

# IMPACTO ECONÓMICO DE LA RED DE PARQUES TECNOLÓGICOS DEL ESTADO DE GUANAJUATO

FECHA DE RECEPCIÓN: 28-11-24 / FECHA DE ACEPTACIÓN: 04-02-25

**Juan Flores Pelcastre**

UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA LEÓN

Correo electrónico: [juan.flores@iberoleon.edu.mx](mailto:juan.flores@iberoleon.edu.mx)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-5210-541X>

## RESUMEN

Como parte de la política pública económica del estado de Guanajuato, a partir de 2012, se ha realizado una inversión en la construcción, equipamiento y puesta en marcha de la red de Parques de innovación, científicos y tecnológicos en el estado. La red fue fundada por los tres niveles de gobierno, así como de inversiones provenientes de instituciones de educación públicas y privadas. Esta red de Parques de reciente creación tiene como objetivo contribuir al desarrollo económico de la región bajo, mediante la transferencia de conocimientos de las instituciones educativas y centros de investigación vinculadas hacia la industria local. A casi una década de la puesta en marcha del plan maestro de los Parques, ¿cuál ha sido el impacto económico de los Parques Tecnológicos en el estado de Guanajuato? A partir de datos generados por interacciones de los Parques con los fondos públicos de innovación analizado con un modelo de redes sociales (SNA), se proponen indicadores de impacto económico para la red. Con estas primeras mediciones, se ha encontrado que la red de Parques ha tenido un impacto limitado debido, principalmente, a su nivel de madurez producto de su reciente creación y la necesidad latente de cada Parque de encontrar fuentes de financiamiento para la operación del proyecto. Para lograr una operación exitosa de los Parques, su sostenibilidad de largo plazo y lograr el impacto económico en la región de la red es necesario orientar los esfuerzos a través de indicadores y así, contribuir al esfuerzo público, académico y empresarial de transitar, en Guanajuato, hacia una economía basada en conocimiento.

**Palabras clave:** Parques Tecnológicos. Desarrollo Económico. Análisis de Redes Sociales (SNA). Sistemas Complejos. Sistemas Regionales de Innovación.

## **ABSTRACT**

As part of the public economic policy of the state of Guanajuato, starting in 2012, an investment has been made in the construction, equipment and implementation of the network of innovation, scientific and technological Parks in the state. The network was funded by the three levels of government, as well as investments from public and private education institutions. This recently created network of Parks aims to contribute to the economic development of the Bajío region, through the transfer of knowledge from educational institutions and research centers linked to local industry. Almost a decade after the implementation of the Parks master plan, what has been the economic impact of the Technology Parks in the state of Guanajuato? Based on data generated by interactions of the Parks with public innovation funds analyzed with a social network model (SNA), economic impact indicators for the network are proposed. With these first measurements, it has been found that the Park network has had a limited impact due, mainly, to its level of maturity as a result of its recent creation and the latent need of each Park to find sources of financing for the operation of the project.

To achieve successful operation of the Parks, their long-term sustainability and achieve economic impact in the region of the network, it is necessary to guide efforts through indicators and thus contribute to the public, academic and business effort to move, in Guanajuato, towards a knowledge-based economy.

**Keywords:** Technology Parks. Economic development. Social Network Analysis (SNA). Complex Systems. Regional Innovation Systems.

## **1. DESARROLLO REGIONAL BASADO EN ECONOMÍA DEL CONOCIMIENTO**

Transitar a una economía basada en conocimiento es labor que desde hace décadas ha orientado la política económica de países. México no es excepción. Para la implementación de estas políticas se han realizado esfuerzos nacionales y regionales, tanto del sector público como del privado.

Los beneficios de adoptar un modelo económico intensivo en conocimiento para una región son diversos. En primer lugar, podemos mencionar la atracción de inversiones, empresas innovadoras de base tecnológica tienen afinidad por un estado con un ecosistema de conocimiento sólido, lo que genera una mayor inversión extranjera y nacional. De la mano de la inversión, viene el impulso para la creación de empleos de calidad, una demanda estable de profesionales altamente calificados, bien remunerados en sectores como tecnología, investigación y desarrollo.

Con la aplicación de conocimiento en los procesos productivos se espera una mayor eficiencia y productividad en las empresas, reduciendo la dependencia de sectores tradicionales, transformándolos y creando a su vez nuevos sectores con mayor valor agregado. De acuerdo con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) la disparidad de ingreso y las tasas de crecimiento entre países se debe a diferencias entre competitividad. La inversión en Investigación y Desarrollo explica el 75% de las mejoras en las variaciones de productividad.

Guanajuato ha apostado por la creación de una economía basada en conocimiento, experimentando un notable crecimiento en los últimos años, impulsado en gran medida por una serie de acciones estratégicas implementadas por los gobiernos estatal y municipales, instituciones académicas y el sector privado.

Dentro de las acciones estratégicas es notable el impulso y fortalecimiento de la educación superior. La expansión de la oferta educativa ha creado nuevas universidades y ampliado las carreras relacionadas con ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, conocidas como STEM por sus siglas en inglés: Science, Technology, Engineering and Mathematics. Asimismo, las Instituciones de Educación Superior (IES), así como los Centros Públicos de Investigación, han consolidado programas de maestría y doctorados en la región para la formación de recursos humanos altamente calificados, en sectores de alto valor agregado.

En consecuencia, en el estado se han establecido desde hace décadas, centros de investigación especializados en diversos sectores: automotriz, agroindustria, óptica, matemáticas aplicadas, ciencias ambientales, biomecánica, entre otros. Con esto la región ha sido pionera en el Fomento de la Investigación y el Desarrollo.

Los centros de investigación han promovido programas de vinculación para fomentar la transferencia de tecnología, teniendo como resultados un incremento en la producción científica y tecnológica, el desarrollo de nuevos productos y procesos y la generación de patentes. Guanajuato, durante el año 2024 se posicionó como el primer lugar a nivel nacional en solicitud de patentes ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI).

Los Parques Tecnológicos en Guanajuato son también fruto de esta estrategia económica. Siete Parques Científicos, Tecnológicos y de Innovación, nacen a partir de un plan maestro liderado por la Secretaría de Desarrollo Económico Sustentable (SDES) del estado de Guanajuato, en conjunto con la Secretaría de Innovación, Ciencia y Educación Superior (SICES) e iniciativa privada. Se gestionan, reciben y operan fondos del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), en concurrencia con Instituciones de Educación Superior, tanto públicas como privadas. En una etapa inicial, 2011, se edifican, equipan y orientan los esfuerzos de los Parques a través de este plan maestro de implementación. Para este fin se destina una inversión de más de mil millones de pesos, construyéndose una red de Parques Tecnológicos de operación única en el país.

Entidades federativas como Jalisco, Nuevo León y Ciudad de México, concentran de manera importante su actividad económica sobre su capital y área conurbana. Guanajuato extiende y diversifica su quehacer económico sobre varias ciudades de más de trescientos mil habitantes, separadas una de otras por 50 kilómetros a lo largo del corredor industrial de la carretera 45. Este corredor está formado, principalmente, por los municipios de León, Silao, Irapuato, Celaya y Salamanca, y se ha consolidado como uno de los ejes de desarrollo económico más importantes del estado y del país. La zona se caracteriza por un crecimiento industrial acelerado, atrayendo inversiones nacionales e internacionales y generando miles de empleos.

Los Parques fueron construidos a lo largo del corredor industrial. Similar al modelo de Parques Tecnológicos de España, este modo de operación y distribución, privilegia la especialización, así como la atención sobre un espacio territorial correspondiente a su vocación económica.

## **2. LOS PARQUES TECNOLÓGICOS EN GUANAJUATO**

¿Qué es un Parque Tecnológico? De acuerdo con la Asociación de Parques Científicos y Tecnológicos de España, un Parque es un proyecto, generalmente asociado a un espacio físico, que mantiene relaciones formales y operativas con las universidades, centros de investigación y otras instituciones de educación superior. Está diseñado para alentar la formación y el crecimiento de empresas basadas en el conocimiento y de otras organizaciones de alto valor añadido pertenecientes al sector terciario, normalmente residentes en el propio Parque. Posee un organismo estable de gestión que impulsa la transferencia de tecnología y fomenta la innovación entre las empresas y organizaciones usuarias de la región. Ejemplo conocido es Silicon Valley, ubicado en el sur de la bahía de San Francisco, California, fundado a mediados del siglo pasado desde la Universidad de Stanford, con una visión clara: fomentar que profesores y estudiantes de la universidad crearan sus propias empresas basadas en las investigaciones realizadas.

Actualmente, Silicon Valley ha visto nacer empresas en el ramo de la tecnología de la información, como Apple, Google, Microsoft, Intel, Cisco, Oracle, Adobe, Facebook y Twitter; así como Intel, AMD y Nvidia en el ámbito de los semiconductores; Tesla en vehículos eléctricos, y Yahoo!, eBay, Netflix, Airbnb, como ejemplos de negocios relacionadas con el internet. Este éxito está impulsado por su estrecha colaboración con instituciones académicas, además de Stanford, como la Universidad de California en Berkeley.

Otras regiones en el mundo que han destacado por su formación de Parques Tecnológicos es Innopolis en Corea del Sur, Israel con Startup Nation, España con su red de Parques en Cataluña y Andalucía, Ruta N en Medellín Colombia, entre muchas otras.

Es importante distinguir el término Parque Tecnológico de Parque Industrial, aunque

ambos comparten el objetivo de agrupar empresas en un mismo espacio, existen diferencias fundamentales.

Los Parques Tecnológicos están enfocados en la innovación, la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías y como ocupantes predominan empresas de base tecnológica, centros de investigación y universidades. Sus actividades se centran en la Investigación, Desarrollo e Innovación (I + D + i), así como la transferencia tecnológica y la creación de nuevos procesos y productos.<sup>2</sup> Suelen contar con infraestructuras de alta calidad, como laboratorios, centros de datos, espacios de coworking y oficinas equipadas con tecnología avanzada; ofrecen servicios especializados, como incubadoras de empresas, aceleradoras, asesoramiento tecnológico y acceso a redes de contactos. Todo esto tiene como objetivo fomentar la creación de nuevos productos y servicios, atraer inversión y generar empleo de alto valor.

Por otro lado, un parque industrial está enfocado en la producción a gran escala y en actividades industriales tradicionales, ocupado predominantemente por empresas manufactureras, logísticas y de distribución, que llevan a cabo actividades relacionadas con la producción, el almacenamiento y la distribución de bienes. Cuenta con naves industriales, almacenes, vías de acceso para camiones y servicios básicos: electricidad y agua; se ofrecen servicios para las empresas, como seguridad, mantenimiento y gestión de residuos.

### **3. POLÍTICA PÚBLICA PARA LA INNOVACIÓN Y EL DESARROLLO TECNOLÓGICO EN GUANAJUATO**

El desarrollo tecnológico de Guanajuato de la mano de los Parques de Innovación, Científicos y Tecnológicos está acompañado de una política pública transversal a cargo del Instituto de Innovación, Ciencia, Emprendimiento y Competitividad del Estado de Guanajuato, IDEA GTO. Creada en 2020, esta instancia pública conforma cinco grandes estrategias: 1) Desarrollo de empresas de alto valor agregado; 2) Fortalecimiento e integración de ecosistemas de ciencia, tecnología, innovación y emprendimiento; 3) Desarrollo de la cultura y talento científico; 4) Gestión y financiamiento a la ciencia, tecnología e innovación; 5) Producción y transferencia científica-tecnológica a la industria, ello dentro del Programa de Gobierno 2018-2024.

A través de convocatorias son ofertados anualmente recursos económicos para mejorar la competitividad empresarial a través de apoyos a proyectos de desarrollo tecnológico en vinculación con el sector académico y de investigación. De 2020 a 2024 se han apoyado 85 proyectos vinculando 4 Centros de Investigación, 12 Universidades y 3 Parques Tecnológicos con 84 empresas del estado de Guanajuato. Más del 75% de las vinculaciones están comprendidas por MiPyMES, el 9% son grandes empresas y 19% emprendedores en etapas iniciales, espacialmente el 85% de los proyectos tienen un área de influencia

en el corredor industrial, principalmente en los municipios de León, Celaya, Irapuato y Guanajuato capital.

Con respecto a la propiedad intelectual, el año 2023 marca tres hechos históricos para Guanajuato en materia de solicitudes de patentes, el primero de ellos es que a nivel nacional el estado se posiciona como el primer lugar de solicitudes de patentes por cada 100 mil personas de la población económicamente activa, de acuerdo con el Ranking del Índice Mexicano de Competitividad; el segundo hecho es que se ha alcanzado la mejor posición en el ranking nacional histórico, superando su mejor posición previa de 4º lugar en 2021; y finalmente, durante 2024, es el que más solicitudes de patentes se han ingresado en toda la historia, superando el umbral de las 100 solicitudes, igualmente, por encima del año 2021 que se habían ingresado 94.

#### 4. LA RED DE INSTITUCIONES DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DEL ESTADO

En Guanajuato existe una red de Instituciones de Investigación y Desarrollo que, desde hace más de 20 años, opera de manera continua en la región, esta red está formada por Universidades, Tecnológicos, Centros de Investigación y recientemente por Parques Tecnológicos.

#	Agentes del sistema regional de Innovación de Guanajuato	En la Red
1	Centro De Ingeniería Y Desarrollo Industrial.	CIDESI
2	Centro De Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas.	CIATEC
3	Centro De Investigación en Matemáticas A.C.	CIMAT
4	Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C.	CIATEJ
5	Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. / Unidad Irapuato	CINVESTAV Irapuato
6	Centro de Investigaciones en Óptica, A.C.	CIO
7	Centro de Tecnología Avanzada.	CIATEQ
8	Centro Mexicano De Energías Renovables.	Parque Tecnológico CEMER U de Guanajuato
9	Centro Nacional de Metrología	Centro Nacional de Metrología
10	Centro Regional de Optimización y Desarrollo de Equipo, Celaya.	Tec de Celaya
11	Centro Universitario de Vinculación con el Entorno. VEN	Guanajuato Tecno Parque
12	Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C.	Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica
13	Instituto Tecnológico de Celaya.	Tec de Celaya
14	Instituto Tecnológico de Irapuato.	ITESI
15	Instituto Tecnológico de León.	Tec León
16	Instituto Tecnológico de Roque.	Tec Roque
17	Instituto Tecnológico de Tlajomulco.	Tec Tlajomulco
18	Instituto Tecnológico Sanmiguelense De Estudios Superiores, A. C.	Parque Tecnológico SanMiguelense
19	Parque De Innovación Agrobioteg.	Parque Tecnológico Cien
20	Promoción De La Cultura y La Educación Superior Del Bajío A.C. Universidad Iberoamericana León.	Parque de Innovación Agrobioteg
21	Universidad de Guanajuato.	Parque Iberoinnovación
22	Universidad De La Salle Bajío, A.C.	Universidad de Guanajuato
23	Universidad Meridiano A.C.	Parque de Innovación De la Salle Bajío
24	Universidad Politécnica de Guanajuato.	Universidad Meridiano
25	Universidad Politécnica de Pénjamo.	Universidad Politécnica de Guanajuato.
26	Universidad Tecnológica de León	Universidad Politécnica de Pénjamo.
27		UTL

**TABLA I. INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR, CENTROS DE INVESTIGACIÓN Y PARQUES TECNOLÓGICOS QUE FORMAN PARTE DEL SISTEMA REGIONAL DE INNOVACIÓN DE GUANAJUATO. FUENTE ELABORACIÓN PROPIA**

Esta lista, no agota a todas las instituciones de I&D de la región, se ha formado a partir del acceso a fondos por parte de Finnovateg y del Programa de Estímulos a la Innovación PEI – Conacyt. Es importante señalar que existen Instituciones de estados como Jalisco, Querétaro, San Luis Potosí, entre otros. Esto se debe a que las reglas de operación del programa PEI permiten a las empresas vincularse con instituciones no solo de Guanajuato, por el contrario de todo México. El Sistema Regional es entonces mayor que el estado. Aclaración importante para en análisis subsecuente de la red.

## **5. ANÁLISIS DE REDES**

Un análisis de redes, SNA (Social Network Analysis), examina la estructura de las relaciones sociales en un grupo para descubrir las relaciones informales entre agentes, aplicando la teoría de grafos e identificando las entidades como “nodos” o “vértices” y las relaciones como “enlaces” o “aristas”. En el ámbito de la consultoría estas relaciones entre individuos comúnmente se forman a través de la comunicación, conciencia, confianza y toma de decisiones. Como enfoque de estudio de este tipo de relaciones, el análisis de redes ha estado desde hace tiempo (Ehrlich, 2005). En su forma más simple una red social es un mapa de todos los lazos relevantes entre todos los nodos estudiados.

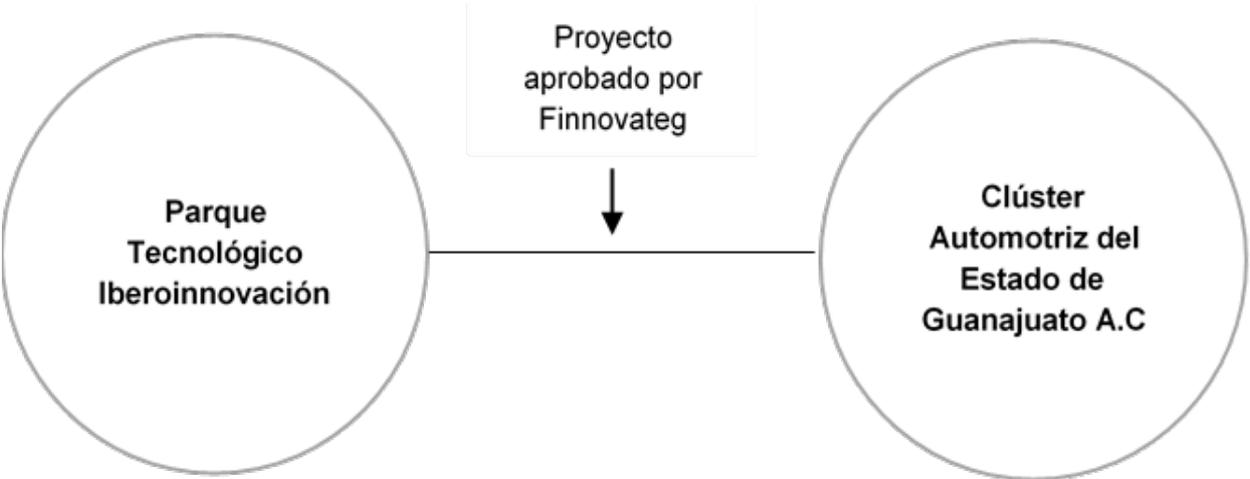
Para conducir adecuadamente un análisis de redes particularmente en el ámbito social, este debe contemplar tres elementos importantes: un grupo, las interacciones y los atributos. (Ehrlich, 2005).

El grupo, es el objeto de estudio principal y puede estar formado por individuos, empresas, agentes que realizan una tarea común, para nuestro análisis el grupo estará formado por empresas e instituciones de investigación y desarrollo, particularmente los Parques Científicos, Tecnológicos y de Innovación, del Sistema Regional de Innovación.

Las interacciones son la parte medular del análisis: se busca entender las relaciones entre los actores del grupo, las interacciones se refieren a los vínculos y conexiones entre agentes. En este estudio la conexión es un proyecto aprobado por el Gobierno, las empresas tienen en común que todas han sido apoyadas por el FINNOVATEG durante 2014 a 2019, así como del Programa de Estímulos a la Innovación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (PEI - CONACYT) durante sus años activos.

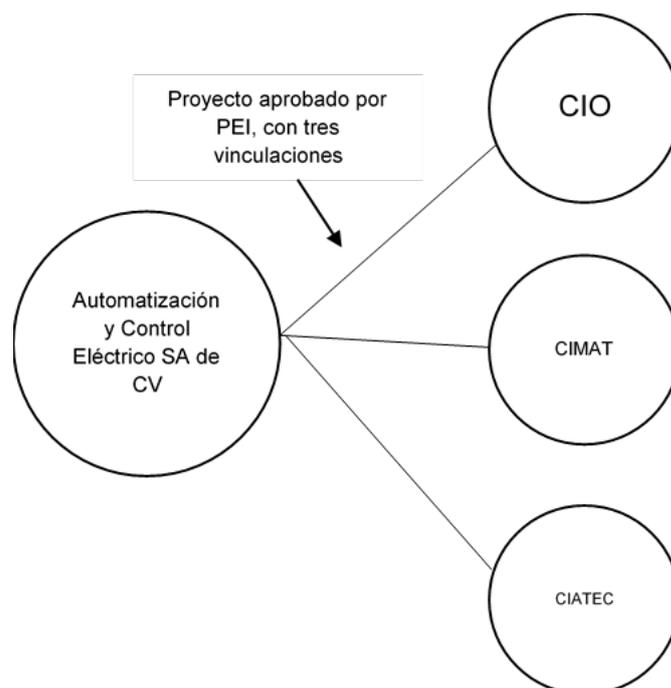
Respecto a los atributos, estos pueden ayudar a determinar si existen factores sistémicos que influyen las interacciones entre los agentes, dentro la gama de atributos que tiene la red, se resaltarán si el agente pertenece a la red de Parques Tecnológicos del Estado y si el fondeo proviene del programa Finnovateg o PEI, para crear redes diferenciadas por programa.

Dos ejemplos se presentan de cómo se forma una red. Durante el 2019 el Parque Tecnológico sometió en conjunto con el Clúster Automotriz del Estado de Guanajuato A.C, el proyecto Laboratorio de innovación para el desarrollo de capacidades en industria 4.0 para los sectores automotriz y aeroespacial, dentro de la categoría B del programa Finnovateg. El monto total del proyecto es de 10,153,700 pesos. La razón social del Parque Tecnológico es Promoción De La Cultura Y La Educación Superior Del Bajío A.C, sin embargo, para fines de la red esta institución se conocerá como Parque Tecnológico Ibero innovación. El vínculo entre los agentes se forma a partir del proyecto aprobado por Finnovateg. La figura 1 muestra de manera gráfica esta interacción.



**FIGURA 1. RED FORMADA POR 2 PROYECTOS APROBADOS POR EL PROGRAMA FINNOVATEG, ENTRE EL PARQUE TECNOLÓGICO IBEROINNOVACIÓN Y EL CLÚSTER AUTOMOTRIZ DEL ESTADO DE GUANAJUATO. EL VÍNCULO SE FORMA A TRAVÉS DE LA INTERACCIÓN DE UN PROYECTO FORMALIZADO BAJO DICHO FONDO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.**

Profundizando en la formación de la red, en el año 2013, la empresa guanajuatense, Automatización y Control Electrónico Sa de CV, participa en el programa PEI, dentro de la categoría Proinnova con el proyecto, Diseño y Desarrollo de un Sistema de Medición de Peso en Materiales Textiles, sin contacto tipo viajero, para la Industria De Polímeros y Derivado en la especialidad Maquinaria Industrial. El proyecto tiene un monto total de \$ 6,959,820.00, y se vincula para su desarrollo con tres centros de investigación, 1.- Centro De Investigaciones en Óptica AC -CIO-, 2.- Centro de Investigación en Matemáticas AC -CIMAT-, 3.- Centro de Tecnología Avanzada AC -CIATEC-. Este dato, en la red, se visualizará en la figura 2, de la siguiente manera:



**FIGURA 2. RED FORMADA POR 2 PROYECTOS APROBADOS POR EL PROGRAMA PEI, ENTRE LA EMPRESA AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL ELÉCTRICO SA DE CV, VINCULADO CON TRES CENTROS DE INVESTIGACIÓN. A PESAR DE SER UN SOLO PROYECTO, SE REALIZARÁN TRES VINCULACIONES PARA LA RED. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.**

## 6. MÉTRICAS

Si bien la información de los grafos da muestra de las interacciones, en los análisis de redes sociales la información cuantitativa es también relevante. Las medidas de relación claves se definen a continuación.

**Centralidad:** Esta medida no es un atributo intrínseco a un nodo, como podría serlo su valor de mercado, sus empleos generados o su grado de innovación, sino un atributo estructural, es decir un valor asignado que depende estrictamente de su localización en la red. Una organización con alta centralidad tendrá una mayor influencia en la red. Las medidas de centralidad mayormente utilizadas en los análisis de redes son la centralidad de grado, la cercanía, la intermediación y la centralidad de vector propio. (Ehrlich, 2005).

La centralidad de grado (degree centrality), es una simple cuenta de la cantidad de enlaces que un nodo posee con los demás. En el estudio es la cantidad de empresas diferentes que se han vinculado mediante un proyecto aprobado con una institución de I&D.

La cercanía (closeness), se basa en calcular la suma o bien el promedio de las distancias más cortas desde un nodo hacia todos los demás, la cercanía mide de alguna forma la accesibilidad de un nodo en la red. El número vínculos/proyectos promedio que una empresa o institución tendría que atravesar para llegar a todos los demás en la red.

La intermediación (*betweenness*) es una medida que cuantifica la frecuencia o el número de veces que un nodo actúa como un puente a lo largo del camino más corto entre otros dos nodos. El agente con mayor intermediación será en la red la organización por la que otras deberán comúnmente interactuar a fin de alcanzarse unas con otras.

La centralidad de vector propio (*eigenvector centrality*) mide la influencia de un nodo en una red y corresponde al principal vector propio de la matriz de adyacencia del grafo analizado. Intuitivamente, los nodos que poseen un valor alto de esta medida de centralidad están conectados a muchos nodos que a su vez están bien conectados, también en este sentido; por lo tanto, son buenos candidatos para difundir información, innovación, etc.

Para el análisis de red, la generación de grafos y de las métricas de relación se utilizará el software NodeXL, desarrollado por Social Media Research Foundation. ([Smrfoundation.org](http://Smrfoundation.org), 2016). Este software trabaja sobre la plataforma Excel y permite realizar análisis de redes sociales a partir de la introducción de datos o bien conectarse directamente a las principales redes sociales digitales (twitter, Facebook) y extraer directamente la información.

Para la graficación de los datos utiliza principalmente dos algoritmos: Fruchterman-Reingold (Fruchterman, 1991) y Harel-Koren (Harel, 2000). El software incluye también el cálculo de las principales métricas de relación: centralidad, centralidad de grado, cercanía, intermediación y centralidad del vector propio.

El algoritmo Fruchterman-Reingold (FRA) es un algoritmo de graficación de redes sociales que se utiliza para crear visualizaciones de grafos. El algoritmo fue desarrollado por Thomas M. Fruchterman y Edward M. Reingold en 1991.

El algoritmo FRA utiliza un modelo basado en fuerzas para distribuir los nodos en la red. Cada nodo se trata como una carga eléctrica, y cada enlace se trata como un resorte con una fuerza de atracción. El algoritmo busca minimizar la energía total de la red, donde la energía es la suma de las energías potenciales de todos los enlaces y cargas en la red.

En el primer paso del algoritmo, los nodos se colocan en posiciones aleatorias en un espacio bidimensional. A continuación, se calcula la fuerza entre cada par de nodos y se mueven en consecuencia para minimizar la energía total de la red. Los nodos que están conectados por un enlace se atraen entre sí, mientras que los nodos que no están conectados se repelen entre sí. Además, se aplica una restricción de límites para evitar que los nodos se alejen demasiado del centro de la visualización.

El proceso de cálculo de fuerzas y movimientos se repite varias veces hasta que se alcanza un estado estable. En cada iteración, la energía total de la red disminuye, lo que indica que la visualización está mejorando. Finalmente, se obtiene una visualización de la red que muestra las conexiones entre los nodos de manera clara y organizada.

El algoritmo FRA es muy popular porque produce visualizaciones limpias y ordenadas de

redes sociales y permite que los nodos se muevan libremente sin solaparse. Además, es fácil de implementar y de entender. (Fruchterman, 1991)

El algoritmo de graficación Harel-Koren es otro algoritmo popular para visualizar redes sociales utilizando técnicas de Force-Directed. Este algoritmo fue desarrollado por David Harel y Yehuda Koren en 2002 y se basa en la idea de que la estructura de una red se puede representar mejor cuando los nodos están organizados jerárquicamente.

Por su parte, el algoritmo Harel-Koren comienza con una red sin posiciones iniciales para los nodos. En la primera fase, los nodos se colocan en una jerarquía mediante el uso de un algoritmo de clustering. Los nodos se agrupan en conjuntos y se forma una jerarquía basada en las relaciones de conectividad en la red.

En la segunda fase, los nodos se organizan dentro de cada cluster. El algoritmo comienza con una asignación aleatoria de posiciones para cada nodo y luego utiliza un enfoque basado en la minimización de energía para mover los nodos a posiciones que representan mejor las conexiones en la red.

El proceso de minimización de energía se basa en la idea de que los nodos conectados deben estar cerca uno del otro y los nodos no conectados deben estar separados. Para lograr esto, se utilizan dos tipos de fuerzas: fuerzas de atracción entre nodos conectados y fuerzas de repulsión entre nodos no conectados. Estas fuerzas se calculan de manera iterativa y se utilizan para mover los nodos a una posición óptima en la visualización.

El algoritmo de Harel-Koren ha demostrado ser efectivo para visualizar redes sociales jerárquicas, como las redes de colaboración científica o las redes de categorías de productos. Las jerarquías que se generan con este algoritmo pueden ser útiles para identificar subgrupos de nodos que están altamente conectados y visualizar patrones en la estructura de la red. (Harel, 2002)

Los datos a graficar, son obtenidos a partir de los resultados de las convocatorias del fondo Finnovateg, para los años 2014 a 2019. (Concyteg.gob.mx, 2016) y del Programa de Estímulos a la Innovación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (PEI – CONACyT) desde el año 2009 al 2018. Se sistematizaron en Excel teniendo cuidado en homologar el nombre de empresas e Instituciones de I&D con el fin de no introducir diferentes registros siendo la misma organización.

El análisis se realizará primero para los 431 proyectos con el algoritmo Fruchterman-Reingold, a fin de visualizar las interacciones a través del tiempo, esto con el algoritmo Harel-Koren y finalmente se analizará la toda la estructura de manera ordenada con este último algoritmo señalando las empresas clave de la red. Las métricas obtenidas se analizarán para la totalidad de la red.

## 7. RESULTADOS MÉTRICOS

Los resultados métricos de los análisis de redes sociales son especialmente importantes en el contexto de los Parques Tecnológicos debido a que estos suelen ser espacios donde convergen diversas empresas, organizaciones y actores clave del ecosistema innovador. En este sentido, los análisis de redes sociales pueden proporcionar información valiosa sobre cómo se relacionan estas entidades y cómo interactúan en la generación y transferencia de conocimientos, innovaciones y recursos.

Algunas de las aplicaciones prácticas de los análisis de redes sociales en el contexto de los Parques Tecnológicos pueden incluir:

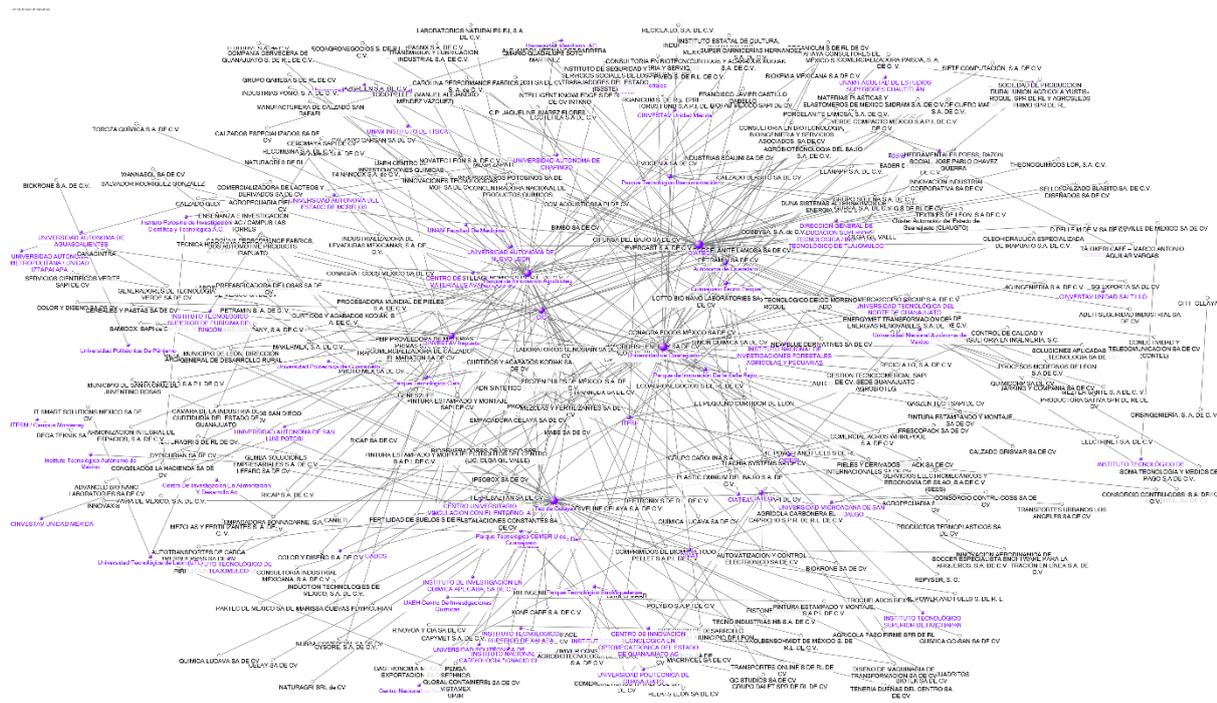
Identificar las empresas y organizaciones más influyentes en el parque, es decir, aquellas con mayor grado de centralidad y que tienen un papel clave en la conectividad de la red. Destacar comunidades o grupos de empresas que colaboran entre sí con mayor frecuencia, lo que puede ser útil para el diseño de programas de fomento a la innovación o la identificación de sinergias para el desarrollo de nuevos productos o servicios. Notar a los actores que están menos conectados en la red y que podrían ser candidatos para la inclusión en programas de apoyo o para establecer nuevas alianzas y conexiones. Evaluar la eficacia de políticas públicas o programas de fomento a la innovación y el emprendimiento, al permitir el seguimiento y análisis de los cambios en la estructura de la red y las interacciones entre los actores.

A continuación, se presentan algunos ejemplos de métricas de redes sociales que pueden ser relevantes en el contexto de los Parques Tecnológicos:

- **Grado:** indica el número de conexiones que tiene un nodo en la red. En el contexto de los Parques Tecnológicos, esta métrica puede ser útil para identificar a las empresas u organizaciones con mayor grado de conectividad en la red y que pueden ser consideradas líderes o referentes en el ecosistema innovador.
- **Cercanía:** indica la distancia promedio de un nodo a todos los demás nodos de la red. En el contexto de los Parques Tecnológicos, esta métrica puede ser útil para identificar a las empresas u organizaciones que tienen una posición privilegiada en la red y que pueden ser consideradas como puentes entre diferentes comunidades de innovación.
- **Centralidad de intermediación:** indica el grado en que un nodo se encuentra en el camino más corto entre otros nodos en la red. En el contexto de los Parques Tecnológicos, esta métrica puede ser útil para identificar a las empresas u organizaciones que actúan como intermediarios en la transferencia de conocimientos y recursos entre diferentes actores de la red.

- **Cohesión:** indica el grado en que los nodos en la red están conectados entre sí. En el contexto de los Parques Tecnológicos, esta métrica puede ser útil para identificar a las comunidades o grupos de empresas que colaboran entre sí con mayor frecuencia y que pueden ser consideradas como motores de la innovación en el ecosistema.
- **Clusterización:** indican los subconjuntos de nodos en la red que están completamente conectados entre sí. En el contexto de los Parques Tecnológicos, esta métrica puede ser útil para identificar a las comunidades o grupos de empresas que comparten intereses y conocimientos específicos y que pueden ser consideradas como nichos de innovación en el ecosistema.

Los resultados métricos de los análisis de redes sociales pueden proporcionar información valiosa sobre la estructura y dinámicas de la red de empresas y organizaciones en los Parques Tecnológicos, lo que puede ser útil para diseñar políticas y programas que fomenten el desarrollo de ecosistemas innovadores y colaborativos.



**FIGURA 2. RED FORMADA POR 431 PROYECTOS APROBADOS POR FINNOWATEG Y PEI CONACYT DURANTE LOS AÑOS 2014 A 2019, REALIZADA MEDIANTE EL ALGORITMO DE GRAFICACIÓN FRUCHTERMAN-REINGOLD (FRA). FUENTE ELABORACIÓN PROPIA.**

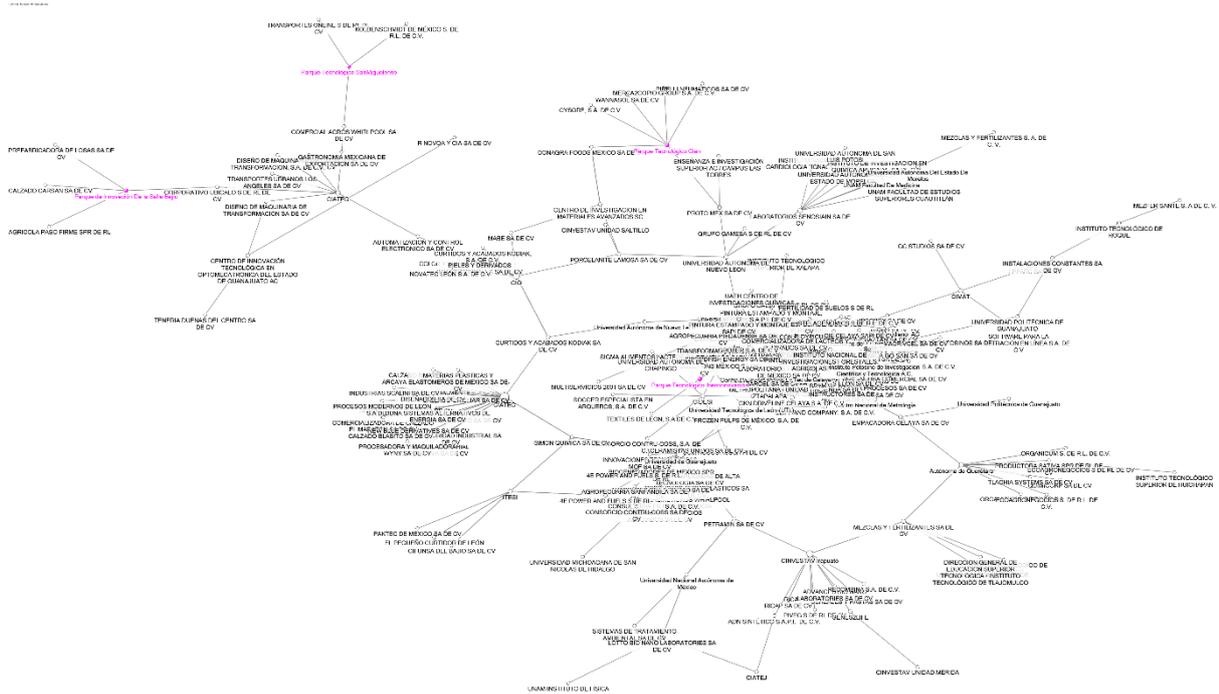


Figura 3. Red formada por 254 proyectos aprobados por Finnovateg durante los años 2014 a 2019, realizada mediante el algoritmo de graficación Harel-Koren (HK), en morado se presentan los Parques Tecnológicos. Fuente Elaboración Propia.

## 8. LA CONSOLIDACIÓN DE UN ECOSISTEMA DE INNOVACIÓN EN GUANAJUATO

Existen diversas proyecciones futuras que se pueden proponer como mejoras en los Parques Tecnológicos a partir del análisis. Algunas de estas son:

1. Fomentar la cooperación público-privada. Las políticas públicas pueden enfocarse en fortalecer la colaboración entre los Parques Tecnológicos y las empresas privadas, lo que puede llevar a una mayor inversión, crecimiento y expansión de las empresas y, por lo tanto, de los Parques Tecnológicos en sí mismos. A través de una aplicación intensiva de conocimiento al entorno, los parques son punta de lanza para la atracción de nuevas empresas tecnológicas de alto valor agregado. La inversión extranjera directa (IED), puede ser detonada a través de los parques. Las universidades asociadas a los Parques Tecnológicos cuentan con presencia en la mayoría del estado, particularmente en municipios del noreste donde existe un importante rezago económico, llevando inversión a estas regiones.
2. Promover la investigación y el desarrollo. Las políticas públicas pueden establecer incentivos para la inversión en investigación y desarrollo en los Parques Tecnológicos, lo

que puede aumentar el potencial de innovación y la competitividad de las empresas que allí operan. De manera inicial se puede solicitar, en lo colectivo, que colaboren con el desarrollo de las reglas de operación de los programas de fondeo de recursos públicos.

3. Fortalecer la capacitación y la educación. Los Parques Tecnológicos pueden convertirse en centros de educación y capacitación, lo que puede atraer a empresas interesadas en el desarrollo de su capital humano. Las políticas públicas pueden enfocarse en fomentar la formación de talento y en la creación de programas educativos innovadores y adaptados a las necesidades de la industria. Como ejemplo se pueden tomar programas prospectivos de gobierno para el desarrollo de nuevas vocaciones económicas y reconversión tecnológica de la región.
4. Mejorar la infraestructura y los servicios. Los parques pueden enfocarse en mejorar la infraestructura y los servicios como la conectividad de internet, la energía, el transporte y la seguridad, lo que puede mejorar la calidad de vida de los trabajadores y la productividad de las empresas. La colaboración con empresas es fundamental para equipar centros tecnológicos que den servicios a la industria, particularmente a las pequeñas y medianas que no tienen acceso de manera ordinaria a equipo especializado.

Es posible decir que esta primera década de la red de parques ha sido muy complicada para el arranque. Con un entorno económico desfavorable y de mucha incertidumbre, la red se encuentra en un proceso de consolidación de la mano de la política pública e industrial de Guanajuato. Los Parques han consolidado de manera individual una imagen acorde a su institución de origen y función dentro del ecosistema en Guanajuato, logrando también continuar sin financiamiento público directo, negociando con sus instituciones de origen la operación, así como metas e indicadores de desempeño, internas y externas.

Con esperanza se puede mirar al futuro de la red. Los parques se han adaptado a un entorno competido por recursos públicos estatales y en ausencia de otras fuentes de fondeo, han ganado la confianza de empresas para poder desarrollar proyectos de innovación y logrado un papel fundante en el emprendimiento, particularmente en el universitario. A partir del emprendimiento, es que los parques han atendido a sectores de la industria tecnológica y tradicional. La innovación social presente como vocación en los parques ha sido muy activa y con frutos concretos en la región, particularmente con los más sectores económicos más desfavorecidos.

# REFERENCIAS

- Capello R. y A. Morrison (2005). "An Evaluation of the Effectiveness of Science Parks in Local Knowledge Creation: a Territorial Perspective" Proceedings of 5th Triple Helix Conference, Turín.
- Flores Pelcastre, Juan (2023). Impacto económico de la red de parques tecnológicos del Estado de Guanajuato. Tesis para optar por el título de Doctor en Ciencias Sociales, Complejidad e Interdisciplinariedad. Universidad Iberoamericana León.
- Instituto Andaluz de Tecnología. IAT (2012). Plan Maestro del Sistema de Parques Tecnológicos en el Estado de Guanajuato. Centro de Innovación y Tecnología de Andalucía.
- Barabási A.-L. (2002), *Linked: The New Science of Networks*. Perseus Books Group.
- Buchanan M. (2003). *Nexus: Small Worlds and the Groundbreaking Science of Networks*. Norton.
- Cebrián Tarrasón, D., Vidal, R., Salmerón, J. L., Bertolín, J. A., & Negre, P. (2011). Análisis de las empresas de base tecnológica de un parque científico y tecnológico basado en técnicas de redes sociales.
- Concyteg.gob.mx. (2016). Secretaría de Innovación, Ciencia y Educación Superior. [En línea] Disponible en: <http://www.concyteg.gob.mx/> [Consultado 15 Nov. 2016].
- Ehrlich, K., & Carboni, I. (2005). *Inside social network analysis*. Boston College.
- Fruchterman, T. M., & Reingold, E. M. (1991). Graph drawing by force-directed placement. *Software: Practice and experience*, 21(11), 1129-1164.
- Harel, D., & Koren, Y. (2000, September). A fast multi-scale method for drawing large graphs. In *International Symposium on Graph Drawing* (pp. 183-196). Springer Berlin Heidelberg.
- Harel, D., & Koren, Y. (2002). A fast multi-scale method for drawing large graphs. *Journal of Graph Algorithms and Applications*, 6(3), 179-202.
- Smrfoundation.org. (2016). The home of NodeXL | Your Social Network Analysis Tool for Social Media. [En línea] Disponible en: <http://www.smrfoundation.org/> [Consultado en 15 Nov. 2016].
- Utape, G. D. E. D. G.-. (2018). *Unidad de Transparencia y Archivos del poder Ejecutivo del Estado de Guanajuato*.