo que puede recibir una sanción.
- Evaluación de programas. Por último, se obtienen los Informes de Resultados y Evaluaciones Internas, al mismo tiempo que se realizan evaluaciones externas e internas.

El PEI a través de su convocatoria, los lineamientos y su plataforma en la página del CONACYT, cuenta con mecanismos claros y documentos específicos para verificar el procedimiento de selección de beneficiarios y proyectos, apegándose y siendo congruentes con todos los documentos normativos del programa. En su convocatoria se encuentra un enlace hacia los manuales que apoyan el llenado de la solicitud, ingreso a la plataforma,

evaluación, guías de formalización, entre otros. El procedimiento de selección es estandarizado y ágil, en virtud de que el procedimiento de registro de solicitudes se realiza vía Internet a través de la plataforma PEI donde se realiza la “Solicitud en línea del apoyo”; los mecanismos para verificar el procedimiento de selección de beneficiarios son del conocimiento de los posibles beneficiarios, operadores del propio programa, responsables del proceso de selección de propuestas, en virtud de que los documentos se encuentran disponibles en el sitio electrónico del CONACYT. Las características establecidas que tienen los mecanismos documentadas por el programa para verificar la selección de proyectos son las siguientes:

- El punto de partida para iniciar el proceso de selección de los beneficiarios y/o proyectos es el cierre de la Convocatoria en la Plataforma PEI donde se integra el padrón de la población potencial.
- Una vez que se integra el padrón de la población potencial inicia la búsqueda y selección de evaluadores, para realizar una invitación al menos 5 a calificar solicitudes.
- Se selecciona una terna de evaluadores por proyecto para que determinen una calificación final.
- Si la calificación es de menos de 75 puntos, la propuesta no es viable. Si la calificación tiene 75 puntos o más se integra el padrón de la población objetivo.
- Posteriormente se tienen que determinar los proyectos que serán apoyados por la bolsa nacional y por la bolsa estatal, asignados por orden de calificación; algunos proyectos conforman la bolsa de reserva.
- Se publican los resultados para la elaboración del convenio de asignación de recursos.

Las políticas públicas como el Programa de Estímulos a la Innovación buscan perseguir la eficiencia al otorgar recursos a los beneficiarios más rentables. Esto implica que los recursos se otorgan a los mejores, de acuerdo con criterios explícitos, con el objetivo de que hagan un máximo aprovechamiento de los mismos (Guajardo y Coronado, 2017). En este sentido, el PEI pretende incentivar la creación y permanencia de redes de innovación o alianzas estratégicas para el desarrollo de proyectos, en campos precursores del conocimiento, que se traduzcan en productos, procesos o servicios de alto valor agregado, con impacto regional,

sectorial y social . En términos operativos, el Programa se maneja centralmente por el CONACYT, con apoyo de las Secretarías de Desarrollo Económico y los Consejos Estatales de Ciencia y Tecnología de los estados, los cuales se encargan de difundir las convocatorias, orientar a las empresas, organizar y validar el proceso de evaluación.

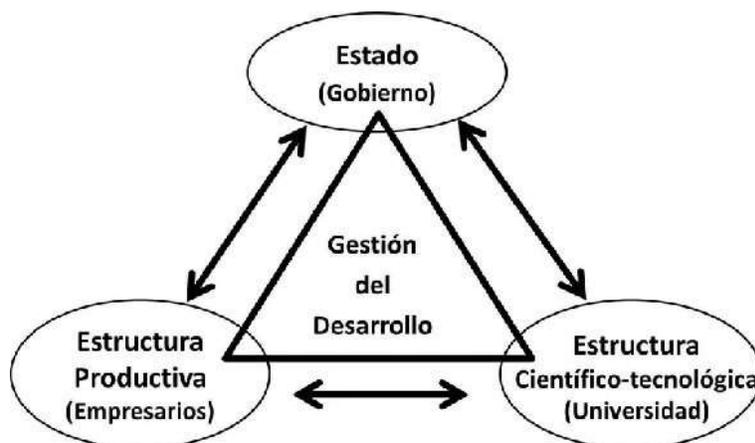
2.5 La Triple Hélice. Un modelo generador de vínculos

El estudio de la innovación resalta la importancia de analizar las relaciones y la forma en que se pueden generar entre las IES/CI y su entorno. Etzkowitz y Leydesdorff (1997) muestran que las relaciones entre los vínculos que se generan, tienen intensidad, y que esta intensidad tiene repercusiones en la velocidad de desarrollo del proceso innovador. En este sentido, Villaveces (2006) señala que las primeras vinculaciones entre universidades o academia y su entorno se dan bajo un modelo lineal que traducido al lenguaje de redes sería de 1 – modo¹¹, el cual se da entre dos actores, ámbito académico y ámbito industrial. Esta relación se da bajo un carácter jerárquico y realizado sólo en aquellas EIS/CI que buscan satisfacer intereses meramente académicos; después se transita hacia una relación de 2 – modos, donde la transferencia de conocimiento es más dinámica y de carácter transdisciplinario; por tal motivo, cuando se logran establecer procesos vinculatorios de 2 – modos se facilita la aplicabilidad y la utilidad social de los proyectos gestados alrededor del proceso innovador (Villaveces, 2006).

El proceso innovador de 2 – modos propuesto por Rosenberg (1986), hace énfasis en el papel central de la empresa, en el origen de los procesos de innovación, las retroalimentaciones entre las fases del proceso y las interacciones que relacionan a los agentes con cada una de las etapas del proceso de innovación. Los modelos que explican el proceso innovador dan paso a relaciones más concretas y complejas donde se relacionan a las IES/CI con empresas y el Estado, como es el modelo del triángulo de Sábato y Botana (1968) que se desarrolla en la figura 1, donde muestra que la existencia de estos actores por sí misma, no es suficiente para el éxito de una estructura que impulse procesos de innovación porque requiere que estos actores estén relacionados fuertemente y de manera constante.

¹¹ Cuando hablamos de modos nos referimos al conjunto de actores de distinta naturaleza Freeman (1994).

Figura 1. El triángulo de Sábato y Botana



Fuente: Sábato, J., *Ensayos en campera*, Juárez Editor, 1979:7.

El modelo de la Triple Hélice de Etkowitz y Leydesdorff (1995), comparado con el modelo de Sábato (1968) se diferencia en que el segundo es de contexto específicamente nacional y responde a necesidades externas donde la sociedad interviene para mantenerlo¹² y en la Triple Hélice se plantean diferentes esquemas de interacción para los actores o esferas institucionales representados por el gobierno, las empresas y las IES/CI.

El fomentar las relaciones nace con el objetivo tácito de hacerle frente a una necesidad del mercado por el lado de la demanda, de esta manera es que Schmal (2006) menciona que el modelo de la Triple Hélice transita por diferentes etapas. En la primera etapa es donde el Estado integra a la industria y la academia regulando las relaciones entre estas instituciones, en la segunda etapa existe ya una separación de estas esferas y se circunscriben las relaciones entre ellas para finalmente dar paso a la última etapa donde se refleja la generación de una infraestructura donde se intercambia conocimiento en función de las relaciones entre las esferas institucionales. En esta última etapa, Etkowitz y Leydesdorff (1997) sugieren la aparición de actores híbridos, es decir agentes pequeños e intermedios que no son ni gobierno ni empresas y tampoco universidades; estos agentes híbridos cumplen más de una función específica de los agentes de esta triada.

¹² Para más información del triángulo de Sábato consultar: Sábato, J., *El triángulo nos enseña donde estamos*, en Sábato, J., *Ensayos en campera*, Juárez Editor, 1979.

Por otro lado, Koster (2004) señala que es posible categorizar a estos entes o actores híbridos en tres tipos, en función de la forma en que son creados y se desarrollan. Esta idea tiene base en lo que nos dice Etzkowitz (2002), al mencionar que estas entidades poseen autonomía para proponer y desarrollar políticas, programas y proyectos de vinculación, como producto del trabajo entre hélices, sin embargo no explica cuáles son las condiciones en donde se gesta la autonomía es decir no considera el espacio en donde se relacionan estas entidades. Etzkowitz y Leydesdorff (1997), hablan respecto a los roles específicos de los agentes de cada hélice. Por ejemplo, a las universidades se le otorga un rol específico e incluso podría decirse estratégico en sus relaciones con la industria y elimina las diferencias entre disciplinas y conocimiento. El rol de las empresas reside en la búsqueda de la mejora de sus niveles de innovación que les permita desarrollar nuevas tecnológicas que les permitan diversificarse o la obtención de conocimientos nuevos. Esto se daría mediante la generación de alianzas con otras hélices.

2.5.1 La triple hélice como sustento teórico del Programa de Estímulos a la Innovación y la creación de redes

El Programa de Estímulos a la Innovación también pretende incentivar la creación y permanencia de redes de innovación o alianzas estratégicas para el desarrollo de proyectos, en campos precursores del conocimiento que se traduzcan en productos, procesos o servicios de alto valor agregado, con impacto regional, sectorial y social. El Programa se maneja centralmente por el CONACYT, con apoyo de las Secretarías de Desarrollo Económico y los Consejos Estatales de Ciencia y Tecnología de los estados, los cuales se encargan de difundir las convocatorias, orientar a las empresas, organizar y validar el proceso de evaluación.

Las IES/CI tienen un papel importante en este proceso al impulsar la transmisión de conocimiento que permita fomentar el desarrollo y crecimiento económico dentro de su área geográfica en la cual tienen influencia. No obstante, el impacto de las acciones de las IES/CI sobre la economía es diferente, dependiendo de la calidad de la investigación y la innovación que éstas llevan a cabo, lo que significa que en la actual economía del conocimiento las IES/CI compiten para liderar el desarrollo científico, técnico y tecnológico, mediante la formación integral de profesionales capacitados, y la promoción de la investigación y la innovación como actividades determinantes de su competitividad. Lo anterior, tiene

implicaciones importantes porque las IES/CI tienen que mejorar continuamente en las maneras de transmitir el conocimiento y no sólo en invertir esfuerzos en mejorar las capacidades de investigación. Ante esto nos sugiere Etzkowitz (2002) que las IES/CI han comenzado a generar ventajas competitivas en investigación e innovación dándose un componente interesante que las hace transitar de universidades de docencia a investigadores, y después a emprendedoras.

Los tres actores identificados que se encuentran involucrados en el proceso de innovación son: las empresas, el gobierno y las IES/CI, donde con base lo anterior, es necesario analizar brevemente el modelo de la Triple Hélice propuesto por Etzkowitz & Leydesdorff (1995). El modelo de Triple Hélice centra el análisis de las relaciones entre las universidades y los entornos científicos como primer componente de la hélice, las empresas e industrias como segundo componente y las administraciones o gobiernos como tercera parte; donde al estudiar las interacciones y vínculos entre actores e instituciones involucradas en los tres componentes de la hélice, los autores antes mencionados interpretan que la innovación surge a partir de las interacciones de ida y vuelta entre ellas: el potencial para el conocimiento innovador, los recursos económicos y las posibilidades de mercado, y las normas e incentivos de las políticas públicas de innovación. La imagen de una triple hélice es una metáfora para expresar una alternativa dinámica al modelo de innovación imperante en las políticas de los años ochenta del siglo veinte, al tiempo que visualiza la complejidad inherente a los procesos de innovación (Etzkowitz, 2002). Este mismo autor nos habla sobre una condición de complejidad inherente en estos procesos de innovación y es por esto que para los fines de esta investigación se utilizará la metodología del análisis de redes para intentar dar respuestas a las interrogantes que de esta emanen.

El propósito fundamental de la teoría de redes es describir las propiedades matemáticas de las mismas para lo cual tiene su fundamento y desarrollo en la teoría de grafos (Freeman, 1991); de esta manera, es que el desarrollo de políticas públicas como el Programa de Estímulos a la Innovación generan un proceso de innovación de carácter multidimensional, contextual y participativo con un enfoque hacia la complejidad.

Recapitulación

El proceso de innovación en nuestro país se ha desarrollado con más esfuerzos desde la apertura comercial experimentada desde finales de la década de 1980, en la cual a partir de modelos deterministas se intenta estimular a las empresas para que a través de inversión en desarrollo tecnológico, innoven dentro de las áreas industriales afines a estas. Las estadísticas de la OCDE (2010) muestran el rezago en inversión y desarrollo tecnológico por parte del gobierno mexicano en comparación con otros países del mundo, donde esta estadística posiciona en el lugar 90 a nivel global en gasto para I + D. Un rubro relevante en este aspecto es la inversión en investigación y desarrollo (I+D) donde México invierte consistentemente alrededor de medio punto del PIB, menor al mínimo de 2% que invierten los países desarrollados y del 4% que invierten los líderes en innovación. En el contexto actual de austeridad en México, esta participación puede disminuir por los recortes actuales al presupuesto del CONACYT, otras dependencias y programas que trataban de estimular el proceso innovador, donde algunos incluso han desaparecido sin previo análisis.

La actividad de innovación dentro de la empresa y su relación con el Estado es una función compleja que resulta de la interacción de múltiples factores que pueden variar en intensidad y orden de importancia (García, 1985), debido a que es un proceso complejo que involucra: estrategia, recursos humanos, organización, procesos, cultura, vínculos externos, ambiente macroeconómico, políticas de infraestructura de ciencia y tecnología, instituciones de apoyo industrial, incentivos percibidos por la industria, entre otros, los cuales deben de ser estudiados desde esta mirada de complejidad.

Capítulo 3. Análisis de redes sociales

El estudio de fenómenos económicos, sociales, organizacionales, ambientales, entre otros, con la metodología de análisis de redes sociales ha ido en aumento y relevancia dentro de las diferentes instituciones de educación superior y académicos, por las bondades que tiene para entender la complejidad de dichos procesos. En el presente apartado se desarrolla la metodología aplicada en la presente investigación, donde primero se realiza un repaso de los conceptos centrales para entender el análisis de redes sociales, para abordar tanto sus antecedentes como ventajas; posteriormente se señalan los pasos seguidos para alcanzar los resultados. Por último, se contextualiza al análisis del Programa de Estímulos a la Innovación como una forma de comprenderlo. Se pone especial énfasis en la estructura dentro de una red donde usualmente se generan comunidades. Dentro de las redes complejas, la formación de las comunidades es un fenómeno común. No obstante dentro del análisis de redes sociales no existe una definición exacta de lo que es o debe ser una comunidad, lo cual veremos genera una serie de inconvenientes a la hora de dividir una red en sus distintas comunidades, A este proceso se le conoce como partición. Se analizan las divisiones dentro de la red generada a partir de la implementación del PEI, de modo que cada actor se adhiere a algún grupo en función de sus conexiones.

3.1 Importancia del análisis de redes sociales

En la actualidad existe una amplia discusión que envuelve al análisis de redes sociales sobre si es considerado una metodología de la investigación. En la revisión de la literatura encontramos a distintos autores como Freeman (1991), Granovetter (1943), Villasante (1994), entre otros, quienes han sido los principales exponentes del tema; sin embargo, no brindan una respuesta a la discusión antes mencionada porque el Análisis de Redes Sociales (ARS) proporciona una manera de entender los fenómenos del mundo en que vivimos de una manera distinta, intentando incorporando la complejidad que existe inherentemente en estos fenómenos, por lo que brinda un conjunto de técnicas de investigación que permiten la recolección, sistematización y análisis de la información.

El punto de partida del ARS es definir el concepto de red social, donde Freeman (1991:505) nos dice que es un conjunto de relaciones sociales que son definidas como vínculos entre actores que ocupan diferentes roles dentro de un sistema. Por su parte, Granovetter (1943:29) define los conceptos básicos en los cuales es posible sustentar un análisis de redes sociales al contribuir al desarrollo de los planteamientos teóricos que estudian una estructura social, en este sentido, define a una red social como un conjunto específico definido de elementos o actores que tienen propiedades específicas, además de que estas propiedades proporcionan la capacidad de crear vínculos que pueden ser utilizados para fines específicos. Las redes sociales agrupan a conjuntos de actores que se identifican con las mismas necesidades y problemas; también pueden ser definidas como un conjunto de personas que forman parte de organizaciones e instituciones que establecen relaciones y producen intercambios de manera continua, con el fin de alcanzar metas comunes en forma efectiva y eficiente. Las redes, por tanto, se erigen como una forma de organización social que permite a un grupo de personas potenciar sus recursos y contribuir a la resolución de problemas. Las redes permiten establecer relaciones de intercambio y reciprocidad, por lo que el ARS tiene como propósito ver relaciones sociales y como son afectadas por el comportamiento de grupos, instituciones entre otros, lo cual lleva a identificar estructuras relacionales a las que se atribuyen propiedades sistémicas. Por tal motivo, el ARS analiza de modo general las formas en que los individuos u organizaciones se conectan o están vinculados, con el objetivo de determinar la estructura general de la red, las subestructuras y la posición de los actores dentro de la misma.

Por la naturaleza del análisis, los grupos deben ser finitos y conocidos. No obstante, en determinados estudios, como aquellos con estadística basada en variables aleatorias tradicionales, la red puede ser una muestra de una red mucho más amplia que no se puede estudiar directamente por motivos prácticos o económicos. En términos generales, un actor es una entidad social. Los actores se vinculan unos con otros mediante lazos sociales. Estos pueden ser de muy diversa naturaleza: individuos, empresas, organizaciones, comunidades. Se denomina relación al conjunto de lazos de un cierto tipo entre un conjunto de actores determinado. Por lo tanto, una relación social no es otra cosa que un conjunto de lazos sociales para un universo de estudio determinado. De acuerdo con Hanneman (2005), el atributo fundamental de una red es la construcción de interacciones para la resolución de

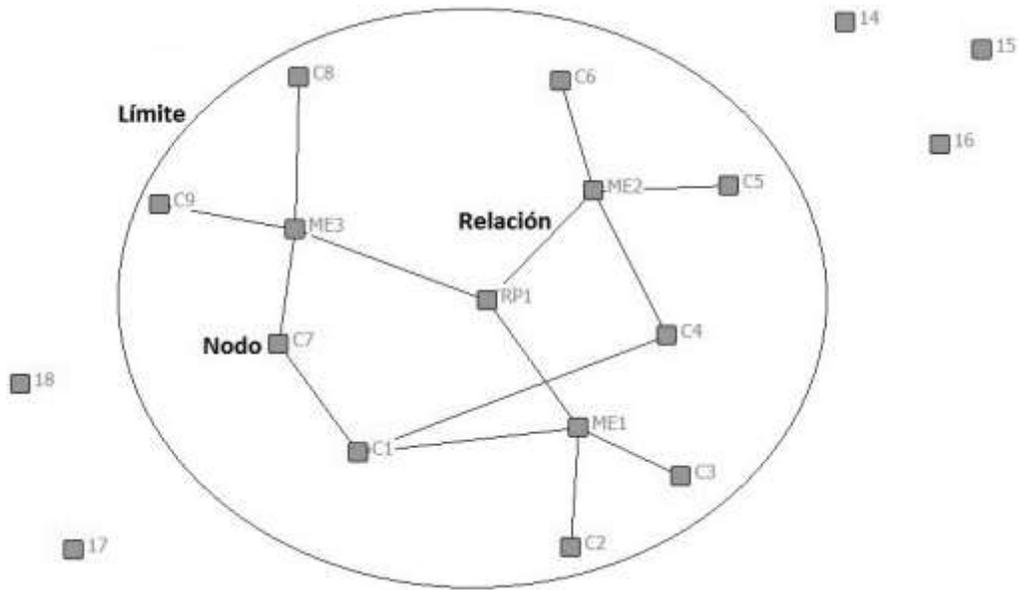
problemas, la difusión de información o bien para la satisfacción de alguna necesidad, donde su objetivo es organizar a la sociedad en su diversidad, mediante la estructuración de vínculos entre grupos con intereses comunes. Con base en lo anterior, podemos indicar que el concepto de red adquiere dos significados (Hanneman, 2005):

1. Se consideran redes a los conjuntos de interacciones que se dan de forma espontánea.
2. Las redes pretenden organizar dichas interacciones espontáneas con un cierto grado de formalidad, en el sentido de establecer intereses, problemáticas, preguntas y fines comunes.

Las redes adquieren características estructurales que se refieren a su tamaño, composición, dispersión, heterogeneidad, y vínculos (Hanneman, 2005). Por ejemplo, una red dispersa estaría formada por actores muy distantes, cuyos encuentros son menos frecuentes y, por tanto, dependerían en mayor medida de puentes para mantenerse dentro de la red. La construcción de redes es esencial para entender la realidad porque este tipo de estructuras se presenta recurrentemente en el mundo social. La existencia de estas redes en distintos ámbitos y la gran afinidad de su arquitectura han hecho pensar a un amplio segmento de la comunidad científica que detrás de sus propiedades prevalece un principio profundo de organización universal; de aquí que la complejidad inherente a la sociedad no se sustenta exclusivamente en la consciencia y en la psicología del individuo, sino también en ciertos fundamentos de interacción que van más allá de la condición humana (Hanneman, 2005). En términos teóricos, las redes configuran un espacio de comunicación donde se dan intercambios entre actores para configurar normas que condicionan la conducta de estos dentro de la red, y posicionan funcionalmente a los actores, lo que implica la importancia desde donde se entiende el comportamiento de los actores dentro de cada red y la estructura en su conjunto (Hanneman, 2005). Los patrones de comportamiento e interacción dentro de las redes guardan una estrecha, aunque no evidente, relación lógica con el sistema de relaciones que las configuran y con las posiciones funcionales diferenciables a su interior. En la figura 2 se observan los elementos básicos de una red, donde la posición de los actores dentro de la red muestra su comportamiento, capacidad y horizonte, así como su influencia sobre los recursos e información que se distribuye dentro de cada red.

La estructura de las comunidades es una propiedad de las redes complejas, donde puede ser definida como un conjunto de nodos que están más densamente conectados entre ellos que con el resto de la red. La importancia de este planteamiento radica en que se espera que los nodos que están contenidos dentro de una misma comunidad compartan atributos, características comunes o relaciones funcionales; sin embargo, no existe una definición exacta de lo que es, o debe ser una comunidad, lo cual veremos más tarde que genera multitud de inconvenientes a la hora de dividir una red en sus distintas comunidades, lo que se conoce como partición (Aldecoa, 2010). La identificación de comunidades que se forman a través de los vínculos entre actores que participan en el PEI es una manera de entender que las relaciones resultado de la implementación de una política pública son una especie de tejido donde todo está interconectado, donde se puede suponer que los actores o elementos participantes dentro del programa son dependientes unos de otros y con base en sus atributos ya que se encuentran inscritos a proyectos de un mismo programa. Por tal motivo, existen dos aproximaciones para trabajar con las redes sociales (Freeman, 1991): i) el análisis entendido como la manera de conocer dichas redes a partir de medidas que se orientan desde la teoría y, ii) la gestión de las redes mediante una confrontación de las redes con la teoría para de esta manera fortalecerla teniendo en cuenta que existen atributos dentro de los elementos de las redes y los intercambios que existen entre actores dentro de la red.

Figura 2. Elementos de las redes



Fuente: Borgatti, S.P., Everett, M.G. and Freeman, L.C. 2002. Aguirre (2011:16)

En la definición de una red social, primero se determinan las relaciones, es decir las relaciones contextualizadas que nos interesan estudiar. Esto nos permite definir el límite de la red y determinar el conjunto finito de actores involucrados (individuales, grupales o institucionales), así podremos limitar empíricamente nuestra red y seleccionar la información necesaria para su conformación. En la tabla 1 observamos la estructura de una base de datos que nos permite delimitar a los actores involucrados para el ARS, en donde se da una primera aproximación a un espacio relacional¹³. Los datos dentro de la tabla son dinámicos y expresados como patrones o regularidades en las relaciones entre las unidades interactuantes (Wasserman y Faust, 1994). La presencia de estos patrones de relaciones configura la estructura de la red, porque es sobre las particularidades de la estructura de la red que el ARS aplica la mayoría de sus métodos, centrándose así en la dimensión relacional de los procesos y su efecto en el comportamiento de los sujetos.

¹³ Massey (2008) define que los significados y las relaciones de poder que se configuran y reflejan en las relaciones (sociales) se traducen también en el espacio/lugar.

Tabla 2. Ejemplo de una estructura base de datos. Conjunto de actores finitos

P ₁	IES ₁	E ₁	S ₁	R ₁
P ₂	IES ₂	E ₂	S ₂	R ₂
P ₃	IES ₃	E ₃	S ₃	R ₃
*	*	*	*	*
*	*	*	*	*
*	*	*	*	*
*	*	*	*	*
*	*	*	*	*
P _n	IES _n	E _n	S _n	R ₁

Proyecto Instituciones de Educación Superior Empresas Áreas industriales Regiones

Fuente: Elaboración propia en Conacyt, Programa de Estímulos a la Innovación. datos.gob.mx/busca/dataset/programa-de-estimulos-a-la-innovacion-pei

Por tal motivo, es necesaria la transformación de una base de datos de orden convencional hacia una matriz de adyacencia¹⁴. En la tabla 2 podemos ver una transformación de la forma más común de una base de datos a una matriz de adyacencia, que para el ARS es una matriz simple compuesta por la cantidad de filas y columnas como actores existan en el conjunto de datos, donde los elementos representan los vínculos entre los actores. La más simple y común de las matrices es la matriz binaria donde si existe un vínculo, se coloca un 1 en la celda, si no lo hay se escribe un cero. Este tipo de matriz es el punto de partida de casi todos los análisis de redes y se llama matriz de adyacencia porque representa quién está cerca de quién, o adyacente a quién en el espacio relacional mostrado por las relaciones que hemos medido (Freeman, 1991).

¹⁴ Una matriz de adyacencia es una matriz cuadrada que se utiliza como una forma de representar relaciones binarias.

Tabla 3. Ejemplo de la Estructura básica de la Matriz de Adyacencia.
Programa de Estímulos a la Innovación

ID. Proyecto	IES1	IES2	IES3	IES4	E1	E2	E3	E4
1	0	0	1	0	0	0	1	0
2	1	0	0	0	0	0	0	0
3	0	1	0	0	0	0	0	0
4	1	0	1	0	1	0	0	0
5	0	0	0	1	0	0	1	0
6	0	1	0	0	1	0	0	0
7	1	0	0	0	0	1	0	0
8	0	0	1	0	0	1	0	0
9	0	1	0	1	0	0	0	1
10	0	1	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia en Conacyt, Programa de Estímulos a la Innovación. datos.gob.mx/busca/dataset/programa-de-estimulos-a-la-innovacion-pei

El primer paso para que una red social sea analíticamente relevante es configurarla en torno a relaciones regulares que efectivamente logren influir en el comportamiento de los actores, generando patrones específicos de conducta acorde con pautas propias de estas relaciones. La relación para analizar debe tener algún efecto evidenciable sobre los actores o ser teóricamente fundamentada, donde si bien cualquier tipo de vinculación entre individuos pueda ser definido en términos de redes, no significa que tengan valor teórico significativo para las ciencias sociales (Freeman, 1991). Por esta razón, debe existir una doble fundamentación tanto en ARS como económica que permita generar una investigación teóricamente robusta. Con la definición de la matriz de adyacencia es útil empezar nuestro análisis de las redes examinando propiedades de una red simple como lo muestra el figura 3, donde se visualiza un ejemplo de una red emanada de la matriz de adyacencia, en ese grafico se observa el número de conexiones efectivamente existentes, cómo los actores están conectados, o en su caso mirar a la red como un conjunto y la manera en la cual los actores están inmersos en ella para de esta manera examinar las estructuras locales.

3.2 Elementos de las redes

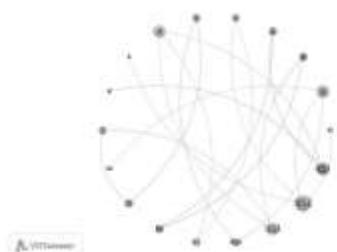
Los grafos son la esencia de las redes porque permiten analizar sus elementos de una forma útil para representar información, pero cuando existen muchos actores y/o clases de relaciones, éstos pueden hacerse visualmente complicados para identificar las estructuras (Freeman, 1991). Por tal motivo, es posible representar la información sobre redes sociales en forma de matrices donde la representación de la información permite la utilización de herramientas matemáticas y de computación para identificar dichas estructuras. En este apartado se revisan tres los conceptos básicos de los elementos en el ARS que son necesarios para entenderlos: i) los actores, ii) las relaciones entre ellos y iii) los límites de la red.

3.2.1 Actores

Los actores de una red están representados por los nodos¹⁵ en el grafo y pueden ser individuos, grupos o instituciones. Bajo un mismo grafo pueden vincularse distintos tipos de actores, para mostrar, por ejemplo, las relaciones entre individuos e instituciones. Una de las formas de caracterizar las redes es con base en la naturaleza y cantidad de los conjuntos de actores involucrados. Los distintos modos de redes son los siguientes:

1. Las redes modo 1 son las que se estudian un único conjunto de actores y las relaciones que los vinculan.

Figura 3. Grafo 1 – modo. Resultante del ejemplo de la estructura básica de la Matriz de Adyacencia

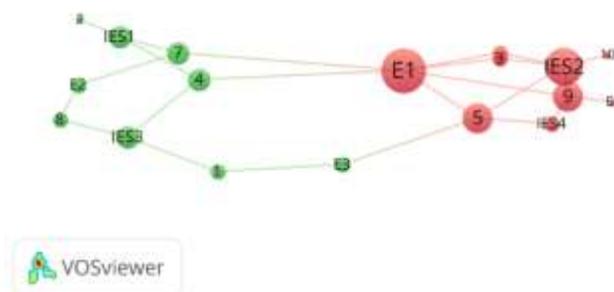


Fuente: Elaboración propia en Conacyt, Programa de Estímulos a la Innovación. datos.gob.mx/busca/dataset/programa-de-estimulos-a-la-innovacion-pei

¹⁵ Un nodo es un punto de intersección, conexión o unión de varios elementos que confluyen en el mismo lugar.

2. Las redes 2 – modo son las que se estudian las relaciones de dos conjuntos de actores de naturaleza distinta; o bien un conjunto de actores, un conjunto de eventos y las relaciones que los vinculan. Como podemos ver en la figura 4, este segundo tipo de redes, 2 - modo, también suelen llamarse redes de afiliación porque en este tipo de redes lo que se vincula no son sólo actores, sino también sus unidades de observación son de naturaleza diversa y por ello se las denomina entidades sociales (Wasserman y Faust, 1994) En las redes modo 2 o mayores se estudian los vínculos entre conjuntos finitos de entidades sociales en un espacio y tiempo determinados de esta manera se comienza a analizar la conformación de comunidades, que en el ejemplo presentado en el Figura 4 se pueden observar en color verde y rojo.

Figura 4. Grafo 2 – modo

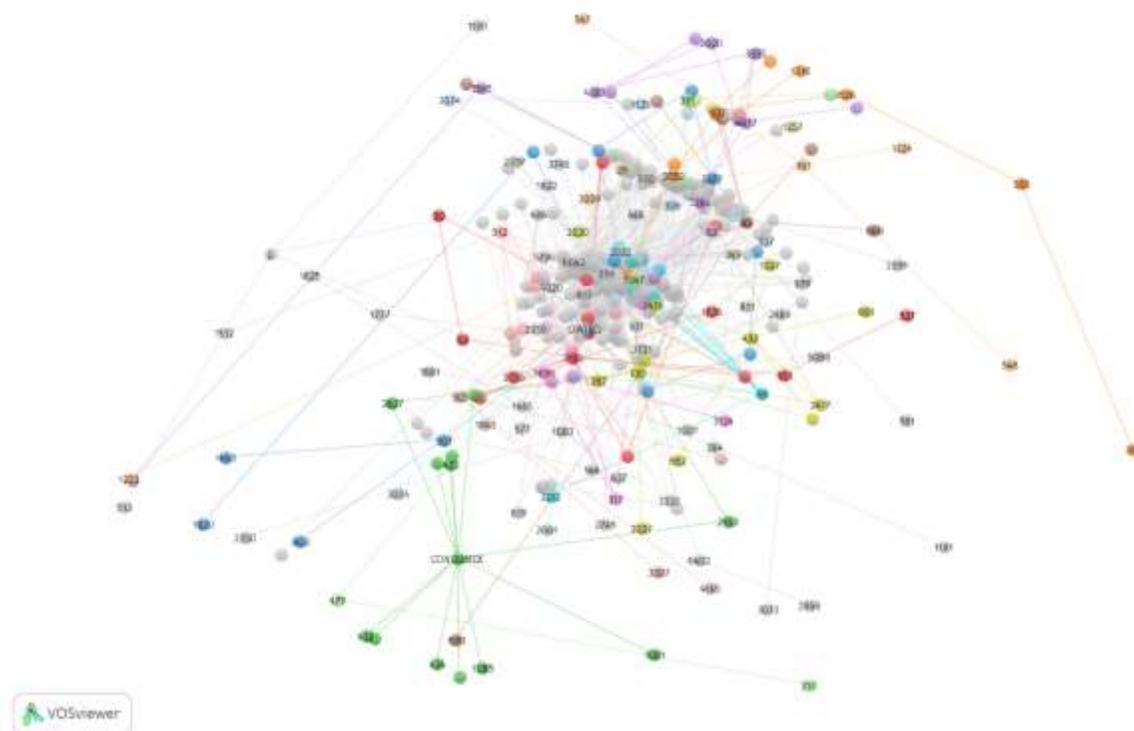


Fuente: Elaboración propia en Conacyt, Programa de Estímulos a la Innovación. datos.gob.mx/busca/dataset/programa-de-estimulos-a-la-innovacion-pei

3. Las redes N – modo son en las que se estudian 3 o más (N) conjuntos de entidades sociales. Como se ilustra en la figura 5, en este tipo de redes, la naturaleza y cantidad de entidades sociales involucradas complejizan, en gran medida, el sistema de relaciones entre ellos y los métodos analíticos para su estudio. El número de modos (modo 1, modo 2, modo N) refiere a la cantidad de tipos distintos de entidades sociales vinculados en una red. La diferencia clave es que mientras en las redes modo 1 nos focalizamos en las relaciones dentro de un conjunto dado de actores, en las redes modo 2 o mayores el interés suele estar en las relaciones entre actores de dos

conjuntos distintos o entre estos y su participación en algún evento¹⁶.

Figura 5. Grafo N – modo



Fuente: Elaboración propia en Conacyt, Programa de Estímulos a la Innovación. datos.gob.mx/busca/dataset/programa-de-estimulos-a-la-innovacion-pei

3.2.2 Relaciones

Las relaciones representan una conexión diádica¹⁷ entre un par de actores. Estas relaciones pueden categorizarse en, al menos, dos formas centrales:

1) Teniendo en cuenta la direccionalidad de la relación, podemos encontrarnos con dos tipos de relaciones: a) transitiva cuando la relación es recíproca (la relación de A con B es la misma

¹⁶ Para un análisis más detallado de los distintos modos de redes, sus características y el tipo de datos requeridos para su desarrollo se recomienda revisar: Wasserman y Faust (1994).

¹⁷ La diáda es el término registrado por el sociólogo alemán Georg Simmel (1858-1918), en su investigación sobre la dinámica de los grupos sociales pequeños, para referirse a los grupos sociales compuestos por dos personas.

que entre B y A), y b) directa, cuando existe un actor activo y uno pasivo (que el individuo A tenga relación con el individuo B no implica que B tenga esa misma relación con A).

2) Teniendo en cuenta la densidad de la relación, cuando la relación puede ser cuantificada y podemos estudiar las cantidades que fluyen en la red entre nodo y nodo la medida resultante de esta cuantificación determina su densidad.

La relación no es una cualidad de ninguno de los actores, sino una propiedad diádica que existe en tanto ambos actores mantenga su asociación (Knoke y Yang, 2008). Los objetivos de la investigación son los que terminan por determinar el tipo de relación que se busca mapear y, a su vez, el tipo de relación representada, determina la estructura obtenida mediante los proyectos, en este sentido decimos que los actores mantienen su asociación a partir de los proyectos del PEI, un mismo análisis podría abordar la misma relación en grupos diversos de actores o distintos tipos de relaciones entre los mismos actores, lo que significa que en medida en que se agregan dimensiones para dar cuenta del comportamiento de los actores que se asocian a proyectos del PEI, la cantidad de relaciones que los vinculan empiezan a incrementarse; así, dentro de una misma red social podemos analizar el efecto simultáneo de varias relaciones sobre el comportamiento.

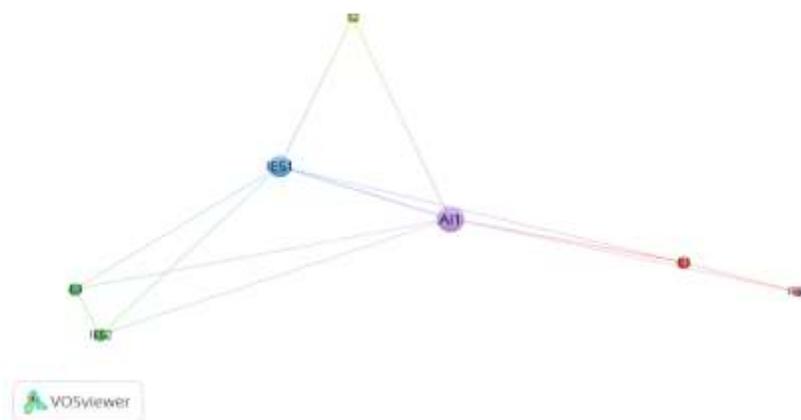
Lo anterior permite ponderar el efecto de distintas relaciones, a la vez que habilita a desarrollar inferencias más complejas sobre el comportamiento de los actores y la dinámica de las redes. Este tipo de redes de múltiples relaciones se denomina redes multiplex (Knoke y Yang, 2008), lo que permite diferenciar las redes con relación a la cantidad de conjuntos de actores involucrados, es decir, los modos de la red. En este sentido, también es factible diferenciar las redes con relación a la cantidad de relaciones involucradas. Se denomina redes uniplex cuando se trabaja sobre una red conformada por una única relación entre un conjunto de actores y redes multiplex cuando se trabaja sobre redes conformadas por 2 o más relaciones vinculando al mismo conjunto de actores.

Por otro lado, Monge (2011) aporta en esta clasificación cuando distingue entre redes multidimensionales parciales y redes multidimensionales completas, donde este autor nos dice que una red multidimensional es una red multimodal y multiplex; se la considera multidimensional, ya que al abordar conjuntos de actores de naturaleza distinta y las múltiples relaciones que los atraviesan, se logra dar cuenta de las múltiples dimensiones de la interacción social. Este mismo autor sugiere que una red multidimensional es parcial

cuando el análisis de relaciones se da entre las entidades sociales de distintos conjuntos, pero no incluye el análisis de las relaciones entre las entidades sociales hacia dentro de un mismo conjunto. Cuando un análisis multimodal y multiplex analiza las relaciones entre entidades de distintos conjuntos y, a la vez, las relaciones de esas mismas entidades dentro de cada conjunto, estaríamos en presencia de un análisis multidimensional completo.

Los conceptos anteriores se pueden hacer operativos para los fines de la investigación. La figura 6 supone las redes del Programa de Estímulos a la Innovación (PEI) indagando sobre las relaciones entre Instituciones de Educación Superior y Centros de Investigación (IES/CI), Empresas y Área industrial donde se relacionan los proyectos. En esta red multidimensional parcial vamos a definir 3 conjuntos de actores: las IES/CI (IES), las Empresas (E) y el Área Industrial de (AI); donde a su vez, vamos a estudiar tres tipos de relaciones entre ellos: 1) una relación directa entre el proyecto que vincula Empresa – IES/CI; 2) una relación transitiva que vincula la relación directa anterior dentro de una área industrial; 3) una relación directa entre el número de proyectos asociados.

Figura 6. Grafo multidimensional parcial: IES/CI - Empresas



Fuente: Elaboración propia en Conacyt, Programa de Estímulos a la Innovación. datos.gob.mx/busca/dataset/programa-de-estimulos-a-la-innovacion-pei

El ARS permite estimar la relación entre todas las variables que intervienen y su desempeño para cada actor, también se puede explorar el sistema de relaciones detrás de la asignación de proyectos, los montos con los que se apoyaron a estos actores, entre otras. En el ejemplo

anterior, la red multidimensional es parcial porque no incorpora el análisis de las relaciones de las IES/CI entre sí, tan sólo considera las relaciones de los actores de cada conjunto con la de los demás. Por otro lado, también es factible casos en los que el ARS vincule características de los actores (IES/CI, Empresas) y tipos particulares de relaciones en áreas industriales o regiones específicas.

3.2.3 Límites de la red

Los límites de la red son el criterio que determina la pertenencia de los actores a la red, es decir, que denota el cierre social de esa red. El límite de la red debe guardar una estrecha relación lógica con la relación que constituye esa red porque es el tipo de relación la que determina los sujetos participan de ella para delimitar empíricamente una red y poder realizar un análisis basado en evidencia (Keinberg, 2010). El problema de la especificación de límites es un importante obstáculo en los enfoques relacionales en general y en el ARS en particular, donde existen dos estrategias analíticas básicas para demarcar límites: la realista, que asume el punto de vista de los actores involucrados¹⁸ y la nominalista, que parte de los conceptos y propósitos del analista y donde la especificación del límite se fija de acuerdo con el marco de referencia del observador (Emirbayer, 1997). El problema de la especificación analítica de límites está acompañado del problema de la naturaleza de la red y por ende de la base de datos inicial a la que se tenga disponibilidad, en la presente investigación tomamos en cuenta los límites propios que el PEI nos dicta, es decir que existen proyectos y a estos proyectos se inscriben IES/CI y Empresas, es el proyecto el ente vinculador que genera las relaciones entre estos actores.

¹⁸ La red sería un hecho social en tanto sea experimentada de forma consciente por sus actores

comunidades. En este nivel, la literatura especializada (Knoke y Yang, 2008) distingue tres conjuntos de relaciones significativos de las cuales nuestra investigación pone especial atención en el inciso a y c.

a) Dyadic Network. Se focaliza sobre pares de actores y la intensidad, robustez y duración de un vínculo entre ellos.

b) Triadic relations. El subgrupo bajo análisis involucra tres actores.

c) Comunidades o Clústers. Se focaliza en los subgrupos dentro de la red, ya que el análisis de su dinámica nos permite inferir pautas centrales para entender la lógica de agrupamiento de las redes y la existencia de patrones de cooperación y competencia.

En este nivel, el énfasis está puesto en la estructura general de la red, considerando las particularidades morfológicas que adopta, la existencia, rol e interacción de comunidades o clústeres, la distribución de las relaciones entre los actores involucrados, la distancia geodésica entre los actores¹⁹, entre otros. Los fenómenos emergentes en alguno de estos tres niveles de análisis no pueden ser deducidos simplemente conociendo las relaciones en los otros niveles. El ARS encuentra una de sus mayores ventajas: su capacidad de abordar problemas en múltiples niveles de análisis al abarcar las relaciones estructurales emergentes (Knoke y Yang, 2008); si bien existe un vínculo robusto entre el comportamiento global de la red y el comportamiento particular de sus actores, aquel no puede ser inducido aditivamente por éste, porque la dinámica no-lineal que generan los procesos que contienen iteraciones de relaciones entre los actores. La existencia de estos procesos emergentes, que determinan los cambios en la estructura de la red, vincula el estudio de las redes sociales con el de los sistemas complejos, es por ello que es común ver que los análisis de redes sociales recurran a métodos como los modelos basados en agentes para estudiar los procesos de acción y toma de decisiones de los actores de una red. La importancia de centrarnos en analizar las comunidades resultantes del PEI desemboca en analizar el agrupamiento de grupos, es decir, agrupar un conjunto de actores²⁰ de tal manera que los miembros del mismo grupo tengan condiciones similares o compartan un espacio en común para agruparse. En comparación de una red egocéntrica donde hay un solo atrayente, en el análisis de comunidades la tarea

¹⁹ La distancia geodésica es una métrica que mide la distancia entre dos nodos cualesquiera de la red en términos de cantidad de vínculos necesarios para conectarse, Kuz et al (2016).

²⁰ Para los fines de la presente investigación analizar el agrupamiento de Instituciones de educación, empresas mediante el área industrial y región.

principal es identificar los atrayentes principales en cada una de las comunidades existentes dentro de la red para comenzar a conocer las especificidades de cada una de estas.

El estudio del PEI mediante la red que se genera entre los actores involucrados es para posteriormente, llegar a la identificación de comunidades, donde su punto de partida es la minería de datos exploratoria que analiza la base de datos original del CONACYT sobre el Programa. Esta base de datos es suficientemente grande y robusta para bosquejar las posibles interacciones entre actores, porque contiene información de los proyectos inscritos al PEI; de esta manera, cada proyecto está vinculado a una empresa que es la desarrolladora principal del proyecto, también, cada proyecto tiene asignado dentro de la base de datos una entidad federativa asociada que es donde se lleva a cabo el proyecto, el área industrial, los montos referidos al costo total del proyecto y al apoyo otorgado por CONACYT; por último, también nos dice a qué universidades se vincula cada proyecto.

En el capítulo anterior se menciona que la concepción teórica del PEI tiene raíz en la teoría triple hélice propuesta por Etkowitz y Leydesdorff (1995), con base en esto se intuye que existen ya relaciones preliminares entre actores. En primer lugar, se propuso encontrar una manera de transformar una base de datos sumamente desordenada en una matriz de adyacencia que nos permitiera identificar relaciones binarias mediante “0” y “1”, donde mediante la construcción de un código de programación se transforma la base de datos ordinaria proporcionada por CONACYT en una matriz de adyacencia²¹

En segunda instancia, se utiliza la matriz de adyacencia, que permitió evidenciar la vinculación de las instituciones de educación superior, región, sector y firmas involucradas al PEI, para lo cual se utilizó el software Pajek, identificando la red de relaciones de las organizaciones detectadas, su posición en la misma y la existencia de lazos (fuertes, débiles, inexistentes), aproximación basada en la búsqueda de cohesión. En principio, se define el tipo de red social existente entre los actores antes mencionados involucrados al PEI y de la región y/o sector a las que las empresas se involucran, siendo para el caso concreto redes de intercambio, buscando detectar posteriormente medidas de cohesión como: i) rango (lazos directos entre las organizaciones entre ellas, y de estas con otras); ii) centralidad de intermediación (nodo u organización que permite el camino más corto entre dos vértices);

²¹ Aquí se expone el procedimiento. Para ver los códigos utilizados en Python y las matrices ver el anexo estadístico al final del documento.

iii) cercanía (organización o nodo que se halla más cerca de las demás, respecto a la red), y
iv) centralidad de grado (organización o nodo que posee mayor número de relaciones). Estas medidas de cohesión permiten comprender y describir la posición de los actores involucrados al PEI en la estructura de la red, la situación actual de las IES y empresas y evidenciar, en gran proporción, las debilidades y fortalezas medidas a partir de las relaciones establecidas por el estado cuando emitió las reglas de operación del PEI.

Los datos trabajados, tanto en el ejercicio de estadística descriptiva y las matrices de adyacencia, permiten formular una primera conclusión respecto a la relación entre las instituciones de educación superior, las empresas, las regiones y los sectores involucrados al PEI, mismas que se presentan en el siguiente capítulo pero antes, se explica la pertinencia de analizar las relaciones y los algoritmos que se ocuparon en la presente investigación.

La pertinencia de analizar las relaciones entre actores similares dentro de la red no es tarea fácil, porque el análisis de grupos no es en sí un algoritmo específico, sino una tarea pendiente de solución, ya que aún se siguen investigando diferentes métodos para mejorar la eficiencia de los clústeres (Freeman, 1991); es importante señalar que, aunque se pueden generar comunidades utilizando varios algoritmos, difieren significativamente en su idea de qué constituye un grupo y cómo encontrarlos eficientemente.

Por tal motivo, se optó por utilizar el algoritmo Kamada – Kawai. Tukey (1983), que fue uno de los pioneros en realizar este tipo de análisis vinculados a la identificación de comunidades: En su libro titulado *“The practice of data analysis”*, advierte la compleja decisión sobre qué algoritmo ocupar para la identificación de comunidades, este autor sugiere que es mejor tener una respuesta aproximada a la pregunta correcta que una respuesta precisa a la pregunta equivocada y con base a la naturaleza de la base de datos disponible, así como a la naturaleza del PEI y las propiedades del análisis de redes fue que se decidió ocupar el algoritmo antes mencionado. Antes de hablar sobre el algoritmo Kamada – Kawai es necesario hacer unas precisiones respecto a las propiedades de la red, es decir a que llamamos propiedad de la red y como la definimos.

Las propiedades de la red se definen como aquellas características de las mismas que pueden ser objeto de análisis desde el ARS, donde según Streeter (1992) existen dos tipos de propiedades en las redes que nos permiten organizar nuestro estudio sobre las mismas: las propiedades relacionales y las propiedades estructurales. En este trabajo, con el objeto de

abarcar de la forma más completa posible la variedad de preguntas, objetivos e hipótesis de investigación que el ARS puede abordar, agregaremos un tercer tipo de propiedades: las comunidades. El objeto de estudiar las propiedades sobre las comunidades de la red es identificar las características particulares de los distintos actores de la red y ver si se presentan regularidades entre ellas. Esto implica identificar las características de los actores de la red, o de cada conjunto de actores de la red. Asimismo, si nuestro nivel de análisis son los subgrupos dentro de la red, podemos detectar diferencias al formar las comunidades entre los actores de cada uno y su posible relación causal con la dinámica de vinculación de la red. Lo que diferencia el análisis de comunidades dentro del ARS de un análisis estadístico convencional es que su objetivo es vincular sistemáticamente las características de los actores con su posición en la red a partir de sus similitudes (Freeman, 1991); para poder llegar a este nivel de análisis primero y forzosamente se tiene que pasar por el estudio de las propiedades relacionales implica focalizarse en las relaciones que constituyen y dan existencia a una red o el espacio mismo donde se relacionan. Dentro de estas propiedades podemos focalizarnos sobre dos elementos (Streeter, 1992):

- a) Las transacciones, que refieren a lo que fluye o se intercambia en las relaciones, su direccionalidad y densidad: información, recursos, influencia, apoyo, etc.
- b) La naturaleza de las relaciones a partir del espacio, que se focaliza en las cualidades inherentes a la relación entre los actores teniendo condiciones preexistentes en el espacio donde se configura la vinculación.

El estudio de las propiedades relacionales de las redes sociales necesita acceso a información precisa sobre las características de cada una de las relaciones diádicas entre las entidades sociales bajo estudio y, así, aplicar sobre éstas métodos para agruparlas y estudiar su dinámica y su efecto sobre los actores; de tal forma que, cuando se aborda la naturaleza de las relaciones es posible combinar modelos y métodos cuantitativos, con diseños y estrategias cualitativas, con el objeto de explorar las cualidades inherentes a estas relaciones, y la perspectiva de sus actores, para lograr una mejor comprensión de las estas y su efecto sobre los actores (Streeter, 1992).

El punto principal para justificar porque se utiliza el algoritmo Kamada – Kawai para la visualización e identificación de comunidades, reside en sí mismo en la estructura general de la red al describir la manera en que los actores se vinculan para formar la red (Streeter 1992);

de este manera, para identificar las comunidades, se basa en la idea de pensar en los actores que se conectan a través de características similares en este caso se toma por característica similar la cantidad de proyectos asociados a un actor a través del tiempo que el PEI estuvo activo. El algoritmo busca una solución óptima donde exista una cantidad mínima de fuerza en las conexiones que conectan el conjunto completo de puntos (Freeman, 1991). Pajek, el software para ARS, utiliza dos algoritmos: Kamada-Kawai y Fruchterman-Reingold. El algoritmo Kamada – Kawai (Kamada & Kawai, 1989) produjo los gráficos más claros, y por esto fue elegido. Este tipo de propiedades son las que se toman en consideración cuando el nivel de análisis es las comunidades y no la estructura total de la red, porque abordar las propiedades estructurales de la red implica analizar su forma particular y al analizar comunidades se analizan generalidades. En este punto, al analizar redes sociales se tiene que recurrir a diversos conceptos de la Teoría de Redes que permitan indagar sobre la morfología de las relaciones.

Por ejemplo, los cuestionamientos van en el sentido de analizar si la estructura de la red es azarosa, o posee escalas diferenciables (Freeman, 1994); también se puede cuestionar si existen subgrupos en la red, o qué tan herméticos son, si existirá algún patrón que determine el crecimiento de la red o qué tipo de distribución de las relaciones es más recurrente en el tipo de red estudiada. Responder estas y otras preguntas permite distinguir algunas propiedades estructurales distintivas de las redes sociales empíricas bajo estudio y así comprender con mayor profundidad su conformación, evolución, así como sus debilidades y fortalezas. El ARS cuenta con un conjunto de métodos de análisis matemáticos para abordar las propiedades estructurales de las redes (tanto del análisis de conjuntos como del análisis de equivalencia estructural), no solamente para el análisis morfológico del grafo sino también para el análisis de las matrices de datos que le dan origen. Los tres tipos de propiedades de las redes se relacionan con las preguntas de investigación posibles y con los datos particulares que debemos recoger y analizar para evidenciar las características de las redes empíricas que estamos estudiando. Las propiedades de las redes son inferidas a través de la información que aportan los dos tipos de variables dentro del ARS: las variables estructurales y las variables componenciales (Freeman, 1991), en este sentido abordar este tipo de propiedades nos permite analizar los tipos de relaciones entre pares específicos de actores (diadas), por ello su focalización está en la relación diádica entre entidades sociales definidas. Las

variables componenciales, por su parte, permiten abordar las propiedades componenciales de las redes al medir las características de los actores dentro de una red por ello su focalización está en los actores individuales de la red (Hanneman, 2005). En este sentido, podemos decir que las variables estructurales siguen el objetivo principal de compilar los datos necesarios para mapear una red empírica determinada y así poder analizar su estructura, su dinámica de vinculación y la distribución de las relaciones entre los actores, entre otras. Las variables componenciales, por su parte, buscan generar datos para realizar una descripción estadística de la población de actores de la red y detectar regularidades, patrones y tendencias. La posibilidad de cruzar variables estructurales y componenciales es uno de los aportes clave del ARS, ya que permite contrastar hipótesis que vinculen las características de los actores con su posición en un sistema particular de relaciones.

El uso de la propuesta metodológica del Análisis de Redes Sociales aplicada en el estudio del Programa de Estímulos a la Innovación se enmarca en un nivel de identificación de comunidades, donde se pone en evidencia que existen comunidades generadas a partir de la implementación de este programa y con base en eso obtener conclusiones teniendo en cuenta las definiciones antes señaladas. Es de suma importancia abordar el concepto de organización comunitaria pues es en este punto donde viene a emanar el objeto de análisis. Es claro que sobre este concepto pueden existir múltiples definiciones, por lo cual es preciso tomar algunas que hacen, en forma sintética, un acercamiento al mismo. En este sentido, cuando se habla de organización comunitaria es cuando un actor o un grupo de actores se concientizan de sus necesidades y de la imposibilidad de satisfacerlas individualmente, entonces decide organizarse e integrarse e iniciar un trabajo ordenado y lógico que permita la solución de sus necesidades más sentidas (Suárez, 2005). Las comunidades, según Montoya et al. (2002), son aquellas donde individuos con metas comunes generan esfuerzos deliberados para reorganizar procesos que modificaran de manera ordenada y planificada un proceso.

El PEI pretende incentivar la creación y permanencia de redes de innovación o alianzas estratégicas para el desarrollo de proyectos, en campos precursores del conocimiento que se traduzcan en productos, procesos o servicios de alto valor agregado, con impacto regional, sectorial y social; es un mecanismo que intenta impulsar la formación de estas comunidades, pero el nacimiento de éstas no es propiamente un objetivo del programa, si no que existen

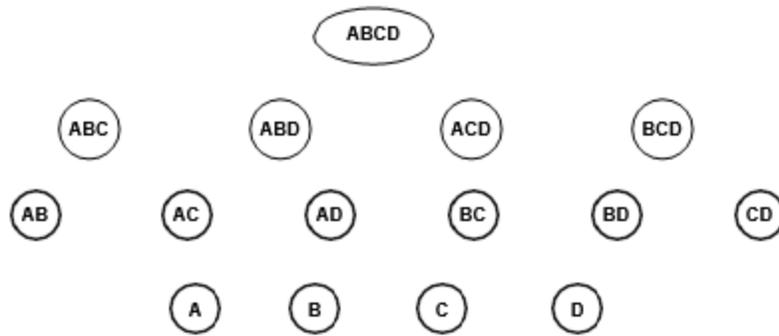
condiciones preexistentes donde los actores vinculados al PEI reaccionaron a los incentivos que ofrece el Programa.

El área industrial como un atributo de los actores que se inscriben a algún proyecto comparte objetivos comunes de mejora e innovación basada en la experiencia de las firmas o de las IES/CI aportando el conocimiento especializado. La identificación de comunidades es pertinente porque ilustra los objetivos comunes de cada uno de los actores al identificar los atributos (área industrial o región) con la que tienen contacto, donde si bien los actores se relacionan en función de la cantidad de proyectos a los que están inscritos estos guardan similitudes y diferencias entre sí. En México dada la condición de heterogeneidad regional y sectorial existe una desigualdad en la participación de actores y la permanencia de estos en programas como el PEI. La principal razón que nos motiva a identificar comunidades reside encontrar a los actores líderes y saber dentro de que espacio se relacionan es decir en qué región o área industrial están inmersos para matizar su situación con los actores que se quedaron rezagados o no continuaron inmiscuidos en esta propuesta de política pública.

La base de datos donde se concentran la totalidad de los proyectos inscritos en el PEI durante los 9 años que estuvo vigente, es un insumo de análisis, donde para los fines de la presente investigación es necesario realizar un reacomodo de los datos para formular una matriz de adyacencia; esta matriz de adyacencia permite identificar las relaciones existentes en el PEI. El manejo de la base de datos corresponde al primer paso del análisis de las redes de afiliación o bi-modales, donde los actores de análisis son: i) instituciones de educación superior/centros de investigación y ii) empresas que reportan sobre su afiliación entre ellas y a su vez con el atributo de cada uno de los actores es decir las regiones y sectores. La relación de interés para este estudio fue la de las vinculaciones a través de los proyectos para identificar comunidades en el espacio relacional, entre los actores asociados al PEI.

Dewey y Bentley (1949) mencionan que, a través del análisis de relaciones, se debe basar los sistemas de descripción y normalización de los actores desde una perspectiva que enfrenta aspectos sin atribuir de forma definitiva elementos o alguna otra realidad que pudiera ser separable o independiente de los actores y por ende sin estar aislados de las relaciones que quizá fueran de dichos elementos separables.

Figura 8. Grupos hipotéticos de distintos actores con adscripción a algún proyecto inscrito al Programa de Estímulos a la Innovación



Fuente: Elaboración propia con base en Breiger (1974)

Ahora bien, Breiger (1974) nos menciona que las afiliaciones de grupos fuerzan las redes de actores y sobre las redes de los grupos, es decir que esto genera un desarrollo de implicaciones que tienen base en la siguiente concepción matemática. El mismo autor propone que al comenzar con una población de n individuos y asumiendo un algoritmo de diferenciación máxima surgen grupos de diferentes tamaños que serían AB, AC, AD, BC, BD y CD, donde se adhieren actores con características similares²², en este sentido y sumando el número de grupos que existe en el nivel 1 con las condiciones de la máxima diferenciación de los actores dentro de los grupos, el número total de los grupos de cualquier tamaño sería $2^n - 1$ como se muestra en la figura 8. En el mismo sentido de Breiger (1974), se considera la red de miembros entre los grupos de actores que se forman a través de intersecciones unos con otros dentro de los grupos²³, donde cada par de individuos se uniría dentro de al menos un grupo, y es por esto que la red de vínculos entre los actores estará conectada para cualquier valor n y esto nos genera la utilidad para nuestros propósitos en la presente investigación.

En la figura 9 se presenta una red dual de vínculos entre actores que no está totalmente conectada, esto tiene explicación en la naturaleza de las empresas que se adhieren al PEI, al

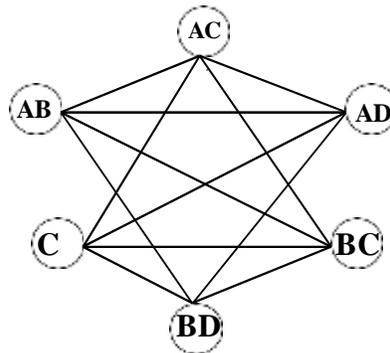
²² Aquí señalamos y hacemos hincapié que el grupo de autores fuera del Programa de Estímulos a la Innovación adquieren características distintas, sin embargo, al involucrarse a un proyecto y al aceptar las reglas de operación del programa pierden algunas de esas características y se involucran mediante el proyecto al cual se adhieren, respetando las reglas de operación del programa.

²³ Proyectos en los que coinciden los actores involucrados al Programa de Estímulos a la Innovación.

involucrarse empresas de tamaño pequeño es poco probable que se adhieran a una gran cantidad de proyectos o que le den seguimiento a estos a lo largo del tiempo, es decir la permanencia de estas firmas es esporádica y solo forman diadas que se encuentran desconectadas; según Breiger (1974), lo anterior se desprende de la definición de Simmel (1908) de "vínculo" entre dos grupos como el número de personas que se encuentren en su intersección; la intersección de (A, B) y (C,D) es nula.

La densidad de las conexiones en esta red se define como el número de pares de grupos con miembros comunes en relación con el número total de pares de grupos y, por ello, puede tomar valores entre cero y la unidad. Ahora bien, al considerar una población de n actores y todos los grupos diferentes de cualquier tamaño fijo g ($1 < g < n$). Nosotros perseguimos la determinación de la densidad de los vínculos entre todos los grupos en este nivel de la estructura. Siguiendo a Simmel (1908), asumimos la diferenciación total y buscamos relacionar la densidad de red intergrupala a un parámetro dual sencillo: el número de individuos (n) de la población.

Figura 9. Grupos hipotéticos, los miembros comunes entre todos grupos de tamaño 2 formados a partir de 4 personas.
De los 15 pares de grupos, 12 pares de miembros son comunes



Fuente: Elaboración propia con base en Breiger (1974)

Se muestra un ejemplo en la Figura 9 para $g = 2$ y $n = 4$. Se pueden formar seis grupos distintos de tamaño dos a partir de cuatro personas; si todos estos grupos se forman asumimos la total diferenciación, descubrimos que los doce pares de grupos tienen miembros en común y que existen quince pares de grupos en total. De allí, la densidad intergrupala es $0.8 = 12/15$. Buscamos un modelo de la densidad en cualquier nivel (g) de la estructura intergrupala como

una función del número de personas (i') de la población. Denoto este valor de la densidad como $E(D; n, g)$.

Con base en lo anterior, es posible desarrollar la idea que la población de los individuos se diferencia por sí misma, de igual forma que todos los posibles grupos diferentes formados actualmente es decir, la asunción de la diferenciación total, y sustituirla con un modelo nulo útil. Específicamente, se asume que cada grupo observado de tamaño g está tornado de forma independiente y aleatoria, sin sustitución, del universo de todos los grupos diferentes de tamaño g que pueden formarse entre n personas. Por tal motivo, con la explicación anterior y a partir del debate metodológico que se expone es de importancia señalar y concentrar los procedimientos generales para el análisis de datos, descripción y posterior análisis interpretativo de las redes temáticas y de las redes que nos permiten observar las comunidades resultantes.

Es importante aclarar que estos procedimientos, inherentemente, tienen dos momentos en los que se entrelazan, pero estos procedimientos tienen características propias. En un primer momento se identifican e interpretan las configuraciones de la red en con base en sus actores pero tomando en cuenta los atributos de estos y en un segundo momento se genera una reconstitución de una red en donde se identifica propiamente la estructura de las conexiones establecidas únicamente por los actores sociales. De esta manera y a pesar de estar relacionados, las dos etapas de análisis son desarrolladas separadamente, sin embargo, hacemos un llamado a poner especial atención que los resultados del primero ofrecen contraste y sugerencias para el otro.

Los procedimientos metodológicos para el análisis de redes temáticas y análisis de redes entre actores en nuestra investigación fueron:

1. La decisión sobre el manejo y transformación de la base de datos original en matrices de adyacencia.
2. La identificación de los actores sociales
3. La identificación de atributos de los actores
4. La tipología de las interrelaciones, tomando al proyecto del PEI como un ente fundamental para esta interrelación
5. La consideración de los atributos para una primera representación grafica

6. El contraste mediante la generación de comunidades y redes con base únicamente en las relaciones de los actores
7. El análisis.

La decisión de utilizar la base proporcionada por el PEI para después transformarla en matrices de adyacencia está ligada con el objetivo de la investigación, pues con base en esta decisión se comienzan a vislumbrar procesos sobre como iniciar el proceso de identificación. Los actores se comienzan a separar de los atributos que existen dentro de la base de datos, sin perder de vista que tanto actores como atributos son ligados por estar inscritos dentro de un programa mediante proyectos. La estrategia considerada es que a partir de un atributo específico como el área industrial o la región comienza la identificación de actores sociales envueltos en temáticas por lo tanto se puede considerar tanto el conjunto total de las clasificaciones de los actores sociales es decir IES/CI, empresas en regiones y áreas industriales con características específicas, lo anterior también permite optar por considerar un conjunto parcial de relaciones entre actores ya que existen regiones y áreas industriales más notorias entre actores.

Lo anterior, permite comenzar a vislumbrar actores significativos que componen la primera selección de nodos potenciales para la red IES/CI – Empresas. Esta primera aproximación se realiza mediante la generación y análisis de las matrices de adyacencia y se reconocen actores de referencia y con base en esto los lazos de relación que buscan los agentes o en otras palabras los atributos con los que estos agentes se identifican. En este sentido los resultados registrados reflejan las intencionalidades de los agentes en la construcción y ampliación de las relaciones sociales en el espacio. Freeman (1991) nos dice que esto representaría un proceso de apropiación espacial y social del programa a donde se inscriben estos actores por actores de referencia. Teniendo en cuenta lo anterior hablaremos un poco respecto a la tipología de las interrelaciones, donde como se explicó con anterioridad y dada la naturaleza del PEI, muchos actores forman relaciones diádicas entre ellos a lo largo del tiempo que el PEI estuvo vigente, de esta manera analizar el programa en años específicos nos generaría una considerable pérdida de información. De esta manera y para abandonar una selección aleatoria de datos y con la intención plena de seguir el proceso de identificación de agentes significativos se tomó la decisión de considerar a aquellos agentes que tuvieran más de 4 vínculos a lo largo del tiempo, de esta manera caracterizar las

interrelaciones son relativas para a investigación. Esta decisión permite que la base teórica y metodológica escogida para la presente investigación no genere posibilidades de interpretación de resultados sólidos ya que mediante la identificación de los agentes y sus lazos relaciones nos genera una red constituida.

Las tipologías de las interrelaciones que caracterizan a nuestra investigación son:

- Vinculación IES/CI – Empresas: Actores sociales que pueden o no actuar en el mismo espacio temático, se sugiere la existencia de lazos fuertes por afinidad, en el estricto sentido de ser miembros consistentes al PEI.
- Vinculación temática: Aquí se toma en cuenta en el mismo espacio temático sin que se comparta amplio tiempo de permanencia dentro del PEI, se sugieren lazos más frágiles y pudieran ser estudiados mediante las características propias del área industrial y de la región tomando en cuenta estrictamente las características ajenas al programa de estos atributos.
- Vinculación mediante proyectos: Existe una cooperación mutua entre IES/CI – Empresas en proyectos de Programa de Estímulos a la Innovación, se sugiere que estos actores se convierten en colaboradores dentro del proyecto al menos durante su desarrollo y también son socios temáticos al desarrollar proyectos dentro de un área industrial y región específica. Se sugiere que los lazos entre actores sociales pueden ser fuertes o débiles, permanentes o temporales y que se establecen estrictamente y por lo menos durante el desarrollo del proyecto donde coinciden.

Esta clasificación es una construcción propia apegada a la información disponible dentro de la base de datos original. Los métodos del ARS utilizan datos relacionales, que procuran levantar informaciones, por ejemplo, sobre el número y los tipos de contactos, lazos y conexiones, que relacionan un actor social otro; esta información no puede ser reducida a propiedades de los propios agentes individuales, porque las relaciones no son de propiedad de los agentes, pero sí de sistemas de agentes; es decir esas relaciones unen pares de agentes en sistemas de relacionamientos más amplios. En el análisis de la red se procuran representaciones formales (matemáticas o algorítmicas) de conceptos, como la estructura centralidad, estatus y cohesión, donde a partir de la aplicación de los métodos del ARS es posible obtener medidas estructurales de la red que estimulan al investigador en su reflexión sobre el fenómeno estudiado.

Recapitulación

En este capítulo se abordaron los conceptos generales de la teoría de redes, la relación y la pertinencia de estudiar el programa de estímulos a la innovación desde este enfoque en donde se puso particular atención a la creación de comunidades. En este sentido, se estudió la importancia de la identificación de comunidades dadas las condiciones heterogéneas del país. Al momento de identificar las comunidades emanadas del PEI se generan una serie de novedosas aportaciones. Una de estas aportaciones es destacar que al identificar las comunidades resultantes, el área industrial o región como atributos representan muchas más influencias que las empresas o las IES/CI inscritas al PEI, si bien los actores se relacionan en función de la cantidad de proyectos a los que están inscritos estos guardan similitudes y diferencias entre sí, sin embargo existen condiciones mediante relaciones diádicas que nos merman el análisis. También se justifica la utilización del algoritmo Kamada – Kawai, y Louvain, mismos que nos ayuda a la identificación de los lazos relacionales más fuertes dentro de la red, el cual se demuestra son uno los mejores que se pueden encontrar en la literatura, sobre todo cuando tratamos con redes cuyas lazos relacionales tienen tamaños muy distintos con características similares en los nodos.

Capítulo 4. Resultados del Programa de Estímulos a la Innovación: un análisis de redes sociales

En el presente capítulo se realiza un análisis de los aspectos de interacción entre agentes involucrados en Programa de Estímulos a la Innovación, donde a lo largo de este capítulo se pone énfasis en el análisis de redes sociales (ARS), un tema que para algunos economistas resulta un campo de estudio relativamente nuevo pero que comienza a resultar determinante para acceder a nuevas fuentes de información y posterior análisis de las mismas. Para brindar una aproximación amable a los resultados que el ARS nos brinda, se muestran los resultados obtenidos a partir de la exploración de datos estadísticamente descriptiva donde aprovechamos estos datos para explicar la naturaleza de los actores y espacio relacional vinculados al PEI. En este sentido nos enfocaremos en el proceso por el cual los agentes involucrados al PEI generan vínculos y por ende comunidades a través de tres características: i) La cantidad de proyectos en los que se encuentran involucrados las IES/CI, Empresas ii) El atributo regional y área industrial para obtener redes temáticas, iii) Las redes generadas a partir de la vinculación entre IES – CI.

4.1 Base de datos, caracterización de los actores y estadística descriptiva.

En la caracterización de los actores es necesario explicar la naturaleza de los datos que están a disponibilidad del público en la página de internet de CONACYT²⁴, donde tiene información de los proyectos asociados al PEI, las empresas y las IES/CI que están relacionadas a un proyecto; dentro de la información complementaria, está el año donde el proyecto fue aprobado, la entidad donde se gesta el proyecto y los montos de dinero vinculados al proyecto. La base de datos cuenta con 6,471 proyectos aprobados que se vinculan a más de cinco variables, por estas bondades y características específicas surge el interés explícito de abordar el tema de las interacciones entre actores sociales que se involucran a este programa para identificar la estructura de la red, así como la formación de comunidades dentro de esta.

²⁴ <http://www.siiicyt.gob.mx/index.php/estadisticas/indicadores/item/pei>

Esta base de datos fue un insumo para reacomodarla en una matriz de adyacencia²⁵ que permite identificar las relaciones existentes en el PEI. El manejo de la base de datos corresponde al primer paso del análisis de las redes de afiliación o bi-modales, donde los actores de análisis: i) instituciones de educación superior/centros de investigación y ii) empresas, reportan sobre su afiliación entre ellas y a su vez son el espacio donde se relacionan en las regiones y sectores. La relación de interés para este estudio fue la de las vinculaciones a través de los proyectos para identificar comunidades en el espacio relacional, entre los actores asociados al PEI.

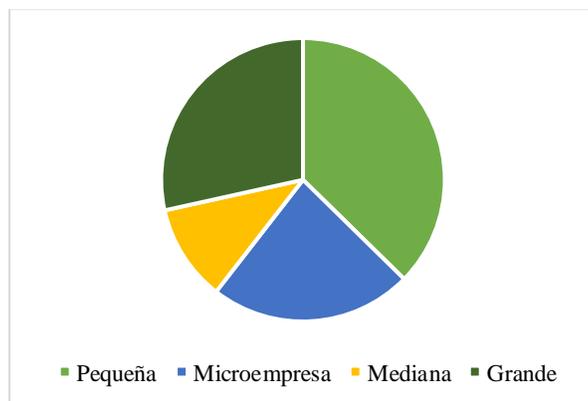
El Programa de Estímulos a la Innovación del Conacyt considera dentro de sus objetivos específicos generar vínculos de las empresas en la cadena de conocimiento “*educación – ciencia – tecnología – innovación*” y su articulación con la cadena productiva de sectores estratégicos; también la incorporación de recursos humanos especializados en actividades de IDTI para poder generar nuevos productos y procesos de alto valor agregado, de esta manera se pretende contribuir a mejorar la competitividad de las firmas. Por tal motivo, el análisis de comunidades con el enfoque de redes sociales es una aproximación metodológica que de manera directa o indirecta permite mostrar evidencia sobre el cumplimiento de estos objetivos específicos del programa, donde no se mencionan incentivos o restricciones para lograrlos en la reglas de operación.

El Estado mexicano realiza esfuerzos para la promoción del proceso de innovador, donde intenta brindar o generar condiciones para que las empresas se sientan respaldadas para participar en el proceso de innovación en México. En términos generales, los objetivos del programa buscan fomentar y desarrollar relaciones sociales entre los actores involucrados en el proceso innovador, donde Kohler (2007) menciona que las innovaciones, los procesos de aprendizaje, la evaluación y su influencia social y acción colectiva generan una red con características específicas. La mayoría de los estudios de innovación realizados con un enfoque de redes sociales visualizan a la innovación como un proceso complejo, por el cual las actitudes y conductas individuales se ven influenciadas por la estructura social (Wejnert 2002).

²⁵ Para mayor información sobre la matriz de adyacencia consultar la bibliografía del capítulo 1 de esta investigación.

La estructura de la red se genera a través de un proceso de transferencia entre las características particulares de los actores, que se contagian por medio de factores que involucran a la cohesión, equivalencia estructural y proximidad espacial; el análisis de estas cualidades permite identificar los tipos de relación, es decir, se puede encontrar la posición que ocupan los actores dentro de la estructura y por ende en la formación de comunidades. En una primera instancia, al hablar de los actores es necesario caracterizarlos para tener un acercamiento hacia la composición del sistema de red que se genera mediante el Programa de Estímulos a la Innovación. El primero de estos actores son las empresas involucradas al PEI, mediante un análisis de la base de datos encontramos que se involucraron al PEI, durante los años que estuvo vigente, 3019 empresas, donde 42% corresponden a empresas pequeñas, 20% a microempresas, 10% a empresas de tamaño mediano y 28% son empresas grandes. Las empresas tienen características distintas en función a su tamaño y se pueden ver diferenciadas por cuatro categorías como se puede verificar en la gráfica 3.

Grafica 3. Empresas asociadas al PEI. Tamaño de empresa. 2008 – 2018.

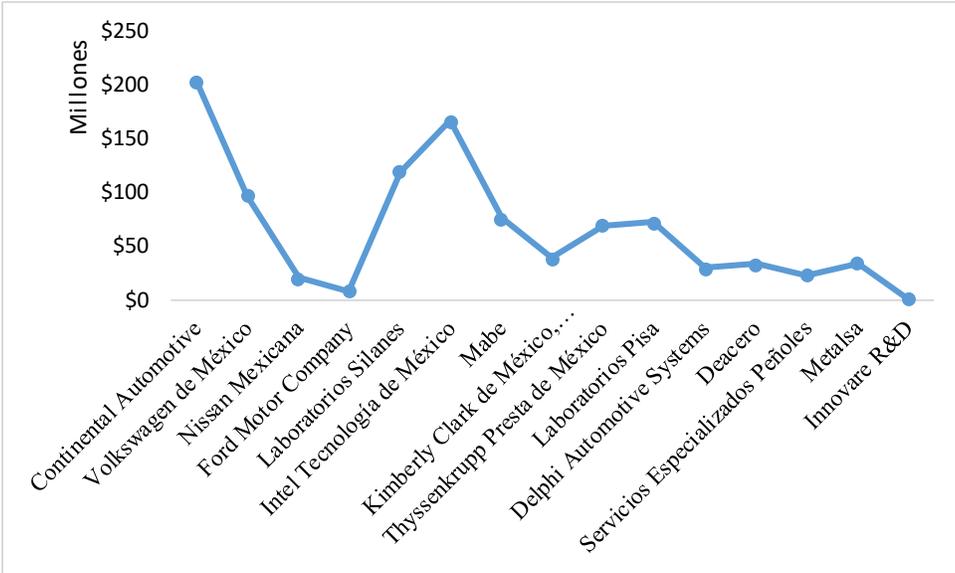


Fuente: Elaboración propia con base en Conacyt, Programa de Estímulos a la Innovación. datos.gob.mx/busca/dataset/programa-de-estimulos-a-la-innovacion-pe-i

En la presente investigación no se toma en cuenta la naturaleza de los actores porque sin importar las características de las relaciones predominantes en la red, son diádicas, es decir las asociamos a 1 proyecto, esto sugiere que existe una vinculación recíproca entre las empresas y las IES en proyectos con más de una vinculación; por tal motivo, al momento de colocar al actor denominado empresa como coordinadora del proyecto, se genera una centralidad que no incentiva relaciones claras, pues sólo genera relaciones diádicas entre IES/CI y empresa. Por otro lado, es importante considerar los montos asignados para el

desarrollo de estos proyectos donde la gráfica 4 se constata y contrasta que aunque la mayor cantidad de empresas adheridas al PEI son micro y pequeñas, al analizar los montos asignados a estos son las grandes empresas, como Continental o Intel por ejemplo, las que acaparan la mayor cantidad de recursos.

Grafica 4. Empresas asociadas al PEI. Tamaño de empresa. 2009 – 2018.

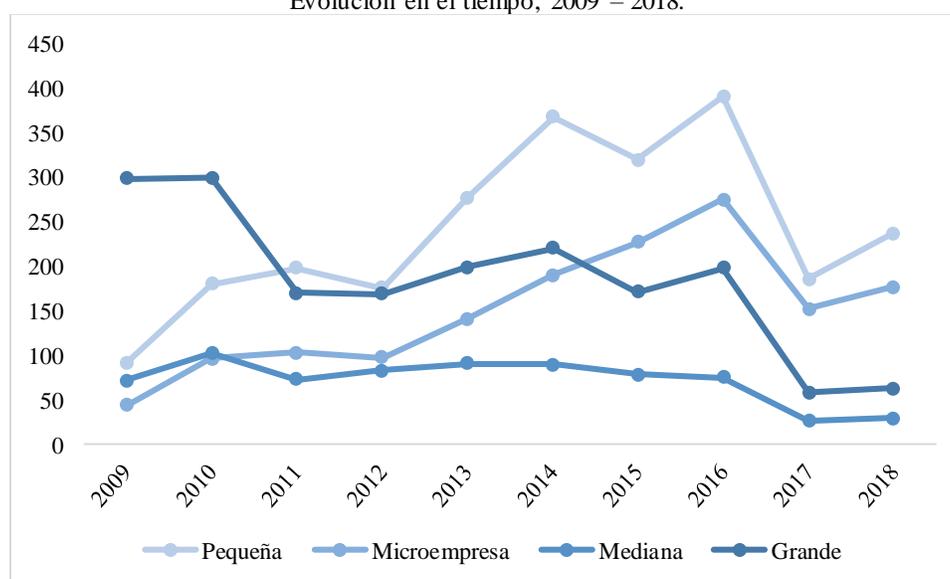


Fuente: Elaboración propia con base en Conacyt, Programa de Estímulos a la Innovación. datos.gob.mx/busca/dataset/programa-de-estimulos-a-la-innovacion-peii

Este cualidad por parte del sector empresarial fragmenta los proyectos con participaciones específicas para cada universidad, que sólo conocen una parte del proyecto más amplio en el que están participando; también se intuye que este mecanismo protege la información sobre las estrategias y los productos de las empresas, pues aun cuando se firman cartas de confidencialidad con las IES, se refuerza la protección ante la natural propensión de los académicos a divulgar el conocimiento a través de su publicación. Las empresas son actores que buscan innovar para alcanzar una ventaja competitiva, es decir generar un hecho que las haga diferentes antes sus competidores; otra característica que tiene el sector empresarial adherido al PEI es que a lo largo del tiempo no se comporta igual, donde en los primeros años de operación del Programa, las empresas que más se incorporaban a proyectos eran empresas grandes, con un número de personal superior a las 250 personas. La mayoría de estas empresas se desarrollan como multinacionales que tienen su matriz fuera de México, es decir son firmas en expansión internacional; no obstante, con modificaciones a las reglas

de operación, con el paso del tiempo esta tendencia fue cambiando y el lugar que al principio ocupaban las empresas grandes lo pasó a ocupar las pequeñas empresas que, según la clasificación de INEGI (1993), cuenta con personal entre su plantilla de trabajadores de entre 11 y 49 personas. Este tipo de firmas tiende a un crecimiento lento pero más destacado que la de una microempresa, que en muchos casos son negocios familiares que tienen un impacto discreto pero directo en el territorio donde están localizadas. La evolución antes descrita se ilustra en la gráfica 5.

Gráfica 5. Programa de Estímulos a la Innovación. Registro de empresas dentro del programa por tamaño. Evolución en el tiempo, 2009 – 2018.

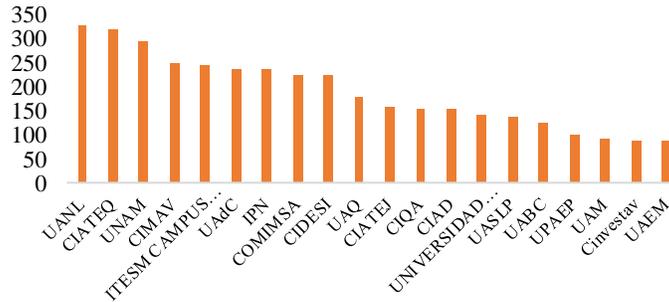


Fuente: Elaboración propia con base en Conacyt, Programa de Estímulos a la Innovación. datos.gob.mx/busca/dataset/programa-de-estimulos-a-la-innovacion-pei

Las instituciones de educación superior y centros de investigación son actores importantes dentro del proceso de innovación y por ende en el rol que desempeñan dentro del PEI, porque son las que generan la producción de conocimientos de carácter científico, son los transmisores de conocimiento a través de la creatividad e innovación y de manera directa e indirecta están involucradas en la formación de recursos humanos especializados; estas últimas características que encontramos hacen que se adhieran tanto al entorno de innovación pero también al entorno productivo. Las universidades generan relaciones de gran relevancia dentro del entorno socioeconómico en el cual se desarrollan porque inciden en la vida económica y social dentro del territorio donde están localizadas.

En este sentido, Tünnermann (2003) menciona que las universidades suelen ser la columna vertebral de los sistemas científicos-tecnológicos de la nación y que en ellas se concentra la mayor parte de la actividad científica y de los investigadores del país ya que estos actores son capaces de generar y aplicar conocimientos, para incrementar la productividad, la eficiencia, la efectividad y la capacidad de innovación en las organizaciones, mediante un proceso de aprendizaje interactivo con el entorno, constituyendo procesos de aprendizaje social. Por otro lado, Fuentes (2003) menciona que sin las IES/CI, la constitución de un sistema de aprendizaje social de alto nivel, con una capacidad alta en innovación dentro del sistema nacional de innovación sería prácticamente imposible. La naturaleza de las IES/CI que tuvieron participación dentro del PEI, es variada porque encontramos 531 IES/CI que figuran como universidades autónomas, universidades estatales, centros de investigación especializados, universidades privadas, institutos tecnológicos, entre otros. La gráfica 6 muestra las universidades que concentran la mayor cantidad de proyectos dentro del PEI, donde son las universidades autónomas localizadas en el noreste del país como la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) y la máxima casa de estudios, la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) localizada en el centro del país; no obstante, también centros de investigación especializados como el Centro de Tecnología Avanzada (CIATEQ) y Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV), además del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey campus Monterrey (ITESM) que figura como una de las IES que captan más proyectos. La estructura organizacional y los planes de integración con el sector productivo de estas IES/CI es una explicación del porqué figuran dentro del TOP 5 DE IES/CI que más proyectos captaron.

Grafica. 6 TOP 20 de IES /CI relacionadas a proyectos del Programa de estímulos a la Innovación.



Fuente: Elaboración propia con base en Conacyt, Programa de Estímulos a la Innovación. datos.gob.mx/busca/dataset/programa-de-estimulos-a-la-innovacion-pei

Los resultados mostrados con anterioridad tienen importantes implicaciones para el posterior análisis de redes. En primer lugar, los actores que se vinculan al Programa son variados y fuera de la red presentan características diferentes, sin embargo una vez que se involucran al PEI pesan más sus similitudes que sus diferencias porque los actores necesitan de un alineamiento previo entre los intereses amplios y bastos de estas organizaciones; esta alineación es proporcionada por las reglas de operación del programa. Los lineamientos brindan a los otros actores información o criterios para involucrarse con ellos, donde al coincidir con sus objetivos, las IES/CI y las empresas comienzan a formar comunidades donde necesitan un espacio donde relacionarse. En segundo lugar, surge la siguiente pregunta: ¿cuál es el espacio propicio para llevar un proyecto en común dentro del proceso de innovación? La respuesta a este cuestionamiento no es sencilla, porque algunos espacios donde se desarrolla el proceso de innovación establecen u ofrecen incentivos que nada tienen que ver con el Programa mismo, si no que existen condiciones de cercanía, proximidad espacial, infraestructura o cohesión que el espacio provee, por lo que es necesario analizar estas condiciones.

Los dos actores relevantes para esta investigación, empresas y IES/CI, necesitan de un lugar donde relacionarse, donde en término del análisis de redes sociales, se denomina como una cohesión donde se gesté la interacción directa entre actores. Estos lugares son la región y el área industrial, donde Porter (1991) desarrolla la idea que una de las formas más óptimas para transferir conocimiento y por ende desencadenar los procesos de innovación a nivel territorial es mediante el desarrollo de la proximidad espacial donde se pone especial atención a la región. En este sentido, es de gran utilidad explorar en que regiones del país se concentran

la mayor cantidad de proyectos involucrados al PEI donde se utiliza la clasificación de CONACYT que regionaliza al país dentro de las siguientes seis regiones como se muestra en la tabla 4; sin embargo, es importante señalar que no ofrece una explicación o metodología de los parámetros de dicha clasificación.

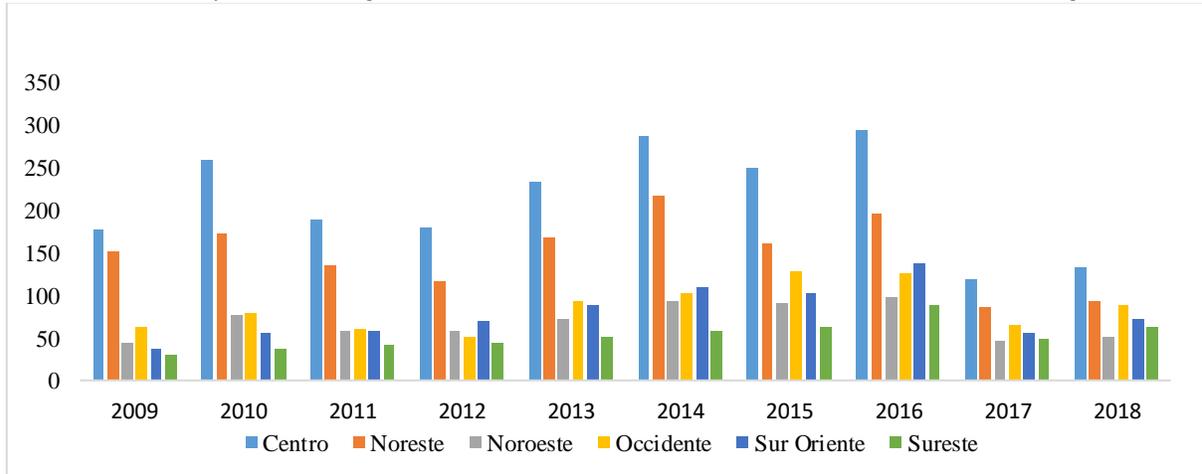
Tabla 4. Regionalización CONACYT.

Región	Entidades federativas asociadas
Centro	Ciudad de México, Morelos, Guanajuato, SLP, Guerrero, Querétaro y Guanajuato
Noroeste	Baja california, Baja california sur, Sinaloa, Sonora.
Noreste	Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Zacatecas, Chihuahua, Durango
Occidente	Jalisco, Colima, Nayarit, Michoacán, Aguascalientes
Suroriente	Hidalgo, Oaxaca, Veracruz, Puebla, Tlaxcala
Sureste	Tabasco, Chiapas, Quintana Roo, Yucatán, Campeche

Fuente: Elaboración propia con base en Conacyt, Programa de Estímulos a la Innovación. datos.gob.mx/busca/dataset/programa-de-estimulos-a-la-innovacion-pei

El análisis de la concentración de proyectos a nivel regional ofrece resultados interesantes, donde la mayor cantidad de proyectos se concentran dentro de dos regiones como lo muestra la gráfica 7: la región centro y la región noroeste. La tendencia se mantiene a lo largo del periodo que estuvo vigente el PEI, pero no es algo que sorprenda, ya que dadas las características de heterogeneidad regional en México estas dos regiones son las más dinámicas; la Ciudad de México es una ciudad referente dentro de la región centro y Monterrey, Nuevo León en la región noreste.

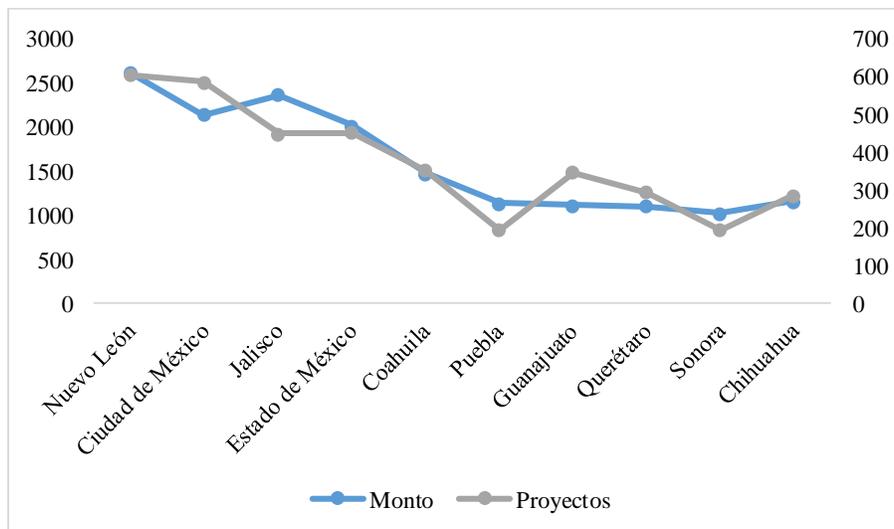
Grafica 7. Proyectos del Programa de estímulos a la Innovación involucrados dentro de una región.



Fuente: Elaboración propia con base en Conacyt, Programa de Estímulos a la Innovación. datos.gob.mx/busca/dataset/programa-de-estimulos-a-la-innovacion-peii

La gráfica 8 presenta la relación entre proyectos asociados y montos asignados para la realización de estos, donde se muestra la misma tendencia donde tanto Nuevo León como la CDMX son referentes en el proceso innovador que el PEI intentó impulsar; ambas entidades captan la mayor cantidad de proyectos y montos asignados. La infraestructura, dinámica económica y modos de organización son condiciones que existen antes de la implementación del PEI.

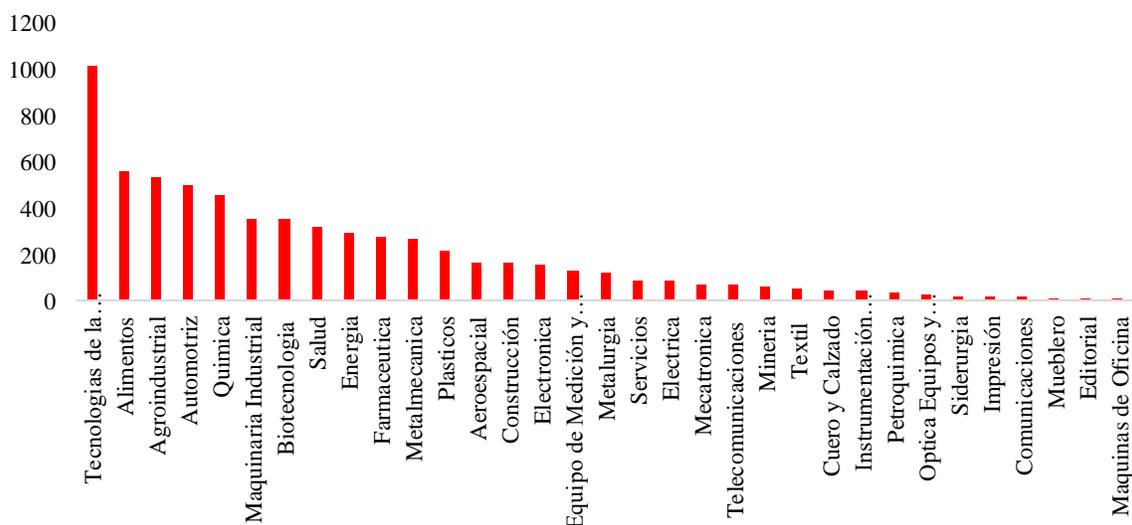
Grafica 8. Entidades federativas. Montos – Proyectos. PEI. 2009 - 2018



Fuente: Elaboración propia con base en Conacyt, Programa de Estímulos a la Innovación. datos.gob.mx/busca/dataset/programa-de-estimulos-a-la-innovacion-peii

El último actor de interés en el área industrial. La grafica 9 muestra los sectores que albergan la mayor cantidad de proyectos adscritos al PEI, donde se verifica que el sector de Tecnologías de la información alberga el 16.67% de los proyectos totales durante todos los años en los que el PEI estuvo vigente; en orden de importancia también tenemos el sector de alimentos, el agroindustrial y el automotriz. En este sentido, Ramos (2011) indica que en México se observan un compromiso entre las instituciones de educación superior y la comunidad empresarial, para seguir las reglas escritas en los Planes Nacionales de Desarrollo de privilegiar la actividad industrial en la cual se está apostando para generar una mayor interacción en torno a un conocimiento útil que promueve una mayor vinculación en actividades de I+D y fomentan mayores niveles de competitividad. Esto sugiere dos cuestiones. La primera es que las IES/CI y comunidad empresarial apuestan por proyectos que tienen que ver con las TICS, mientras que la segunda es que este tipo de industrias se adaptan más a la naturaleza y duración de proyectos del PEI.

Grafica 9. Programa de estímulos a la Innovación.
Proyectos por área industrial.

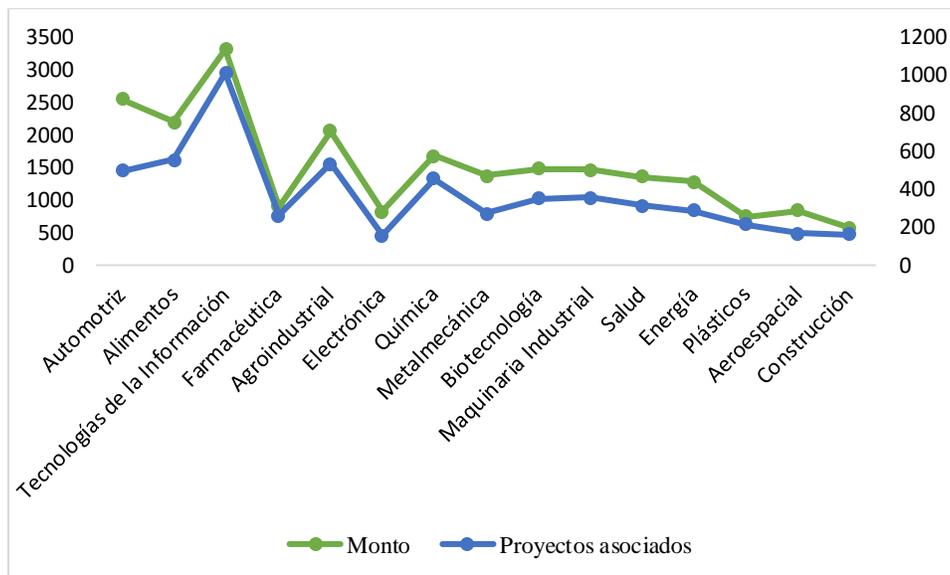


Fuente: Elaboración propia con base en Conacyt, Programa de Estímulos a la Innovación. datos.gob.mx/busca/dataset/programa-de-estimulos-a-la-innovacion-pei

En la gráfica 10 se verifica que el comportamiento del área industrial es similar al de la región, donde el área industrial concentra la mayor cantidad de montos asignados para la implementación de los proyectos; uno de los objetivos principales del Programa de Estímulos a la Innovación era el de Fomentar el crecimiento anual de la inversión del sector productivo

nacional en IDTI, sin embargo esta reseña estadística nos indica que no sólo se requiere una aplicación general de política pública para impulso del proceso innovador en México, también es necesaria una política focalizada a las regiones y áreas industriales más dinámicas que generen más valor agregado a los productos que ahí se desarrollan y tomar de ejemplo a estas para ver las condiciones que las hacen exitosas. De esta manera se podrían replicar métodos de las áreas industriales y regiones que concentran más proyectos en regiones no atractivas. Esto promovería un cambio estructural cuyo objetivo resida en mejorar los niveles de ingreso, superar los grandes diferenciales en los ingresos entre regiones y sectores al interior del país, y por ende eliminar el dualismo económico generado mediante el proceso innovador y posterior producción.

Grafica 10. Entidades federativas. Montos – Proyectos. PEI. 2009 - 2018



Fuente: Elaboración propia con base en Conacyt, Programa de Estímulos a la Innovación. datos.gob.mx/busca/dataset/programa-de-estimulos-a-la-innovacion-pei

4.3 Cohesión, proximidad espacial, interacción y atributos de los actores

En el apartado anterior se realizó una caracterización descriptiva de los actores que participan dentro del PEI, donde se muestra evidencia de la interacción directa entre los actores a través del espacio donde se relacionan generando una proximidad espacial efectiva. Por tal motivo, es necesario puntualizar algunas condiciones que permiten analizar el PEI con el enfoque de

análisis de redes sociales. En este sentido, Burt (2010) menciona que la cohesión entre actores de estatus similares la fuerza que vincula y, por ende de la estructura básica de la red; es decir, los actores que poseen vínculos con tipos similares de personas, tienden a comportarse de forma similar, aún y cuando no existan conexiones directas entre ellas. A mayor equivalencia estructural entre dos actores, mayor similitud se esperará en su conducta. Por otro lado, cuando se habla de rango, Granovetter (1943) menciona que los vínculos débiles son fundamentales en una primera etapa donde se generan los primeros vínculos, debido a que ellos proveen acceso a otras partes de la red que de otra forma se hallarían desconectadas, así como vínculos a fuentes externas y no redundantes de información. Burt (2010) revisó la hipótesis de Granovetter sobre la fuerza de los vínculos débiles, y sugiere que más que en la debilidad del vínculo, la fuerza de estos vínculos descansa en la función “puente” de estos actores que amplían el rango de la red y cubren los vacíos estructurales de la red, actuando como intermediarios de la información entre subgrupos. A causa de este papel, tales intermediarios usualmente son adoptadores tempranos de la innovación, siguiendo en esta revisión mínima de los conceptos que utilizaremos más adelante en este capítulo es importante señalar que los actores altamente conectados o con alta centralidad que usualmente son actores que adoptan pronto aquellas innovaciones que son consistentes con las normas grupales y se resisten a adoptar aquellas innovaciones que no encajan con las mismas. Al contrario, los miembros marginales de la red se ven menos afectados por los otros, por lo que con mayor probabilidad se encuentran entre los primeros en adoptar las innovaciones no congruentes con los valores y normas grupales, (Rogers, 2003).

La proximidad espacial es donde la conexión entre actores se genera a través de la proximidad geográfica facilita diferentes tipos de interacción y procesos de influencia; por ello, los datos de ubicación geográfica suelen tener un buen poder para identificar comunidades dentro de la red que resultan funcionales. Esto indica que los miembros de la red están distribuidos de tal forma en el espacio relacional que su cercanía física se corresponde con su cercanía relacional (Nyblom, 2003).

De acuerdo con Frambach (1993), la teoría sobre difusión del proceso innovador ha tomado tradicionalmente una perspectiva sesgada al lado del agente que adopta, ignorando con frecuencia la influencia del proveedor en los modelos de difusión y en nuestro caso de política pública que pretende incentivar a este proceso. Parte de este sesgo puede deberse a que una

de las generalizaciones básicas en la teoría clásica de la difusión de innovaciones en los procesos de innovación (Rogers, 2003), es que las fuentes externas que incentivan al proceso son mayormente relevantes en los estadios iniciales del proceso y resultan por lo tanto relevantes sólo para persuadir a los agentes que menos conectados a la red. De esta manera, damos cuenta de diferencias claras entre IES/CI, y empresas interactúan dentro del PEI. Si bien se desarrolla un vínculo capaz de incidir fuertemente sobre la toma de decisiones de los agentes, se trata de una relación asimétrica, pero los vínculos son formales pero no totalmente estrictos²⁶, lo cual limita la aplicabilidad de enfoques surgidos en el ámbito organizacional para alcanzar los objetivos marcados en el programa.

La promoción de procesos innovadores mediante políticas públicas tiene variantes entre agentes, porque las convocatorias del PEI no van encaminadas a algunas IES/CI o firmas de manera específica. Por tales motivos, es razonable que los agentes de mayor envergadura tienen un papel mucho más influyente sobre la formación de comunidades dentro de la red, donde los actores con mayor cantidad de proyectos tienen una mayor influencia.

En este sentido, con base en la información previa toma sentido el concepto de centralidad al mostrar una primera red donde encontramos el máximo grado de centralidad de la red generada por el PEI. El grado de centralidad se interpreta como la capacidad de un actor o nodo de disponer de relaciones directas. En otras palabras, la posibilidad del acceso único o directo a la red; de esta manera es que los nodos pasan a ser focos de atracción o de repulsión es en sí un signo de influencia. Freeman (1994) nos dice que si una red con un grado elevado de centralidad de todos sus nodos, la densidad del colectivo aumenta y por ende su cohesión. Este mismo autor sugiere que a partir del grado de centralidad se comienzan a vislumbrar valores diferentes dentro de la red que suponen desigualdad o igualdad en la distribución o formación de comunidades adheridas a la estructura central de la red; relacionado esto último con el apartado anterior, se supone que el valor de conexiones máximas de las IES/CI, empresas, áreas industriales y regiones, generan una accesibilidad a la red y comienzan a formar comunidades en función de la cantidad de proyectos asociados.

²⁶ Al decir que los vínculos son formales nos referimos que la vinculación inicial se da por medio de una convocatoria emitida por Conacyt que de manera general indica los objetivos del programa. Sin embargo esta convocatoria cambio año con año e incluso no acotaba el actuar de los actores inmiscuidos.

El sistema de red generado mediante el Programa de Estímulos a la Innovación se compone por 3,019 empresas, 531 universidades siendo estos los actores dentro de la red y 35 áreas industriales y 6 regiones; las áreas industriales y regiones tienen el papel de atributos dentro de una red en este sentido Wasserman y Faust (1994) nos dicen que un atributo representa una propiedad de interés de un actor es decir son las características o propiedades de un actor, cada uno de los elementos de la entidad poseen los mismos atributos y cada atributo se le asigna un valor único por elemento.

El análisis de cobertura de proyectos PEI aprobados en relación con las empresas registradas en el RENIECYT, muestra un índice de cobertura de la red entre el 8 y 10% en promedio durante los años vigentes. Hanneman (2002) sugiere que una red con muchas conexiones significa que los individuos están altamente conectados y se exponen a información más diversa al tener mayores recursos y diferentes perspectivas para la solución de sus problemas, tienen capacidad de movilizar sus recursos con mayor rapidez. Dentro de los motivos que tiene una empresa para la elección de una vinculación con una institución educativa, están la confianza, la reputación, la especialización y la rapidez para formalizar el vínculo (Hanneman, 2002); un alto grado de cercanía indica que los nodos tienen buena capacidad para conectarse con los demás actores de la red con menor esfuerzo, lo que es indicador de la existencia de aprendizaje, ayuda o influencia dentro de la red (Hanneman, 2002). Esto se debe a que quienes más propician la conexión con el resto de los actores son las IES, mientras en la categoría media se ubican empresas, principalmente. Esto nos lleva propiamente a analizar la importancia de la proximidad entre los nodos porque suceden dos condiciones. La primera es una red bien definida, mientras que en la segunda se puede observar grafos aunque concentrados, desconectados a esto se les conoce como efecto aglomeración y ayuda a las prácticas compartidas, que facilitan el flujo de diferentes tipos de conocimiento como aspecto central. Las IES y CI con alto grado de cercanía generan mayor acceso a las empresas para los procesos de intercambio y actúan como líderes en los negocios de innovación, porque son los mayores promotores de las dinámicas de acercamiento e intercambio con las empresas o IES. Lo anterior se verifica en la tabla 5 y 6 que a continuación se muestran.

Tabla 5. Conectividad. Red. Programa de Estímulos a la Innovación. 2008 – 2019.

Dimensión:	10020
Valor más bajo:	0.0000
Valor más alto.	325.0000
Sum (conexiones):	31950.0000

Fuente: Elaboración propia con base en Conacyt, Programa de Estímulos a la Innovación. datos.gob.mx/busca/dataset/programa-de-estimulos-a-la-innovacion-pei

En este sentido, más conexiones significan mayor vinculación a proyectos. Sin embargo, es importante señalar que el PEI como lo indicamos arriba dadas sus reglas de operación, no genera patrones de concentración de las conexiones dentro de las empresas, porque la vinculación recíproca entre las empresas y las IES en proyectos con más de una vinculación sugiere que al momento de colocar al actor denominado empresa, como coordinadora del proyecto, se genera una centralidad que no incentiva relaciones claras, pues sólo genera relaciones diádicas entre IES/CI y empresa. De esta manera, al analizar las conexiones de las 3,019 empresas inscritas al PEI durante los 9 años notamos que 1,776 de ellas, es decir el 58% de ellas sólo está vinculado a un proyecto, es decir no tienen tantas conexiones lo cual implica que este porcentaje de las firmas no tienen confianza en el programa y por lo tanto las posibilidades de generar futuras relaciones con actores dentro de la red se disminuyen considerablemente. Esto es sumamente importante ya que comenzamos a identificar que las empresas no son el actor principal en la formación de comunidades.

Tabla 6. Conexiones. Empresas. Programa de Estímulos a la Innovación. 2009– 2018.

Conexiones	N° de Empresas
1	1776
2	556
3	268
4	138
5	92
6	62
7	45
8	26
9	18
10	12

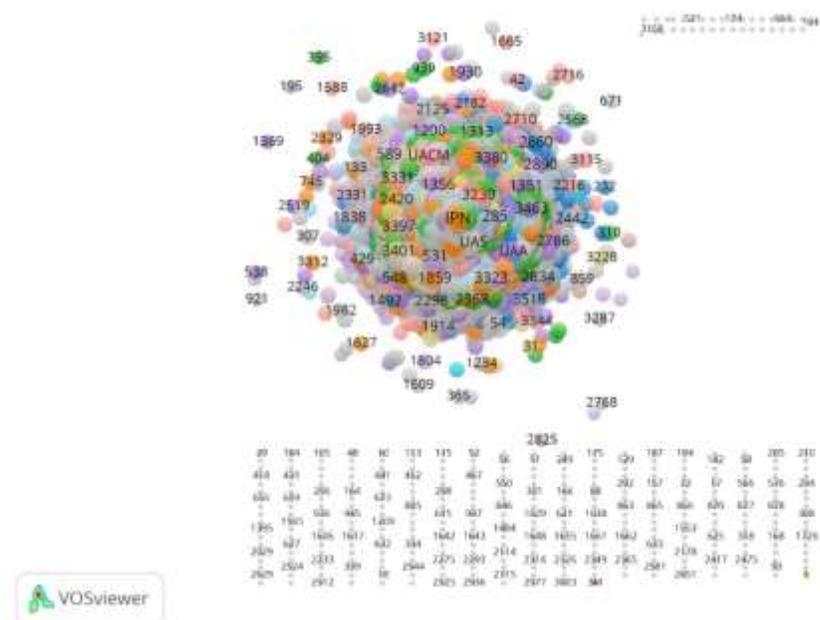
Conexiones	N° de Empresas
11	11
12	7
13	3
14	2

Fuente: Elaboración propia con base en Conacyt, Programa de Estímulos a la Innovación. datos.gob.mx/busca/dataset/programa-de-estimulos-a-la-innovacion-peii

El descubrimiento que las empresas no son el principal actor en la formación de comunidades, permite aplicar el algoritmo Kamada – Kawai para encontrar una nueva red que al no ser lo suficientemente robusta, necesita la aplicación de algoritmo Louvaine. Esta nueva red representada en la Figura 11 muestra que si bien el PEI no genera patrones de concentración dentro de las empresas y por ende este actor no es el que genera las comunidades, si permite ver relaciones horizontales entre las empresas, sin predominancia de un actor sobre otro, lo que representa un beneficio relativo términos de los propios objetivos del programa; en la parte inferior se encuentran las empresas que no están vinculadas, mientras que en la parte superior se comienza a ver el primer acercamiento a las comunidades. Lo anterior tiene gran importancia porque estimula a las empresas a acceder a través del mercado a productos de ciencia y tecnología, privilegiando a las universidades y centros de investigación como los actores desde donde se generan los vínculos para incentivar al proceso innovador.

El grafo de la figura 11 muestra que la mayoría de los vínculos de las empresas con IES/CI se generan dentro de la región y área industrial donde se localizan estas últimas y sólo un porcentaje muy pequeño se relacionan a IES/CI localizados fuera de la región y área industrial en donde la firma se posiciona. Es decir, que los atributos juegan un papel importante, porque si analizamos solamente las relaciones entre IES/CI como se ve en la figura 11 en donde cabe resaltar que esta figura se genera para mostrar una desconexión importante dentro del grafo ya que muchas empresas tienen pocas vinculaciones durante el tiempo que el programa estuvo vigente, ubicadas en diadas y localizadas en la parte inferior del grafo.

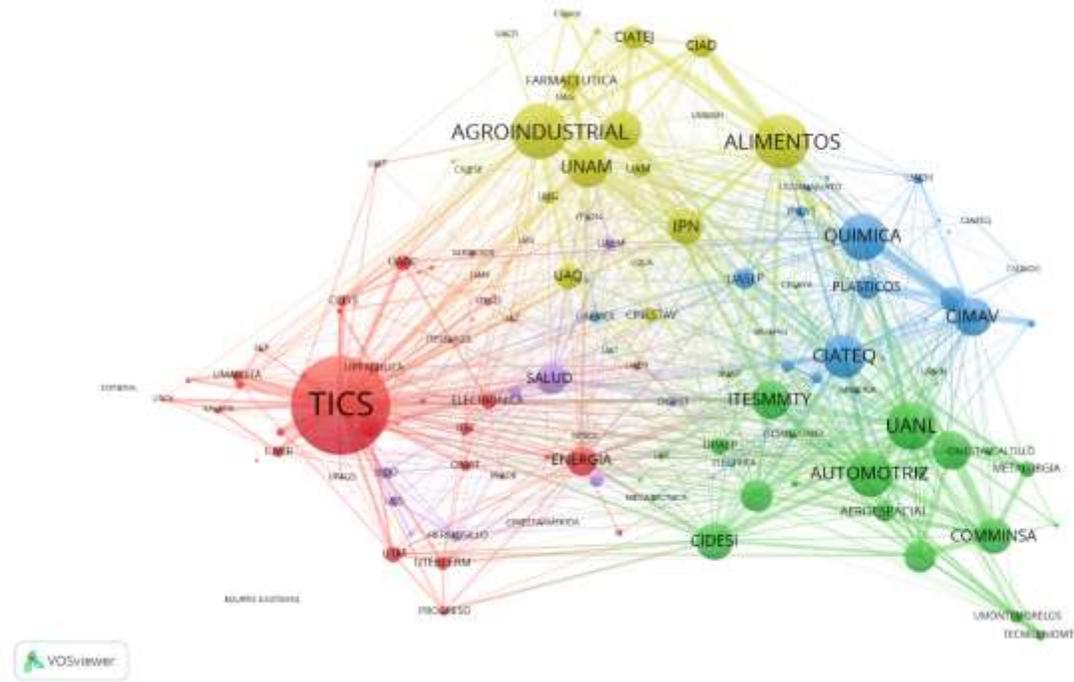
Figura 11. Grafo de la relación de Empresas – IES/CI vinculados al Programas de Estímulos a la Innovación



Fuente: Elaboración propia con base en Conacyt, Programa de Estímulos a la Innovación. datos.gob.mx/busca/dataset/programa-de-estimulos-a-la-innovacion-pei

El análisis de redes para obtener comunidades requiere del cálculo de un mapa de densidad para tener mayor claridad al momento de sacar conclusiones. En el mapa 1 se observa la densidad de proyectos adscritos a un atributo de los actores es decir a un área industrial o alguna región; es decir, muestra donde se concentran los vínculos entre IES/CI en función de sus atributos. Es importante señalar en la red anterior aún no se aplica algoritmo alguno ya que se especifica que faltan algunos pasos para identificar de manera más óptima los vínculos existentes dentro de la red social. Los datos relacionales para el presente estudio permiten sacar provecho de las herramientas del ARS para su análisis, pero describen ante todo la afiliación de los proyectos con ciertos agentes (IES/CI – Empresas) de cambio dentro de un programa de política pública que tiene como objetivo dinamizar el proceso de innovación en México.

Figura 13.²⁸. Grafo temático de afiliación IES/CI – Empresas – Sector – Región. Programa de Estímulos a la Innovación 2009 – 2018.



Fuente: Elaboración propia con base en Conacyt, Programa de Estímulos a la Innovación. datos.gob.mx/busca/dataset/programa-de-estimulos-a-la-innovacion-pei

En la figura 13 se muestra de forma gráfica la identificación de cinco comunidades de la implementación del PEI, en donde la región y el sector son los atributos principales de los actores, estos atributos de los actores funcionan como atractores principales de los proyectos que propone el PEI, es decir que las IES/CI y firmas se localizan dentro de regiones o sectores que cuentan con características como soporte institucional, recursos humanos y financieros, infraestructura y servicios especializados; en este sentido señalamos que la región centro²⁹

²⁸ Al analizar el Programa de estímulos a la innovación y las redes que se forman a partir de este, encontramos que mediante el método de Louvain Y Kamada - Kawai, que si asociamos una partición del primer nivel con otro resultaría una pérdida de modularidad. En este sentido no es probable encontrar pequeñas estructuras con buena modularidad como se puede verificar en el Grafo 2, lo cual nos indica que aunque existen actores importantes aún resulta difícil identificar estos como punteros dentro de la red. Ahora bien, para poder llegar a nuestro objetivo fue necesario incluir en el modelo de la red a otras dos variables. El Grafo 3 ya incluye al sector y la región dentro de la red de afiliación de esta manera podemos identificar organización de comunidades con características más significativas en esta red compleja.

²⁹ La región centro bajo la regionalización propuesta por CONACYT considera a estados que se encuentran cercanos a la capital del país pero también considera a entidades federativas localizadas dentro del corredor industrial del bajo. Esto es un factor importante de tomar en cuenta al momento de analizar las conclusiones ya que estados con gran potencial innovador e industrial están inmersos en una misma región.

(color amarillo) y la región noreste (color verde) y la región noroeste (rojo) figuran como las regiones en México vinculadas estrechamente a sectores de las TICS, Agroindustrial, Alimentos y Automotriz.

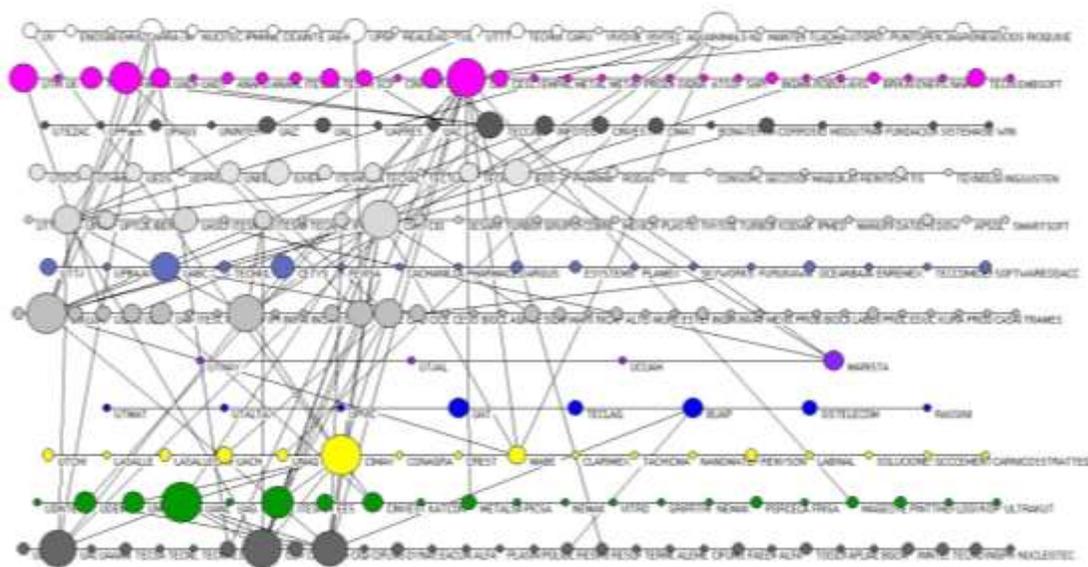
Los resultados de la investigación distinguen comunidades generadas por la interacción de los actores en el PEI por orden de importancia: i) la primera tiene relación con el atributo de los actores relacionados al área industrial de las tecnologías de información y comunicación (TIC), que se vinculan con las áreas industriales de electrónica y energía, así como IES/CI y empresas maquiladoras localizadas en la zona noroeste del país, ii) la segunda con el sector automotriz que tiene relación con la aeroespacial, así como IES/CI y firmas de la región noreste del país; iii) en la tercera, el sector predominante es química que tiene relación con los plásticos, así como IES/CI y empresas de la zona del bajo; iv) agroindustrial que tiene relación con los alimentos y farmacéutica, además de vínculos con IES/CI y empresas de la región centro, y v) la más pequeña de todas es la comunidad que tiene como actor al área industrial referida a la salud, que además de ser la más pequeña de todas, no tiene una zona geográfica definida y se relaciona con IES/CI de todo el país.

Las comunidades tienen dos formas de gestarse. La primera tiene que ver con el grado de especialización de las empresas y también con la proximidad espacial, dentro de esta manera tenemos como ejemplo la región noroeste que aunque no tiene una gran cantidad de proyectos forma una comunidad sólida echando mano de la especialización maquiladora ubicada en aquella parte de la frontera norte del país. La segunda forma de generar comunidades es mediante la mayor cantidad de proyectos asociados a un área industrial o región, aquí tenemos de ejemplo a la región centro y noreste, estas regiones tienen dentro de sus límites geográficos, localizados a estados con gran tradición innovadora e industrial, dadas las condiciones preexistentes de infraestructura como de localización de IES/CI convierte a estas dos regiones en las referentes para la formación de comunidades de actores participantes en el PEI. Las dos comunidades restantes que tienen vínculos con el sector salud y el sector química son comunidades fuertes pero con características importantes de resaltar. Estas dos comunidades se forman a través de la cantidad de proyectos asociados al sector salud y sector química sin embargo se trata de redes con un bajo nivel de densidad. Al evaluar estas redes es necesario implementar estrategias para fomentar la interacción entre los actores aislados. En contraste, el valor de la centralización es comparativamente elevado. Esto nos indica que

por la naturaleza de estas dos áreas industriales tienen vínculos con todas las regiones existentes y no se localizan en una en específico. La hipótesis de esta investigación dice que el comportamiento de los actores está asociado a la posición que ocupan en el sistema estructurado de las relaciones sociales, es decir, que los lazos relacionales surgidos a través de los patrones de concentración de las empresas y los estímulos complementarios otorgados para la realización de proyectos para investigación, desarrollo tecnológico e innovación por el Programa de Estímulos a la Innovación (PEI), generan comunidades sólidas en aquellas regiones y sectores que cuentan con capacidades específicas como soporte institucional, recursos humanos y financieros, infraestructura y servicios especializados, es decir que las regiones y los sectores con las características antes mencionadas son las que dominan la escena en el aprovechamiento de todo tipo de estímulos, aun cuando su competitividad descansa en otros recursos y no en la innovación propiamente dicha. En este sentido y para poder poner en marcha el modelo de la triple hélice a partir de esfuerzos de política pública como lo es el PEI. Se requiere incluir una serie de condiciones que a continuación se enlistan y que pudieran permitir al espacio donde los actores se relacionan un mejor aprovechamiento de este tipo de estímulos y que la competitividad de estos pudiera descansar en estos recursos para tener como finalidad un proceso innovador exitoso:

- I. Introducir a las instituciones de educación superior, facilitadores o centros de interacción con las empresas.
- II. Legislación para que los incentivos favorezcan a las 3 partes de la hélice
- III. Diferenciar el espacio donde se aplican este tipo de programas para reconocer las bondades u obstáculos de cada uno de estas regiones o sectores.
- IV. Marcar una aproximación diferencia entre las universidades, tecnológicos, centros de investigación, IES públicas o privadas.
- V. Análisis por parte del Estado de este tipo de programas y su continuación sin dinamitarlos sin previos estudios.
- VI. Compatibilizar los objetivos de los actores involucrados ya que eliminaríamos rentabilidades diferenciadas entre actores.
- VII. Incrementar la capacitación con base en un objetivo dual es decir mantener e incrementar el conocimiento dando respuesta a los problemas reales de la sociedad mexicana.

Figura 14. Identificación de comunidades. IES/CI – Empresas Programa de Estímulos a la Innovación 2009 – 2018.

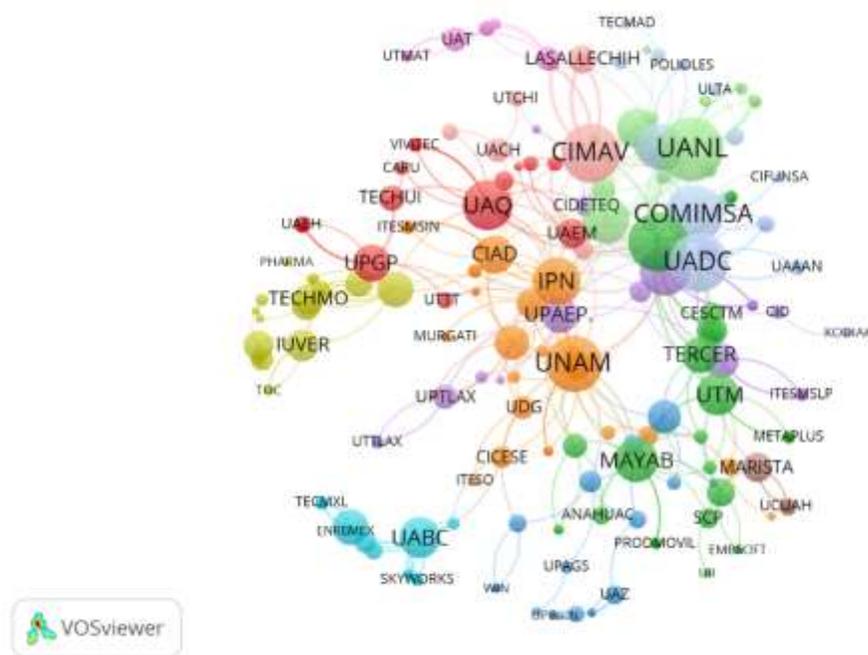


Fuente: Elaboración propia con base en Conacyt, Programa de Estímulos a la Innovación. datos.gob.mx/busca/dataset/programa-de-estimulos-a-la-innovacion-pei

Para poder identificar de manera más óptima estas comunidades se transfiere este grafo al programa VOS en donde se genera la figura 15. En la figura 15 podemos ver la relación entre IES/CI – Empresas, aquí las 12 comunidades encontradas, el tamaño del nodo sugiere una mayor cantidad de proyectos adscritos al actor, de esta manera permaneciendo y se contrasta con la red temática 11 en donde se incluyó el área industrial para el análisis. Recordando la hipótesis de este investigación dice que el comportamiento de los actores está asociado a la posición que ocupan en el sistema estructurado de las relaciones sociales, es decir, que los lazos relacionales surgidos a través de los patrones de concentración de las empresas y los estímulos complementarios otorgados para proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación por el Programa de Estímulos a la Innovación (PEI), generan comunidades solidas en aquellas regiones y sectores que cuentan con capacidades específicas, en sentido y aplicando la aclaración teórica antes descrita procedimos a realizar una identificación de comunidades a partir de los vínculos generados solo entre actores dejando a fuera los atributos de estos, en la figura 14 se identifican 12 grandes comunidades de actores que por la vinculación entre proyectos comienzan a generar comunidades a través de la permanencia en el programa de estímulos a la innovación. De esta manera

podemos verificar que existen IES/CI y firmas que resaltan dentro de las comunidades y que comienzan a generar vínculos a través del tiempo.

Figura 15. Red de afiliación mediante los proyectos en los que se involucran IES/CI – Empresas. Programa de Estímulos a la Innovación. 2009 – 2018.



Fuente: Elaboración propia con base en Conacyt, Programa de Estímulos a la Innovación. datos.gob.mx/busca/dataset/programa-de-estimulos-a-la-innovacion-pe-i

En la figura 15 podemos observar que los mismos actores relevantes de la figura 11 vuelven a aparecer incluso cuando dejamos fuera el atributo y forman comunidades a partir de la cantidad de proyectos involucrados. Cabe mencionar que esta relación IES/CI – Empresas se mediante los proyectos sin embargo se desarrolla en espacios específicos. Estas relaciones se generan a partir de la localización de los actores en la red y en el espacio mismo dadas las características particulares de estas, las IES/CI de alto renombre como la UNAM, UdG, UANL, IPN entre otras aparecen como los nodos centrales dentro de la red, estas funcionan como vinculadores principales y de ahí se desprenden las comunidades localizadas en la periferia de la red en donde encontramos universidades estatales que se relacionan con empresas localizadas específicamente en las regiones donde estas tienen alcances de esta manera se verifica la hipótesis nuevamente es decir que el comportamiento de los actores está asociado a la posición que ocupan en el sistema estructurado de las relaciones sociales, es decir, que los lazos relacionales surgidos a través de los patrones de concentración de las

empresas y los estímulos complementarios otorgados para proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación por el Programa de Estímulos a la Innovación (PEI), generan comunidades solidas en aquellas regiones y sectores que cuentan con capacidades específicas.

Recapitulación

En el capítulo anterior se muestran los resultados más importantes de la presente investigación. Los resultados muestran una relación significativa de actores y las vinculaciones entre ellos cuando se adhieren a las reglas de operación del programa. Se creía que las empresas serian el atributo que impulsaría la formación de comunidades sin embargo es la región y el área industrial aquellas que juegan el papel de concentradores de proyectos dadas las condiciones dentro de ellas. También los resultados nos muestran el papel vinculador de las IES/CI, en donde las universidades localizadas dentro de las regiones más dinámicas son las que desarrollan y difunden el proceso innovador. Hanneman (2005) sugieren que el poder es directamente proporcional a los lazos adyacentes del actor, es decir, entre más lazos tenga un actor, más poder tiene. De acuerdo con lo anterior, en estas comunidades existen universidades que tienden a ocupar posiciones favorables. Por ende, cuentan con un mayor número de colaboradores cercanos para realizar sus actividades difusión del conocimiento. Las comunidades se gestan desde dos maneras siendo la primera de estas la relación con el grado de especialización de las empresas y también con la proximidad espacial, dentro de esta manera tenemos como ejemplo la región noroeste que aunque no tiene una gran cantidad de proyectos forma una comunidad solida echando mano de la especialización maquiladora. La segunda forma de generar comunidades es mediante el número de proyectos asociados por ejemplo la región centro y noreste, Las dos comunidades restantes que tienen vínculos con el sector salud y el sector química son comunidades fuertes pero con características importantes de resaltar. Estas dos comunidades se forman a través de la cantidad de proyectos asociados al sector salud y sector química sin embargo se trata de redes con un bajo nivel de densidad.

Capítulo 5. Conclusiones

Las comunidades o formas organizacionales identificadas en el Programa de Estímulos a la Innovación no se forman propiamente por dicho programa, porque aunque uno de sus objetivos específicos es incentivar el proceso innovador, no toma en cuenta en sus reglas de operación condiciones específicas tanto regionales como sectoriales, condiciones previamente instaladas dentro del territorio. La economía mexicana inmersa en la economía global actual, no ha tenido una directriz que contemple a la innovación como una condición esencial para su crecimiento y posterior desarrollo. Los esfuerzos por vincular a las IES/CE y empresas a través de estímulos que el Estado brinda, sin duda ejerce efectos multiplicadores durante el proceso de innovación, pero al no reconocer la heterogeneidad regional y sectorial, difícilmente estos esfuerzos en materia de política pública tendrán incidencia en el desarrollo regional.

El PEI no considera en sus reglas de operación la estructura empresarial, las diferencias organizacionales dentro de las IES (como un departamento de vinculación, por ejemplo), así como la heterogeneidad de la región y del sector. Esto genera problemas en los resultados del Programa donde en la implementación a través del análisis de comunidades se presentan sesgos de acceso a los programas públicos por errores de diseño, por lo que la cobertura de la mejora de atención a la innovación es menor a lo esperado, dejan fuera del programa a muchas empresas que reúnen todas las características y atributos, y que fueron las que motivaron el diseño del programa.

Los recursos que se han destinado vía CONACYT a fortalecer la capacidad de innovación han logrado mejoras en la capacidad de innovación de las empresas, sin embargo, pueden existir sesgos de selección importantes porque las denominadas microempresas y pequeñas empresas que aprovecharon los recursos públicos del programa de estímulos a la innovación en su gran mayoría responden a una estrategia empresarial de gestión y creación de microempresas por parte de empresas medianas y grandes para aprovechar los recursos públicos destinados a fomento teniendo mucha implicación las bondades regionales y/o sectoriales mediante las cuales se desenvuelven.

En este sentido, el proceso de innovador que se pretendía gestar a través del PEI no relega de manera directa a las pequeñas empresas, sin embargo a través del tiempo es un fenómeno complejo que se vuelve de difícil alcance para estas, porque los factores externos de atmósfera del conocimiento no les incorpora y porque muchos de los factores internos asociados al perfil del empresario y a la organización de la empresa tienen baja incidencia en su empuje emprendedor y de innovación.

Por tal motivo, se considera que la identificación de clústeres puede coadyuvar a un mejor entendimiento del sistema económico, lo cual podría ser relevante en la formulación de estrategias de política industrial, para promover este tipo de actividades y focalizar así esfuerzos y recursos (Varga 2008). La formulación de la política industrial podría centrarse en las regiones donde existen comunidades localizadas en el territorio, para así poder crear las condiciones como la infraestructura, por ejemplo, que puedan atraer talento humano para reforzar los sectores de innovación que ya existen en esas zonas (Lee et al. 2004).

La identificación de comunidades de esta investigación permite realizar recomendaciones de política donde se establezcan un conjunto de condiciones, en las que la actividad de ciertas regiones se constituya en un polo de desarrollo regional a partir de los sectores más beneficiados por el PEI para de esta manera señalar la necesidad de utilizar insumos regionales y sectoriales. El cumplimiento de dichas condiciones, más que una articulación de políticas de carácter público-privado, podrían generar dinámicas de desarrollo que pueden ser sostenidas por sí mismas a través de la aglomeración y concentración de las áreas industriales que dirigen a la producción de una región (Rózga, 2002).

Lo anterior permite llegar a ciertos resultados desde una perspectiva general, donde se toma como referencia la hipótesis de investigación: el comportamiento de los actores está asociado a la posición que ocupan en el sistema estructurado de las relaciones sociales, es decir, que los lazos relacionales surgidos a través de los patrones de concentración de las empresas y los estímulos complementarios otorgados para proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación por el Programa de Estímulos a la Innovación (PEI), generan comunidades sólidas en aquellas regiones y sectores que cuentan con capacidades específicas como soporte institucional, recursos humanos y financieros, infraestructura y servicios especializados, es decir que las regiones y los sectores dinámicos son las que dominan la escena en el aprovechamiento de este tipo de estímulos, aun cuando su competitividad

descansa en otros recursos y no en la innovación o implementación de estos programas propiamente dicha.

El concepto de innovación, a partir de la segunda mitad del siglo XX, tomó una relevancia importancia al ser considerado como un camino efectivo hacia el desarrollo económico y social de los países, en especial para los países en vías de desarrollo. La construcción o implementación de políticas públicas enfocadas a impulsar la innovación presenta numerosas propuestas emanadas desde los distintos niveles de gobierno. La revisión literaria de la presente investigación comenzó con el texto publicado por la OCDE en 2010 donde nos habla sobre la introducción de un nuevo significado de la dentro de los procesos de globalización. Aquí se toman en cuenta la mejora de los productos ya sean bienes o servicios a través de un proceso donde tienen injerencia varios actores que tienen presencia en diferentes sectores de la sociedad. De esta manera la innovación contempla la interacción de diferentes sujetos que generan cambios disruptivos cuando se interconecta, cuyo impacto es significativo y diferenciado en el mercado y por ende en la actividad económica de un país, sector o región. En este informe de la OCDE se hace énfasis en que la principal fuente o base de la innovación es la relación de los cambios tecnológicos en productos y procesos con los actores que intervienen en este proceso. Sin embargo, la innovación también puede ser de base no tecnológica y está esta a su vez relacionada con el impulso que se le da a este proceso desde el estado. En su esencia, innovar comprende la noción de novedad, y su efecto puede manifestarse en una escala micro, en la empresa, por ejemplo, o en una escala macro, en el mercado, región, sector o país. Desde la teoría económica, la competencia en el mercado es un aspecto que está en la base de los procesos de innovación. Es así siempre y cuando se garantice la recuperación de los costos de la inversión, la competencia incentiva a las empresas a ser más efectivas y a superar a las demás. En un escenario de heterogeneidad regional y sectorial como el que impera en México, las firmas se ven obligadas a reforzar sus capacidades de innovación o a pedir garantías al Estado si desean tener éxito en un entorno como el de la economía mexicana; dada la heterogeneidad, sectorial y regional en México los procesos de innovación a través de estos espacios requieren mecanismos diferentes que van aplicados mediante la estructura de las firmas, factores institucionales, infraestructura y regulaciones mismas que pueden diferir o variar en su rol e importancia. La diversidad de actores, procesos de aprendizaje, necesidades de las organizaciones deben ser considerados

en el momento de formular las políticas, porque la innovación puede cambiar de sector en sector, de región en región es decir que ocurre en múltiples maneras y tiene efectos variados. En este sentido, a pesar de los esfuerzos que se han implementado en México para incentivar al proceso de innovación tales como la apertura internacional, la implementación de programas de estímulos fiscales entre otros, seguimos rezagados en comparación de los punteros mundiales y regionales en esta área. México tiene grandes lagunas y retos en temas como la productividad, teniendo como consecuencia inherente desigualdades entre la población que con el paso del tiempo parecieran irreconciliables y una muy deficiente coordinación entre actores para la implementación de política pública.

El desarrollo del proceso de innovación es un deber para el país que debe ser atendido con una visión integral que trascienda las miradas enfocadas a una región o sector específico a través de un espacio favorable a las sinergias de intersección de actores. El fomento de la innovación es una competencia compartida entre el Estado, las empresas, las instituciones de educación superior y la sociedad en general. Por lo tanto, para poder expandir el sistema de innovación en México y hacerlo duradero y sostenible, es entonces necesario reparar estos desajustes y desequilibrios entre el sector público y el sector privado, a través de la cooperación conjunta y la inclusión de la academia. La literatura del tema teniendo en cuenta las experiencias de otros países han mostrado que hay una correlación directa entre el compromiso del gobierno a innovar y sus políticas fiscales en I + D y su habilidad de atraer y retener a organizaciones o firmas innovadoras (Burt, 2010).

Los incentivos varían según las necesidades y características propias de cada país o región en donde se implementen sin embargo la idea general es que sean diseñados para ajustarse a las necesidades de nuevas empresas y que consideren balancear el apoyo indirecto a la I + D por medio de incentivos tributarios con medidas de soporte directas para fomentar la innovación (OCDE, 2010). Según el informe de la OCDE para ciencia y tecnología durante la década comprendida de 2000 al 2010 más de un tercio del apoyo público a I+D en los países de la OCDE se realizó mediante incentivos fiscales. Este tipo de incentivos son muy populares dadas los acuerdos internacionales.

El nivel de inversión en México en actividades relacionadas con investigación y desarrollo de tecnología es considerablemente bajo si lo comparamos en el contexto latinoamericano, donde los países buscan emerger como potencias medias a nivel región, los indicadores de

competitividad reflejan un atraso notable en esta materia. En este contexto, uno de los esfuerzos del Estado mexicano durante el periodo que comprende los años de 2009 a 2018 fue la implementación del Programa de Estímulos a la Innovación. El Programa de Estímulos a la Innovación tiene su concepción o su base teórica en el modelo de la Triple Hélice que fue propuesto por Etzkowitz en el año 1997. Este modelo buscaba darle una explicación al funcionamiento de los sistemas de innovación desde una mirada donde interactuaban la administración pública, las firmas y las instituciones de educación superior. Es decir, el modelo se enfoca en proponer que las instituciones de educación superior son un factor fundamental ya que visan de una importancia muy fuerte en la relaciones sociedad – universidad y en los procesos económicos de una región determinada. De manera simple, el modelo hace referencia al Estado como incentivador del proceso innovador, a las instituciones de educación superior como el desarrollador del proceso y a las firmas o empresas como las que ejecutan dicho proceso. Este modelo y por ende el PEI se contempla como un medio para fomentar las innovaciones y por ende el crecimiento económico. Aquí cabe destacar que se propone crear un espacio propicio que permitan la eficaz coordinación entre las partes involucradas.

La investigación encuentra que existen tres aspectos a considerar vinculados con la Teoría de la Triple Hélice que da sustento teórico al PEI. El primero aspecto es que el Estado involucra dentro de su aparato, instituciones de educación superior de naturaleza y fines heterogéneos, donde deben generar condiciones óptimas para que estas instituciones se puedan vincular al proceso de innovación. Este modelo de hélice pudiera ser asimilable a las economías centralizadas o planificadas y que de alguna manera permiten avances significativos cuando las condiciones de países son demasiado atrasadas. En el segundo aspecto es observar el comportamiento de la triple hélice donde existe una separación total entre las hélices, fronteras marcadas entre el papel que desempeñan los actores involucrados. Esta triple hélice nos puede sonar a una realidad más cercana a la economía mexicana, donde después de la década de 1980 se le quita al Estado el papel preponderante como impulsor y se da paso a que el mercado con base en premios y castigos tome el papel de asignar óptimamente los recursos. Por último, se puede analizar la triple hélice como aquella donde se genera el conocimiento a través de la intermediación de las hélices, donde existe una

correlación o superposición de las hélices y se asumen no solo el papel propio si no que se contagia del otro actor.

El objetivo de esta investigación fue identificar comunidades dentro de la estructura de red general que permitan visualizar aquellos actores que, dentro de las reglas de operación que propone el Programa, cuenten con un mayor número de proyectos asociados, lo que significa que son atractivos dentro del proceso innovador y permite reconocer los mecanismos de una estrategia que fomente la inversión en innovación de las empresas con base en las comunidades y estructura de la red. Por tal motivo, las conclusiones son las siguientes:

- I. Se sugiere que las tres hélices comenzaron a generar mecanismos para crear una sociedad del conocimiento. Sin embargo, sólo fue un intento ya que al no reconocer las heterogeneidades dentro de los atributos de los actores (áreas industriales y regiones) el proceso se vuelve más complejo.
- II. Los casos de innovación exitosos fueron el resultado de la interacción de los diferentes actores mediante regiones y sectores que permitieron la vinculación durante las diferentes fases del programa.
- III. La necesidad de conocer la especificidad del espacio es sumamente importante y la triple hélice como fundamento teórico del PEI no lo contempla. Los esfuerzos de política pública para reforzar el proceso de innovación en México deben de considerar especificidades regionales e industriales al momento de su creación y posterior implementación.
- IV. El comportamiento de los actores se asocia con la posición que ocupan en el sistema estructurado de las relaciones sociales, es decir, que los lazos relacionales surgidos a través de los patrones de concentración de las regiones y de las áreas industriales y los estímulos complementarios otorgados para proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación por el Programa de Estímulos a la Innovación (PEI), son las condiciones que funcionan como atractivos principales y es desde estos donde se gesta la formación de comunidades. Las empresas no son las generadoras de comunidades y la generación de comunidades sólidas se da en aquellas regiones y sectores que cuentan con capacidades específicas como soporte institucional, recursos humanos y financieros, infraestructura y servicios especializados, es decir las regiones y los sectores dinámicos son las que dominan la escena en el aprovechamiento de

estímulos, aun cuando su competitividad descansa en otros recursos y no en la innovación o implementación de estos programas propiamente dicha.

Las líneas de investigación a desarrollar en el futuro deben partir del entendimiento que las redes sociales forman parte de la vida de los diferentes actores sociales. Es por esto que el ARS sociales cobra una importancia relevante al generar herramientas que permiten ver las situaciones en las que estos actores se inmiscuyen de una manera compleja. Por tal motivo, queda como tarea pendiente estudiar las comunidades por específico. Dentro de este análisis se deben investigar las características particulares de cada actor para identificar si alguna de estas características tiene importancia en la formación de la comunidad; otra de las líneas futuras de investigación tiene que ver con la metodología de ARS, es decir la base de datos da para poder explorarla a nivel topológico, mediante programación y micro simulación es posible encontrar resultados interesantes al integrar supuestos de comportamiento de los actores, por último la línea de investigación que también quedaría pendiente es el proponer una regionalización que se adapte a la realidad del territorio mexicano, la identificación de comunidades de actores con características similares es un buen punto de partida para integrar regiones funcionales.

Anexo Teórico

Contextualización y definición de métricas

Para entender las redes y sus actores, las cuales ayudan a determinar la importancia y el rol de un actor en la red, existe una serie de métricas. Las cuales son explicadas en el presente apartado con la finalidad de facilitar al lector su entendimiento. Las más usadas se clasifican en métricas de centralidad y poder, y métricas de grupos. Mediante las métricas y los métodos actuales, los datos de la red pueden ser organizados y analizados para capturar los diversos procesos que ocurren en diferentes niveles de análisis. Los conceptos que se presentan a continuación son tomados de los textos de Newman (2010), De Nooy et al. (2011) Hanneman (2005) y Kuz et al. (2016)

1. Análisis de Clúster: Encontrar grupos dentro de la red de acuerdo a sus relaciones.
2. Centralidad de cercanía: Son nodos que a pesar de tener pocas conexiones, sus arcos permiten llegar a todos los puntos de la red más rápidamente que desde cualquier otro punto.
3. Centralización de la red: Es una medida de contribución de una posición en la red para la importancia e influencia de un actor en la red. Una alta centralidad en la red es dominada por uno o pocos nodos. Si esos nodos son removidos la red rápidamente se fragmentara en subredes desconectadas. Por otro lado, una red con baja centralidad no tiene un único punto de falla por lo que las hace mucho más resistentes.
4. Centralidad del Vector: Es una medida de la influencia de un nodo en una red. Asigna puntuaciones relativas a todos los nodos de la red basada en el concepto de que las conexiones a los nodos de alta puntuación contribuyen más a la puntuación del nodo en cuestión de la igualdad de las conexiones a los nodos de baja puntuación.
5. Cohesión: Describe la interconexión de los actores en la red.
6. Estructura de las comunidades: Mide el nivel de descomposición de la red en comunidades modulares. Una alta modularidad indica una sofisticada estructura interna.
7. Grado: Es el grado de un vértice v es el número de líneas que tienen a v como nodo de uno de sus extremos.

8. Grado de centralidad: Los investigadores de redes sociales miden la actividad en la red usando el concepto de degree centrality, es decir el número de conexiones directas que tiene un nodo.
9. Núcleos: La noción de centro fue introducida por Seidman en 1983 y establece que un vértice perteneciente a un k -núcleo está unido al menos a otros k vértices.
10. Equivalencia estructural: Determinar que nodos juegan roles similares en la red.
11. Descomposiciones: dividir las grandes redes sociales en redes más pequeñas para poder aplicar métodos de análisis más sofisticados.
12. Reducción: contraer un grupo de nodos de la red en un único nodo.
13. Particiones: encontrar grupos interesante dentro de una red basados en sus propiedades o pesos.
14. Distancia geodésica: camino más corto entre dos nodos.
15. Centralidad de Intermediación: es un indicador de la centralidad de la red. Es igual al número de caminos más cortos de todos los vértices a todos los otros que pasan a través de ese nodo.
16. Coeficiente de Clúster: es el coeficiente de agrupamiento de un vértice en un grafo cuantifica qué tanto está de agrupado con sus vecinos. Se puede decir que si el vértice está agrupado como un clique su valor es máximo, mientras que un valor pequeño indica un vértice poco agrupado en la red.
17. Distancia: indica entre dos actores cómo de cerca uno está de otro.
18. Lazos débiles: indica relaciones especializadas entre dos actores sociales.
19. Lazos fuertes: a diferencia de los lazos débiles indican relaciones sociales cercanas y solidarias.
20. Modularidad: es una medida de la estructura de las redes, diseñada para medir la fuerza de la división de una red en módulos. Las redes con alta modularidad tienen conexiones densas entre los nodos dentro de los módulos, pero escasas conexiones entre los nodos en diferentes módulos. La modularidad se utiliza a menudo en métodos de optimización para la detección de estructura de la comunidad en las redes. Sin embargo, se ha demostrado que la modularidad sufre un límite de resolución y, por tanto, es incapaz de detectar pequeñas comunidades.

La importancia que tienen las métricas es que permiten efectuar las mediciones para cuantificar la estructura y los patrones de las relaciones entre los actores. Siendo primordial conocer los actores que participan en una red como así también la estructura de las relaciones. Visualizar la densidad de estas relaciones y poder revelar los actores que juegan papeles claves en la red. El ARS ofrece un número extenso de métricas para estudiar distintas propiedades de la red.

Estimación

Para estimar la densidad de la red, es decir dónde es que se concentran los actores mas vinculados, primero se obtuvo la matriz de adyacencia de cada red bi-modal³⁰. De esta manera se describen por partes las conexiones en una red es decir se muestran la conexión potencial entre dos modos o grupos de actores. Para estimar la centralidad ocupamos la en la fórmula propuesta por Freeman (1991):

$$\sum [c^* - c_i] / \max \sum [c^* - c_i]$$

que corresponde a la suma de las diferencias entre el nivel de centralidad del actor que tuvo el índice más alto, y el nivel de cada uno de los demás actores, normalizadas de acuerdo al máximo nivel de centralización posible ($\max \sum [c^* - c_i]$), que es el del gráfico en forma de estrella, donde c^* es el actor con el índice más alto y c_i es el nivel máximo de centralización posible.

En el presente caso, la estimación se hizo de acuerdo con el procedimiento sugerido por Everett y Borgatti (2005) para extender las medidas de centralización a las redes de 2 - modos. En este estudio se utiliza básicamente la centralidad de grados de cada proyecto asociado al PEI que corresponde al conteo de vínculos del proyecto con los distintos agentes de influencia social, (IES/CI – Empresas) normalizado por el número máximo posible de eventos al que el proyecto podría haber estado vinculado; de tal forma que, para estimar la

³⁰ Para comodidad en el manejo de base de datos se optó por programar la base de datos y transformarla en matriz de adyacencia en partes, es decir que se toman los datos de la base original y se general relaciones bimodales, IES/CI – Firmas, IES/CI – Sectores, IES/CI – Regiones, Firmas – Regiones, Firmas – Sectores. Podrán encontrar todas las matrices de adyacencia elaboradas en el anexo estadístico que se presenta al final de este documento.

centralización también fue necesario estimar la centralidad de grados de cada evento, normalizado según el máximo número de actores que el evento pudo haber abarcado. Con estos datos se identifica el actor de mayor centralidad en toda la red y se le utiliza para estimar el dividendo en la fórmula de Freeman (1991). El divisor, a su vez, se estima de acuerdo con la siguiente fórmula propuesta por los autores citados para estimar el máximo nivel de centralización posible en redes de 2- modos:

$$(n_o - n_i - n_o + 1) (n_i + n_o) / (n_i n_o),$$

en donde: n_o es el tamaño del set de nodos al que pertenece aquél con el mayor grado de centralidad (c^*), y que podría ser tanto el conjunto de actores como el set de eventos, y n_i es el set complementario.

Con base en los cálculos anteriores se obtiene la Red 1, en donde se genera una red en forma de estrella que nos indica el máximo grado de centralidad de la red que el PEI genera; es importante señalar que esta red no genera información para el cumplimiento de los objetivos de la investigación, pero es el primer paso que permite avanzar en la consecución de las redes consiguientes.

Identificación de comunidades utilizando Pajek y VOSviewer

Partiendo del número de comunidades teniendo el número de estas y el tamaño de la comunidad no son demasiado grandes podemos utilizar comunidades para obtener una imagen aproximada de toda la red. Según los manuales de Pajek disponibles en <http://mrvar.fdv.uni-lj.si/pajek/>, las redes con hasta 100,000 vértices se pueden visualizar si el número de comunidades no es mayor que 11,000, y el tamaño de la comunidad más grande no es mayor que 1000 al mismo tiempo. En nuestra investigación tenemos aproximadamente: 10,000 vértices, 134 comunidades y el tamaño de la comunidad más grande está por debajo de 92. En este sentido para ver el tamaño de la comunidad más grande, podemos ordenar la partición obtenida en orden decreciente siguiendo la secuencia de pasos que a continuación se menciona.

Secuencia de pasos en Pajek:

- 1.Reducir las comunidades (Operations/Network+Partition/Shrink Network) y dejar respuestas predeterminadas cuando se solicite una entrada. Como resultado, obtenemos una red reducida donde los vértices representan a las comunidades y el valor entre dos comunidades representa el valor total de las líneas que conectan los vértices pertenecientes a las dos comunidades. También obtenemos un bucle para cada comunidad, el valor significa la suma de valores de línea dentro de la comunidad.
- 2.Visualizar la red contraída obtenida. En esta red, los valores de las líneas son muy importantes (queremos que las comunidades que son más similares se acerquen entre sí). Por lo tanto, debemos usar algún algoritmo de diseño que tenga en cuenta los valores de las líneas como similitudes. El mapeo de VOS y el dibujo de energía son adecuados para este propósito.
- 3.Correr VOS el que los valores son line siempre se tienen en cuenta. Aplicar el dibujo de energía, primero debemos verificar las Options/Values of Lines/Similarities (en la ventana Draw). Luego ejecuta cualquier dibujo de energía, p. Kamada-Kawai.
- 4.Como resultado, obtenemos un diseño de conexiones entre las comunidades. Ahora aplicamos las coordenadas de la red contraída a toda la red. Para hacer eso: seleccionamos la red encogida (134 vértices) como la primera red, seleccione la red original (10020 vértices) como segunda red. Por último, seleccionamos la partición utilizada para la reducción (con dimensión igual a la red original, 10020 en nuestro caso).

Código utilizado en Python para transformación de la base de datos en la matriz de adyacencia

El código utilizado para transformar la base de datos original en una matriz de adyacencia consiste en generar instrucciones mediante las cuales se exporta la base desde Excel para posteriormente hacer una depuración de los nombres repetidos. Como paso siguiente el código transforma las filas de la base de datos original en columnas en donde se comienza a generar las afiliaciones en estas columnas señalando con un 1 las coincidencias y con un 0 las relaciones nulas.

Código base para transformación de base de datos “messy data base” en matrices de adyacencia.

```
import pandas as pd
import numpy as np
M = pd.read_excel('BASEFUL.xlsx',sheet_name=0)#M =
pd.read_csv('BASE2009.csv')#,sheet_name=BASE2009)
DF=pd.DataFrame(M)
Fil=DF.shape[0]
Col=DF.shape[1]
DF = DF.replace(0, np.nan) # Reemplaza ceros por NaN
#Para eliminar duplicadas *****
dupIDF = DF[DF.duplicated(['VINC1'])]
cab1=DF['VINC1'].drop(index=dupIDF['ID'])
cab1=cab1.dropna()
#Vinculación 2 *****
dupl2 = DF[DF.duplicated(['VINC2'])]
cab2=DF['VINC2'].drop(index=dupl2['ID'])
cab2=cab2.dropna()
cab2=pd.Series(cab2)
#Vinculación 3 *****
dupl3 = DF[DF.duplicated(['VINC3'])]
cab3=DF['VINC3'].drop(index=dupl3['ID'])
cab3=cab3.dropna()
#Vinculación 4 *****
dupl4 = DF[DF.duplicated(['VINC4'])]
cab4=DF['VINC4'].drop(index=dupl4['ID'])
cab4=cab4.dropna()
#Vinculación 5 *****
dupl5 = DF[DF.duplicated(['VINC5'])]
cab5=DF['VINC5'].drop(index=dupl5['ID'])
cab5=cab5.dropna()
#Vinculación 6 *****
dupl6 = DF[DF.duplicated(['VINC6'])]
cab6=DF['VINC6'].drop(index=dupl6['ID'])
cab6=cab6.dropna()
```

```

#Vinculación 7 *****
dupl7 = DF[DF.duplicated(['VINC7'])]
cab7=DF['VINC7'].drop(index=dupl7['ID'])
cab7=cab7.dropna()
#Vinculación 8 *****
dupl8 = DF[DF.duplicated(['VINC8'])]
cab8=DF['VINC7'].drop(index=dupl8['ID'])
cab8=cab8.dropna()
#Vinculación 9 *****
dupl9 = DF[DF.duplicated(['VINC9'])]
cab9=DF['VINC9'].drop(index=dupl9['ID'])
cab9=cab9.dropna()
#Vinculación 10 *****
dupl10 = DF[DF.duplicated(['VINC10'])]
cab10=DF['VINC10'].drop(index=dupl10['ID'])
cab10=cab10.dropna()
#Vinculación 11 *****
dupl11 = DF[DF.duplicated(['VINC11'])]
cab11=DF['VINC11'].drop(index=dupl11['ID'])
cab11=cab11.dropna()

#Regiones *****
duplR = DF[DF.duplicated(['REGION'])]
cabR=DF['REGION'].drop(index=duplR['ID'])
cabR=cabR.dropna()
opcR=len(cabR)
#empresas *****
duplE = DF[DF.duplicated(['EMPRESA'])]
cabE=DF['EMPRESA'].drop(index=duplE['ID'])
cabE=cabE.dropna()
opcE=len(cabE)
#tamaño *****
duplT = DF[DF.duplicated(['TAMANO'])]
cabT=DF['TAMANO'].drop(index=duplT['ID'])
cabT=cabT.dropna()
opcT=len(cabT)
#SECTOR *****
duplS = DF[DF.duplicated(['SECTOR'])]
cabS=DF['SECTOR'].drop(index=duplS['ID'])
cabS=cabS.dropna()
opcS=len(cabS)
#*****
cab=pd.concat([cab1,cab2,cab3,cab4,cab5,cab6,cab7,cab8, cab9,cab10,cab11])
s=pd.Series(cab)
s=s.sort_values(ascending = False)
cab=s.drop_duplicates()
opc=len(cab)

TOT=opc+opcE+opcS+opcT+opcR
cab=pd.concat([cab,cabE,cabS,cabT,cabR])

```

```
f = np.arange(0,opc)
a = np.zeros(shape=(Fil,TOT))
df = pd.DataFrame(a,columns=[cab])
DF = DF.replace(np.nan,0)
for x in range(1,Fil):
    for y in range(3,Col):
        icon=DF.ix[x,y]
        df.loc[[x],[icon]]=1
```

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo estadístico

Tabla 1. Centralidad del autovector. Red. Programa de Estímulos a la Innovación. 2009 - 2018				
Valor de los vectores (Centralidad de autovector)	Frecuencia	Frecuencia%	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
(... 0.0000]	-	-	-	-
(0.0000 ... 1.0000]	1	0.7463	1	0.7463
(1.0000 ... 2.0000]	0	0	2	1.4925
(2.0000 ... 3.0000]	1	0.7463	2	1.4925
(3.0000 ... 4.0000]	0	0	3	2.2388
(4.0000 ... 5.0000]	1	0.7463	3	2.2388
(5.0000 ... 6.0000]	0	0	4	2.9851
(6.0000 ... 7.0000]	0	0	4	2.9851
(7.0000 ... 8.0000]	1	0.7463	4	2.9851
(8.0000 ... 9.0000]	3	2.2388	5	3.7313
(9.0000 ... 10.0000]	1	0.7463	8	5.9701
(10.0000 ... 11.0000]	0	0	9	6.7164
(11.0000 ... 12.0000]	2	1.4925	9	6.7164
(12.0000 ... 13.0000]	2	1.4925	11	8.209
(13.0000 ... 14.0000]	1	0.7463	13	9.7015
(14.0000 ... 15.0000]	3	2.2388	14	10.4478
(15.0000 ... 16.0000]	5	3.7313	17	12.6866
(16.0000 ... 17.0000]	2	1.4925	22	16.4179
(17.0000 ... 18.0000]	4	2.9851	24	17.9104
(18.0000 ... 19.0000]	3	2.2388	28	20.8955
(19.0000 ... 20.0000]	3	2.2388	31	23.1343
(20.0000 ... 21.0000]	7	5.2239	34	25.3731

(	21.0000 ...	22.0000]	8	5.9701	41	30.597
(	22.0000 ...	23.0000]	3	2.2388	49	36.5672
(	23.0000 ...	24.0000]	3	2.2388	52	38.806
(	24.0000 ...	25.0000]	1	0.7463	55	41.0448
(	25.0000 ...	26.0000]	2	1.4925	56	41.791
(	26.0000 ...	27.0000]	4	2.9851	58	43.2836
(	27.0000 ...	28.0000]	6	4.4776	62	46.2687
(	28.0000 ...	29.0000]	1	0.7463	68	50.7463
(	29.0000 ...	30.0000]	4	2.9851	69	51.4925
(	30.0000 ...	31.0000]	2	1.4925	73	54.4776
(	31.0000 ...	32.0000]	3	2.2388	75	55.9701
(	32.0000 ...	33.0000]	2	1.4925	78	58.209
(	33.0000 ...	34.0000]	2	1.4925	80	59.7015
(	34.0000 ...	35.0000]	2	1.4925	82	61.194
(	35.0000 ...	36.0000]	3	2.2388	84	62.6866
(	36.0000 ...	37.0000]	3	2.2388	87	64.9254
(	37.0000 ...	38.0000]	1	0.7463	90	67.1642
(	38.0000 ...	39.0000]	1	0.7463	91	67.9104
(	39.0000 ...	40.0000]	3	2.2388	92	68.6567
(	40.0000 ...	41.0000]	1	0.7463	95	70.8955
(	41.0000 ...	42.0000]	0	0	96	71.6418
(	42.0000 ...	43.0000]	3	2.2388	96	71.6418
(	43.0000 ...	44.0000]	3	2.2388	99	73.8806
(	44.0000 ...	45.0000]	1	0.7463	102	76.1194
(	45.0000 ...	46.0000]	2	1.4925	103	76.8657
(	46.0000 ...	47.0000]	1	0.7463	105	78.3582
(	47.0000 ...	48.0000]	0	0	106	79.1045
(	48.0000 ...	49.0000]	1	0.7463	106	79.1045

(	49.0000 ...	50.0000]	1	0.7463	107	79.8507
(	50.0000 ...	51.0000]	0	0	108	80.597
(	51.0000 ...	52.0000]	1	0.7463	108	80.597
(	52.0000 ...	53.0000]	1	0.7463	109	81.3433
(	53.0000 ...	54.0000]	2	1.4925	110	82.0896
(	54.0000 ...	55.0000]	2	1.4925	112	83.5821
(	55.0000 ...	56.0000]	1	0.7463	114	85.0746
(	56.0000 ...	57.0000]	0	0	115	85.8209
(	57.0000 ...	58.0000]	1	0.7463	115	85.8209
(	58.0000 ...	59.0000]	0	0	116	86.5672
(	59.0000 ...	60.0000]	0	0	116	86.5672
(	60.0000 ...	61.0000]	0	0	116	86.5672
(	61.0000 ...	62.0000]	2	1.4925	116	86.5672
(	62.0000 ...	63.0000]	2	1.4925	118	88.0597
(	63.0000 ...	64.0000]	1	0.7463	120	89.5522
(	64.0000 ...	65.0000]	0	0	121	90.2985
(	65.0000 ...	66.0000]	0	0	121	90.2985
(	66.0000 ...	67.0000]	0	0	121	90.2985
(	67.0000 ...	68.0000]	0	0	121	90.2985
(	68.0000 ...	69.0000]	1	0.7463	121	90.2985
(	69.0000 ...	70.0000]	2	1.4925	122	91.0448
(	70.0000 ...	71.0000]	2	1.4925	124	92.5373
(	71.0000 ...	72.0000]	0	0	126	94.0299
(	72.0000 ...	73.0000]	2	1.4925	126	94.0299
(	73.0000 ...	74.0000]	1	0.7463	128	95.5224
(	74.0000 ...	75.0000]	0	0	129	96.2687
(	75.0000 ...	76.0000]	2	1.4925	129	96.2687
(	76.0000 ...	77.0000]	0	0	131	97.7612

(77.0000 ... 78.0000]	1	0.7463	131	97.7612
(78.0000 ... 79.0000]	0	0	132	98.5075
(79.0000 ... 80.0000]	0	0	132	98.5075
(80.0000 ... 81.0000]	0	0	132	98.5075
(81.0000 ... 82.0000]	0	0	132	98.5075
(82.0000 ... 83.0000]	0	0	132	98.5075
(83.0000 ... 84.0000]	0	0	132	98.5075
(84.0000 ... 85.0000]	1	0.7463	132	98.5075
(85.0000 ... 86.0000]	0	0	133	99.2537
(86.0000 ... 87.0000]	0	0	133	99.2537
(87.0000 ... 88.0000]	0	0	133	99.2537
(88.0000 ... 89.0000]	0	0	133	99.2537
(89.0000 ... 90.0000]	0	0	133	99.2537
(90.0000 ... 91.0000]	0	0	133	99.2537
(91.0000 ... 92.0000]	1	0.7463	133	99.2537
Total	134	100	134	100

Fuente: Elaboración propia con base en Conacyt, Programa de Estímulos a la Innovación. datos.gob.mx/busca/dataset/programa-de-estimulos-a-la-innovacion-pei

Tabla 2. Centralidad total. Red. Programa de Estímulos a la Innovación

Dimensión	134.0000
Valor más bajo	0.0000
Valor más alto	92.0000
<i>Sumatoria de todos los valores</i>	<i>4524.0000</i>
Media aritmética	33.7612
Mediana	28.0000
Desviación estándar	19.4645
Cuartil 2.5%	5.9750
Cuartil 5.0%	9.0000
Cuartil 95.0%	73.0000
Cuartil 2.5%	76.0000

Fuente: Elaboración propia con base en Conacyt, Programa de Estímulos a la Innovación. datos.gob.mx/busca/dataset/programa-de-estimulos-a-la-innovacion-pei

Tabla 2. Densidad. Red. Programa de Estímulos a la Innovación.

Numero de vértices (n): 134		
Número de líneas con valores = 1	0	873
Número de líneas con valores ≠ 1	0	1389
Total	0	2262

Densidad 1 [loop allowed] = 0.25194921
 Densidad 2 [no loops allowed] = 0.25384356
 Promedio de grados salida y entrada = 33.76119403

Fuente: Elaboración propia con base en Conacyt, Programa de Estímulos a la Innovación. datos.gob.mx/busca/dataset/programa-de-estimulos-a-la-innovacion-pei

Tabla 4. Intermediación. Red. Programa de Estímulos a la Innovación.
Intermediación in N2 (134)

Dimensión: 134	
Valor más bajo:	0.0000
Valor más alto:	0.0530
<i>Sumatoria de todos los valores:</i>	<i>0.7780</i>
Media aritmética:	0.0058
Mediana:	0.0022
Desviación:	0.0085
Cuartil 2.5%:	0.0000
Cuartil 5.0%:	0.0002
Cuartil 95.0%:	0.0237
Cuartil 97.5%:	0.0272

Fuente: Elaboración propia con base en Conacyt, Programa de Estímulos a la Innovación. datos.gob.mx/busca/dataset/programa-de-estimulos-a-la-innovacion-pei

Bibliografía

1. Abramovitz, M. (1956). *Resource and Output Trends in the United States since 1870*. National Bureau of Economic Research, Vol. Occasional Paper 52, pp. 5-22.
2. Balderrama et. al. (2019) *La efectividad del Programa de Estímulos a la Innovación (PEI) en Sonora. ¿Qué factores influyen en el impacto del programa sobre la innovación y la competitividad de las empresas?* Revista Estudios Sociales. CIAD. Volumen 29, núm. 53, enero-junio de 2019. Fecha de publicación: 7 de enero de 2019.
3. Breiger, R.L (1974). *The Duality of Persons and Groups*, pp. 89 – 98 in Barry Wellman and S.D. Berkowitz (eds9.) *Social Structures: A Network Approach*. Cambridge University Press
4. Burt, R. (2010), *Neighbor Networks: Competitive advantage local and personal*, Oxford, Oxford University Press.
5. Calderón, Á. (2009), *INNOVATEC, INNOVAPYME, PROINNOVA. Evaluación externa en materia de diseño*, México, Conacyt.
6. Cámara de Diputados, (2011). *Comentarios al informe de Mecanismos de financiamiento de la innovación tecnológica*. Diciembre 2011. Consulta 27/01/2020 http://www.diputados.gob.mx/sedia/biblio/biblio/virtual_conocerlxi.htm
7. Carlsson, Bo & Jacobsson, Staffan & Holmén, Magnus & Rickne, Annika. (2002). *Innovation Systems: Analytical And Methodological Issues*. *Research Policy*. 31. 233-245.
8. CEPAL, AECID, SEGIB (2010), *La cooperación internacional en el nuevo contexto mundial: reflexiones desde América Latina y el Caribe. Trigésimo Período de sesiones de la CEPAL, Brasilia*. Consulta 18/01/2020 <http://www.eclac.cl/pses33/noticias/paginas/1/38821/2>.
9. CONACYT. (2012). Informe de labores. 04/07/19, de SIICYT Sitio web: <http://www.siicyt.gob.mx/index.php/transparencia/informes-conacyt/informe-de-labores/322-informe-de-labores-2012/file>
10. CONEVAL (2013), *Informe de Evaluación Específica de Desempeño 2012-2013. Innovación Tecnológica para Negocios de Alto Valor Agregado, Tecnologías Precursoras y Competitividad de las Empresas*, México, Conacyt http://www.foroconsultivo.org.mx/libros_editados/estrategia_innovacion_oc_de.pd consultado: 15/02/2020
11. Cooke, P. (2000). Sistemas de innovación regional: conceptos, análisis y topología. En *Sistemas regionales de innovación*, editado por Mikel Olazaran y M. Gómez, 45–61. España: Editorial Universidad Del País Vasco.
12. Cooke, P. (2003). *Strategies for Regional Innovation Systems: Learning Transfer and Applications*. Viena: United Nations Industrial Development Organization.
13. Cuevas Reyes, Venancio, Espejel García, Anastacio, Moctezuma López, Georgel, Rosales Nieto, César A., & Tapia Naranjo, Alfredo. (2016). *Análisis de las redes de financiamiento del sistema nacional de innovación agropecuaria en México*. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(6), 1297-1309
14. Diario Oficial de la Federación. 27-04-2011
15. Doloreux, D. (2002). What we should know about Regional Systems of Innovation. *Technology in Society* 24: 243–263.

16. Doloreux, D. (2004). *Regional Innovation Systems in Canada: A Comparative Study*. *Regional Studies* 38: 481–494.
17. Edquist, Charles. (2006). *Systems of Innovation: Perspectives and Challenges*. [10.1093/oxfordhb/9780199286805.003.0007](https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199286805.003.0007).
18. Etzkowitz, H. (2002a): *Incubation of incubators: Innovation as a triple helix of university-industry-government networks*, *Science and Public Policy*, vol. 29-2, pp. 115-128.
19. Etzkowitz, H. y Leydesdorff, L (1997), *The Triple Helix: academy-industry-governement relations and the growth of neo-corporatist industrial policy in the U.S.*, en S. Campodall'Orto (ed.), *Managing Technological Knowledge Transfer*, EC Social
20. Fagerberg, J. (1988). *Why growth rates differ*. En G. Dosi et al. (eds.). *Technical Change and Economic Theory*. London: pp. 432-457.
21. Flores Llanos, Ulises. (2006). *Reseña de "Acción pública y desarrollo local de Enrique Cabrero Mendoza*. *Gestión y Política Pública*. 15.
22. Freeman, R. (1991). *Centrality in Valued Graphs: A measure of betweenness based on network flow*, *Social Networks*, vol. 13,
23. Freeman, R. (1994). *The economics of technical change*. *Cambridge Journal of Economics*, October 18 (5): 463-514.
24. G, María & C, Juan & Schmal, Rodolfo. (2006). *Un Acercamiento al Concepto de la Transferencia de Tecnología en las Universidades y sus Diferentes Manifestaciones*. *Panorama Socioeconómico*.
25. Garrido, F. (2004). *El análisis de redes en el desarrollo local*, Facultad de Ciencias Políticas y Sociología, Universidad Complutense de Madrid.
26. Gonzales et al. (2012), *Productividad y competitividad*. Universidad Nacional del Mar del Plata. *Revista Facultad de Ciencias Económicas y Sociales*.
27. Griliches, Z. (1986). *"Productivity, R&D, and the Basic Research at the Firm Level in the 1970's,"* *American Economic Review*, American Economic Association, vol. 76(1), pages 141-154.
28. Guajardo y Coronado (2017). *Desafíos en la cuantificación de la población potencial y objetivo de políticas públicas por demanda que persiguen la eficiencia*. Análisis y evaluación de políticas públicas en México: una agenda de investigación / Manuel Lara Caballero y José Javier de la Rosa Rodríguez, coordinadores. - - México : Universidad Autónoma Metropolitana- Lerma.
29. Hanneman, R y Riddle, (2005). *Introduction to Social Network Methods*, Riverside, University of California.
30. Kamada, Tomihisa; Kawai, Satoru (1989), *An algorithm for drawing general undirected graphs*, *Information Processing Letters*, Elsevier, **31** (1): 7–15,
31. Lundvall, Bengt-Åke. (2002). *National Innovation Systems—Analytical Concept and Development Tool*. *Industry & Innovation*. 14. 95-119. [10.1080/13662710601130863](https://doi.org/10.1080/13662710601130863).
32. Méndez, R. (2002). *Innovación y desarrollo territorial: algunos debates teóricos recientes*. *EURE (Santiago)*, 28(84), pp. 63-83
33. Méndez, Ricardo. (2002). *Innovación y desarrollo territorial: algunos debates teóricos recientes*. *Eure-revista Latinoamericana De Estudios Urbano Regionales - EURE*. 28.
34. Moreno-Brid, Juan. (2009). *La economía mexicana frente a la crisis internacional*. *Nueva Sociedad*. pp 60. Universidad Nacional Autonoma de México.
35. Muñoz, D. (1999). *"La Banca de Desarrollo"*. *Mercado de Valores*. Nafin, México.

36. Natera, A. (2005). Nuevas estructuras y redes de gobernanza. *Revista Mexicana de Sociología*, [S.l.], v. 67, n. 4, oct. 2005
37. Nuchera et al. (2002) *La gestión de la innovación y la tecnología en las organizaciones*. Piramide, Madrid.
38. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, (2010). *Perspectivas ocde: México políticas clave para un desarrollo sostenible*, México, OCDE, octubre
39. Porter, M.E. (1991) *Towards a dynamic theory of strategy*. *Strategic Management Journal*, v.12, p.95 – 117,
40. Rodríguez, J, (1995). *Análisis estructural y de redes*, Madrid, Cuadernos Metodológicos
41. Rozga, Lm (2003). *Elements of knowledge-based economy in Mexico: toward regional system of innovation*, en *The Knowledge-Based Economy. The Global Challenges of the 21st Century*, A. Kuklinski and W. Orłowski (eds.), State Committee for Scientific Research, Republic of Poland, Warszawa.
42. Sabato y Botana, (1968). *La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de América Latina*. *Revista de la Integración*, nº. 3, 11p.
43. Schmookler, J. (1966). *Invention and Economic Growth*. (1st ed.). United States of America: Harvard University Press.
44. Schuller, T. (2005), *Social Capital, Networks and Communities of Knowledge*, NSF/OECD Conference on Advancing Knowledge and the Knowledge Economy, Washington, January
45. Schumpeter, J. A, (1939). *Business Cycles: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process*. Primera Edición, McGrawHill, New York
46. Sciences COST A3, vol. 4, EC Directorate General, Science, Research and Development, Bruselas
47. Scott, J, (1991), *Social Network Analysis. A handbook*, Londres, Sage
48. Simmel, G. (1902-03). "The Metropolis and Mental Life", pp. 409-24 in Kurt H. Wolff (ed.), *The Sociology of Georg Simmel*. New York: Free Press. 1950
49. Solow, R, (1957). *Technical Change and the Aggregate Production Function*. *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 39, pp. 312-320.
50. Solow, Robert, (1956). *A Contribution to the Theory of Economic Growth*, *Quarterly Journal of Economics*, 65-94.
51. Stern, S, Porter, M. y Furman, L. (2002). *The determinants of national innovative capacity*. *Research Policy* 31. pp. 899-933.
52. Tödtling, R, y M. Trippel. (2005). *One Size fits All? Towards a Differentiated Regional Innovation Policy Approach*. *Research Policy*.
53. Unger, K. (2011). *La política de estímulos fiscales a ID en México: Alcances limitados en el contexto de innovación de las empresas*, *El Trimestre Económico*, LXXVIII(1), 309, pp. 49-85
54. Wasserman, S y Katherine, F (1994). *Social Network Analysis. Methods and applications*, Cambridge, Cambridge University Press.

Links. Base de datos y matrices de adyacencia.

https://drive.google.com/drive/folders/1bGNcr4YUcTivRpF9DeUG_G1C1C6UnVY4?usp=sharing